

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»

**Итоговая  
Научно-образовательная  
конференция студентов  
Казанского федерального  
университета  
2015 года**

**Сборник статей**

**Том 1**

ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.М. БУТЛЕРОВА

КАЗАНЬ  
2015

**УДК 61:57:574:55:54:08**  
**ББК 5:28.0:20.1:26.3:24я43**  
**И93**

*Печатается по рекомендации  
редакционно-издательского совета  
Казанского (Приволжского) федерального университета*

**Итоговая научно-образовательная конференция студентов Казанского федерального университета 2015 года: сб. статей: в 7 т. / Мин-во обр. и науки; Казанский (Приволжский) федеральный ун-т. – Казань: **И93** Изд-во Казан.ун-та. 2015. – Т.1: Институт фундаментальной медицины и биологии, Институт экологии и природопользования, Институт геологии и нефтегазовых технологий, Химический институт им. А.М. Бутлерова. – 284 с.**

**ISBN 978-5-00019-524-6 (Т.1)**  
**978-5-00019-523-9**

**УДК 61:57:574:55:54:08**  
**ББК 5:28.0:20.1:26.3:24я43**

**ISBN 978-5-00019- 524-6 (Т.1)**  
**978-5-00019-523-9**

**©Издательство Казанского университета, 2015**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ</b> .....	<b>12</b>
<b>СЕКЦИЯ «БИОХИМИЯ И BIOTEХНОЛОГИЯ»</b> .....	<b>12</b>
<b>Агбои́мба Э.Э.К. ОЦЕНКА БИОДЕГРАДАЦИИ КОМПЛЕКСА ГИПЕР-РАЗВЕТВ- ЛЁННОГО АМИНО-ПОЛИЭФИРА С РНК</b> .....	<b>12</b>
<b>Галлямова С.Р., Сорокина А.В. У ГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГА- НИЗМЫ ИЗ ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН И ИХ УЧАСТИЕ В БИОТРАНСФОРМАЦИИ ВЯЗКИХ ФЛЮИДОВ</b> .....	<b>13</b>
<b>Лутфуллин М.Т., Хадиева Г.Ф. БАКТЕРИИ С АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВ- НОСТЬЮ ИЗ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ</b> .....	<b>16</b>
<b>Савенкова Д.В. МЕТОД ПРИГОТОВЛЕНИЯ КРИОСРЕЗОВ НА ПРИМЕРЕ ТКАНИ СПИННОГО МОЗГА</b> .....	<b>20</b>
<b>Топчу Ю.А. ХАРАКТЕРИСТИКА АПОПТОЗА В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО СОЕДИ- НЕНИЯ ТХ-14</b> .....	<b>22</b>
<b>СЕКЦИЯ «БИОЭКОЛОГИЯ»</b> .....	<b>26</b>
<b>Брылева А.С., Кадырова А.С., Мирсаитов Н.Г. АЭРОПОЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В Г. КАЗАНИ</b> .....	<b>26</b>
<b>Шарафиева Г.Р., Гаврилова О.Р. ВОДОПЛАВАЮЩИЕ ПТИЦЫ ГОРОДА КАЗАНИ</b> .....	<b>28</b>
<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И БОТАНИКА»</b> .....	<b>31</b>
<b>Волкова Т.С. ФИТОПЛАНКТОН ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ХАТАНГА (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ РФ)</b> .....	<b>31</b>
<b>Килеева М.С. КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНОВ СЕМЕЙСТВА ATG8 TRITICUM AESTIVUM</b> .....	<b>35</b>

---

<b>Лебедева М.Д.</b> ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОГЕННОЙ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ <i>FAGOPYRUM TATARICUM</i> (L.) GAERTN.....	37
<b>Меликова Д.А.</b> РАЗРУШЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ РАСТЕНИЙ ТАБАКА ( <i>NICOTIANA TABACUM</i> L.) ПРИ ИНФЕКЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ФИТОПАТОГЕННОЙ БАКТЕРИЕЙ <i>PESTOBACTERIUM ATROSEPTICUM</i> SCRI1043.....	41
<b>Мухаметшина Р.Р.</b> ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРЕЧИХИ ТАТАРСКОЙ <i>FAGOPYRUM TATARICUM</i> (L.) GAERTN .....	44
<b>Петрова Д.С.</b> СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СТЕВИОЗИДА .....	46
<b>Сауткина О.В.</b> СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>VERBASCUM</i> ОКРЕСТНОСТЕЙ КАЗАНИ .....	49
<b>Шалимова К.М.</b> ВЛИЯНИЕ ЛАНТАНОИДОВ НА ЭНЕРГООБМЕН <i>CHLORELLA VULGARIS</i> .....	52
СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИКА».....	55
<b>Байдамшина Д.Р.</b> ИММОБИЛИЗОВАННЫЕ И РАСТВОРИМЫЕ ПРОТЕАЗЫ – ДЕСТРУКТОРЫ МИКРОБНЫХ БИОПЛЕНОК.....	55
<b>Журавлева Д.Э.</b> КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНА ГЛУТАМИНСИНТЕТАЗЫ ИЗ <i>LACTOBACILLUS PLANTARUM</i> 8 PA 3 .....	58
СЕКЦИЯ «ЗООЛОГИЯ» .....	61
<b>Беспярых Д.А.</b> МЕТАГЕНОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД ( <i>AMPHIRODA: GAMMAROIDEA</i> ).....	61
<b>Буторова Л.Е.</b> ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСНИЧНЫХ ЧЕРВЕЙ ( <i>TURBELLARIA</i> ) В БУХТЕ КРАТЕРНОЙ (ОСТРОВ ЯНКИЧА, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА).....	64
<b>Деманкина М.В.</b> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТВЫ <i>RUTILUS RUTILUS</i> (LINNAEUS, 1758) ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБИШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (по материалам уловов 2013-2014 гг.).....	67

<b>Закирова А.Р.</b> БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАУКОВ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА.....	71
<b>Колганова Е.А., Заботин Я.И.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ КОЖНО-МУСКУЛЬНОГО МЕШКА ДВУХ ВИДОВ ПРИАПУЛИД (SERHALORHYNCHIA, PRIAPULIDA).....	74
<b>Мухаметшина А.Р.</b> КЛАДОЦЕРНЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ ПОЛУ-ОСТРОВА ФАДДЕЕВСКИЙ АРХИПЕЛАГА НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ.....	77
<b>Назмутдинова А.А.</b> БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕРЕХА ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛЦА .....	79
СЕКЦИЯ «МИКРОБИОЛОГИЯ» .....	83
<b>Ваньков П.Ю.</b> АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА КИШЕЧНОГО ТРАКТА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ORYCTES SP. И СЕТОНИИНАЕ.....	83
<b>Горбунова А.С.</b> ЦЕПЬ СПЕЦИФИЧНАЯ ОТ-кПЦР ГЕНОВ КВОРУМ СЕНСИНГА PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. ТОМАТО DC3000 .....	86
<b>Ибрагимов Э.М.</b> ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕРОДА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ 2,4,6-ТРИНИТРОТОЛУОЛА.....	89
<b>Муртазина Р.Р.</b> БИНАЗА СНИЖАЕТ МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МИТОХОНДРИЙ МАЛИГНИЗИРОВАННЫХ КЛЕТОК ЛЕГКОГО.....	92
<b>Хабипова Н.Н.</b> СОЗДАНИЕ ЭКСПРЕССИОННОЙ СИСТЕМЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГЕНА ФИТАЗЫ RANTOEA AGGLOMERANS .....	94
<b>Шайдуллина Э.Р.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭНТЕРОБАКТЕРИЙ К ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА .....	96
СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНО–ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ» .....	99
<b>Галяутдинова Р.И.</b> НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКОЙ ОСОБИ ЗВЕРОБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО HYPERICUM PERFORATUM В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННЫХ ПОСАДОК .....	99

---

<b>Кадирова Л.Р.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ СРЕДНЕГО ЗВЕНА НА УРОКАХ БИОЛОГИИ .....	102
<b>Поликарпова А.А.</b> АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ УМК «СФЕРЫ. БИОЛОГИЯ» В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ .....	105
<b>Рахимуллина Л.Р.</b> МОДЕЛЬ ВОСПИТАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ.....	107
<b>Фадеева А.В.</b> БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ (GASTROPODA) МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ДРОЖЖАНОВСКОГО РАЙОНА РТ .....	109
<b>СЕКЦИЯ «ФАРМАКОЛОГИЯ, КЛИНИЧЕСКАЯ ФАРМАКОЛОГИЯ» .....</b>	<b>112</b>
<b>Байысбеков К.Б., Конг Х.Х.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФЛОГОТРОПНОЙ И АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГАЛОПЕРИДОЛА.....	112
<b>Конг Х.Х., Байысбеков К.Б., Торобеков Ш.Ж.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ АРТРИТА АДЬЮВАНТОМ ФРЕЙНДА С ОЦЕНКОЙ МЕСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРАЖЕННЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ.....	114
<b>Мухаметзянова А.С.</b> ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ВАРБУРГА ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ В РЕТРОСПЕКТИВНОМ ИССЛЕДОВАНИИ.....	117
<b>Фарносова М.Е., Жарикова Т.Ф.</b> СРАВНЕНИЕ КРАТКОСРОЧНЫХ И ДОЛГОСРОЧНЫХ ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ВЕСТА .....	119
<b>СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ».....</b>	<b>122</b>
<b>Гильмутдинов А.И.</b> ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННЫХ ДОЗ ГОМОЦИСТЕИНА В ПРЕНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД НА ОРИЕНТИРОВОЧНО–ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ И МЕЛКУЮ МОТОРИКУ КРЫС.....	122
<b>Сафина А.И.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП.....	125
<b>ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ .....</b>	<b>128</b>
<b>Галиева Э.А.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ	

---

ГЕМОЛИТИЧЕСКОЙ ФЕНИЛГИДРАЗИНОВОЙ АНЕМИИ У КРЫС И ВВЕДЕНИИ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ ПЕКТИНОВ.....	128
<b>Дорошенко Я.Ю.</b> ОЦЕНКА АКТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПИРИМИДИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ.....	131
<b>Егорова А.В.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСТРАКОД <i>NETEROCYPRIS INCONGRUENS</i> ДЛЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	133
<b>Ерофеева А.С.</b> АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ УСТОЙЧИВОГО К ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ГЛИНИСТЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ПЛИОЦЕНОВОГО КОМПЛЕКСА.....	137
<b>Исагаджиева З.Ш.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕЧНОГО БАССЕЙНА В ПАКЕТЕ PM5 .....	140
<b>Латыпова Л.Д.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ–АКТИВНЫХ ДЕСТРУКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЕШЛАМОВ.....	143
<b>Насырова Э.И.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА СОСНЫ КАК ИНДИКАТОРА УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ.....	146
<b>Низамова Д.Р.</b> ДИАГНОСТИКА НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ СТАРОПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА В ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВАХ ПО ГИГРОСКОПИЧНОСТИ.....	148
<b>Петрова В.М.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПЛАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ <i>DAPHNIA MAGNA</i> ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ.....	151
<b>Плотникова В.С.</b> ЦВЕТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ.....	154
<b>Сафронова С.А.</b> СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ТАКСАЦИОННОГО ОПИСАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РАИФСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА.....	157
<b>Семенова Т.А.</b> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННОЙ АВАРИИ НА ТРУБОПРОВОДЕ: ОТСЛЕЖИВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИЦ ПЯТНА ЗАГРЯЗНЕНИЯ .....	159
<b>Тарасова Е.В.</b> АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ УСТОЙЧИВОГО К ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ.....	162

---

<b>Хайдаршин Т.Н.</b> РЕЖИМ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	167
<b>Храмова Д.Н.</b> ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КАЗАНИ В 20–21 СТОЛЕТИЯХ.....	170
<b>Шайхулмарданова Л.В.</b> ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В XIX–XXI ВЕКАХ .....	173
<b>ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</b>	<b>177</b>
<b>Аитов Т.Р.</b> ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА УЗБЕКИСТАНА.....	177
<b>Алиев Ф.А.</b> ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ И ГАЗА .....	180
<b>Бокова Н.В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ В РИФОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ .....	182
<b>Глухов М.С.</b> МАГНЕТИТОВЫЕ ЧАСТИЦЫ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА УСОЛКА).....	184
<b>Жаксылыков Е.А.</b> СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕФТИ.....	186
<b>Зарипов М.С.</b> МИНЕРАЛЬНЫЕ ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ ЛЕНИНОГОРСКОГО И АЛЬМЕТЬЕВСКОГО РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН .....	190
<b>Ибрагимов Э.А.</b> МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСКОВ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН КАМЧАТКИ.....	192
<b>Калимуллин А.М.</b> ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, НЕФТЕНОСНОСТЬ И ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТА АС 12 ЗАПАДНО-КАМЫНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	195
<b>Лихачева Ю.В.</b> РЕЗУЛЬТАТЫ СОЛЯНО-КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК БАШКИРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛЕЖИ 6 БЛОКА АРХАНГЕЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ .....	199
<b>Мифтахутдинова Д.Н.</b> РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЕ КОНОДОНТЫ МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН).....	202



<b>Мустафин Р.Н.</b> ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА.....	204
<b>Назмутдинов А.М.</b> ВОЗМОЖНОСТИ 1D МОДЕЛИРОВАНИЯ PETROMOD НА ПРИМЕРЕ ЮГА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН.....	205
<b>Павлова О.В.</b> РАННЕАПТСКИЙ АНОКСИЧЕСКИЙ СОБЫТИЙНЫЙ ЭПИЗОД И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ НА РУССКОЙ ПЛИТЕ И В СРЕДНЕМ КАСПИИ .....	208
<b>Пьянкова А.С.</b> РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН .....	210
<b>Усманов Р.М.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ КОМПЕНСИРУЮЩИХ НАГРУЗОК.....	213
<b>Хамиев М.М.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЕКТОРНОГО ЗОНДА ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОН – НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛИМАЦИИ ДЕТЕКТОРОВ .....	215
<b>Хасанова А.Н.</b> ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРПЕНТИНИТОВ МИАССКОГО РАЙОНА (ЮЖНЫЙ УРАЛ).....	218
<b>Шавалиев Э.Д.</b> ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ.....	220
<b>Шамшеева Э.Э.</b> ОСОБЕННОСТИ ДОРАЗВЕДКИ НЕБОЛЬШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА НА ПРИМЕРЕ ЛЕТНЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	223
<b>ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.М. БУТЛЕРОВА.....</b>	<b>227</b>
СЕКЦИЯ ХИМИЯ.....	227
<b>Галиева Ф.Б.</b> СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АМФИФИЛЬНЫХ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНОВ В КОНФИГУРАЦИИ 1,3-АЛЬТЕРНАТ.....	227
<b>Губина Н.С.</b> РЕЦЕПТОРНЫЕ СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК КОРОТКОЦЕПНЫХ ОЛИГОПЕПТИДОВ .....	230

---

<b>Зарипова А.Р.</b> РЕДКИЙ СЛУЧАЙ СОКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДИАСТЕРЕОМЕРОВ В РЯДУ БИС-ТИОЭФИРОВ 2(5Н)-ФУРАНОНА НА ОСНОВЕ 1,2-ФЕНИЛЕНДИМЕТАНТИОЛА.....	234
<b>Кузьмичева М.Ю.</b> 2,2'-ОКСИДИЭТАНТИОЛ В СИНТЕЗЕ НОВЫХ ТИОЭФИРОВ, БИС-ТИОЭФИРОВ И ТИАМАКРОЦИКЛОВ НА ОСНОВЕ 2(5Н)-ФУРАНОНА.....	238
<b>Мусин Т.Р.</b> ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КАЛОРИМЕТРИЯ СГОРАНИЯ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА ДРЕВЕСИНЫ.....	241
<b>Сибгатуллина Р.Р.</b> НОВЫЕ ОПТИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ 2(5Н)-ФУРАНОНА, СОДЕРЖАЩИЕ ФРАГМЕНТЫ 1-МЕНТОЛА И S-НАПРОКСЕНА .....	246
<b>Смирнов И.С.</b> НОВЫЕ ТИОЭФИРЫ И СУЛЬФОНЫ РЯДА 3-ПИРРОЛИН-2-ОНА .....	250
<b>Снегурева Ю.В.</b> ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ПРОИРОДНЫХ ФЕНОЛОВ ПО РЕАКЦИИ С 2,2'-ДИФЕНИЛ-1-ПИКРИЛГИДРАЗИЛОМ .....	253
<b>Ханафиева Р.Р.</b> ПОЛЯРНОСТЬ И СТРОЕНИЕ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ АЦЕТАМИДОВ.....	257
<b>Чулакова Д.Р.</b> СИНТЕЗ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЗИДОВ 2(5Н)-ФУРАНОНОВОГО РЯДА .....	260
<b>Якупов И.Р.</b> ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ В АЛКАНЕ С ПОМОЩЬЮ СТЕКЛООБРАЗНОГО ПРОИЗВОДНОГО ТИАКАЛИКС[4]АРЕНА .....	263
СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ.....	267
<b>Дацив М.А.</b> ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ ХИМИИ.....	267
<b>Ершова А.В.</b> ВНЕШКОЛЬНАЯ ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ .....	269
<b>Петрова Э.И.</b> ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ МОЛОДОГО УЧИТЕЛЯ К УРОКУ ХИМИИ.....	271
<b>Рахимова Р.И.</b> ОБУЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ МЕРОПРИЯТИЯМ В ШКОЛЕ В УСЛОВИЯХ ФГОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ.....	274

---

<b>Хусаинова Д.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ.....</b>	<b>275</b>
<b>Чепелева С.Е. РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАРСТАН И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ РЕГИОНА.....</b>	<b>278</b>
<b>Ярмухаметова Д.С. СИСТЕМНОСТЬ И СИСТЕМАТИЧНОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОПЕДЕВТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ.....</b>	<b>280</b>
<b>АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>283</b>

# ИНСТИТУТ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ И БИОЛОГИИ

## СЕКЦИЯ «БИОХИМИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ»

### ОЦЕНКА БИОДЕГРАДАЦИИ КОМПЛЕКСА ГИПЕРРАЗВЕТВЛЁННОГО АМИНО-ПОЛИЭФИРА С РНК

*Азбоигба Э.Э.К.*

*Научный руководитель – к.б.н., доцент кафедры биохимии и биотехнологии Невзорова Т.А.*

Гиперразветвлённые аминок-полиэфиры (ГРАПЭ) могут являться перспективными системами адресной доставки любого биологического активного вещества в клетки. Гиперразветвлённые аминок-полиэфиры (ГРАПЭ) представляют собой глобулярные макромолекулы с трехмерной структурой [Seiler, 2006, Т. 241, Р.155-174]. Они имеют гидрофобное ядро и оболочку, состоящую из положительно заряженных функциональных аминок-групп.

Одним из условий использования гиперразветвленных полимеров является их деградация в организме. Наличие связей, таких как сложные эфиры и амиды увеличивает эффективность доставки биологически активных веществ (БАВ) и снижает их токсичность.

Цель работы: получить комплекс РНК-ГРАПЭ и оценить его биодеградацию *in vitro*.

В работе использовали гиперразветвлённый аминок-полиэфир, который был любезно предоставлен М.П.Кутыревой, доц. кафедры неорганической химии Химического института им. А.М.Бутлерова КФУ. В качестве отрицательно заряженных биомолекул была использована РНК дрожжей (Sigma, USA).

Комплекс РНК-ГРАПЭ был получен инкубацией РНК и ГРАПЭ в течение 1 часа при 37<sup>0</sup>С в ацетатном буфере (0,2 М СН<sub>3</sub>СООН, 0,2М СН<sub>3</sub>СООНа, рН 5,0) при соотношении концентраций 1:9 соответственно, согласно методике Г.П.Власова [2006]. После инкубации комплекс нейтрализовали до рН 7,4.

Комплекс инкубировали при +37<sup>0</sup>С в течение 1 и 24 часов в присутствии ферментов сыворотки, эритроцитов (гемолизат) человека и липазы (11,3 мкМ/мин).

Оценку продуктов биодеградации проводили методом электрофореза в 1% агарозном геле с окрашиванием РНК флуоресцентным красителем SYBR-Green II [Невзорова, 2005].

На рисунке 1 видно, что продукт смесей, содержащих комплекс РНК-ГРАПЭ с сывороткой 1:1 (%) (дорожка 9) и комплекс с разведенной сывороткой (1:0,5; %) (дорожка 10) флуоресцирует на старте после 24 часов инкубации; что соответствует контролю комплекса (дорожка 5) и контролю сыворотка (дорожка 6). Это свидетельствует об отсутствии воздействия ферментов сыворотки на комплекс, следовательно, комплекс РНК-ГРАПЭ не деградирует.

Продукт смесей, содержащих комплекс РНК-ГРАПЭ с гемоллизатом 1:1 (%) (дорожка 11) и комплекс с разведенным гемоллизатом (1:0,5; %) (дорожка 12) не флуоресцирует на старте после 24 часов инкубации. Это говорит о деградации комплекса ферментами гемоллизата эритроцитов человека и может быть связано с ферментами группы эстераз, гидролирующих эфирные связи гиперразветвлённых аминок-полиэфиров.

На рисунке 1 видно, что флуоресценция продукта смесей, содержащих комплекс с липазой (11,3 мкМ/мин) (дорожка 13) и комплекс с разведенной липазой (5,65 мкМ/мин) (дорожка 14) после 24 часа инкубации уменьшалась пропорционально активности фермента, что свидетельствует о частичной деградации комплекса липазой.

Можно сделать общий вывод о том, что комплекс РНК-ГРАПЭ, полученный при соотношении концентраций 1:9, деградирует ферментами эритроцитов человека и частично липазой после 24 часов инкубации при 37<sup>0</sup>С.

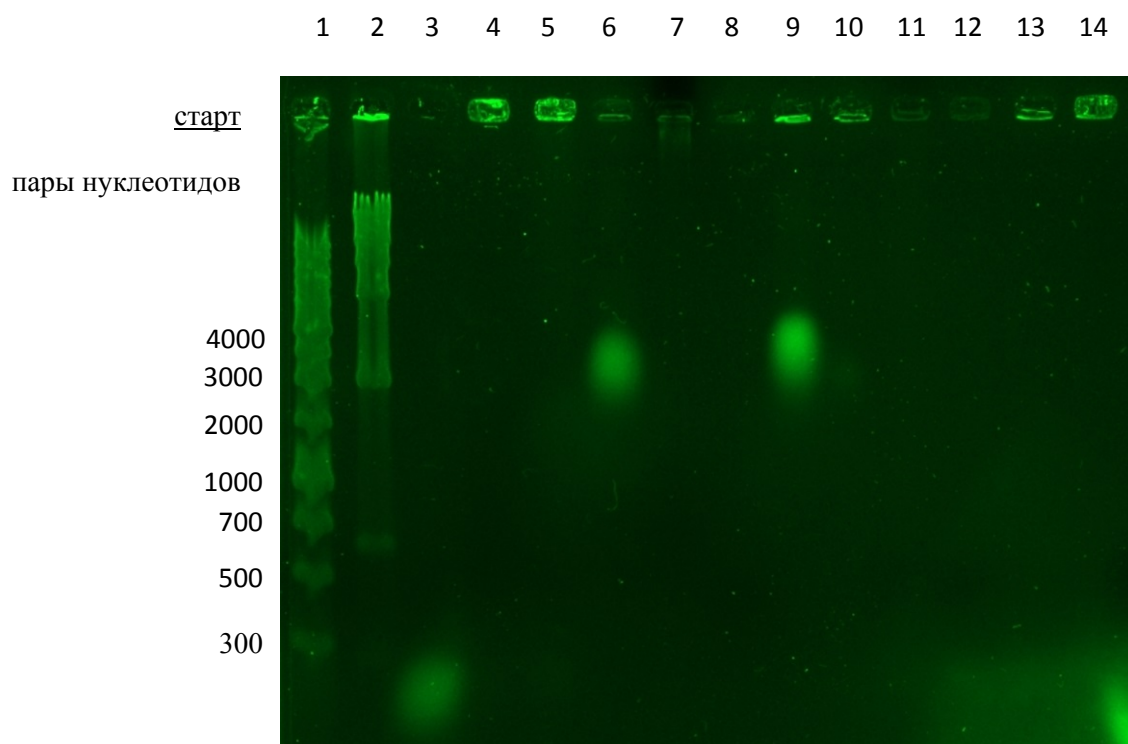


Рисунок 1. - Электрофореграмма в 1% агарозном геле с окрашиванием РНК флуоресцентным красителем SYBR-Green II продуктов биодеградации комплекса после 24 часов инкубации при 37<sup>0</sup> С.

1-2 маркеры; 3-РНК контроль, 4-РНК-ГРАПЭ до инкубации, 5-РНК-ГРАПЭ после инкубации, 6-сыворотка контроль, 7-гемолизат контроль, 8-липаза контроль, 9-РНК-ГРАПЭ с сывороткой (1:1, %), 10-РНК-ГРАПЭ с разведённой сывороткой (1:0,5; %), 11-РНК-ГРАПЭ с гемолизатом (1:1; %), 12-РНК-ГРАПЭ с разведённым гемолизатом (1:0,5; %), 13-РНК-ГРАПЭ липазой (11,3 мкМ/мин) (1:1; %), 14-РНК-ГРАПЭ с разведенной липазой (5,65 мкМ/мин) (1:0,5; %).

#### Благодарность

Выражаю благодарность М.П.Кутыревой за предоставление гиперразветвлённого аминокполиэфира.

#### Список литературы.

- 1) Власов Г.П. Звездообразные, разветвленные и гиперразветвленные биодеградируемые полимерные системы как носители ДНК // Биоорганическая химия. 2006. Т.32. С.227–242.
- 2) Невзорова Т.А. Физико-химические методы в биохимии. Казань: КГУ. 2005. 64 с.
- 3) Seiler M. Hyperbranched polymers: Phase behavior and new applications in the field of chemical engineering / M. Seiler Degussa // Fluid Phase Equilibria. 2006. Т.241. Р.155–174.

## УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ ИЗ ПРИЗАБОЙНЫХ ЗОН НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН И ИХ УЧАСТИЕ В БИОТРАНСФОРМАЦИИ ВЯЗКИХ ФЛЮИДОВ

*Галлямова С.Р., Сорокина А.В.*

*Научный руководитель – д.б.н., профессор кафедры биохимии и биотехнологии Морозов Н.В.*

Нефть, обеспечивая человечество различными видами топлива и материалов в отдельных отраслях промышленности, является источником жизненной силы нашей цивилизации [1]. Однако, на сегодняшний день запасы средних и легких нефтей, которые мы можем сразу использовать в индустрии, не столь велики, тогда как запасы тяжелых и высоковязких флюидов превышают 1000 млрд. тонн. Именно эти нефти должны стать основным сырьем энергетики XXI века и во многом обеспечить преодоление надвигающегося топливно-ресурсного коллапса [2]. На современном этапе задачу повышения нефтеотдачи залежей сверхвязкой нефти экологически чистыми технологиями может ре-

шить метод микробиологического воздействия на пласт, в котором разложение углеводов обеспечивается, прежде всего, деятельностью углеводородокисляющих микроорганизмов, способных в конструктивном и энергетическом обмене окисгенировать углеводородные субстраты, минерализовать их до CO<sub>2</sub> и воды или превращать в соединения, утилизируемые другими группами микроорганизмов [3].

В свете вышесказанного важной проблемой является выделение из различных месторождений вязких и сверхвязких нефтей углеводородокисляющих микроорганизмов, их идентификация, выбор видов, способных утилизировать широкий спектр нефтяных углеводов, включая тяжелые, и, в конечном итоге, создание консорциумов УОМ промышленного типа для повышения нефтеотдачи пластов.

Цель нашей работы состояла в изучении различных углеводородокисляющих микроорганизмов, выделенных из Ерыклинского и Шереметьевского месторождений, обладающих способностью биодеградировать различные по природе флюиды, включая тяжелые нефти, а также их эмульгирующей активности.

Объектом исследований служили отдельные кустовые нефтяные скважины Ерыклинского (1244, 40, 1236) и Шереметьевского (5121, 6005, 739) месторождений. для изучения культуральных, морфологических и физиолого-биохимических свойств (таблица 1) мы использовали различные методики: получение накопительной культуры, метод Дригальского, метод Коха (для определения количества клеток высевом на плотные питательные среды), метод Купера (оценка эмульгирующей активности исследуемых микроорганизмов), дополнительно были проведены реакции на определение активности каталазы и сахаролитических ферментов, выявление наличия сероводорода и индола в культуре микроорганизмов. Кроме того, нами осуществлялось измерение содержания остаточной или неокисленной нефти методом ИК-спектроскопии.

В результате, исследуемые углеводородокисляющие микроорганизмы характеризуются: палочковидной формой, подвижностью, гетеротрофным питанием, небольшими размерами, пигментация однообразная, начиная от белого с переходом в молочный цвет. Все изученные культуры представлены аэробными формами (таблица 1).

В таблице 2 представлены данные по физиолого-биохимическим свойствам микроорганизмов. Акцент стоит сделать на том факте, что изучаемым штаммам присуща высокая окислительная способность по отношению к различным фракциям нефти. В противовес этому, стоит упомянуть, что взятые для исследований нефти, характеризуются большой вязкостью – Шереметьевская от 780 до 920 сПЗ, а Ерыклинская около 600 сПЗ. Визуальные анализы также выявили, что указанные нефти отличаются по удельной плотности, соответственно и текучести. Шереметьевская нефть более плотная, слабо-текучая с удельной плотностью 0,91, а Ерыклинская подвижная – 0,88.

Далее нами был проведен анализ биодеградации нефти с помощью УОМ. Исследуемые нефти по мере контакта с данными бактериями начали подвергаться биоокислению. Изучение динамики развития штаммов УОМ проводили на среде Мюнца в качестве контроля и на среде с добавлением нефти. На рисунке 1 представлена динамика роста УОМ в присутствии вязких нефтей Шереметьевской и Ерыклинской месторождений. Проанализировав данную диаграмму, можно сделать вывод о том, что численность микроорганизмов, участвующих в биодеградации Шереметьевской нефти достигает своего максимума на 8-9 сутки в количестве 500 тыс., а в случае Ерыклинской на 5, в количестве 636 тыс. И в том и в другом случае далее происходит спад роста численности.

Таблица 1. – Морфологические признаки.

Видовой состав	Морфологические признаки			Окраска по Граму
	Форма клеток	Цвет колонии	Подвижность	
<i>Bacillus sp</i>	палочки	мучнисто-белые	подвижные	+
<i>Bacillus cereus strain CCM 2010</i>	палочки	беловато-прозрачные	подвижные	+
<i>Brevundimonas sp</i>	палочки	серовато-белые	подвижные	–
<i>Brevundimonas itermedia</i>	палочки	серовато-белые	подвижные	+
<i>Ochrobactrum anthropi</i>	палочки	бежевые	подвижные	–
<i>Achromobacter spanius</i>	палочки	белые	подвижные	–

Таблица 2. – Физиолого-биохимические признаки.

Видовой состав	Сбраживание углеводов					Активность каталазы	Образование H <sub>2</sub> S
	глюкоза	лактоза	мальтоза	сахароза	фруктоза		
Bacillus sp	+	+	+	+	+	+	–
Bacillus cereus strain CCM 2010	+	+	+	+	+	+	–
Brevundimonas sp	+	+	+	+	+	+	+
Brevundimonas itermedia	+	+	+	+	+	+	+
Ochrobactrum anthropi	+	+	+	+	+	+	–
Achromobacter spanius	+	+	+	+	+	+	+

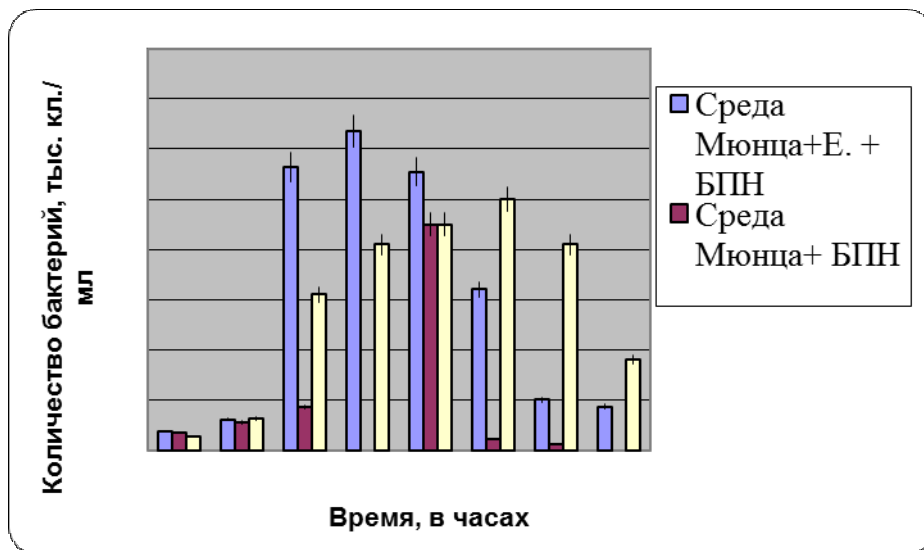


Рисунок 1. – Динамика роста углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) в присутствии вязкой нефти Шереметьевского и Ерыклинского месторождений (РТ).

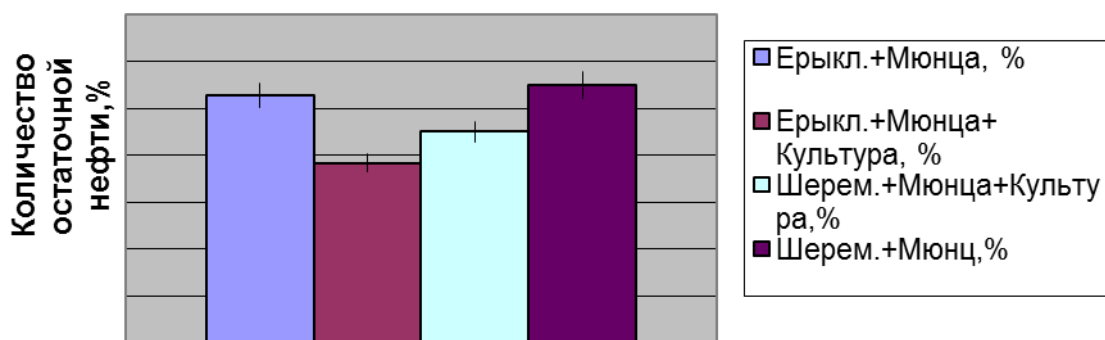


Рисунок 2. – Количество остаточной вязкой нефти после биодеструкции консорциумом углеводородокисляющих микроорганизмов Шереметьевского и Ерыклинского месторождений флюидов.

В целом, исходя из результатов анализа Шереметьевская нефть подвергалась более медленному биоокислению.

Балансовые анализы неокисленной нефти в конце опыта показали, что более ускоренной биодеструкции была подвергнута Ерыклинская, а менее Шереметьевская, что подтверждают показатели динамики изменения количества в процессе окисления вязких нефтей на рисунке 2.

В целом на основе наших исследований, включающих изучение морфологических, физиологических и биохимических свойств создано сообщество, отличающееся высокой эмульгирующей активностью, благодаря чему данная ассоциация УОМ может быть предложена для решения практических задач, а именно перевода вязких нефтей в легкотекучие углеводороды. Исследования в данном направлении продолжаются.

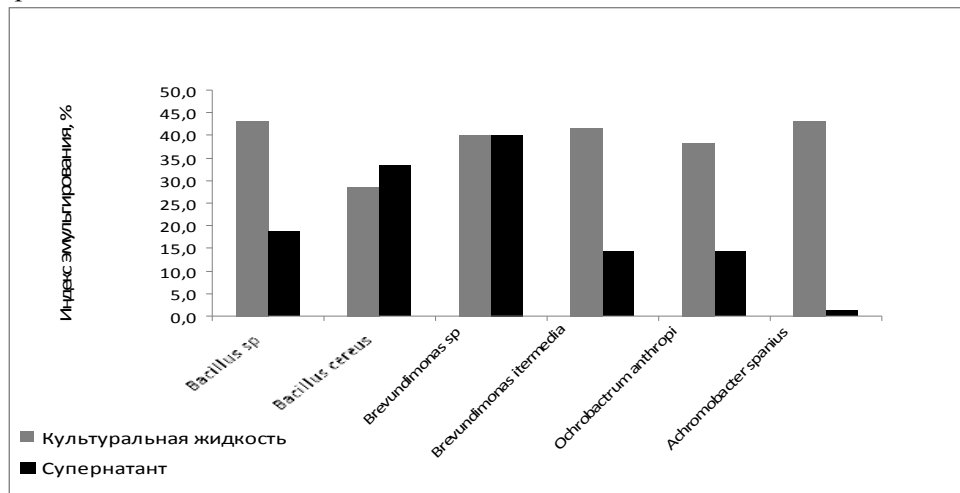


Рисунок 3. – Значения эмульгирующей активности разных видов углеводородокисляющих микроорганизмов в составе консорциума БПН-1.

Исходя из результатов анализа Шереметьевская нефть биоокислению подвергалась медленнее. В последующий период наблюдений в обоих экспериментах был констатирован спад количества микроорганизмов к 12-14 суткам, связанный, по всей вероятности, с уменьшением доступности к биоокислению остаточных фракций нефти. В контрольных же опытах штаммы УОМ развивались в той же последовательности. Возрастание их числа к 7-9 суткам, а далее спад к концу опыта. Наблюдаемое связано с тем, что среда Мюнца с основными компонентами биогенов обеспечивает благоприятное развитие УОМ. Но по величине он был ниже почти в 1,5 раза, нежели чем в опытных вариантах.

Исследование эмульгирующих свойств жидкостей показало, что индекс эмульгирования при смешивании культуральной жидкости с керосином у различных культур отличается, следовательно, отличается и способность нефтеокисляющих микроорганизмов усваивать углеводороды. Наибольшее значение индекса эмульгирования 40% отмечено у штамма *Brevundimonas sp*. Наименьшее у микроорганизмов *Achromobacter spanius* 1,4%.

### Список литературы.

- 1) Hirsch, Dr.Robert Testimony on peak oil // 2006. P.2.
- 2) Надиров Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. Нетрадиционные методы переработки // Алматы: Изд-во Гылым. 2001. С.415.
- 3) Исмаилов Н.М. Биодegradация нефтяных углеводородов в почве, инокулированной дрожжами // Микробиология. 1985. Т.1. № 5. С.835–841.

## БАКТЕРИИ С АНТАГОНИСТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ ИЗ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

*Лутфуллин М.Т., Хадиева Г.Ф.*

*Научный руководитель – доцент Марданова А.М.*

Микромицеты рода *Fusarium*, повсеместно распространённые в почвах, являются возбудителями сухой гнили сельскохозяйственных культур, приводя к потере до 40% урожая. Фузариоз по своей вредности занимает второе место после фитофтороза [Анисимов, 2009, с. 272]. В последние годы в связи с засушливым летом в Республике Татарстан наблюдается широкое распространение фузариоза, что наносит серьёзный ущерб сельскому хозяйству. Наиболее распространённым методом борьбы с фитопатогенами является применение пестицидов. Однако их использование повышает себесто-



имость сельхозпродукции, может привести к распространению резистентных штаммов возбудителей, а также нанести серьёзный вред экосистеме из-за токсичности данных соединений [Huang, 2012, V. 7, No. 7, P. 1-11]. В связи с этим, актуальным и перспективным является повышение продуктивности сельскохозяйственных культур путем регуляции жизнестойкости и стрессоустойчивости растений за счет использования естественных помощников – бактерий с антагонистической активностью [Soltani, 2002, V. 24, P. 332-339]. Использование биологического контроля в отношении возбудителей болезней сельскохозяйственных культур также актуально из-за того, что широкомасштабное применение пестицидов приводит к их накоплению в растениях, что токсично для человека и животных, а также для полезной почвенной микрофлоры [Hartmann, 2009, V. 321, P. 235-257]. Во всем мире идет активное развитие экологически чистых методов основанных на поиске новых агентов биоконтроля [Vorholt, 2012, V. 10, No. 12, P. 828-840]. Механизмы действия «биологических агентов» чрезвычайно разнообразны: синтез экзометаболитов антибиотического действия, ферментов, участвующих в лизисе клеточной стенки, хитиназ, синильной кислоты и др. Таким образом, разработка комплексных мер по защите экономически важных сельскохозяйственных культур обуславливает необходимость изучения почвенных бактерий-антагонистов.

Целью настоящей работы является выделение и характеристика штаммов почвенных бактерий-антагонистов в отношении фитопатогенов сельскохозяйственных культур для создания на их основе фунгицидного и антибактериального биопрепарата.

Для выделения бактерий использовали 4 образца почвы с полей после возделывания различных сельскохозяйственных культур: картофеля, пшеницы, гороха. Образец 4 – почва из под пара, контроль.

Использовали фитопатогенные бактерии и микромицеты из коллекции кафедры микробиологии КФУ: *Xanthomonas campestris*, *Pectobacterium atrosepticum*, *Serratia plymuthica*, *Pseudomonas putida*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Fusarium avenaceum*, *Fusarium tricinctum*, *Alternaria tenuissima*.

Для культивирования бактерий использовали среды:

L-бульон (среда LB, Лурия-Бертони): триптон – 10 г/л; дрожжевой экстракт – 5 г/л; NaCl – 5 г/л.

L-агар: триптон – 10 г/л; дрожжевой экстракт – 5 г/л; NaCl – 5 г/л; 2% агар.

Микромицеты культивировали в среде Чапека: глюкоза – 14,0 г/л; CaCO<sub>3</sub> – 0,7 г/л; KNO<sub>3</sub> – 0,7 г/л; MgSO<sub>4</sub> – 0,35 г/л; NaCl – 0,35 г/л; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 0,35 г/л; FeSO<sub>4</sub> – следы; 2% агар.

Почвенные бактерии-антагонисты выделяли методом «скупенного посева». Водную суспензию почвы 1:100 и 1:1000 сеяли на среду МПА газонем и инкубировали при 37°C в течении 3 суток. Отбирали колонии антагонистов образующих зону подавления роста других бактерий.

Идентификацию проводили на MALDI BioTyper (Bruker Daltonik). Исследование осуществляется на основе сравнения полученного ряда константных белков бактерий с базой данных. Видовая принадлежность определяется при значениях Score 2.300 ... 3.000.

Антагонистическую активность бактерий в отношении фитопатогенных бактерий и микромицетов исследовали методом блоков. Исследуемые бактерии засеяли газонем на поверхность среды LBA, микромицеты – на среду Чапека. Стерильным пробочным сверлом вырезали блоки микромицетов и помещали их в центр чашки Петри на среду Чапека. На расстоянии 2-2,5 см от блока с микромицетом размещали 2-3 блока с бактериями-антагонистами. Посевы инкубировали в течение нескольких суток и оценивали антагонистическую активность по величине зоны подавления роста тест-культуры вокруг блока с бактерией-антагонистом.

Для оценки антагонистической активности экзометаболитов *Bacillus subtilis* культуральную жидкость (КЖ) получали центрифугированием при 5000 об/мин в течение 15 мин и обеззараживали хлороформом в течение 20 мин (1:30). К стерильной среде Чапека охлажденной до 40-45°C добавляли культуральную жидкость исследуемой бактерии-антагониста в конечной концентрации по объему 5%. На поверхность среды Чапека с КЖ в чашке Петри накладывали блоки микромицетов. Ингибиторный эффект оценивали по диаметру блока колонии микромицета относительно контроля – роста микромицетов на среде Чапека.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили путем определения средних арифметических значений и их стандартных ошибок в программе Microsoft Excel. Стандартное отклонение ( $\delta$ ) рассчитывали по формуле:

$$\delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n-1}}, \text{ где } y - \text{повторность данного варианта;}$$

$\bar{y}$  – среднее арифметическое данного варианта;

$n$  – число повторностей.

### Результаты исследований и их обсуждение

Методом скученного посева из почвы нами были выделены изоляты бактерий, проявляющих антагонистическую активность. Методом многократного посева на поверхности агаризованной среды бактерии были выделены в виде чистых культур и идентифицированы до вида с помощью MALDI BioType. Из почвы 1 (после выращивания картофеля) были выделены 4 изолята, идентифицированные как *Acinetobacter calcoaceticus*, *Bacillus weihenstephanensis*, *Bacillus thuringiensis* 1, *Bacillus subtilis*. Из почвы 2 (после выращивания пшеницы) было выделено 3 штамма бактерий – *Bacillus cereus*, *Lysinibacillus fusiformes*, *Providencia alcalifaciens* и 1 штамм был выделен из почвы III (после гороха) – *Bacillus thuringiensis* 2.

Известно, что наличие антагонистических свойств обеспечивает микроорганизмам селективные преимущества во взаимоотношениях с другими представителями окружающей микрофлоры. Учитывая экологическую нишу выделенных бактерий, возможно проявление антагонизма в отношении других бактерий, занимающих ту же самую нишу [J. Leveau, 2012, V. 168, No. 3, P. 621-629]. В связи с этим представляло большой интерес исследовать антимикробную активность выделенных изолятов: *A. calcoaceticus*, *P. alcalifaciens*, *L. fusiformis*, *B. weihenstephanensis*, *B. thuringiensis* 1, *B. thuringiensis* 2, *B. cereus*, *B. subtilis* в отношении ряда фитопатогенных бактерий: *Xanthomonas campestris*, *Pectobacterium atrosepticum*, *Serratia plymuthica*, *Pseudomonas putida*.

Способность бактерий-антагонистов к ингибированию роста разных штаммов фитопатогенов оценивали по диаметру зоны подавления роста тест-культуры вокруг блока колонии антагониста, который измеряли через 24 часа культивирования при температуре 37<sup>0</sup>С (рисунок 1). Как видно из рисунка 1, ширина зоны подавления роста фитопатогенов находится в диапазоне 1-6 мм. Высокую антагонистическую активность в отношении фитопатогенных бактерий *X. campestris* и *P. atrosepticum* проявил штамм *B. subtilis* (6,4 мм). Наименее эффективно подавляли рост фитопатогенов штаммы *A. calcoaceticus* (1 мм), *B. thuringiensis* 1 (1 мм). Штаммы *B. thuringiensis* 2 и *P. alcalifaciens* не подавляли рост исследованных бактериальных фитопатогенов.

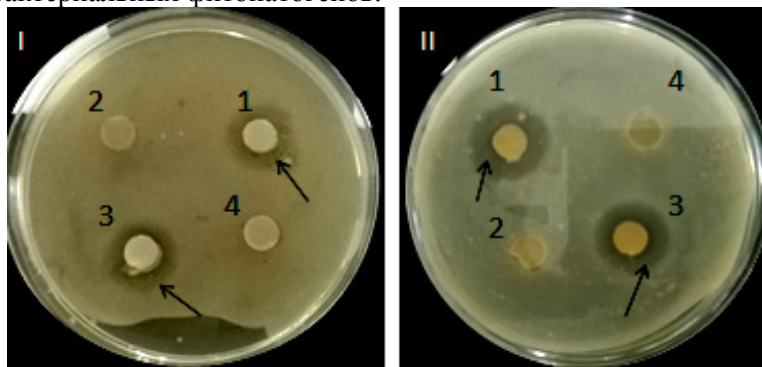


Рисунок 1. – Антагонистическая активность почвенных изолятов: 1 – *B. subtilis*, 2 – *P. alcalifaciens*, 3 – *B. cereus*, 4 – *B. thuringiensis* 2 в отношении фитопатогенов: I - *X. campestris*, II – *P. atrosepticum*.

Стрелкой показаны зоны подавления роста вокруг колоний антагонистов. Метод блоков.

Фунгицидную активность штаммов бактерий *B. cereus*, *B. subtilis*, *B. weihenstephanensis*, *B. thuringiensis* 1, *B. thuringiensis* 2, *A. calcoaceticus*, *L. fusiformis*, *P. alcalifaciens* исследовали в отношении микромицетов: *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. avenasium*, *F. tricinctum*, *Alternaria tenuissima*. Штаммы бактерий *B. cereus* подавляли рост микромицетов *Fusarium* на 30-50%, *B. subtilis* – на 65-75%, *B. thuringiensis* 2 - на 22% (рисунок 2). На рисунке 3 представлены данные по ингибированию роста колоний микромицетов штаммом *B. subtilis*. Штаммы *L. fusiformis*, *B. weihenstephanensis*, *B. thuringiensis* 1, *A. calcoaceticus* и *P. alcalifaciens* не ингибировали развитие колоний микромицетов.

Исследовали способность экзометаболитов *B. subtilis* подавлять рост колоний микромицетов. Для этого в среду культивирования микромицетов вносили культуральную жидкость *B. subtilis*. Как показано на рисунке 4, диаметр колонии микромицета *F. solani* при росте на среде с культуральной жидкостью бацилл значительно меньше, чем в контроле: через 72 часа культивирования диаметр колонии был меньше на 54-56 % чем в контроле, через 5 сут – на 60-65%, а через 7 сут – на 60-61%. Ингибиторный эффект сохранялся в течение последующих 2 недель, что свидетельствует о стабильности экзометаболитов с фунгистатической активностью.

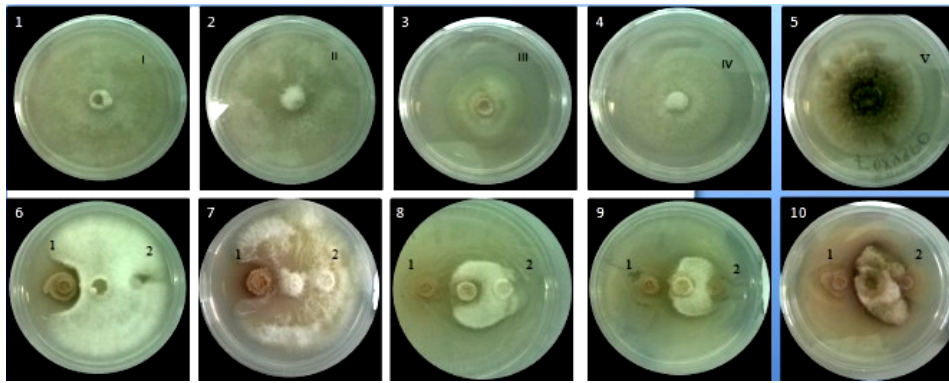


Рисунок 2. – Ингибирование роста колоний микромицетов бактериями: 1 – *B. subtilis*, 2 – *B. cereus*. Микромицеты: I – *F. avenaceum* (a), II – *F. solani* (c), III – *F. tricinctum* (e), IV – *F. oxysporum* (g), V – *A. tenuissima* (i). 6-10 – блоки грибов и бактерий.

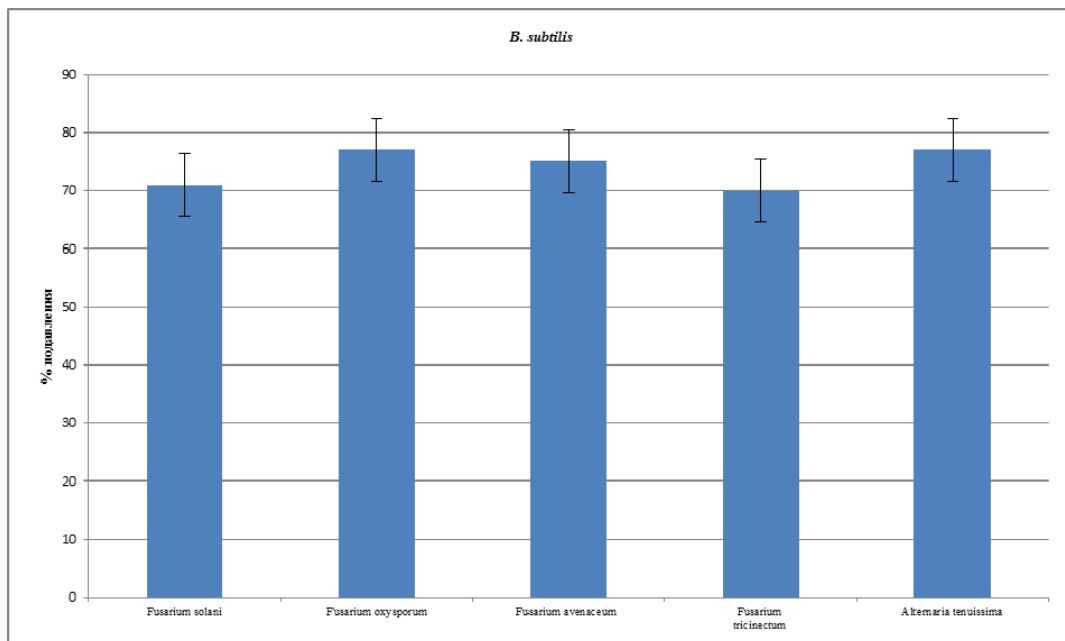


Рисунок 3. – Ингибирование роста колонии фитопатогенных микромицетов штаммом бактерий *B. subtilis*. Метод блоков. Время культивирования 7 сут.

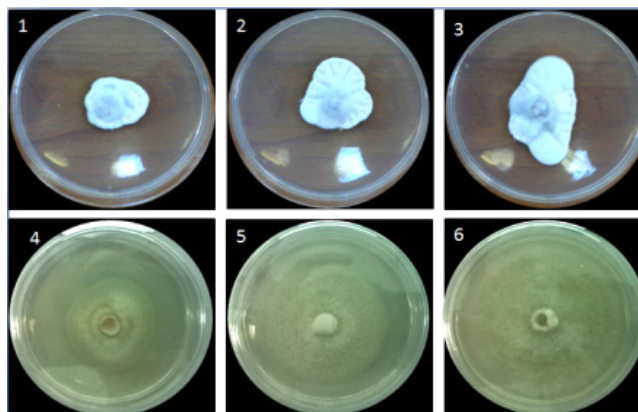


Рисунок 4. – Ингибирование роста колонии микромицетов в присутствии в среде экзометаболических продуктов *B. subtilis*. 1-3 – колонии *F. solani* после 72 часов, 5 сут и 7 сут культивирования соответственно на среде Чапека с культуральной жидкостью *B. subtilis*; 4-6 – контроль – рост микромицетов на среде Чапека.

Таким образом, из 4 образцов почв сельскохозяйственных угодий Республики Татарстан были выделены, идентифицированы 8 изолятов и исследованы их антагонистические свойства.

Штаммы *B. subtilis* и *B. cereus* обладают высокой антагонистической активностью в отношении фитопатогенных бактерий и биофунгицидной активностью в отношении большинства видов микромицетов р. *Fusarium* и могут быть использованы в качестве агентов биоконтроля. Биопрепараты на основе этих штаммов бактерий могут быть использованы в различных отраслях агропромышленного производства в борьбе с почвенными фитопатогенами и защите растений от заболеваний грибной и бактериальной природы, а также защитить продукцию при хранении и, как следствие, это позволит повысить объёмы урожая сельскохозяйственных культур.

### Список литературы.

- 1) Анисимов Б.В., Белов Г.Л., Варицев Ю.А., Еланский, Журомский Г.К., Завриев С.К., Зейрук В.Н., Иванюк В.Г., Кузнецова С.Н., Пляхневич М.П., Пшеченков К.А., Симаков Е.А., Скларова Н.П., Сташевски З., Усков А.И., Яшина И.М. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Москва: Издательский дом Ивана Корытова. 2009. 272 с. ISBN 978–5–903906–02–4.
- 2) Huang T., Tzeng D., Wong A., Chen C., Lu K., Lee Y., Huang W., Hwang B., Tzeng K. DNA polymorphisms and biocontrol of *Bacillus* antagonistic to citrus bacterial canker with indication of the interference of phyllosphere biofilms // PLoS One. 2012. V.7. No.7. P.1–11.
- 3) Hartmann A., Schmid M., Diederik van Tuinen, Berg G. Plant-driven selection of microbes // Plant Soil. 2009. V.321. P.235–257.
- 4) Leveau J., Meyer K. Microbiology of the phyllosphere: a playground for testing ecological concepts // Oecologia. 2012. V.168. No.3. P.621–629.
- 5) Soltani N., Conn K.L., Abbasi P.A., Lazarovits G. Reduction of potato scab and verticillium wilt with ammonium lignosulfonate soil amendment in four Ontario potato fields // Canadian Journal of Plant Pathology. 2002. V.24. P.332–339.
- 6) Vorholt J. Microbial life in the phyllosphere // Nat Rev Microbiol. 2012. V.10. No.12. P.828–840.

## МЕТОД ПРИГОТОВЛЕНИЯ КРИОСРЕЗОВ НА ПРИМЕРЕ ТКАНИ СПИННОГО МОЗГА

*Савенкова Д.В.*

*Научный руководитель – д.б.н ,профессор Абрамова З.И.*

Повреждение спинного мозга отражается на функции всех органов и систем человека, что позволило применять термин «травматическая болезнь». Несмотря на существование различных методик хирургических операций на травмированном спинном мозге и их эффективного анестезиологического обеспечения, отдельные успехи в ведении и послеоперационной реабилитации спинальных больных, до сих пор отсутствует по настоящему эффективное воздействие на процессы восстановления структур поврежденного спинного мозга. Морфологическое изучение травмированного спинного мозга указывает на то, что разрушение ткани не ограничивается областью воздействия разрушающей силы, а продолжается во времени, захватывая первично интактные участки мозга, и приводя к образованию большего очага повреждения, чем начальная травма [Shen L.F, 2009, с.108, Ning Zhang, 2012, с. 287-296, Thuret S, 2006, с. 628-643].

Таким образом, морфологические исследования указывают на присутствие двух альтернативных путей гибели клеток травмированного спинного мозга: непосредственного некротического повреждения и отсроченной апоптозной гибели клеток. При этом апоптоз продолжается до 14 дней после травмы и затрагивает нейроны и глию на значительном удалении от травматического очага [Барышников А.Ю, 2002, с.320, Xu J, 1998, с.135-142]. Тот факт, что апоптоз является физиологическим механизмом клеточной гибели и имеет обратимые этапы позволяет рассматривать вопрос о возможной фармакологической коррекции апоптоза. Главная проблема сохранения функции поврежденного спинного мозга является предотвращение вторичного повреждения его структур (апоптоза) и восстановление нервной ткани. С 80-х годов прошлого века, когда Агуаюо доказал возможность роста травмированных отростков нервных клеток [Агуаюо А.Д., 1982] многие ученые с разных позиций изучают условия достижения стабильного и необратимого роста поврежденных волокон ЦНС. Появились многочисленные публикации об использовании в качестве трансплантатов различных биологических и искусственных материалов для замещения поврежденных нервных клеток или для создания

условий регенерации и репарации нервной ткани. Используется клеточный материал (шванновские, оболочечные обонятельные, эмбриональные клетки) и другие органические материалы (коллаген, карбонильные нити, полигликолевая кислота). Ведущая роль в изучении механизмов травмы спинного мозга и его регенерации безусловно принадлежит экспериментальным методам исследования на лабораторных животных. Одним из самых популярных методов исследования спинномозговой ткани является нарезка и покраска спинного мозга с целью морфологической характеристики полученных образцов.

Объектом изучения явился спинной мозг мышей. Операционная процедура по извлечению спинного мозга проводилась на мышах весом 70-75 гр. Мыши были умерщвлены путём помещения в CO<sub>2</sub> камеру. Вслед за этим была выполнена перфузионная фиксация спинного мозга: сначала 50 мл фосфатно-солевого буфера, а затем аналогичным объёмом 4% раствора формальдегида. В процессе перфузии происходит вымывание всей крови. По окончании перфузии был извлечён позвоночный канал, который поместили в 4% водный раствор формальдегида на одни сутки с целью дополнительной фиксации спинного мозга. Далее через сутки промывали фосфатно-солевым буфером (PBS) и погружали в 30% раствор сахарозы на двое суток с целью беспрепятственного извлечения спинного мозга из позвоночного канала. Оба раствора с пробами спинного мозга хранили в холодильнике. После двух суток нахождения в сахарозе с помощью пинцета позвонки были отодвинуты, и таким образом спинной мозг был обнажён и извлечён из позвоночного канала для последующей порезки. Извлечённый спинной мозг помещался в форму для заливки фиксирующей средой (Tissue Freezing Medium, TBS Triangle Biomedical Sciences, INC, LOT 599549) и затем помещался на 30 минут для заморозки в криостат. Далее была произведена нарезка образца толщиной в 30 мкм на криостате (Microm HM 550, Germany). Нарезанные образцы спинного мозга с помощью кисточки закреплялись на полилизиновые стёкла для последующей покраски. Покраску проводили двумя способами: гематоксилин-эозином и метиленовым синим. Для начала все образцы с целью удаления заливочной среды помещали в фосфатно-солевой буфер на 10 мин и доводили через спирты нисходящей концентрации до дистиллированной воды (96% этанол – 3 мин, 90% – 3 мин, 80% этанол – 3 мин, дистиллированная вода – 5 мин). Далее окрашивали в течение 15-20 минут в гематоксилине по Карацци (BioVitrum) и промывали в дистиллированной воде 1-2 минуты. После этого помещали в подсиняющий раствор (1 капля 10% раствора аммиака на 100 мл дистиллированной воды) на 1-2 минуты и промывали в дистиллированной воде 3-4 минуты. Далее срезы помещали в раствор эозина на 60 сек и после промывали в дистиллированной воде. Удалили воду из срезов в двух порциях 96% этанола 1-2 минуты. Заключили окрашенные срезы в синтетическую среду для гистологических препаратов (Thermo Scientific, Shandon Immu-Mount, REF 9990402).

В результате окраски гематоксилин-эозином ядра клеток приобретают синий или сине-фиолетовый оттенок, а цитоплазма клеток окрашивается эозином в различные оттенки розового цвета [Горбунова, 2008, с.128-131]. Другую группу срезов после промывки в фосфатно-солевом буфере и спиртах окрашивали метиленовым синим (BioVitrum). Срезы помещались в раствор метиленового синего на 10-15 мин, после промывались в дистиллированной воде 2-3 мин и обезвоживались в спиртах нисходящей концентрации. Заключили окрашенные срезы в синтетическую среду для гистологических препаратов (Thermo Scientific, Shandon Immu-Mount, REF 9990402). В результате окраски метиленовым синим цитоплазма клеток приобретает синий цвет, а ядра остаются неокрашенными. После покраски и заключения в синтетическую среду образцы сверху покрывались покровными стёклами и помещались в холодильник для застывания.

С помощью световой микроскопии были получены фотографии поперечных и продольных срезов спинного мозга.

Таким образом, была произведена операция по извлечению спинного мозга мыши с последующей нарезкой и покраской ткани. Нарезка производилась с помощью криостата на срезы толщиной 30 мкм, после чего образцы были покрашены гематоксилин-эозином и метиленовым синим. Гематоксилин, как основной краситель, с помощью электростатических взаимодействий с отрицательно заряженными группировками ДНК и РНК окрашивает ядра в сине-фиолетовый цвет. Окраска фиксированных гистологических препаратов как основными, так и кислотными красителями представляет собой процесс адсорбции, тесно связанный с электрическим зарядом ткани [Горбунова, 2008]. Кислый краситель эозин окрашивает структуры, содержащие основные группы - оксифильные вещества. Примерами таких веществ являются многие белки цитоплазмы, за счёт чего эозин используется как цитоплазматический краситель. Метиленовый синий также является основным красителем, окрашивающим базофильные вещества, а именно базофильные гранулы нейрона, так называемое вещество Ниссля, вследствие этого цитоплазма нейронов приобретает при окраске синий цвет.

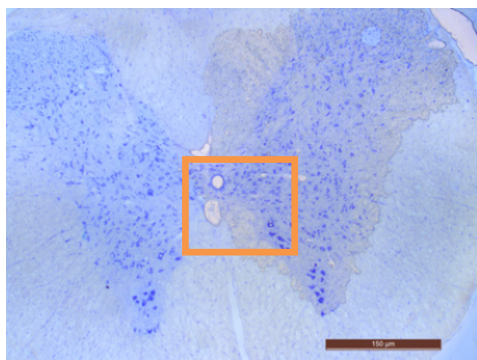


Рисунок 1. – Поперечный срез шейного отдела спинного мозга с изображением белого и серого вещества (x4, Zeiss Axio Imager M.2).

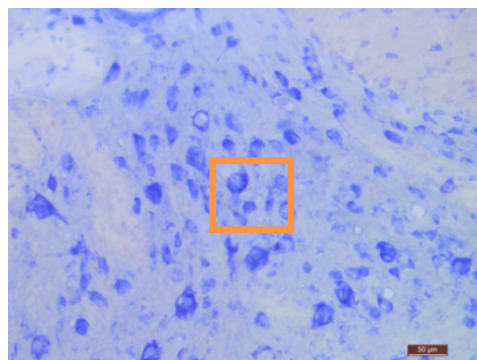


Рисунок 2. – Поперечный срез с изображением серого вещества, видны мотонейроны (x20, Zeiss Axio Imager M.2).

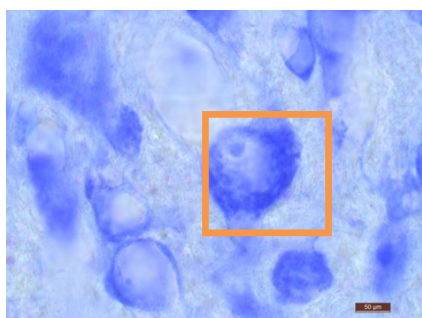


Рисунок 3. – Мотонейрон: цитоплазма окрашена в синий цвет, в центре неокрашенное ядро (x100, Zeiss Axio Imager M.2, покраска – метиленовый синий).

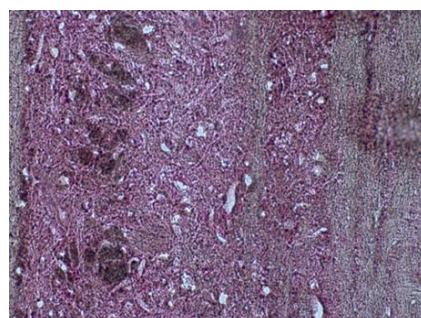


Рисунок 4. – Продольный срез спинного мозга с изображением серого вещества (x10, Zeiss Axio Imager M.2, покраска гематоксилин-эозин).

### Список литературы.

- 1) Shen L.F, Cheng H, Tsai M.C, Kuo H.S, Chak K.F. PAL31 may play an important role as inflammatory modulator in the repair process of the spinal cord injury rat // Neurochem. 2009. 108. P.1187–97.
- 2) Ning Zhang, Ying Yin, Sheng-Jie Xu, Yong-Ping Wu, Wei-Shan Chen. Inflammation & apoptosis in spinal cord injury // Indian J Med Res 135. March 2012. P.287–296.
- 3) Thuret S, Moon L.D, Gage F.H. Therapeutic interventions after spinal cord injury // Nat Rev Neurosci. 2006. P.628–43.
- 4) Барышников А.Ю, Шишкин Ю.В. Иммунологические проблемы апоптоза // М.: Эдиториал УРСС. 2002. С.320.
- 5) Xu J, ratsFan G, Chen S, Wu Y, Xu X.M, Hsu C.Y. Methylprednisolone inhibition of TNF-alpha expression and NF-kB activation after spinal cord injury in // Brain Res Mol Brain Res. 1998. C.135–42.
- 6) Aguayo A.J, Benfey M. Extensive elongation of axons from rat brain into peripheral nerve grafts // Nature. 1982. P.150–152.
- 7) Горбунова Т.К. Применение гематоксилина в микроскопической технике // СГМА. 2008. С.128–131.

## ХАРАКТЕРИСТИКА АПОПТОЗА В КУЛЬТУРЕ КЛЕТОК РАКА МОЛОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ ТХ-14

*Топчу Ю.А.*

*Научный руководитель – д.б.н., профессор Абрамова З.И.*

Апоптоз является генетически запрограммированным защитным механизмом, который обеспечивает определенный по времени жизненный цикл клетки и при определенных физиологических или

патологических условиях включает программу ее гибели, направленную на запуск самоуничтожения патологически измененных, мутировавших клеток ради сохранения целостности организма [Фомченко, 2013, с. 40].

Причиной многих заболеваний оказались изменения в регуляции процесса гибели клеток. Патологии характеризуются избыточной гибелью клеток или выживанием дефектных, которые должны были погибнуть. Вторая категория – появление в организме «лишних», потенциально дефектных клеток – это, прежде всего, опухоли и предопухолевые состояния [Животовский, 2014, с. 9].

Для опухолевых клеток характерны генетические изменения, ведущие к ослаблению обоих путей индукции апоптоза: 1) потеря экспрессии на поверхности клетки рецептора смерти Fas; 2) нарушения проведения апоптогенного сигнала к митохондриям; 3) ингибирование проницаемости митохондриальной мембраны для цитохрома C и AIF вследствие изменения экспрессии белков семейства Bcl2; 4) блокирование активации эффекторных каспаз; 5) резкое уменьшение времени жизни каспаз [Копнин, 2002, с.234].

Существенный прогресс в раскрытии ключевых молекулярных механизмов потери чувствительности опухолевых клеток к апоптозу имеет немалый потенциал для практической онкологии. Идея реактивации апоптоза в опухолевых клетках с помощью фармакологических препаратов и/или препаратов генонаправленного действия уже находит воплощение в разработке новых подходов к лечению [Фильченков, 2013, с.139].

Гетероциклическое соединение нового поколения ТХ-14 разработано сотрудниками НОЦ фармации КФУ. ТХ-14, согласно результатам предыдущих исследований, оказывает влияние на метаболический профиль опухолевых клеток рака молочной железы. Также было замечено, что клетки рака молочной железы при инкубации с ТХ-14 изменяют свою морфологию.

Однако детального анализа изменения морфологии не проводилось. В связи с этим, цель настоящей работы – характеристика апоптоза на ультраструктурном уровне в культуре клеток рака молочной железы под действием препарата ТХ-14.

В качестве объекта исследования использовали клетки рака молочной железы человека клеточной линии MCF-7 (ATCC, США). Клетки культивировали в среде  $\alpha$ -MEM с добавлением 10%-ной эмбриональной телячьей сыворотки, L-глутамин и 1% пенициллина-стрептомицина в атмосфере 5%-го CO<sub>2</sub> при 37°C до образования монослоя. Культура инкубировалась в течение 15, 3 и 1 дней. Воздействовали препаратом в концентрации 10 мг/мл.

Клеточную суспензию центрифугировали в течение 5 мин 2000 rpm при +18°C (LMC-4200R Bio-San, Латвия), супернатант удаляли, а полученный осадок из клеток фиксировали в 2,5%-ном растворе глутарового альдегида в течение 2 ч, затем фиксировали в 1% растворе OsO<sub>4</sub> (2 ч). Далее образцы дегидратировали в этаноле восходящей концентрации (30°, 40°, 50°, 60°, 70°, 96°), ацетоне и окиси пропилена. Материал заливали эпоксидной смолой Эпон – 812. Полимеризовали образцы в течение трёх суток в термостате при температуре 37°, 45° и 60°C.

Ультратонкие срезы получали на ультрамикротоме «Leica EM UC7» (Германия). Срезы контрастировали ацетатом уранила и цитратом свинца. Препараты просматривались на электронном микроскопе «Zeiss Merlin» (Германия).

Использованные реактивы: среда  $\alpha$ -MEM, эмбриональная телячья сыворотка, пенициллин/стрептомицин, L-глутамин (ПанЭко, Россия), Epon812, DDSA, MNA, ацетон, окись пропилена, DMP-30 (Россия).

С помощью метода трансмиссионной электронной микроскопии были получены микрофотографии клеточной линии рака молочной железы MCF-7. Возраст культуры на момент исследования 15 суток.

После инкубации в течение 24 часов, между клетками (рис.1), обработанными препаратом ТХ-14 и необработанными клетками не было выявлено значительных различий. Тем не менее, в контроле (рис.1, а) более выражен полиморфизм клеток относительно обработанных клеток (клетки разнообразны по размеру и строению).

Культивирование клеток рака молочной железы в течение 3 суток в среде с препаратом ТХ-14 сказывалось на стимулировании апоптотических процессов, что проявлялось в потере микроворсинок, конденсации хроматина, вакуолизация цитоплазмы, инвагинации ядерной и плазматической мембран (рис.2, б). Помимо подобных клеток установлено наличие апоптотических телец, что свидетельствует о заключительных этапах процесса апоптоза, связанных с активизацией каспазы 3 и межнуклеосомной деградацией ДНК апоптотической эндонуклеазой. Отмечено наличие блеббингов на мембране клеток, как в контрольном образце, так и в опытном.

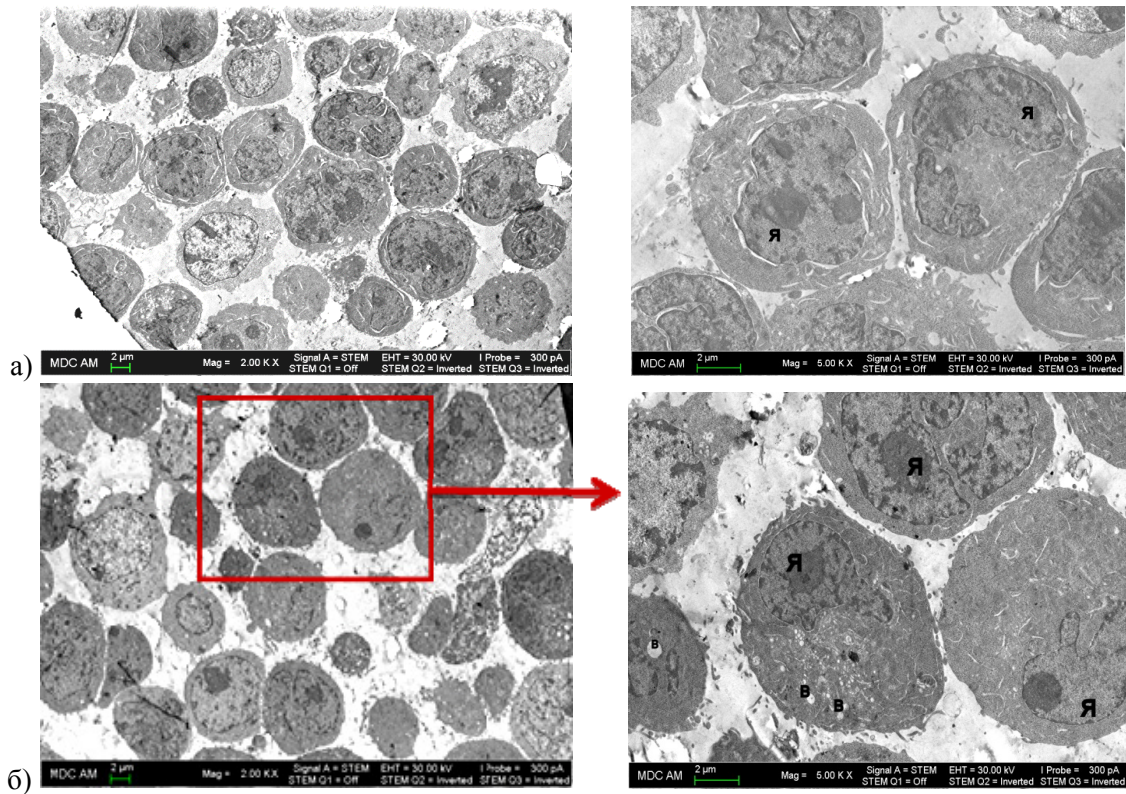


Рисунок 1. – Микрофотографии культуры клеток рака молочной железы MCF-7 после 24 часов инкубации с TX-14. а) Образец клеток без обработки препаратом TX-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз; б) Образец клетки, обработанной препаратом TX-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз. Я – ядро, В – вакуоль.

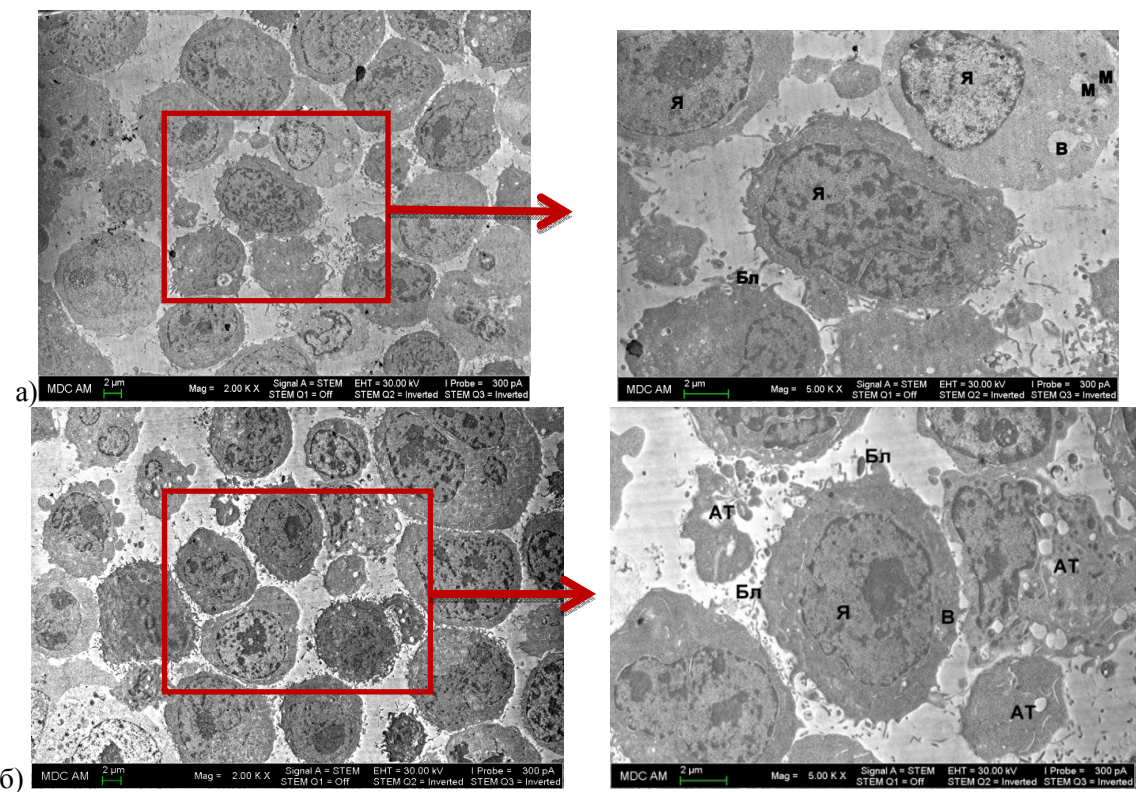


Рисунок 2. – Микрофотографии культуры клеток рака молочной железы MCF-7 после 3 суток инкубации с TX-14. а) Образец клеток без обработки препаратом TX-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз; б) Образец клетки, обработанной препаратом TX-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз. Я – ядро, В – вакуоль, АТ-апоптотическое тельце, М-митохондрия, Бл-блеbbing.



Морфология клеток в контрольном образце после 15 суток культивирования с препаратом ТХ-14 (рис.3, а) имеет морфологию подобную большинству раковых клеток: полиморфизм клеток, аномальное разнообразие. Вариабельны формы и размеры клеточных ядер: увеличение ядра, приобретение им губчатой структуры, наличие вдавленных сегментов, беспорядочно расположенные ядрышки. Более длительное культивирование с препаратом ТХ-14 (рис.3, б) сопровождалось увеличением размера клеток, вакуолизацией цитоплазмы клеток с разрушенной мембраной и кариорексис (распад ядер на фрагменты, не связанные между собой), снижением количества клеток с апоптотическими проявлениями.

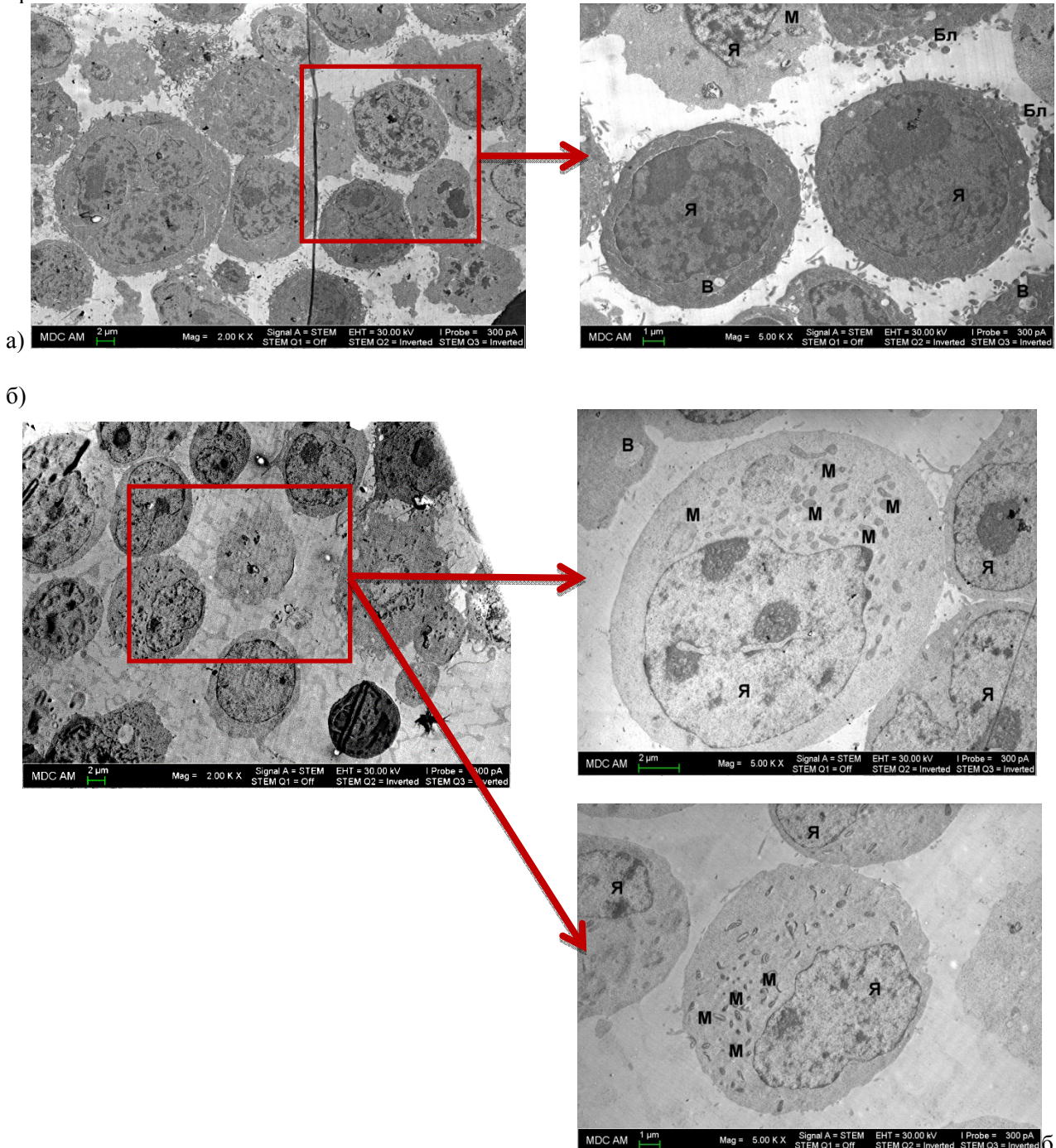


Рисунок 3. – Микрофотографии культуры клеток рака молочной железы MCF-7 после 15 суток инкубации с ТХ-14. а) Образец клеток без обработки препаратом ТХ-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз; б) Образец клетки, обработанной препаратом ТХ-14. Увеличение 2000 раз и 5000 раз.

Я – ядро, В – вакуоль, М – митохондрия.

Таким образом, в стареющей культуре клеток рака молочной железы были обнаружены клетки как с признаками апоптоза, так и некроза. Для того, чтобы сделать более определенный вывод о том, ин-

дуцирует ли данный препарат апоптоз клеток рака молочной железы, нужно проследить действие ТХ-14 на культуру клеток в условиях стресса (истощение питательных веществ) в динамике при возникновении спонтанного и индуцированного апоптоза, а не в условиях постоянной замены питательной среды, как было представлено в данном исследовании.

Одним из маркеров запуска апоптоза является исследование экспрессии и активности ряда апоптотических белков, в частности каспазы 3. Другим ключевым белком апоптотического пути является Bcl-2, повышенная экспрессия которого ингибирует гибель клетки. С другой стороны, повышенная экспрессия белка mTOR подавляет аутофагию. В связи с этим, представляется актуальным проведение дальнейшего комплексного анализа влияния препарата ТХ-14 на экспрессию генов *bcl-2* и *mTOR* в клетках с нарушенной программой апоптоза.

#### Список литературы.

- 1) Фомченко Н.Е. Биологические аспекты апоптоза // Проблемы здоровья и экологии. 2013. №1(35). С.40–45.
- 2) Животовский Б.Д. Программируемая гибель клеток – медицине // Химия и жизнь. 2014. №5. С.8–13.
- 3) Фильченков А.А. Реактиваторы апоптоза как препараты целевой противоопухолевой терапии // Биомедицинская химия. 2013. Т.59. С.119–143.
- 4) Копнин Б.П. Неопластическая клетка: основные свойства и механизмы их возникновения // Практическая онкология. 2002. Т.3. №4. С.229–235.

### СЕКЦИЯ «БИОЭКОЛОГИЯ»

#### АЭРОПОЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ В Г. КАЗАНИ

*Брылева А.С., Кадырова А.С., Мирсаитов Н.Г.*

*Научный руководитель – доцент, к.б.н. Ибрагимова К.К.*

Пыльцевой мониторинг – это оценка и постоянный контроль количества и видового разнообразия пыльцы в атмосферном воздухе. Пыльцевым мониторингом стали заниматься относительно недавно, несмотря на то, что ещё в 1906 году Клемансом Фон Пирке был введён термин «аллергия» и было установлено, что её вызывает пыль, пыльца и некоторые виды пищи. С этого времени врачи всего мира, в частности аллергологи, стали разрабатывать методы борьбы с этим заболеванием.

Пыльцевой мониторинг – это трудоёмкий процесс, для эффективности которого должны быть подключены большие количества исследователей во всем мире, также необходимо специальное оборудование в виде пылеуловителя, совершенные электронные микроскопы и разработаны методы по подсчёту количества и оценки её разнообразия. В связи с этими сложностями становление пыльцевого мониторинга было долгим. Учёные, врачи, занимающиеся аллергией, придумывали и делали вручную пыльцевые ловушки, обмазывая стекло клейким веществом и устанавливали их на крышах своих домов. Таким образом, пыльцевой мониторинг стал проводиться в мире в конце 90-ых годов 20 века. В России же его начали применять лишь с сентября 2001 года.

Пыльцевой мониторинг широко применяется в медицине и в экологических исследованиях. Как известно, пыльца является сильнейшим аллергеном. Причиной этому служат специфические белки, содержащиеся в пыльце. Реакция на пыльцу называется поллинозом. Зачастую аллергию вызывает пыльца определённых видов растений. Также наблюдается и перекрёстная аллергия. Например, если есть аллергическая реакция на пыльцу берёзы, то будет и на морковь, яблоню, персики. В связи с актуальностью проблемы, различные фармакологические кампании берут под свой контроль аэрополинологические исследования. В основе их лежит составление календарей опыления, ведь пыльца явление сезонное и кроме того у определённых видов растений опыление происходит в разное время. Так же составляются карты опыления, так как в разных регионах преобладают определённые виды растений. Основное значение этих исследований состоит в выяснении степени аллергичности пыльцы разных видов.

Изучение пыльцы имеет важное значение в области экологии. Современная экологическая обстановка в мире оставляет желать много лучшего. На пыльце в полной мере можно это пронаблюдать. Современный раздел экологии, а именно биоиндикация, занимается оценкой окружающей среды на основе изменений в морфологии и составе биологических объектов. И пыльца занимает в этих иссле-

дованиях не последнее место, в связи с абсорбционной способностью, то есть она впитывает в себя тяжелые металлы, различные газы, а повышенная радиация вызывает мутацию. Тем самым пыльца может быть индикатором экологической обстановки местности. Таким образом, пыльцевой мониторинг и изучение пыльцы в целом в современном мире необходимо и весьма актуально.

Пыльцевой мониторинг на базе кафедры Биоэкологии Института фундаментальной медицины и биологии КФУ начал осуществляться с мая 2014 года, в связи с тем что поступили данные о наличии нового сильнейшего аллергена-Амброзии (лат. *Ambrosia*). Пыльцевой мониторинг осуществляется при помощи импактного пыльцеуловителя, который установлен на высоте 15-20 метров на крыше университета. Пыльца и споры в течение суток улавливаются пыльцеуловителем и фиксируются на клейкую ленту, которая при помощи воска крепится на вращающийся барабан. После переноса ленты на предметное стекло и её фиксации препарат рассматривается 4 продольными трансектами в электрический микроскоп, данные записываются в бланки, определение пыльцы осуществляется по атласам.

Важным звеном при определении вида пыльцевого зерна является морфология. Морфологию пыльцы и спор изучает наука палинология. В покровах пыльцы выделяют два слоя: экзину и интину. Первый слой интина является внутренним слоем оболочки пыльцевого зерна. Она облегает его содержимое и служит материалом, образующим пыльцевую трубку. Химический состав интины неоднороден: наружный слой образован преимущественно пектином, а в состав внутреннего входят, главным образом, целлюлоза и пектин. Экзина – это внешний слой оболочки пыльцевого зерна. Благодаря основному ее компоненту, спорополленину, экзина характеризуется необычайной стойкостью: в отличие от интины она не растворяется в кислотах и щелочах, выдерживает температуру до 300°C и сохраняется миллионы лет в геологических отложениях. Экзина состоит из двух основных слоев – эктэксины и эндэксины, к которым у многих растений прибавляется средний слой мезэксины. Как правило, в экзине пыльцевого зерна имеются эластичные, гибкие, чаще тонкие или даже перфорированные места – апертуры. Апертура – это часть поверхности пыльцевого зерна или споры, служащая местом выхода пыльцевой трубки или клеточного содержимого. Структуры апертур многообразны, они различаются по расположению, размерам, очертаниям и количеству. Апертуры делятся на простые и сложные, те, в свою очередь, разделяются по форме. Именно по скульптурированности экзины и наличию апертур исследователи определяют вид пыльцевого зерна.

Чем же важен пыльцевой мониторинг для экологии и медицины? Вопросы изучения качественно и количественного состава пыльцевого дождя, особенностей его сезонной динамики и закономерностей формирования, составления календарей пыления, разработки прогнозов пыления и создания системы палиноэкологического мониторинга чрезвычайно актуальны.

При помощи пыльцевого мониторинга определяется процент стерильной или мутантной пыльцы, что напрямую связано с загрязнением окружающей среды. Пыльцевой мониторинг проводится во многих странах, в частности и в России. Это проект, который был разработан совместно со специалистами Российской Ассоциации Аллергологов и Клинических иммунологов (РААКИ), МГУ и фармацевтической компанией. В связи с экологической обстановкой количество страдающих поллинозом с каждым годом увеличивается. Растения, пыльца которых вызывает поллинозы: берёза, злаки, кукуруза, полынь, лебеда, амброзия. Чуть реже аллергическую реакцию может вызвать пыльца таких растений как: лещина, ольха, яблоня, одуванчик, георгин, подсолнечник, ромашка. Как же применяется пыльцевой мониторинг? Существует сайт, доступ к которому есть как у специалистов, так и у обычных людей. Мониторинг должен проводиться во всех регионах, областях, городах России. Специалисты ежедневно во время сезона опыления заносят на сайт данные о количестве пыльцы и, к какому виду растения принадлежат.

На сайте можно получить такого рода информацию:

- 1) Где, когда и какие растения цветут на территории России.
- 2) Данные по концентрации аллергенов в воздухе в данный момент в вашем регионе.

Подобная информация просто необходима для людей, страдающих аллергическими заболеваниями. Это позволит им планировать свои поездки по стране с учетом зон опыления, а также вовремя принять меры по сокращению контакта с аллергенами. Накопленная за несколько лет информация о количестве и видовом характере пыльцы помогает предсказывать сроки цветения и разрабатывать систему профилактических мер против аллергических заболеваний.

### Список литературы.

- 1) Мейер-Меликян Н.Р. Принципы и методы аэропалинологических исследований Н.Р. Майер-Мелекян Е.Э. Северовой. М., 1999. 48 с.

- 2) Эрдтман Г. Морфология пыльцы и систематика растений. М. 1956. 486 с.  
 3) Рудая Н.А. Палинологический анализ: Учебно-методическое пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный университет, Институт археологии и этнографии СО РАН. 2010. 48 с

## ВОДОПЛАВАЮЩИЕ ПТИЦЫ ГОРОДА КАЗАНИ

*Шарафиева Г.Р., Гаврилова О.Р.*

*Научный руководитель – доцент Аринина А.В.*

Казань – уникальный по разнообразию биотопов город, в котором благополучно сочетаются естественные, малоизмененные и застроенные территории. Разнообразие местообитаний определяет видовое богатство авифауны. В черте г. Казани, по данным профессора И.И.Рахимова [1], встречается 193 из 305 видов, отмеченных в Республике Татарстан, что составляет 63,3%, или 24,7% от авифауны России (780 видов). Но график обилия видов, гнездящихся в Казани, свидетельствует о нарушенном сообществе птиц, или орнитоценозе. Кривая доминирования-разнообразия (по Уиттекеру) или кривая значимости видов (по Пиянка) орнитоценоза Казани имеет вид логнормальной кривой.

Чем выше уровень доминирования, т.е. доля особей самых многочисленных видов от общего числа особей в сообществе, тем меньше ресурсов остается другим видам сообщества, тем ниже их численность и выше вероятность вымирания в результате случайных процессов. Соответственно, каждый вид повышает устойчивость и видовое богатство городской экосистемы. В городской экосистеме особый интерес представляют виды водно-болотных угодий. В отличие от группы птиц полных синантропов, наблюдения за видами этой группы сопряжены с неудобством наблюдения за ними, так как дистанция вспугивания их достаточно велика, гнезда в большинстве случаев недоступны. Околоводные и водные птицы г.Казани составляют 28,9% от городского орнитокомплекса, что составляет 51 вид, из них гнездится только 19 видов [1]. Сравнительно небольшое количество водных видов и инертность их синантропизации объясняется требованием особых условий: консерватизмом кормового поведения, тесно связанного с наличием водоемов, и восприимчивостью к фактору беспокойства [1]. На гнездовании в г.Казани отмечены следующие виды птиц водного комплекса: чомга (*Podiceps cristatus*, L., 1758), крякva (*Anas platyrhynchos*, L., 1758), шилохвость (*Anas acuta* L., 1758), чирок-трескунок (*Anas querquedula*, L., 1758), хохлатая чернеть (*Aythya fuligula* L., 1758), лысуха (*Fulica atra* L., 1758), камышница (*Gallinula chloropus* L., 1758). Возможно гнездование красноголового нырка (*Aythya ferina* L., 1758). Места их обитания в городе – это глухие, не посещаемые или малопосещаемые людьми участки поймы реки Казанки, густо поросшие прибрежной растительностью. Исключения составляют крякva и чомга, гнездящиеся в местах туристического паломничества. Рассмотрим особенности пребывания, распространение и численность некоторых из представленных видов.

**Лысуха** (*Fulica atra*, Linnaeus, 1758). В Волжско-Камском крае обитает широко распространенный подвид обыкновенной лысухи – *Fulica atra atra* L. Вид заселяет всю территорию края, кроме северо-запада [Попов, 1938, с.105]. Лысуха – птица водного комплекса естественных ландшафтов, обычно не встречается в городских орнитокомплексах. Однако на территории г.Казани лысуха гнездится. Предпочитает безлюдные места, достаточно пуглива. В настоящее время лысуха проявляет черты синантропизации, так на юге России она более доверчива к человеку. Распространение лысухи в г.Казани неравномерное и приурочено к стоячим, достаточно глухим водоемам. На территории Казани было выявлено 5 мест гнездования, в следующих водоемах:

1. Водно-болотный комплекс парка Победы. К парку Победы примыкает водно-болотный комплекс, окруженный кустарниками и деревьями – местообитание многих водоплавающих и околоводных птиц, в том числе и лысухи.

2. Озеро Кабан – это целая водная система, тянущаяся более чем на 10 км и состоящая из трех крупных озер в центре г.Казани.

3. Озеро Лебяжье – система озёр, расположенная в лесопарковой зоне западной части г.Казани. Имеет статус ООПТ местного значения.

4. Урочище «Русско-немецкая Швейцария». Имеет статус памятника природы регионального значения. Территория площадью 30 га включает в себя крутые холмы на левом берегу р.Казанка, притока р.Волга, расположенные в черте г.Казани. В заливе, примыкающем к урочищу, обитает несколько пар лысух.

5. Комплекс озер возле авторынка в северной части города. Это малопосещаемое людьми место окружено с одной стороны веткой железной дороги, с другой автострадой. Берега поросли густой, местами трудно проходимой, прибрежной травяно-кустарниковой растительностью.

На численность лысух влияет величина водоема. Большое значение имеет фактор беспокойства со стороны людей. Так, в водно-болотном комплексе парка Победы из-за активного строительства и застройки акватории численность гнездящихся пар сократилась с 10 особей в 2013 г. до 4-х в 2014 г. Численность лысухи по всем биотопам представлена в таблице.

Таблица 1. – Численность городской популяции лысухи в различных биотопах.

Биотопы	Численность особей лысухи	
	2013 г.	2014 г.
Водно-болотный комплекс парка Победы	10	4
Озеро Кабан	3	12
Озеро Лебяжье	1	6
Русско-немецкая Швейцария	нет данных	4
Водно-болотный комплекс у авторынка	нет данных	38

Наибольшая плотность лысухи наблюдается в водно-болотном комплексе у авторынка.

Фенология. В 2013 г. первая особь замечена в водно-болотном комплексе парка Победы 14 апреля. Последняя встреча зафиксирована на оз. Лебяжье 5 октября. Позднее 5 октября 2013 г. лысуха в биотопах г.Казани не была замечена. В 2014 г. первая особь отмечена в оз. Нижний Кабан 18 апреля. Последняя встреча зафиксирована на оз. Нижний Кабан 9 октября. В 2015 г. прилет первых особей – 12 апреля.

Суточная активность. Лысухи проявляют большую активность в утренние и вечерние часы. В послегнездовой период отмечается активность и днем. Активность выражается в добывании корма, плавании парами, игрищами, выходом на сушу. Спят, чаще стоя на одной ноге или лежа на брюхе, на твердом субстрате, клюв прячут в оперение крыла. При отсутствии естественных заломов лысухи сооружают настилы для отдыха и сна из надломленных и согнутых стеблей тростника и рогаза.

Питание. В период размножения добывают корм в пределах гнездовых участков, изредка выходят кормиться на берег и прибрежные мелководья. Кормовые перемещения составляют при этом всего несколько десятков метров. Вне сезона размножения в предмиграционных скоплениях лысухи совершают регулярные суточные кормовые передвижения в 2-5 км, концентрируясь в наиболее кормных и безопасных местах.

Корм добывается разнообразными способами: склевыванием с поверхности воды, опусканием в воду только головы или становясь вертикально вверх хвостом – «столбиком», нырянием. Одинаково успешно кормятся на глубоких и мелководных участках, на берегу, в густых и редких зарослях и на открытой воде. Питаются почти исключительно растительной пищей. Предпочитают вегетативные части растений, но охотно используют также проростки, клубеньки, семена.

Размножение. Лысухи моногамны – на одного самца приходится одна самка. Гнездовые участки из года в год одни и те же. Пары постоянные. Размножению предшествуют своеобразные брачные игры. Они заключаются в скоплении нескольких лысух на открытой водной поверхности, где птицы гоняются друг за другом, хлопая по воде крыльями, и издают несколько особый крик. Образование пар происходит по окончании игр. Гнезда могут располагаться как близко друг к другу, так и на значительном расстоянии. Только в немногих районах образуют нечто похожее на колонии. Гнезда у лысух достаточно крупные, бесформенные, рыхлые, однородные по составу. Состоят в основном из листьев, реже из стеблей. Издалека создается впечатление, что это куча хвороста. Мы наблюдали за гнездами издали, так как они находились на болотных кочках в труднодоступных местах.

Появление первых птенцов было отмечено 5 июня 2013г. и 4 июня 2014г. Наибольшее число зафиксированных птенцов у одной пары – 9, наименьшее – 1 птенец. Чаще всего выводок состоит из 3-х птенцов. Самая большая численность птенцов, по данным двухлетних наблюдений, – в водно-болотном комплексе рядом с авторынком на ул. Амирхана. За сезон размножения численность лысухи в городе увеличивается в 2,5-2,7 раза.

Лимитирующие факторы. Наибольший урон гнездам и кладкам лысух причиняет серая ворона, особенно при частом вспугивании наседок с гнезд. В меньшей степени кладки разоряют серебристая чайка и выдра. На птенцов лысухи может напасть уж. Взрослая лысуха оказывает успешное сопротивление врагам даже в одиночку, а в скоплениях птицы прибегают к коллективной защите [2].

Таким образом, лысуха успешно обитает в стоячих или с медленным течением водоемах г.Казани. Наибольший успех размножения наблюдается в отдаленных, окраинных биотопах. Лимитирующим фактором для лысухи в современных условиях города является сокращение и застраивание местообитаний. Так, на территории водно-болотного комплекса (ул. Чуйкова) из-за активного освоения человеком болота численность лысухи только за один сезон снизилась на 60%. В целом, городская популяция лысухи поддерживает свою численность, даже иррадирует, и, при условии сохранения местообитаний, есть вероятность увеличения популяции, что позволит городской экосистеме приобрести большее разнообразие и устойчивость.

**Чомга** (*Podiceps cristatus*, Linnaeus, 1758). В Республике Татарстан чомга гнездящийся и пролетный вид. Не относится к синантропным видам, но в г.Казани гнездится разрозненно и колониально на протяжении ряда лет. Экологию большой чомги в г.Казани изучали 1 сезон в 2014 г. Это перелетная птица, зимующая на побережье Черного моря. Первая особь в г.Казани отмечена нами 13 апреля 2014 г., 15 апреля 2015 г. и после 5 октября на водоемах города чомга не встречалась. В черте города гнездование чомги зафиксировано в 6 биотопах.

У левобережья р.Казанки, в районе урочища «Скотские горы» загнездились 2 пары (обилие составило 0,08%); в водно-болотном комплексе у парка Победы – 1 пара; в ботанической протоке – 1 пара (обилие 8%); на озере Ближний (Нижний) Кабан – 33 пары (обилие 16%); на озере Средний Кабан – 25 пар (обилие 52%) и в водно-болотном комплексе возле авторынка на окраине города – 5 пар (обилие 8,5%). Интерес представляют уникальные гнездовые группировки на Нижнем и Среднем Кабане, где плотность составила 1,3 и 5,52 пар на км<sup>2</sup> соответственно. Это водоемы со стоячей водой или тихим течением с густо поросшими околводной травянистой растительностью берегами. Здесь водится мелкая рыба, лягушки, водяные жуки и клопы, личинки комаров – основная пища чомги. Данные местообитания являются наиболее привлекательными из-за достаточно большой глубины, позволяющей птицам нырять за кормом. Несмотря на оживленные автомобильные магистрали, подходящие вплотную к местообитаниям, людьми эта часть водоема посещается достаточно редко, что позволяет чомгам свободно гнездиться.

В суточном ритме чомги имеется 2 пика активности: 10 и 18 часов, это время активной охоты. Гнезда устраивают плавучие. Птенцы выводкового типа. Вылупившихся птенцов «катают» на спине. Первый пуховичок зафиксирован 5 июня. Наибольшее количество птенцов в выводке – 4.

В прошлом поганки промышлялись ради прочной шкурки. В настоящее время чомга не является объектом промысла. Нами не зафиксированы случаи гибели чомги. Это осторожные птицы, все время проводящие на воде. Возможно, есть некоторая угроза со стороны бездомных собак: мы неоднократно наблюдали подкарауливание бездомными собаками из зарослей рогоза крякв.

Чомга в условиях города проявляет пластичность и адаптивные приспособления. Требуется дальнейшее изучение ее экологии.

**Кряква** (*Anas platyrhynchos* L. 1758). Процесс синантропизации животных в настоящее время приобретает все более массовый характер. Явление зимовки на местах гнездования мигрирующих птиц может свидетельствовать о зарождающейся синантропизации. Так, по данным Э. Эверсмана [3], сизый голубь (*Columba livia* Gm., 1789), являющийся в настоящее время оседлым синантропом, еще в середине XIX века совершал регулярные сезонные миграции, собираясь в многочисленные стаи. Это явление было характерно для части популяции, гнездящейся в естественных биотопах по обрывистым берегам. Городские популяции миграций не совершали. В настоящее время в г.Казани из числа мигрирующих видов на зимовке можно встретить грача (*Corvus frugilegus* L., 1758). По нашим наблюдениям, процент остающихся в городе на зиму грачей увеличивается.

Особенно ярко и быстрыми темпами адаптация к городскому ландшафту происходит у кряквы. В г.Казани первые «городские» утки появились в 70-х гг. на небольших водоемах в пойме р.Казанки. Птицы проявляли осторожность и не подпускали на близкое расстояние [4]. Сейчас городские микрогруппировки крякв проявляют толерантность к присутствию человека. В местах подкормки населением наблюдаются скопления свыше 300 особей. Стали фиксироваться особи, остающиеся на зимний период. Лимитирующими факторами зимующих уток являются ограниченность кормового ресурса и наличие незамерзающего водного пространства.

Сезонная динамика численности крякв закономерна: увеличение численности гнездящейся популяции уток происходит в августе, достигая максимума к середине октября за счет пролетных особей. Так, в сентябре 2012 г. только в устьевой части р.Казанки отмечено около тысячи особей [4]. После массового отлета, в городских водоемах остается немногочисленная зимующая группировка, которая к декабрю несколько уменьшается. По всей видимости, часть особей постепенно, небольшими стайками откочевывает на юг. Оставшиеся особи распределяются по незамерзающим водоемам. Со вто-

рой половины декабря до первой декады марта численность крякв стабильна, и в феврале характерно небольшое увеличение [5]. В январе 2015 г. в рамках акции Союза охраны птиц России «Серая шейка-2015» казанскими орнитологами и любителями птиц проведен тотальный учет численности зимующих уток. Установили, что в черте г.Казани зимует 1175 особей кряквы. Две трети группировки составляют самцы. Зимующие птицы локализуются на 9-и незамерзающих водоемах города. Особенно зимующих крякв являются суточные кормовые перелеты к местам подкормки. В Казани известно 4 водоема, на которых население традиционно кормит уток. В утренние и вечерние часы численность крякв на них возрастает в несколько раз. На протоке Булак птицы поджидают корм, стоя на льду замерзшего водоема и подбирают кусочки хлеба со льда.

В 2012-2013 гг. в парке «Буревестник» среди крякв наблюдали успешную зимовку самки морянки (*Clangula hyemalis* L., 1758) [6]. Данный вид для территории Татарстана является пролетным. В начале декабря в парке «Победы» был зарегистрирован луток (*Mergus albeus* L., 1758).

Остаются на зимовку кряквы и в окрестностях других промышленных городов Татарстана, принимающих стоки ТЭС, ГЭС, ГРЭС, промстоки. В отличие от городских микрогруппировок, утки пугливы, при приближении человека отплывают на середину полыньи, держатся настороженно.

Таким образом, зимовка кряквы в условиях городской агломерации связана с наличием незамерзающих водоемов и подкормкой птиц в течение всего холодного сезона. Численность зимующих уток увеличивается.

### Список литературы.

- 1) Рахимов И.И. Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов. Казань: ЗАО «Новое знание». 2002. 272 с.
- 2) Интернет-ресурс: [http://www.water-birds.narod.ru/fulica\\_atra.htm](http://www.water-birds.narod.ru/fulica_atra.htm) (Дата обращения: 12.11.2014).
- 3) Эверсман Э. Естественная история Оренбургского края. Часть 1. 1840 г. 409 с.
- 4) Рахимов И.И., Ежов И.В. Изменение видового разнообразия птиц в условиях трансформации ландшафтов Среднего Поволжья // Сохранение разнообразия животных и охотничье хозяйство России. М. 2011. С.444–447.
- 5) Рахимов И.И., Мударисов Р.Г., Закиров А.А. Систематический обзор птиц парков, садов и скверов города Казани // Биодиверситиология: Современные проблемы сохранения и изучения биологического разнообразия. Материалы II Международной научно-практической конференции. Чебоксары. 2010. С.28–30.
- 6) Рахимов И.И. Видовое разнообразие птиц и ее динамика в условиях трансформации естественных ландшафтов среднего Поволжья // Изучение живых систем в условиях антропогенной трансформации природных ландшафтов РТ. Казань. 2013. С.105–115.

## **СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ И БОТАНИКА»**

### **ФИТОПЛАНКТОН ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЕР БАССЕЙНА РЕКИ ХАТАНГА (КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ РФ)**

**Волкова Т.С.**

*Научный руководитель – к.б.н., ассистент Халиуллина Л.Ю.*

В последние годы значительно вырос интерес к исследованиям севера Евразии, что вызвано, в первую очередь, проблемой глобального изменения климата. В приполярной области Северного полушария располагается огромное количество озер различного генезиса и морфометрии, заархивировавших в своих донных отложениях подробную информацию об изменениях климата, ландшафтов и гидрологии в плейстоцене и голоцене. Долгое время полярные озера из-за своего географического положения были слабо изучены и лишь в последние десятилетия развернулись активные научно-исследовательские работы по изучению стратиграфии донных отложений озер и реконструкции палеогеографических и палеоклиматических обстановок прошлого. Палеоэкологическая оценка, а также сведения о современном состоянии данных водоемов позволяют выявить основные закономерности изменения природных условий водосборного бассейна озер на протяжении голоцена и позднего плейстоцена, оптимально использовать природные ресурсы и прогнозировать эволюцию озерных криогенных ландшафтов в условиях усиливающегося глобального антропогенного потепления кли-

матов Севера. К настоящему времени проведен ряд палеогеографических исследований озер Якутии [3, 5, 6 и др.], однако имеется очень мало сведений по современному состоянию этих озер.

Целью настоящей работы являлось выявление современного видового состава планктонных водорослей ряда термокарстовых озер бассейна реки Хатанга. Река Хатанга протекает по Северо-Сибирской низменности в юго-восточной части полуострова Таймыр и впадает в Хатангский залив моря Лаптевых. В бассейне реки находится около 112 тысяч озер общей площадью 12 тыс. км<sup>2</sup>. Озера чаще всего занимают термокарстовые котловины или понижения в поймах и на речных островах.

На сегодня между Северо-Восточным федеральным университетом им. М.К.Аммосова (г. Якутск), Институтом Морских и Полярных исследований им. А. Вегенера (AWI, г. Потсдам, Германия) и Казанским федеральным университетом имеется соглашение по выполнению совместных проектов по изучению лимнологических характеристик озер Якутии с целью выполнения реконструкции голоценовой истории. В рамках этого соглашения в июле-августе 2013 г. была выполнена экспедиция, в ходе которой сотрудниками кафедры зоологии и общей биологии КФУ были собраны альгологические пробы воды, гидрохимические и морфометрические данные на 18 озерах. И эти пробы были предложены нашей кафедре для дальнейших исследований.

Отбор и камеральную обработку проб планктонных водорослей – фитопланктона осуществляли согласно общепринятым методам [2, 4]. Пробы фитопланктона отбирали батометром Молчанова. Все количественные пробы объемом 2,0 л фиксировали 4% раствором формалина. Качественные пробы отбирали малой сетью Апштейна (мельничное сито № 73), фильтруя 50-100 л воды. Фиксированные пробы концентрировали в 2 этапа осадочным методом до 7-10 мл.

Большинство озер, несмотря на небольшие размеры, оказались довольно глубоководными, с глубинами до 6-9 м. Часть озер были мелководны, с глубиной не выше 3 м. Все озера характеризуются высокой прозрачностью. Содержание растворенного в воде кислорода высокое. Температура воды в озерах существенно различалась. В отличие от небольших мелководных, глубоководные озера не успевали прогреваться: температура воды наиболее прогретых поверхностных слоев в периоды исследований была в пределах 13-18°C. По показателю pH воды большинства озер оказались нейтральными, небольшой части озер – слабощелочными. Провести гидрохимический анализ воды по другим гидрохимическим показателям в ходе данной экспедиции оказалось технически невозможным.

За период наблюдений в фитопланктоне исследованных водоемов было обнаружено 164 таксонов водорослей, относящихся к 6 отделам (рис. 1). Наибольшее количество таксонов рангом порядка выявлено в отделах диатомовых и зеленых хлорококковых водорослей. По видовому разнообразию преобладают диатомовые (48,2%) и хлорококковые (32,9%) водоросли. Другие группы менее разнообразны: сине-зеленые – 8,5%, эвгленовые – 4,3%, золотистые – 2,4% и динофитовые – 3,7% (рис. 2).

Наиболее высокое видовое разнообразие характерно для родов сине-зеленых водорослей *Gloeocapsa*, *Gomphosphaeria*, диатомовых *Stephanodiscus*, *Cyclotella*, *Aulacoseira*, *Fragilaria*, *Diatoma*, *Tabellaria*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Neidium*, *Achnanthes*, *Eunotia*, *Cymbella*, *Gomphonema*, *Epithemia*, *Rhopalodia*, *Nitzschia*, *Surirella*, *Cymatopleura*, динофитовых *Peridinium*, эвгленовых *Trachelomonas*, *Euglena*, зеленых *Chlamydomonas*, *Pediastrum*, *Dictyosphaerium*, *Coelastrum*, *Scenedesmus*, *Crucigenia*, *Ankistrodesmus*, *Monoraphidium*, *Cosmarium*, *Staurastrum*. Наиболее частая встречаемость характерна для видов отделов сине-зеленых, золотистых, зеленых хлорококковых и динофитовых водорослей. Диатомовые водоросли были обнаружены не во всех водоемах, что, скорее всего, объясняется тем, что были отобраны лишь планктонные пробы, а также имело значение период отбора проб.

По эколого-географическим характеристикам в рассматриваемых озерах преобладают космополитные и бореальные виды водорослей. По отношению к галобности большая часть видов индифферентны и олигогалобны, по отношению к pH чаще встречаются индифферентные и алкалифил + алкалибионтные организмы.

Количественные показатели фитопланктона рассматриваемых озер оказались невысокими, общая численность и биомасса фитопланктона колебались в пределах 31,50-2331,50 тыс. кл./л и 0,05-1,01 мг/л (рис. 3).

В количественном отношении доминирующих видов фитопланктона рассматриваемые озера довольно сильно различались. По численности в большинстве водоемов преобладают сине-зеленые и зеленые, по биомассе – динофитовые, зеленые и золотистые водоросли. Диатомовые водоросли, вопреки нашим ожиданиям, в период данных исследований развивались не столь массово. В большей части водоемов их численность и биомасса была невысокая, лишь в озерах № 17 и 18 диатомовые составляли до 30-33% общей численности и 55-68% общей биомассы.

Также в ходе работы были рассчитаны коэффициенты корреляции Спирмена между показателями фитопланктона и гидрохимическими и морфометрическими показателями озер и найдены некоторые



зависимости. Отрицательная корреляция ( $r = -0,5 - -0,6$ ) наблюдается между содержанием в воде эвгленовых и зеленых водорослей с глубиной водоемов. Выявленные в данных водоемах виды динофитовых водорослей предпочитают более низкие температуры воды ( $r = -0,5$ ). Также было отмечено увеличение концентрации золотистых водорослей при более высоких значениях щелочности ( $r=0,5$ ), хотя прямой связи со значениями рН не были найдены.

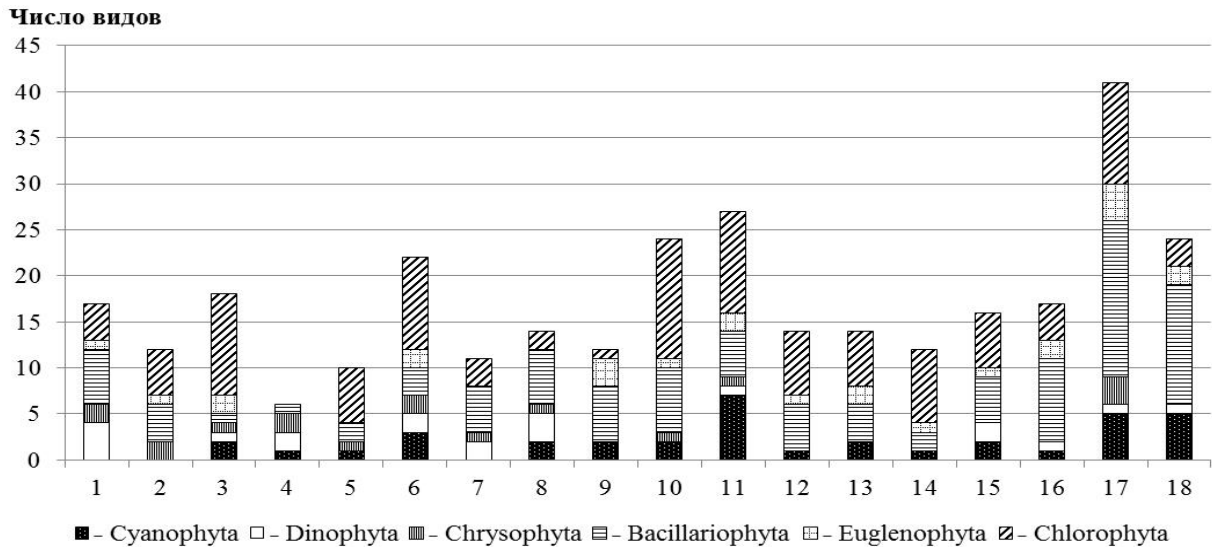


Рисунок 1. – Количество таксонов фитопланктона в исследованных озерах (2013 г.): по оси абсцисс расположены номера исследованных водоемов.

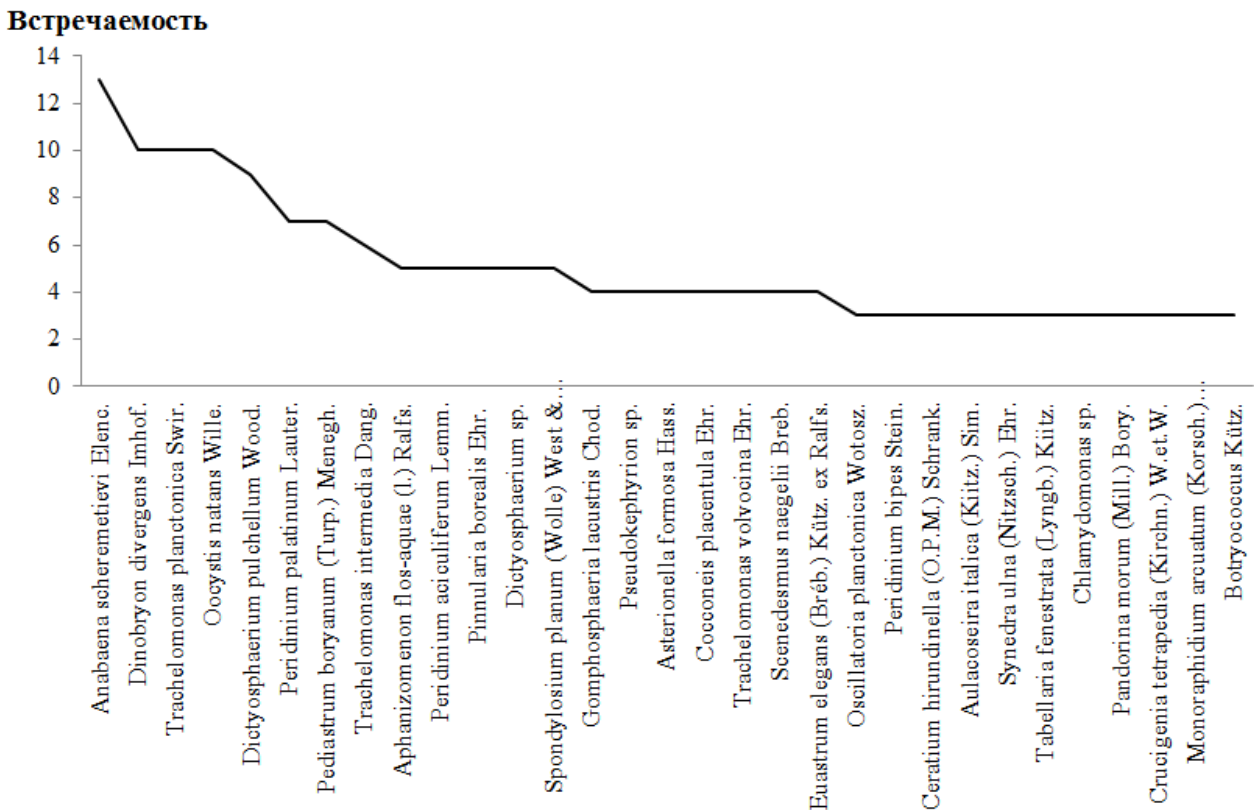


Рисунок 2. – Встречаемость таксонов фитопланктона в исследованных озерах (2013 г.): цифрами по оси ординат обозначена встречаемость вида в исследованных водоемах.

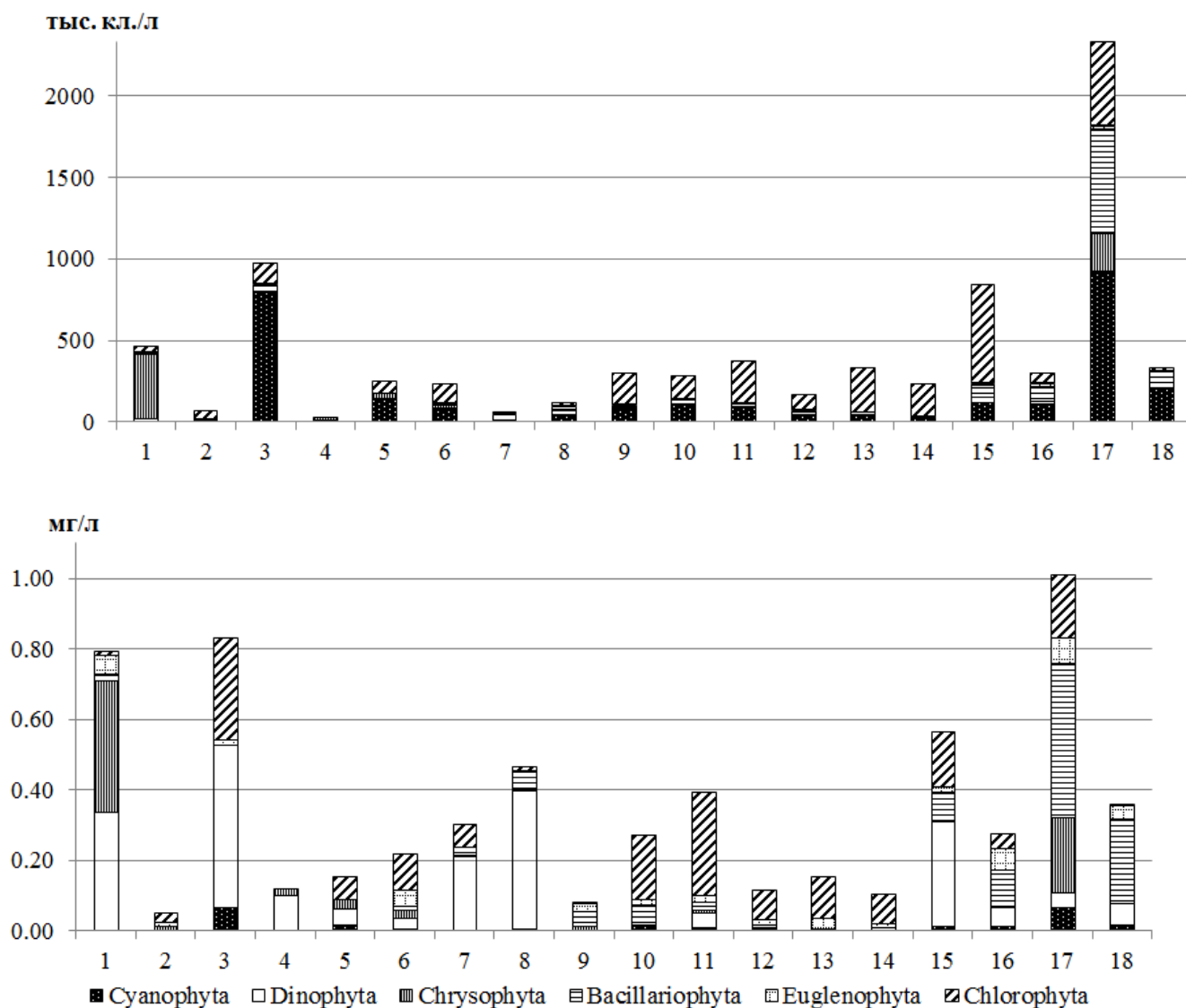


Рисунок 3. – Численность (тыс. кл./л) и биомасса (мг/л) отдельных систематических групп фитопланктона в исследованных озерах (2013 г.): по оси абсцисс расположены номера исследованных водоемов.

Индексы трофности, рассчитанные по блоку Милиуса [1] для оценки трофического статуса водоемов, не превышали значения 43,01 и характеризовывали данные водоемы в большей части как олиготрофные, и лишь два озера как мезотрофные.

Воды большинства термокарстовых озер бассейна р. Хатанга за период наблюдений соответствуют олиготрофному типу и лишь два озера мезотрофному. Качество воды в девяти озерах из восемнадцати оценивается как мезосапробные, остальные девять как олигосапробные.

Полученные результаты в ходе настоящей работы являются предварительными и отнюдь не полными. Для дальнейшего и полного понимания наблюдаемых явлений необходимы дополнительные исследования и изучение сезонной динамики развития водорослей в рассмотренных водоемах.

### Список литературы.

- 1) Андроникова И.Н. Классификация озер по уровню биологической продуктивности // Теоретические вопросы классификации озер. СПб.: Наука. 1993. С.51–72.
- 2) Водоросли. Справочник. Киев: Наук. Думка. 1989. 608 с.
- 3) Городничев Р.М., Колмогоров А.И., Пестрякова Л.А. Современный российско-немецкий проект по изучению водоемов северных экосистем (на примере бассейна реки Хатанга) // Науки о Земле:

устойчивое развитие территорий – теория и практика. Сб. материалов Междунар.науч.-практ. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. 2012. С.34–35.

4) Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. М.: Наука. 1975. 240 с.

5) Методические подходы к использованию биологических индикаторов в палеоэкологии / Под ред. Л.Б. Назарова. Казань.: изд-во Казан. ун-та. 2011. 280 с.

6) Спиридонова И.М., Пестрякова Л.А., Цибульске Р., Херццу У. Диатомовые водоросли биотопов полигональной тундры в бассейне реки Хатанга // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения. Материалы Всероссийской IV научной конференции с международным участием. Апатиты: изд-во Кольского научного центра РАН. 2012. Ч.1. С.122–126.

## КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНОВ СЕМЕЙСТВА *ATG8 TRITICUM AESTIVUM*

*Килеева М.С.*

*Научный руководитель – младший научный сотрудник, к.б.н. Рябовол В.В.*

Аутофагия – катаболический процесс деградации внутриклеточного содержимого с помощью специализированных структур – аутофагосом [Pei, 2014, V. 7. p. 3-13]. Аутофагия в жизни растений играет значительную роль. Данный процесс поддерживает нормальный рост и развитие растительных организмов, играет важную роль в ответе растений на биотические и абиотические стрессовые воздействия [Han, 2011, V. 353 p. 411-416]. В образовании аутофагосом вовлечены многочисленные белки *ATG* семейства, среди которых *ATG8* играет ключевую роль [Reggiori, Klionsky, 2013, V. 6. p. 79-90]. Этот белок локализуется на мембране аутофагосом, его часто используют как маркер для детекции этих структур в клетках эукариот [Galili, 2014, V. 3. p. 437-442]. *ATG8* участвует в биогенезе аутофагосом, регулируя элонгацию мембраны. Кроме того, данный белок играет важную роль в селективной аутофагии и в процессе слияния аутофагосомы с вакуолью. В отличие от дрожжей, у животных и растений *ATG8* представлен мультигенным семейством. Так, у арабидопсиса и пшеницы белок кодируется девятью генами, у риса и кукурузы – пятью, у сои – одиннадцатью генами [Xia, 2011, V. 9. p. 1102-1009]. Вопрос необходимости наличия большого генного семейства *ATG8* в различных растительных объектах до сих пор остается открытым. В связи с этим, новая информация о количестве, структуре и экспрессии *ATG* генов в различных видах является актуальной. Таким образом, целью настоящей работы явилось обнаружение и характеристика транскриптов генов семейства *ATG8* в проростках пшеницы *Triticum aestivum*.

*Объекты исследований.* В качестве объекта исследований использовали кончики корней (0,8 см) и верхушки листьев (0,8 см) 4-дневных проростков яровой пшеницы (*T. aestivum* L.) сорта Казанская Юбилейная. Для индукции окислительного и солевого стресса проростки перемещали на растворы 100 мкМ парахвата (Пк) и 250 мМ NaCl, соответственно, и выдерживали в течение 16 ч.

*Выделение РНК и проведение реакции обратной транскрипции (ОТ).* Тотальную РНК выделяли с помощью RNeasy mini kit (Qiagen). Реакцию ОТ проводили в амплификаторе C1000TM Thermal Cycler (Bio-Rad) с использованием праймеров Oligo(dT)<sub>15</sub> и обратной транскриптазы RevertAid (Thermo Scientific).

*Клонирование кДНК.* ПЦР проводили в амплификаторе C1000TM Thermal Cycler. ПЦР-фрагменты очищали с помощью набора AxyPrep™ PCR Cleanup Kit (Axygen Biosciences) и встраивали в векторы pET-23a по сайтам рестрикции NdeI и XhoI (для *TaATG8* II и *TaATG8* III) и pET-51b(+) Ek/LIC (Novagen) по сайтам рестрикции NcoI и NotI (для *TaATG8* I). О результате ПЦР судили по электрофоретическому разделению, которое проводили в 1% агарозном геле в горизонтальной камере SE-1 (Helicon) при напряжении 5-10 В/см. Лигирование ДНК проводили с помощью T4 DNA лигазы (#EL0011) по протоколу производителя (Thermo Scientific). Плазмиды, содержащие целевые вставки, трансформировали в штамм *Escherichia coli* NovaBlue. Выделение плазмидных конструкций производили с использованием набора Plasmide Miniprep (Евроген). Нуклеотидные последовательности определяли с помощью ДНК-анализатора 3130 Genetic Analyser (Applied Biosystems). Анализ секвенированных последовательностей проводили с использованием программы Sequencing Analysis 5.3.1. Поиск и сравнение гомологичных последовательностей проводили с помощью программы BLAST на сервере NCBI (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

*ОТ-ПЦР в реальном времени.* Накопление ПЦР продуктов оценивали по эмиссии зондов TaqMan с помощью амплификатора с оптическим модулем ICycler IQ Multicolor Real-Time PCR Detection System (Bio-Rad). В качестве референсного гена был использован ген фактора АДФ-рибозилирования.

*Статистическая обработка.* Все опыты проводили не менее чем в 4-х биологических и аналитических повторностях. Статистическую обработку результатов проводили с использованием *t*-критерия Стьюдента при  $P \leq 0,05$ .

*Клонирование и секвенирование генов TaATG8.* Ранее в нашей лаборатории с помощью базы данных URGI BLAST было обнаружено, по крайней мере, девять генов *ATG8 T. aestivum*, которые были условно подразделены на три подсемейства: 1) *ATG8 I* кодирует шесть изоформ a-f; 2) *ATG8 II* кодирует белок g; 3) *ATG8 III* кодирует изоформы h, i и j (рисунок 1). В настоящей работе было осуществлено молекулярное клонирование нуклеотидных последовательностей мРНК генов из трех подсемейств *ATG8* пшеницы.

В результате проведения BLAST клонированная и секвенированная нами последовательность из первого подсемейства *ATG8 I* оказалась идентична нуклеотидной последовательности мРНК изоформы **c** на 99% (KF294809.1), из второго подсемейства *ATG8 II* – изоформе **g** на 100% (KF294813.1), из *ATG8 III* – изоформе **h** на 100% (KF294814.1). Таким образом, нами были обнаружены продукты активности генов каждого из трех подсемейств *ATG8 T. aestivum*.

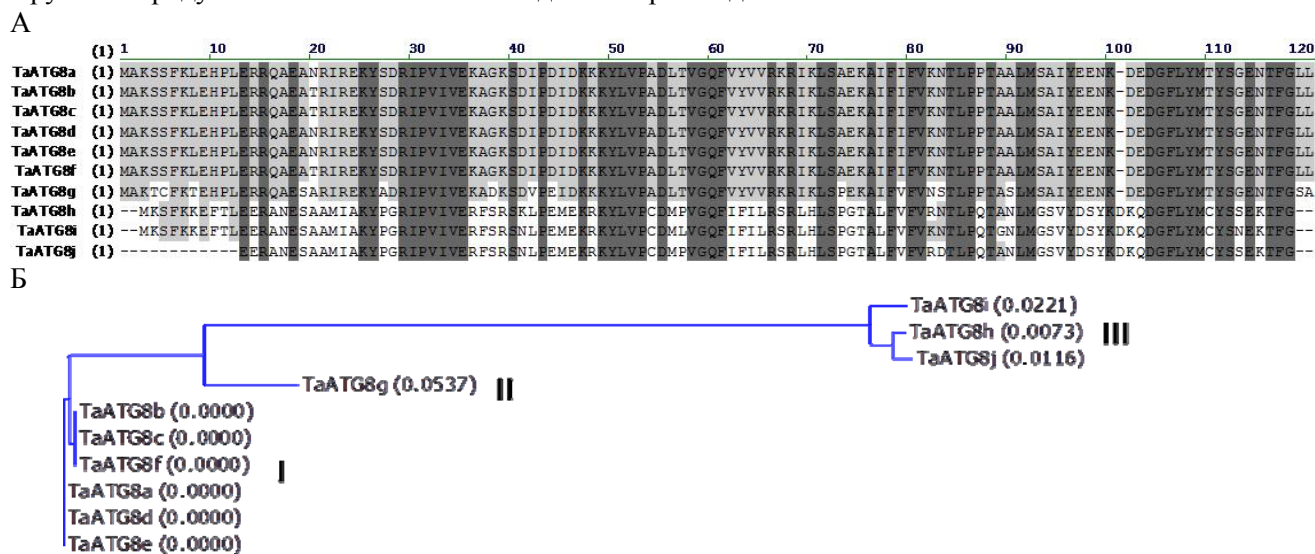


Рисунок 1. – Результат множественного выравнивания аминокислотных последовательностей (А) и филогенетическое древо (Б) белков семейства *ATG8 T. aestivum*. Темно-серым цветом выделены идентичные аминокислоты, серым – консервативные аминокислоты.

*Экспрессия генов семейства TaATG8.* С целью выявления активности генов *ATG8* в растительных тканях нами был проведен ПЦР-анализ в реальном времени. Образование транскриптов генов *TaATG8* наблюдали в листьях и корнях нестрессированных растений. Обнаружено, что в листьях гены *ATG8* экспрессируются в несколько раз интенсивнее, чем в корнях (для *ATG8 I* – в 15 раз, для *ATG8 II* и *ATG8 III* – в 9 раз) (рисунок 2).

Далее нами была проанализирована активность генов семейства *TaATG8* в стрессовых условиях. При действии на проростки Пк и NaCl в листьях пшеницы не происходило статистически значимого изменения в экспрессии генов семейства *TaATG8*. Исключение составляли гены из первого подсемейства. Так, при действии NaCl происходило небольшое снижение (в 1,7 раза) относительного уровня экспрессии этих генов. В корнях пшеницы в условиях солевого и окислительного стрессов происходило повышение экспрессии генов *ATG8* всех трех подсемейств, превышающее контрольное значение в несколько раз: при действии Пк – в 4-5 раз, при действии NaCl – в 2 раза (рисунок 2).

Таким образом, в проростках *T. aestivum* были обнаружены продукты активности генов трех подсемейств *ATG8*. Расшифрованные нуклеотидные последовательности ампликонов кДНК выявленных транскриптов позволили идентифицировать их как *ATG8c*, *ATG8g* и *ATG8h*. Показано, что гены *ATG8* экспрессируются как в листьях, так и в корнях пшеницы. В условиях окислительного и солевого стресса в клетках корней пшеницы происходит повышение уровня экспрессии генов семейства *ATG8*. В целом, полученные нами результаты об активации генов *TaATG8* при действии Пк и NaCl в клетках корней пшеницы, а также данные литературы свидетельствует о вовлечении генов семейства *ATG8* в регуляцию аутофагии у растений при стрессе.

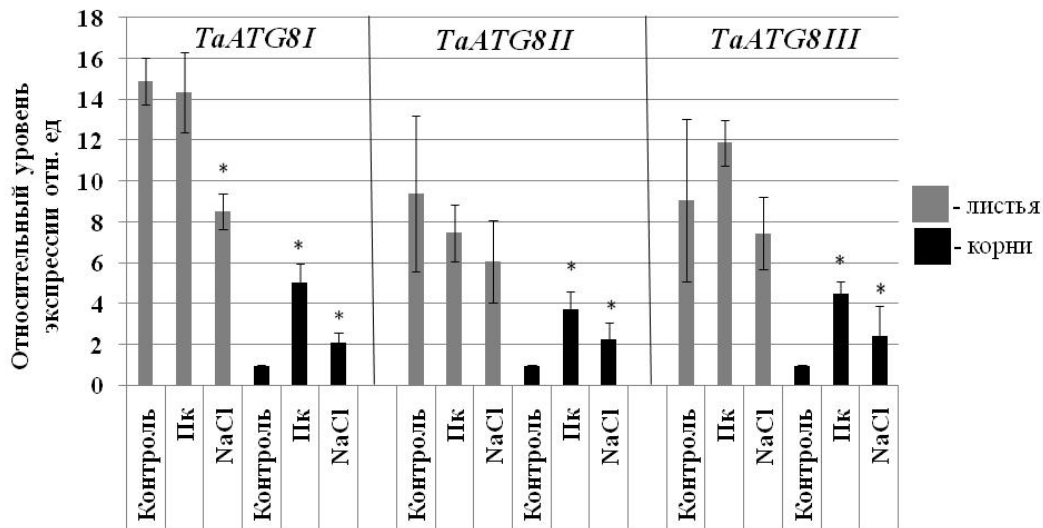


Рисунок 2. – Относительный уровень экспрессии генов TaATG8 в листьях и корнях пшеницы при действии окислительного стресса (100 мкМ H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) и солевого стресса (250 мМ NaCl). Статистически значимые от контроля отличия отмечены звездочкой/

### Список литературы.

- 1) Pei D. Identification of autophagy-related genes ATG4 and ATG8 from wheat (*Triticum aestivum* L.) and profiling of their expression patterns responding to biotic and abiotic stresses // Plant Cell Rep. 2014. V.7. P.3–13.
- 2) Han S. Role of plant autophagy in stress response // Protein & Cell. 2011. V.353. P.411–416.
- 3) Reggiori F. The Atg1–Atg13 complex regulates Atg9 and Atg23 retrieval transport from the pre-autophagosomal structure // Dev. Cell. 2004. V.6. P.79–90.
- 4) Galili G. Degradation of organelles or specific organelle components via selective autophagy in plant cells // International Journal of Molecular Sciences. 2014. V.3. P.437–442.
- 5) Xie Z. Autophagosome formation: core machinery and adaptations // Nat. Cell Biol. 2007. V.9. P.1102–1109.

## ГИСТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРФОГЕННОЙ СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ FAGOPYRUM TATARICUM (L.) GAERTN.

Лебедева М.Д.

Научный руководитель – м.н.с. Костюкова Ю.А.

Гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) – ценная сельскохозяйственная культура. В отличие от посевной гречихи плоды татарской гречихи отличаются большим разнообразием синтезируемых фенольных соединений. В плодах татарской гречихи обнаружены кверцитрин и кверцетин [Fabjan *et al.*, 2003, v. 51, № 22, p. 6452-6455], 4-гидроксибензойная кислота, катехин, эпикатехин, танины, хлорогеновая кислота, p-кумаровая кислота, 4-гидрокси-3-метоксибензойная кислота [Uddin *et al.*, 2013, v.7, № 12, p. 1861-1865]. С помощью каллусных и суспензионных культур создаются клеточные системы, успешно продуцирующие вторичные метаболиты. Суспензионные культуры обладают преимуществом перед каллусными культурами, так как культивирование клеточных структур в жидкой среде облегчает выделение вторичных метаболитов, экстрагирующихся в среду культивирования. Ранее было показано, что морфогенные каллусные и суспензионные культуры гречихи характеризуются большей способностью к синтезу фенольных соединений по сравнению с неморфогенными [Сибгатуллина с соавт., 2012, т. 59, № 5, с. 1-9; Гумерова с соавт., 2015, т.62, № 2, с. 212-221]. Морфогенная суспензия гречихи была получена из нодулярного каллуса [Гумерова с соавт., 2008, т.150, с. 126-134], состоящего из возобновляющихся проэмбриогенных клеточных комплексов [Румянцева с соавт., 2004, т.40, № 5, с. 571-578]. Известно, что условия культивирования могут оказывать влияние на особенности роста и строения клеточных культур суспензии. Подробного гистологи-

ческого исследования морфогенной суспензионной культуры гречихи ранее проведено не было, поэтому цель нашей работы – гистологический анализ клеточных культур морфогенной суспензионной культуры гречихи.

Изучение клеточных структур морфогенной суспензии осуществляли на полутонких эпоксидных срезах, приготовленных по общепринятой методике на микротоме LKB-8800 («LKB», Швеция) и ультрамикротоме Ultracut E («Reichert-Jung», Австрия). Длительность пассажа составляла 14 дней. С помощью сит диаметром ячеек 1 мм и 1,5 мм отделяли друг от друга мелкую (159-669 мкм), среднюю (659-1005 мкм) и крупную (1005-3533 мкм) фракции.

Мелкая фракция суспензионной культуры гречихи образована ПЭКК. ПЭКК размером до 200 мкм образованы меристематическими клетками (рисунок 1а). Поверхность ПЭКК покрыта сильно вакуолизированными, паренхимными, фенол содержащими клетками. ПЭКК большего размера образованы различными типами клеток. Под поверхностными фенол содержащими клетками ПЭКК, расположены меристематические таблитчатые клетки с плотной цитоплазмой, мелкими вакуолями, крупным ядром с ядрышком (рисунок 1в). В более глубоких слоях ПЭКК расположены меристематические овальные, изодиаметрические клетки с центрально расположенным ядром, многочисленными вакуолями (рисунок 1в). Базальная область комплекса образована паренхимными клетками с крупной центральной вакуолью, пристенно расположенным ядром. Среди удлиненных паренхимных клеток на гистологических срезах были обнаружены трахеиды. Удлинение срединных паренхимных клеток и дифференциация трахеид в ПЭКК свидетельствует о разрыхлении ПЭКК.

Кроме ПЭКК мелкую фракцию суспензионной культуры составляли клеточные структуры, образованные крупными меристематическими клетками с большими вакуолями, пристенно расположенным ядром с ядрышками (рисунок 1г, д). Поверхность структур покрыта таблитчатыми плотно прилегающими клетками, образующие фрагментированный слой, аналогичный протодерме зиготических зародышей (рисунок 1д). Протодерма – меристематическая покровная ткань зародыша, свидетельствующая о переходе зародыша с проэмбрионального периода в эмбриональный [Андропова, 1997, т. 2, с. 346-352]. На основании гистологических особенностей строения подобные структуры суспензионной культуры гречихи рассматриваются как эмбриоподобные (ЭПС). Формирование новых ЭПС наблюдали из отдельных поверхностных клеток протодермы, с плотной цитоплазмой и центрально расположенным ядром (рисунок 1е). Предположительно эти клетки потенциально эмбриогенны.

Средняя фракция суспензии образована ПЭКК и ЭПС. Гистологический анализ ПЭКК показал, что кроме ПЭКК с полярным расположением меристематической и паренхимной областей средняя фракция образована комплексами, в которых меристематические области расположены латерально вдоль всей поверхности ПЭКК или полярно (продольный срез ПЭКК) (рисунок 2а). Клетки меристематических областей отличаются по плотности цитоплазмы. Клетки с плотной цитоплазмой формируют комплексы – новые ПЭКК (рисунок 2б). Клеточные комплексы обособляются от соседних клеток более толстой клеточной стенкой, окружающие клетки вытягиваются, или погибают. На срезах видны большие межклеточные пространства, заполненные нитевидным экстраклеточным матриксом. Предполагается, что клетки, окружающие формирующийся ПЭКК секретируют определенные молекулы, которые могут выполнять регуляторные функции (обособление эмбриогенных клеток из тканей ПЭКК и индукцию в них делений), так и функции питания, поддерживая рост новых ПЭКК. На основании гистологических результатов, можно предположить, что формирование ПЭКК в суспензионной культуре происходит в результате разрыхления ПЭКК, аналогично возобновлению ПЭКК в каллусных культурах гречихи описанных ранее [Румянцева с соавт., 2004, т. 40, № 5, с.571-578]. Кроме ПЭКК среднюю фракцию гречихи образуют кластеры ЭПС (рисунок 2в), представляющие клонирующиеся ЭПС. Морфологически кластеры напоминают разросшиеся лопастные структуры. Вновь сформированные ЭПС кластеров образованы однородными клетками с большими вакуолями. В областях (рисунок 2в) соединения с “родительским” ЭПС расположены мелкие меристематические клетки. На гистологических срезах клонирующиеся ЭПС не имеют прокампбиальных тяжей, они также не связаны сосудистой системой с “родительским ЭПС” (рисунок 2в). Новые ЭПС могут формироваться из протодермальных клеток “родительских” ЭПС, как было показано на ЭПС мелкой фракции (рисунок 1д, е). В средней фракции суспензионной культуры исследованы разросшиеся структуры, покрытые фенол содержащими клетками на небольшой части поверхности. Гистологический анализ показал, что данные структуры представляют комплекс ПЭКК с ЭПС (рисунок 2в). Поверхность ЭПС покрыта фрагментированной протодермой, тогда как поверхность ПЭКК покрыта фенол содержащими клетками.

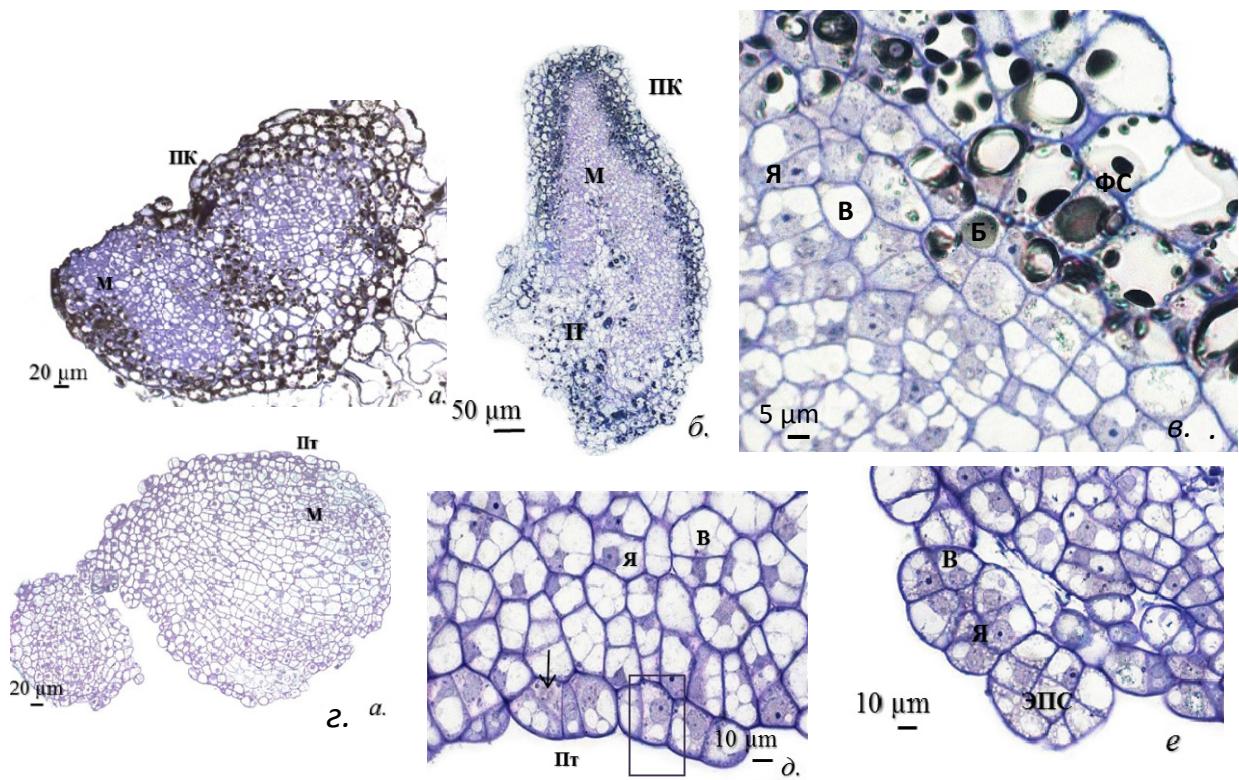


Рисунок 1. – Клеточные структуры мелкой фракции морфогенной суспензионной культуры гречихи. а – ПЭКК (200 мкм), б – разрыхляющийся ПЭКК, в – особенности строения ПЭКК, г – ЭПС мелкой фракции суспензионной культуры гречихи, д – клетки фрагментированной протодермы ЭПС, е – формирование ЭПС из протодермальных клеток. В – вакуоль, М – меристема, П – паренхима, Пг – протодерма, ПК – поверхностные фенолсодержащие клетки, ФС – фенольные соединения, ЭПС – эмбриоподобная структура, Я – ядро, стрелкой указано деления клеток протодермы.

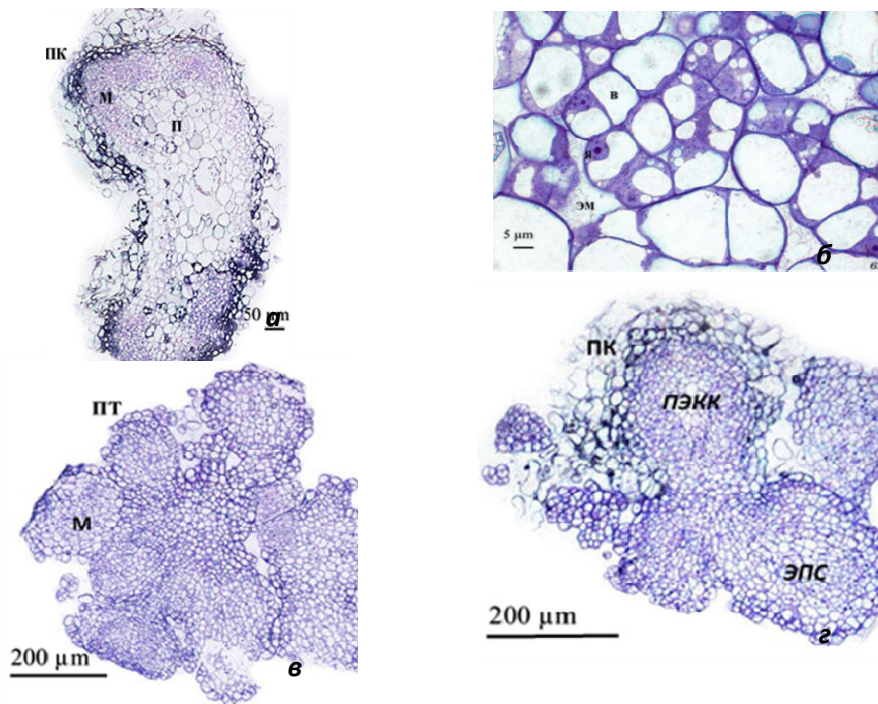


Рисунок 2. – Клеточные структуры средней фракции морфогенной суспензионной культуры гречихи. а – ПЭКК с латерально расположенными меристематическими очагами, б – деления меристематических клеток, формирование новых ПЭКК, в – кластеры ЭПС, г – комплекс ПЭКК с ЭПС. В – вакуоль, М – меристема, П – паренхима, Пг – протодерма, ЭМ – экстраклеточный матрикс, Я – ядро, ПК – поверхностные фенолсодержащие клетки.

Крупная фракция суспензионной морфогенной культуры гречихи образована ЭПС отличающимися морфологическим разнообразием. Основная часть крупной фракции представлена белыми структурами, образованными ПЭКК с формирующимися ЭПС (рисунок 3). Комплексы подобного строения были описаны в средней фракции (рисунок 2г). Характерные особенности этих структур в крупной фракции – разрыхление ПЭКК, формирование лопастных ЭПС. На гистологическом срезе (рисунок 3) показано, что формирование ЭПС происходит из меристематических субповерхностных клеток ПЭКК.

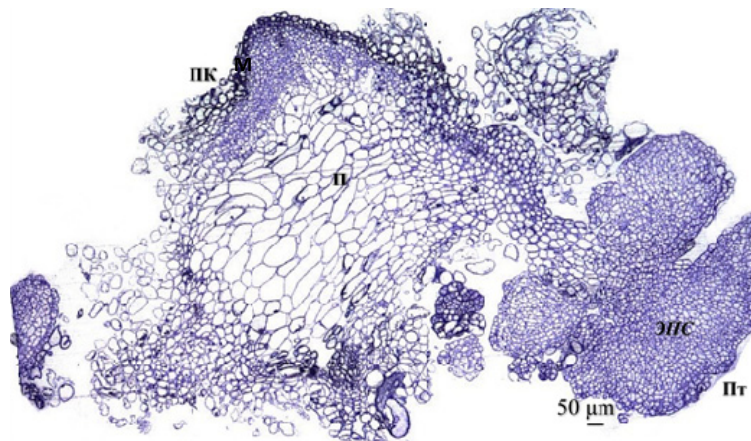


Рисунок 3. – Гистологический срез белой структуры крупной фракции морфогенной суспензии гречихи. ПК – поверхностные фенолсодержащие клетки, П – паренхима, Пт – протодерма, М – меристема.

В крупной фракции суспензионной культуры гречихи были обнаружены удлиненные коричневые палочкообразные ЭПС, образованные меристематическими, латерально расположенными вдоль структуры, клетками и паренхимными клетками. Деления меристематических клеток способствовало формированию бугорков на поверхности структур. Цвет палочкообразных ЭПС, по-видимому, обусловлен синтезом и накоплением фенольных соединений на тонопласте вакуолей паренхимных клеток. В крупной фракции суспензии были отмечены ЭПС, морфологически напоминающие соматические зародыши.

Проведенные исследования показали, что к концу пассажа морфогенная суспензия гречихи неоднородна. Разнообразие клеточных структур обусловлено увеличением числа комплексов, в результате разрыхления ПЭКК, и формирования ЭПС из меристематических клеток ПЭКК и и протодермальных клеток ЭПС. Преобладание структур с фрагментированной протодермой, формирование структур, напоминающих соматические зародыши, может быть обусловлено изменением условий культивирования к концу пассажа, снижением гормона 2,4-D, ингибитора дифференциации.

#### Список литературы.

- 1) Fabjan N. Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) as a source of dietary rutin and quercitrin / N. Fabjan, J. Rode, I.J. Kosir, Z. Wang, Z. Zhang, I. Kreft // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003. V.51. №22. P.6452–6455.
- 2) Uddin M.R. Phenolic compounds in different organs of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) cultivars / M.R. Uddin, X. Li, Y.B.Kim, S.C. Chae, S.J. Kim, S.U. Park // Australian Journal of Crop Science. 2013. V.7. №12. P.1861–1865.
- 3) Гумерова Е.А. Влияние метилжасмоната на характеристики суспензионной культуры гречихи татарской и накопление в ней фенольных соединений / Е.А. Гумерова, А.А. Акулов, Н.И. Румянцева // Физиология растений. 2015. Т.62. №2. С.212–221.
- 4) Гумерова Е.А. Получение и характеристика морфогенной суспензионной культуры гречихи татарской *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn / Е.А. Гумерова, Д.Б. Утина, Н.И. Румянцева // Ученые записки КГУ. 2008. Т.150. С.126–134.
- 5) Румянцева Н.И. Экстраклеточные полимеры в каллусных культурах *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. с разной морфогенной активностью: динамика в ходе культурального цикла / Н.И. Румянцева, А.Н. Акулов, А.Р. Мухитов // Прикладная биохимия и микробиология. 2004. Т.40. №5. С.571–578.
- 6) Андропова Е.В. Протодерма (эмбриодерма) / Е.В. Андропова // Эмбриология цветковых растений. Семя. 1997. Т.2. С.346–352.



## РАЗРУШЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ КЛЕТОЧНОЙ СТЕНКИ РАСТЕНИЙ ТАБАКА (*Nicotiana tabacum* L.) ПРИ ИНФЕКЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ФИТОПАТОГЕННОЙ БАКТЕРИЕЙ *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043

Меликова Д.А.

Научные руководители – к.б.н., н.с., ст. преп. – Горшков В.Ю., к.б.н., доц. – Демина Г.В.

Взаимодействие растений с фитопатогенными бактериями зачастую приводит к развитию патологических процессов у растений, что, в частности, выражается снижением их продуктивности, а иногда приводит к гибели хозяина. Важной особенностью фитопатогенных бактерий, в отличие от патогенов животных, является наличие у первых набора ферментов, разрушающих растительную клеточную стенку [Дьяков, 2001]. Эти ферменты обеспечивают деполимеризацию сложных углеводов [Agiros, 2005]. Однако спектр продуктов распада сложных углеводов при развитии бактериозов растений остается практически не охарактеризованным.

Подходящим объектом для исследований в этом направлении являются растительно-микробные системы, включающие представителей вредоносных фитопатогенных бактерий рода *Pectobacterium*. Эти микроорганизмы обладают широким арсеналом ферментов, разрушающих растительную клеточную стенку, благодаря чему вызывают заболевания, названные «мягкими гнилями» и «черной ножкой».

При инфицировании растений клетками *P. atrosepticum* у хозяина проявлялись симптомы заболевания, выражающиеся обширной мацерацией тканей и некрозом клеток. Через 5-6 суток растения погибали. Отбор образцов для анализа продуктов разрушения полисахаридов проводили через 2-3 суток после инфицирования. У инфицированных растений отбирали область в средней части стебля, в которой были выражены симптомы заболевания. У контрольных растений отбирали аналогичный участок стебля.



Рисунок 1. – Растения табака (*Nicotiana tabacum*), инфицированные *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043. А – контрольное неинфицированное растение; Б – растение через пять суток после инфицирования.

После этого, мы последовательно проводили выделение трех фракций полисахаридов клеточной стенки из контрольных и инфицированных растений: буфер-экстрагируемой фракции, оксалат-экстрагируемой фракции, экстрагируемой гидроксидом калия.

После выделения указанных фракций из контрольных и инфицированных растений, профили полисахаридов, входящих в состав этих фракций, был проанализированы с помощью гель-хроматографии.

Профиль пектиновых полисахаридов оксалат-экстрагируемой фракции в контрольных растениях имел ярко выраженные пики в высокомолекулярной области с максимумами  $>1600$  и  $<1600$  кДа. В этой фракции также присутствовали полимеры с меньшей молекулярной массой. Общее содержание углеводов во фракции, полученной аналогичным образом из инфицированных растений, было в 3 раза меньше, чем в контроле. В инфицированных растениях в оксалат-экстрагируемой фракции высокомолекулярные полимеры массой  $>400$  отсутствовали.

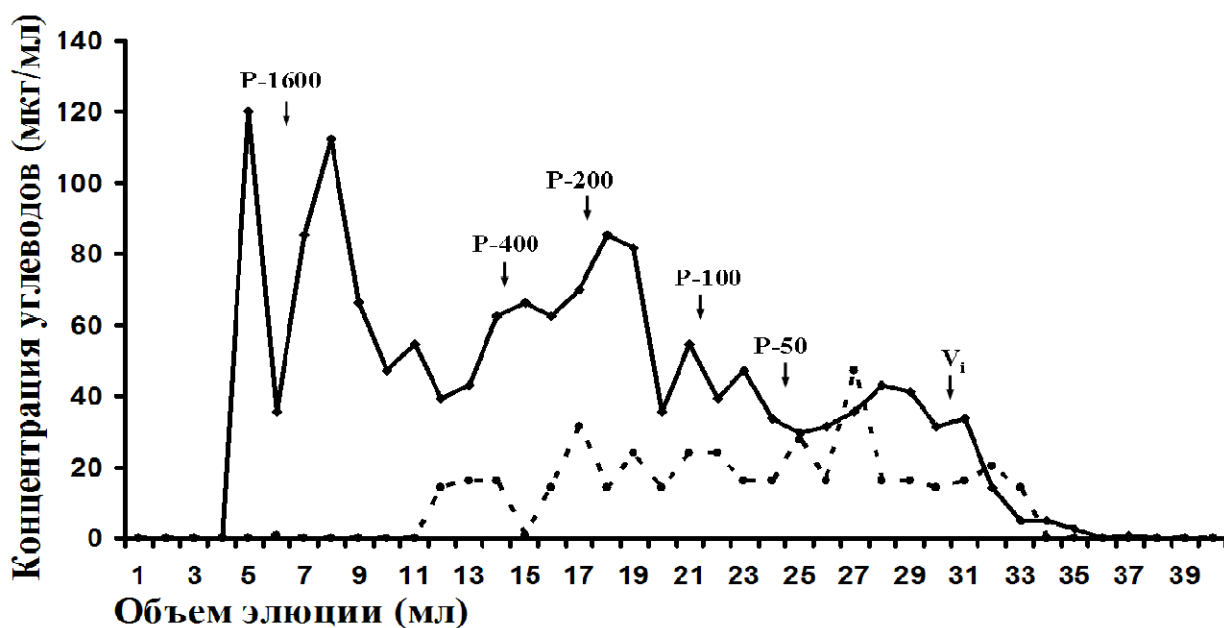


Рисунок 2. – Профили элюции полисахаридов оксалат-экстрагируемой фракции контрольных (сплошная линия) и инфицированных *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 (прерывистая линия) растений табака. Разделение проводили на колонке с сефарозой CL-4В. В качестве маркеров молекулярной массы использованы пуллуланы (P) массой 1600, 400, 200, 100 и 50 кДа. Образцы контрольных и инфицированных растений выровнены по сырой массе исходного материала. Vi – полный объем всех гранул колонки.

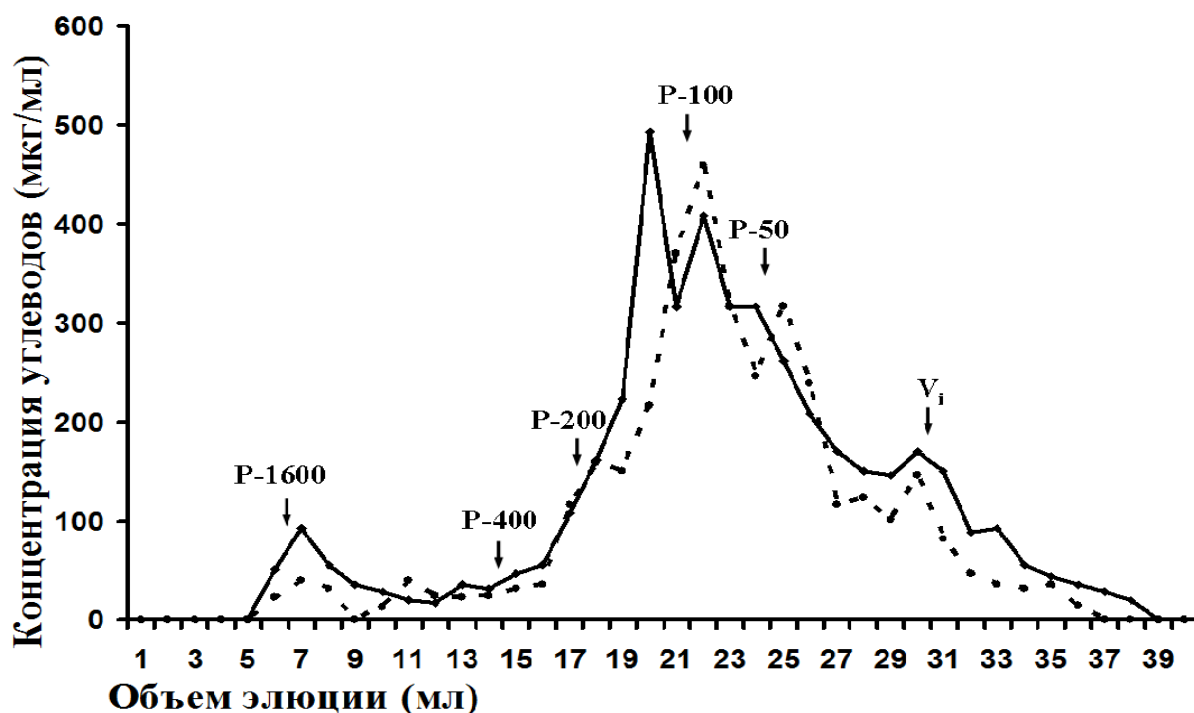


Рисунок 3. – Профили элюции полисахаридов фракции, экстрагируемой гидроксидом калия, контрольных (сплошная линия) и инфицированных *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 (прерывистая линия) растений табака. Разделение проводили на колонке с сефарозой CL-4В. В качестве маркеров молекулярной массы использованы пуллуланы (P) массой 1600, 400, 200, 100 и 50 кДа. Образцы контрольных и инфицированных растений выровнены по сырой массе исходного материала. Vi – полный объем всех гранул колонки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в ходе пектобактериальной инфекции происходят изменения не только во фракции пектиновых веществ, но и связующих гликанов. Это согласуется с полученными ранее в нашей лаборатории результатами о возможности колонизации пектобактериями не только апопласта, но и протопластов организма хозяина [Gorshkov *et al.*, 2014].

Профиль элюции буфер-экстрагируемых полисахаридов, которые слабо связаны или не связаны с клеточной, не имел ярко выраженных пиков. В инфицированных растениях во фракции, полученной аналогичным образом, содержание полисахаридов было в 4 раза выше. На хроматограмме этой фракции инфицированных растений выявлялись два основных пика с максимумами 100 кДа и <50 кДа; молекулярная масса некоторых полимеров буфер-экстрагируемой фракции в инфицированных растениях превышала 1000 кДа.

Эти результаты указывают на то, что в ходе инфекции, вызванной *P. atrosepticum*, не все полисахариды клеточной стенки разрушаются до низкомолекулярных соединений, служащих в качестве ростового субстрата для микроорганизмов. Часть продуктов распада полисахаридов сохраняются в виде высокомолекулярных полимеров, которые изменяют характер связи с растительной клеточной стенкой. Такие продукты потенциально способны изменять физико-химические параметры внутренней среды организма хозяина и определять различные аспекты взаимодействия.

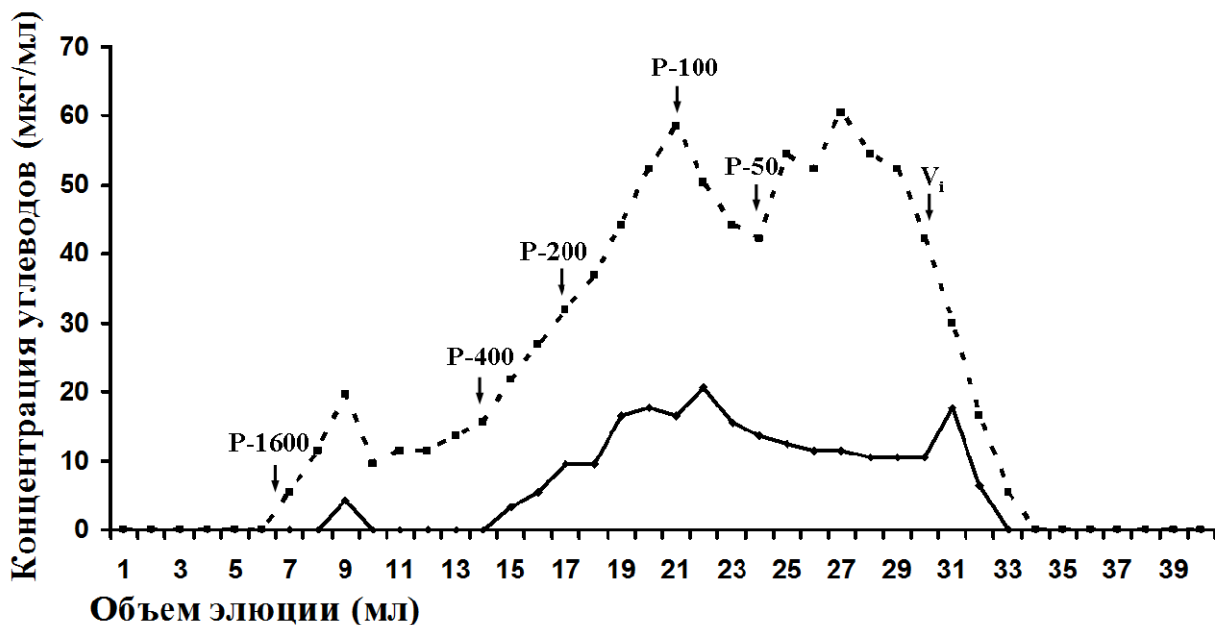


Рисунок 4. – Профили элюции полисахаридов буфер-экстрагируемой фракции контрольных (сплошная линия) и инфицированных *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 (прерывистая линия) растений табака. Разделение проводили на колонке с сефарозой CL-4В. В качестве маркеров молекулярной массы использованы пуллуланы (P) массой 1600, 400, 200, 100 и 50 кДа. Образцы контрольных и инфицированных растений выровнены по сырой массе исходного материала.

Vi – полный объем всех гранул колонки.

Это согласуется с результатами проводимых исследований, которые выявили и описали способ формирования бактериальных эмболов [Gorshkov *et al.*, 2014]. Эти структуры, состоящие из клеток пектобактерий, образуются в сосудах ксилемы и полностью перекрывают люмен. Сборка бактериальных эмболов связана с формированием геля в сосудах, который образуется из субстанций, высвобождающихся из растительной клеточной стенки. Обнаруженные нами высокомолекулярные фрагменты полисахаридов буфер-экстрагируемой фракции, которые образуются в ходе инфекции в результате разрушения сложных углеводов растительной клеточной стенки, по всей вероятности, могут служить в качестве «желирующих» агентов, попадающих в сосуды ксилемы и формирующих матрикс бактериальных эмболов.

#### Список литературы.

- 1) Дьяков Ю.Т., Озерцовская О.Л., Джавахия В.Г., Багирова С.Ф. Общая и молекулярная фитопатология. М.: Общество фитопатологов. 2001. 302 с.

- 2) Agrios G.N. Plant Pathology 5 th ed. Elsevier Academic Press. 2005. 922 p.
- 3) Charkowski A., Blanco C., Condemine G., Expert D., Franza T., Hayes C., Hugouvieux-Cotte-Pattat N., Solanilla E.L., Low D., Moleleki L., Pirhonen M., Pitman A., Perna N., Reverchon S., Rodríguez Palenzuela P., Francisco M.S., Toth I., Tsuyumu S., Van der Waals J., Van der Wolf J., Gijsegem F.V., Yang C.-H., Yedidia I. The Role of Secretion Systems and Small Molecules in Soft-Rot Enterobacteriaceae Pathogenicity // Ann. Rev. Phytopathol. 2012. V.50. P.21.1–21.25.
- 4) Gorshkov V., Daminova A., Ageeva M., Petrova O., Gogoleva N., Tarasova N., Gogolev Y. Dissociation of a population of *Pectobacterium atrosepticum* SCRI1043 in tobacco plants: formation of bacterial emboli and dormant cells // Protoplasma. 2014. V.251. N.3. P.499–510.

## ЭМБРИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГРЕЧИХИ ТАТАРСКОЙ *FAGOPYRUM TATARICUM* (L.) GAERTN

*Мухаметшина Р.Р.*

*Научный руководитель – старший преподаватель кафедры ботаники и физиологии растений ИФМиБ КФУ, к.б.н. Кадырова Л.Р.*

Гречиха татарская *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. – вид, культивируемый в странах Азии, Северной Америке, Европе [Brunori, 2010, с. 589]. Крупа гречихи татарской ценится за высокое содержание витаминов, микроэлементов, рутина [Kreft, 2010, с. 37-39]. Несмотря на ряд достоинств *Fagopyrum tataricum*, ход эмбриологических процессов у данного вида практически не изучен [Солнцева, 1983, с. 58]. В связи с чем была сформулирована цель работы: подробное описание эмбриологических особенностей *Fagopyrum tataricum*.

Объектом исследования послужили диплоидный образец К-17 и тетраплоидный образец К-108 гречихи татарской. Семена были получены из ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова. Образец К-108 является тетраплоидной формой образца К-17.

Репродуктивные органы гречихи татарской были зафиксированы с помощью фиксатора Чемберлена. Из них были приготовлены постоянные препараты по стандартной методике [Барыкина, 2004, с. 30-68]. С готовых препаратов были сделаны рисунки с помощью рисовального аппарата РА-4 и фотографии.

У диплоидного и тетраплоидного образца эмбриологические процессы протекали в целом сходно. Описание приведено на примере образца К-17.

Молодой пыльник на поперечном срезе имеет слаболопастную форму. На более поздних стадиях развития пыльника на поперечном срезе хорошо видны 4 пыльцевых гнезда. Стенка пыльника развивается центростремительно, т.е. по типу однодольных, и состоит из четырех слоев – эпидермиса, эндотеция, среднего слоя и тапетума. Количество микроспороцитов в гнезде пыльника колебалось от 4 до 8.

Мейоз протекает в основном нормально. В конце первого деления мейоза клеточные перегородки не закладываются. Их заложение происходит в конце телофазы второго деления, т.е. цитокинез при микроспорогенезе симультанный.

Расположение микроспор в тетраде – тетраэдрическое. Вскоре после своего образования тетрады распадаются на отдельные микроспоры, начинается микрогаметогенез. В результате двух последовательных делений формируется трехклеточный мужской гаметофит.

Кроме нормального хода развития в мужской сфере цветка были выявлены многочисленные нарушения:

- 1) Нарушение при расхождении хромосом в анафазе первого деления мейоза, сопровождающееся образованием микроядер (рисунок 1). Обнаружена также пентада микроспор.
- 2) Приостановка нормального развития спорогенной ткани еще до начала микроспорогенеза, иногда сопровождающаяся разрушением клеток стенки пыльника.
- 3) Тетрады микроспор с частью или всеми разрушающимися микроспорами.
- 4) Нарушения функций тапетума, приводящие к образованию дефектной пыльцы (рисунок 2). В этом случае наблюдалось преждевременное отмирание клеток тапетума, в результате нормально пыльцевая оболочка не развивалась, происходило слипание пыльцы в гнезде пыльника.

Семяпочка гречихи татарской единственная, ортотропная, битегмальная, крассиуцелятная.

На ранних этапах развития на верхушке зачатка субэпидермально закладывается первичная археспориальная клетка. Она делится периклинально, при этом образуется вторичная археспориальная

клетка и париетальные клетки. В ходе дальнейшего развития вторичная археспориальная клетка превращается в материнскую клетку мегаспор. В результате мейоза из нее образуется линейная тетрада мегаспор.

Из халазальной мегаспоры развивается семиклеточный восьмиядерный зародышевый мешок *Polygonum*-типа. На его микропилярном конце располагаются яйцеклетка и 2 синергиды, на халазальном конце – 3 клетки-антиподы, центральная часть занята центральной клеткой, в которой сначала различают 2 полярных ядра, впоследствии они сливаются, образуя вторичное ядро центральной клетки.

У образца К-108 были зафиксированы нарушения на разных стадиях развития женского гаметофита.

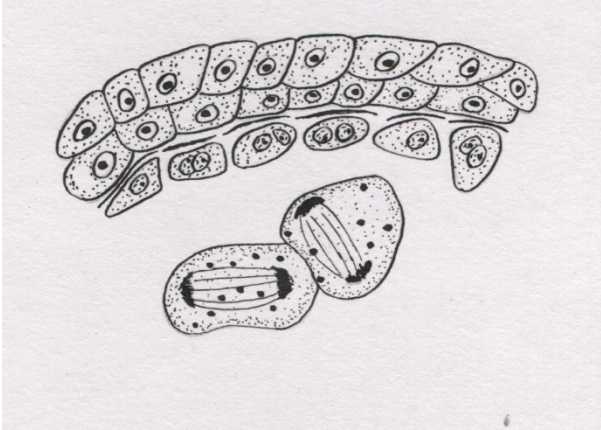


Рисунок 1. – Нарушение в мейозе. Анафаза I. Микроядра (увел. 750).

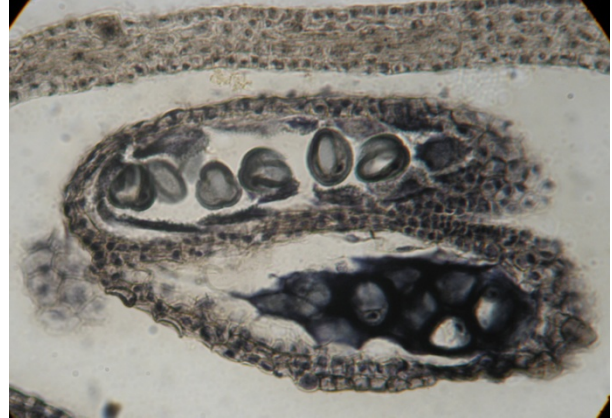


Рисунок 2. – Нарушение в функционировании тапетума. Образец К-17 (увел. 750).

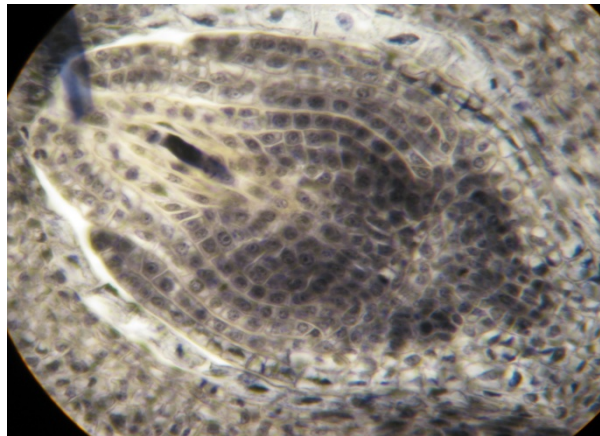


Рисунок 3. – Нарушение в развитии женского гаметофита. Образец К-108 (увел. 750).

Проведенное исследование показало, что в целом ход эмбриологических процессов у *F. tataricum* соответствует таковому у *Fagopyrum esculentum* Moench. В то же время выявлены различия в количестве микроспороцитов в гнезде пыльника. Максимальное количество микроспороцитов в гнезде пыльника у самоопыляющегося вида *F. tataricum* достигало 8, тогда как у перекрестника *F. esculentum* их число могло составлять 16 [Kadirova, Sitnykov, 2010, с. 334]. Так же различия заключались в обнаруженных нами нарушениях. В частности описанное для *F. esculentum* явление цитомиксиса нами выявлено не было.

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1) У *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn. пыльник четырехгнездный. Стенка микроспорангия формируется по типу однодольных и состоит из четырех слоев: эпидермиса, эндотеция, среднего слоя и секреторного тапетума. В гнезде пыльника обнаруживается в среднем 6 материнских клеток микроспор. Тип микроспорогенеза – симультанный. Расположение микроспор в тетраде – тетраэдрическое. Зрелое пыльцевое зерно – трехклеточное. К моменту образования зрелого пыльцевого зерна стенка пыльника представлена двумя слоями: эпидермисом и эндотецием.

2) Кроме нормального течения эмбриологических процессов в мужской репродуктивной сфере цветка были обнаружены: случаи приостановки нормального развития спорогенной ткани до начала

микроспорогенеза, нарушения в ходе мейоза, тетрады с разрушающимися микроспорами, случаи нарушения функции тапетума, приводящие к образованию дефектной пыльцы.

3) Семязачка единственная, ортотропная, битегмальная, крассинуцеллярная. Тетрада мегаспор линейная. Зародышевый мешок развивается по *Polygonum*-типу, он состоит из яйцевого аппарата, представленного яйцеклеткой и двумя синергидами на микропилярном полюсе, трех клеток-антипод на халазальном полюсе и центральной клетки с двумя полярными ядрами, которые вскоре сливаются.

4) Кроме нормального течения эмбриологических процессов в женской репродуктивной сфере были обнаружены нарушения на разных этапах формирования женского гаметофита.

5) В целом ход эмбриологических процессов сходен у диплоидного и тетраплоидного образцов *Fagopyrum tataricum*, различия заключаются в частоте обнаруженных нарушений.

#### Список литературы.

- 1) Brunori G., Baviello M., Colonna M., Ricci G., Izzi M., Toth G., Végvári. Recent insights on the prospect of cultivation and use of buckwheat in Central and Southern Italy // *Advances in buckwheat research: Proceedings of the 11th International Symposium on Buckwheat*. Orel. 2010. P.589–600.
- 2) Kreft I., Ikeda K., Ikeda S., Vombergar B. The development of novel functional food products based on common and tartary buckwheat // *Advances in buckwheat research: Proceedings of the 11th International Symposium on Buckwheat*. Orel. 2010. P.37–43.
- 3) Солнцева М.П. Семейство Polygonaceae / Сравнительная эмбриология цветковых растений. Phytolaccaceae Thymelaeaceae. Л.: Наука. 1983. С.53–58.
- 4) Барыкина Р.П. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. М.: Изд. МГУ. 2004. 312 с.
- 5) Kadirova L., Sitnykov A. Reproductive biology of buckwheat // *Advances in buckwheat research: Proceedings of the 11th International Symposium on Buckwheat*. Orel. 2010. P.331–340.

## СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СТЕВИОЗИДА

*Петрова Д.С.*

*Научный руководитель – доцент Невмержицкая Ю.Ю.*

Среди многочисленных загрязнителей окружающей среды особое место занимают тяжелые металлы (ТМ), которые оказывают сильное токсическое действие на живые организмы, в том числе и на растения [Foy *et al.*, 1978]. Среди различных способов снижения концентрации таких веществ в органах растений выделяется наиболее экологичный способ – применение регуляторов роста, имеющих природное происхождение. Особый интерес у исследователей вызывают дитерпеновые гликозиды растения *Stevia rebaudiana* Bertoni, агликоном которых является стевиол (13-гидрокси-энт-каур-16-ен-19-овая кислота) [Невмержицкая с соавт., 2013]. В литературе есть сведения о том, что производные стевиол-гликозидов проявляют гиббереллиноподобную активность [Тимофеева с соавт., 2010].

Фотосинтетический аппарат растений весьма чувствителен к повышенному содержанию ТМ в окружающей среде, поэтому их действие снижает содержание хлорофилла и каротиноидов, вызывая сдвиги в структуре мембран хлоропластов, что отрицательно сказывается на интенсивности фотосинтеза [Титов с соавт., 2007].

В связи с этим целью нашей работы состояла в выявлении влияния дитерпенового гликозида стевиозида на содержание фотосинтетических пигментов у проростков озимой пшеницы сорта Казанская 560, обработанных тяжелыми металлами.

Объектом исследования служили проростки озимой пшеницы сорта Казанская 560. Гиббереллин-подобный дитерпен стевиозид ( $10^{-8}$ М) был получен из растительного сырья *стеви* и предоставлен лабораторией фосфорных аналогов природных соединений ИОФХ имени А.Е.Арбузова.

Растения выращивали в лабораторных условиях в кюветах при освещенности  $100 \text{ Вт/м}^2$  и 12-часовом фотопериоде на растворах гиббереллинподобного дитерпена стевиозида ( $10^{-8}$ М). Затем 5-суточные растения переносили на растворы тяжелых металлов  $\text{CdSO}_4$  (10 мкМ и 1 мМ),  $\text{CuSO}_4$  (10 мкМ и 1 мМ),  $\text{ZnSO}_4$  (10 мкМ и 1 мМ), где они росли еще 4 суток. Общий возраст растений составил 9 суток. Концентрации исследуемых соединений были подобраны в предварительных экспериментах. Контрольные растения выращивали на водопроводной воде. Растения выращивали при тем-

пературе 23°C. Общее содержание пигментов и количество прочносвязанных хлорофиллов определяли спектрофотметрическим методом.

Все эксперименты проводились минимум в трехкратной биологической повторности. Повторность в пределах одного опыта трехкратная. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили путем определения средних арифметических значений и их стандартных отклонений.

Как видно из рисунка 1 концентрация хлорофилла *a* уменьшалась при действии всех ТМ (Cd, Zn, Cu) в концентрации 1 мМ. При этом больший токсический эффект оказывали CdSO<sub>4</sub> и ZnSO<sub>4</sub>. В субоптимальной концентрации (10 мкМ) снижение концентрации хлорофилла *a* наблюдалось в вариантах с CdSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub>, тогда как ZnSO<sub>4</sub> не влиял на исследуемый параметр (рисунок 2).

Известно, что ТМ в первую очередь негативно влияют на содержание фотосинтетических пигментов. Основным неспецифическим признаком действия ТМ является хлороз листьев, свидетельствующий об уменьшении зеленых пигментов в листьях растений. Главной причиной снижения содержания фотосинтетических пигментов в присутствии ТМ является подавление биосинтеза хлорофилла, что связано с непосредственным действием полютантов на активность ферментов биосинтеза. Опосредованное действие ТМ на биосинтез хлорофилла связано, как полагают, с дефицитом железа [Титов с соавт., 2007].

Согласно литературным сведениям, ТМ в большей степени снижают содержание хлорофилла *a*, по сравнению с концентрацией хлорофилла *b*. Это действие ТМ является следствием торможения синтеза хлорофилла и его деградации. Снижается активность ключевых ферментов фотосинтеза РубФ-карбоксилазы и ФЕП-карбоксилазы. Кроме того, повышенные концентрации кадмия ингибируют активность карбоангидразы.

В наших экспериментах, содержание хлорофилла *b* под влиянием тяжелых металлов в концентрации 1 мМ также снижалось (рисунок 3), максимальный ингибирующий эффект оказывал CdSO<sub>4</sub>, минимальный – ZnSO<sub>4</sub>. В концентрации 10 мкМ CdSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub> не влияли на содержание хлорофилла *b* в листья проростков озимой пшеницы, а ZnSO<sub>4</sub> – увеличивал (рисунок 4).

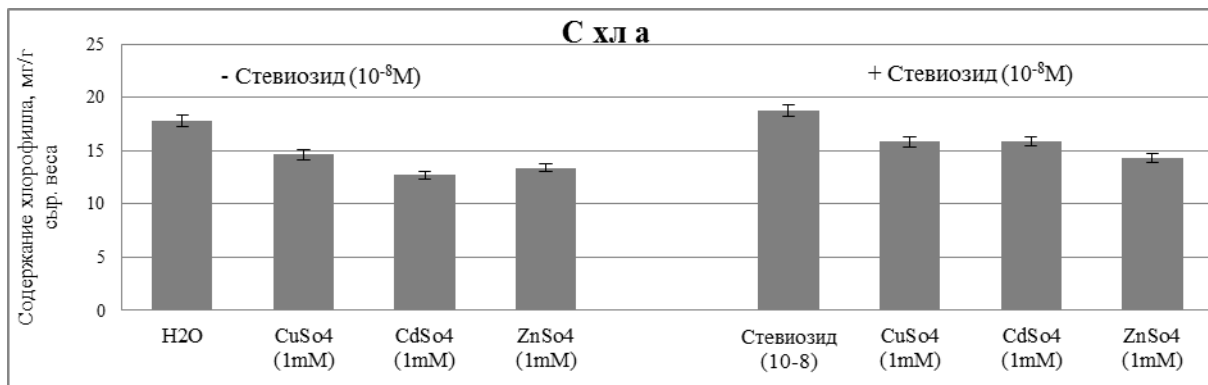


Рисунок 1. – Влияние стевиозида и ТМ (CuSO<sub>4</sub> (1мМ); CdSO<sub>4</sub> (1мМ) ZnSO<sub>4</sub> (1мМ)) на содержание хлорофилла *a* в проростках озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Казанская 560.

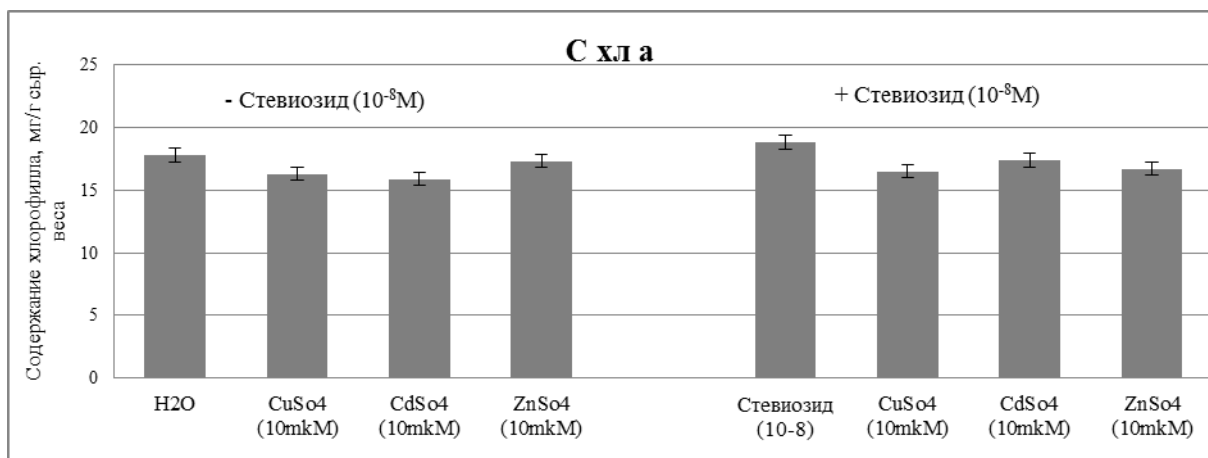


Рисунок 2. – Влияние стевиозида и ТМ (CuSO<sub>4</sub> (10мкМ); CdSO<sub>4</sub> (10мкМ) ZnSO<sub>4</sub> (10мкМ)) на содержание хлорофилла *a* в проростках озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Казанская 560.

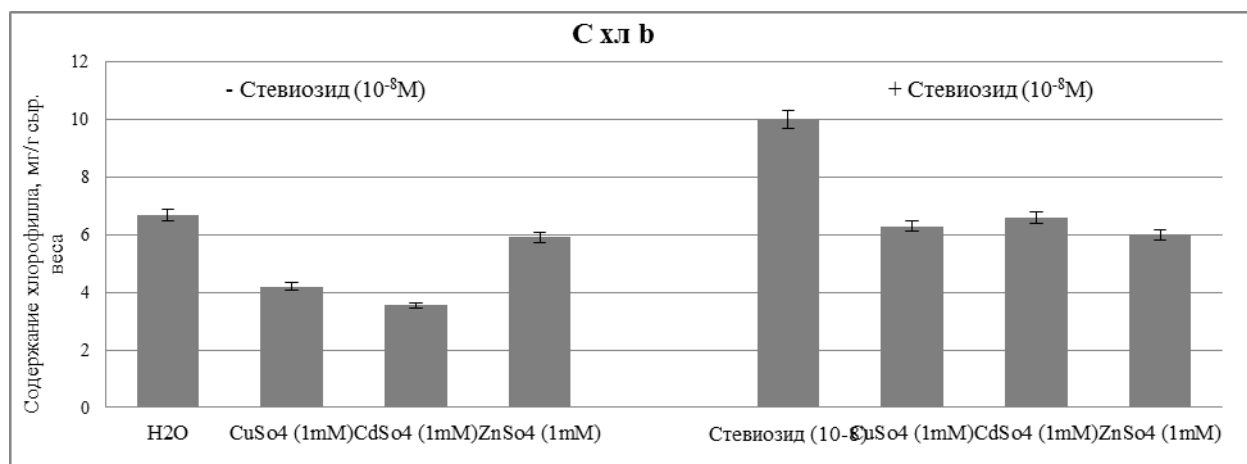


Рисунок 3. – Влияние стевиозида и ТМ (CuSO<sub>4</sub> (1мМ); CdSO<sub>4</sub> (1мМ) ZnSO<sub>4</sub> (1мМ)) на содержание хлорофилла b в проростках озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Казанская 560.

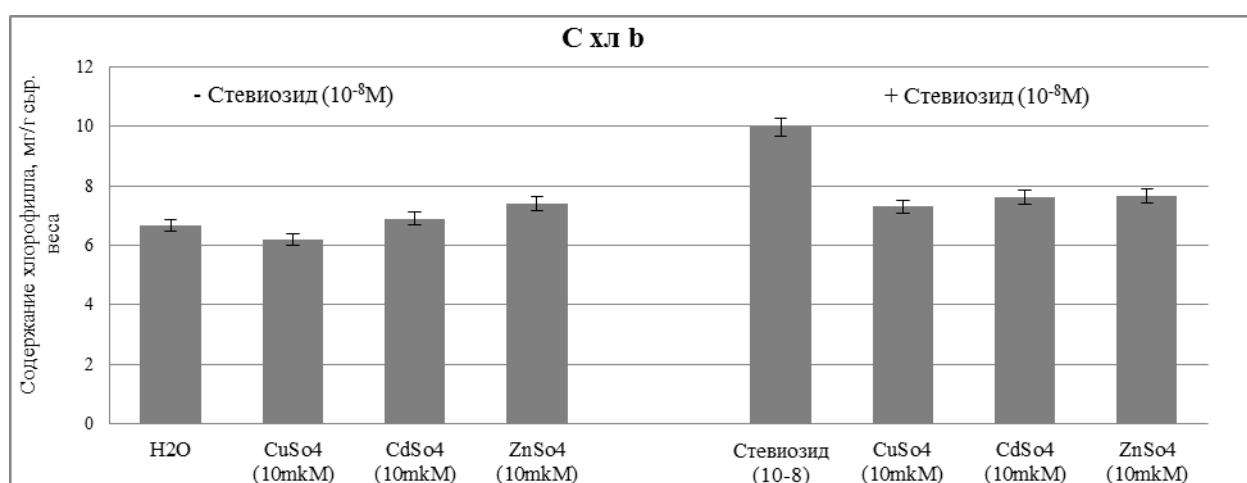


Рисунок 4. – Влияние стевиозида и ТМ (CuSO<sub>4</sub> (10 мкМ); CdSO<sub>4</sub> (10мкМ) ZnSO<sub>4</sub> (10 мкМ)) на содержание хлорофилла b в проростках озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Казанская 560.

Содержание суммарного хлорофилла  $a+b$  CdSO<sub>4</sub> в концентрации 1 мМ ингибировало на 30%, ZnSO<sub>4</sub> (1 мМ) – 20%, CuSO<sub>4</sub> (1 мМ) – 7%. В низкой концентрации все ТМ достоверно не изменяли исследуемый параметр.

В настоящее время особенно актуальным является поиск биологически активных веществ, обладающих рострегулирующими свойствами наряду с антистрессовыми и являющихся экологически безопасными. К одним из таких соединений можно отнести дитерпеновый гликозид стевиозид из растения *Stevia rebusiana*, агликоном которого является стевиол. Долгое время предполагали, что стевиол является предшественником гибберелловой кислоты [Hanson, 1968]. Ранее на кафедре ботаники и физиологии растений КФУ было показано, что стевиозид стимулирует повышение устойчивости к низким температурам и уменьшает токсический эффект CdSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub> на рост растения и активность лектинов клеточной стенки у проростков озимой пшеницы Мироновская 808.

В наших экспериментах стевиозид несколько повышал содержание хлорофилла  $a$  в проростках пшеницы. На фоне стевиозида уменьшалось ингибирующее влияние CdSO<sub>4</sub> и CuSO<sub>4</sub> как в сублетальной концентрации (1 мМ), так и в субоптимальной (10 мкМ) на содержание хлорофилла  $a$ .

Выращивание проростков озимой пшеницы на среде со стевиозидом ( $10^{-8}$ М) вызывало увеличение содержания концентрации хлорофилла  $b$  на 49%. При совместном действии стевиозида и ТМ в высокой концентрации 1 мМ изменения содержания хлорофилла  $b$  не наблюдались по сравнению с контрольными растениями. На фоне стевиозида ТМ в низкой концентрации 10 мкМ незначительно увеличивали содержание хлорофилла  $b$  по сравнению с контрольными растениями.

Сходным образом стевиозид повлиял на суммарное содержание хлорофилла  $a+b$ : на его фоне снижался эффект CdSO<sub>4</sub>, CuSO<sub>4</sub> и ZnSO<sub>4</sub> в обеих концентрациях.



Исследование содержания прочносвязанного хлорофилла показало, что  $\text{CuSO}_4$  в концентрации 1 мМ и  $\text{CdSO}_4$  в обеих концентрациях (1 мМ и 10 мкМ) достоверно снижали содержание прочносвязанного хлорофилла *a*. Содержание прочносвязанного хлорофилла *b* значительно снижалось только под влиянием  $\text{CdSO}_4$  в концентрации 1 мМ – на 20%. При этом количество прочносвязанного хлорофилла увеличивалось в обеих концентрациях  $\text{CuSO}_4$ . Доля прочносвязанного хлорофилла *a+b* снижалась под влиянием  $\text{CuSO}_4$  (1 мМ) и  $\text{CdSO}_4$  (1 мМ).

Стевиозид не влиял на содержание прочносвязанного хлорофилла *a*, но уменьшал содержание прочносвязанного хлорофилла *b*. При этом обработка стевиозидом полностью снимала эффект ТМ на содержание прочносвязанного хлорофилла.

Таким образом, изучение пигментного фонда в листьях озимой пшеницы показало, что содержание хлорофилла *a* при действии меди, кадмия и цинка снижалось по сравнению с контролем. Это свидетельствует о глубоких структурных изменениях фотосинтетического аппарата растений при действии ТМ. Из общего количества, содержащегося в листьях хлорофилла, очень высока доля пигмента хлорофилла *a*, прочносвязанного с белково-липидным комплексом. Снижение этого показателя говорит о серьезной деструкции фотосинтетических мембран под влиянием меди и кадмия. Что касается хлорофилла *b*, то этот показатель снижен по отношению к контролю только в варианте с высокой концентрацией  $\text{CdSO}_4$ .

Дитерпеновый гликозид стевиозид уменьшал эффект ТМ как на общее содержание хлорофиллов, так и на содержание прочносвязанной фракции пигментов, что может указывать на повышение устойчивости растений к стрессу.

### Список литературы.

- 1) Foy C.D. The physiology of metal toxicity in plants // Ann. Rev. Plant Physiol. 1978. V.29. P.512.
- 2) Hanson J.R. The tetracyclic diterpenes [Text] / J.R. Hanson. Oxford: Pergamon. 1968. 132 p.
- 3) Ruddat M. Conversion of steviol to a gibberellin-like compound by *Fusarium moniforme* // Arch. Biochem. Biophys. 1965. V.111. P.187–190.
- 4) Невмержицкая Ю.Ю., Тимофеева А.Л. Стевиозид повышает устойчивость озимой пшеницы к действию низких температур и тяжелых металлов // Доклады академии наук. 2013. Т.452. №3. С.346–349.
- 5) Тимофеева О.А., Невмержицкая Ю.Ю. Производные дитерпеноида стевиола регулируют рост и повышают морозоустойчивость озимой пшеницы // Доклады академии наук. 2010. Т.435, №2. С.282–285.
- 6) Титов А.Ф., Таланова В.В. Устойчивость растений к тяжелым металлам // Карельский научный центр РАН. 2007. 172 с. ISBN 978–5–9274–0268–7.

## СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *VERBASCUM* ОКРЕСТНОСТЕЙ КАЗАНИ

*Сауткина О.В.*

*Научный руководитель – к.б.н., доцент Ситников А.П.*

Представители рода *Verbascum* L. семейства *Scrophulariaceae* Juss. характеризуются разнообразным химическим составом. Среди биологически активных веществ коровяков отмечены флавоноиды, иридоиды, сапонины, жиры, полисахариды [Данчул, 2006; Лесиовская, 2001; Доля, 1996; Петриченко, 2004, цит. по Ягонцевой, 2007].

Из-за наличия широкого спектра биологически активных веществ, представители рода коровяк используются в народной медицине в качестве отхаркивающего, противовоспалительного, болеутоляющего средства, а также при гипертонической болезни, острых респираторных заболеваниях и как диуретики [Лесиовская, 2001, цит. по Ягонцевой, 2007].

В исследованиях А.П. Савина коровяк метельчатый проявил себя в качестве перспективного кормового растения [Савин, 2004]. Кроме того, многие виды используются как декоративные растения.

Однако, возможности использования представителей рода *Verbascum* ограничены особенностями распространения. Коровяки размножаются исключительно семенами и не образуют значительных по площади зарослей, а произрастают группами, рассеянно или единично и нередко в труднодоступных местах [Уличева, 1987, цит. по Ягонцевой, 2007]. Получение биомассы, достаточной для практического использования, можно достичь путем введения вида в культуру. Успешность окультуривания сильно зависит от знаний ре-

продуктивной биологии и в частности, семенной продуктивности. Поэтому целью данной работы является изучение семенной продуктивности перспективных представителей рода *Verbascum*. Чтобы сделать выводы о семенной продуктивности, необходимо обладать знаниями об особенностях строения синфлоресценции исследуемого вида.

Наиболее широко распространенными и относительно хорошо изученными на востоке европейской России являются два вида коровьяка – коровьяк метельчатый (*V. lychnitis* L.) и коровьяк обыкновенный (*V. thapsus* L.).

Эти виды имеют существенные отличия в строении соцветий. У *Verbascum lychnitis* соцветие – сильно ветвистая пирамидальная метелка, а у *Verbascum thapsus* соцветие в виде густой верхушечной колосовидной, почти цилиндрической и не ветвящейся кисти [Федченко, 1955].

Т.В. Кузнецова (1992) предложила использовать структурный подход для построения схемы соцветий различных видов растений. В её работе изображена схема представителя, интересующего нас рода – коровьяка черного (*Verbascum nigrum* L.). Его синфлоресценция – закрытая кисть, состоящая немногочисленных неразветвленных паракладиев. Паракладий, или флоральная единица коровьяка черного – это открытый тирс, боковые ветви которого представлены трихазиями, т. е. ветвление происходит из пазух трех прицветничков (рисунок 1).

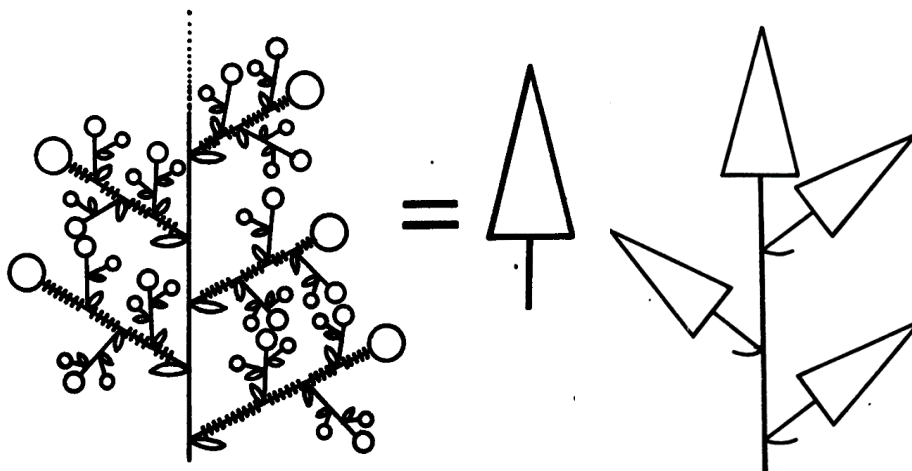


Рисунок 1. – Схема синфлоресценции коровьяка черного [Кузнецова, 1992].

Данные по семенной продуктивности представителей рода коровьяк в литературе встречаются достаточно редко. Из зарубежных публикаций одной из самых надежных является работа Salisbury (1942). В этой работе описаны результаты подсчета семенной продуктивности трех британских видов коровьяка: монокарпические коровьяк метельчатый и коровьяк обыкновенный и поликарпический коровьяк черный.

Среднее число семян на репродуктивном побеге для *V. thapsus* составило  $136000 \pm 32000$ , *V. lychnitis* –  $88211 \pm 5968$ , *V. nigrum* –  $70562 \pm 9849$ . А потенциальная семенная продуктивность составила: *V. thapsus* –  $108800 \pm 25600$ , *V. lychnitis* –  $34435 \pm 5182$ , *V. nigrum* – 5742 в год [Salisbury, 1942].

Из отечественных источников можно привести работы Ягонцевой 2007 г. по оценке семенной продуктивности *V. densiflorum* Bertol., *V. thapsus* и *V. nigrum*, выращенных в условиях Пермского края.

Наибольший показатель потенциальной семенной продуктивности был у *V. densiflorum* и составил  $854286 \pm 254350$  семян на репродуктивный побег, а наименьший показатель проявил *V. nigrum* –  $70090 \pm 12140$ . *V. thapsus* имел средний показатель семенной продуктивности:  $174588 \pm 31075$ .

Результаты оценки фактической семенной продуктивности для исследованных Ягонцевой видов оказались иными. Самым высоким показателем фактической семенной продуктивности обладал *V. thapsus*. Средние значения показал *V. densiflorum*, а наименьшие значения были у *V. nigrum* –  $56053 \pm 8137$  [Ягонцева, 2007].

Т.Н. Салмина и М. В. Лабутина провели исследования по оценке семенной продуктивности редкого для Саранска вида *V. phoeniceum* L. в 2004-2005 гг.

На репродуктивных побегах коровьяка фиолетового в среднем закладывалось 44-47 цветков, плодообразование составило 43,7-55,6%.

В завязи отдельного цветка коровьяка закладывалось 140-250 семян. Потенциальная семенная продуктивность коровьяка составляла 9961-10545 семян на растение, а реальная семенная продуктивность представляла 100-195 семян на одну коробочку [Салмина, Лабутина, 2008].

Для сбора материала, достаточного для подсчета семенной продуктивности, мы выбрали популяции коровьяка метельчатого на склоне южной экспозиции близ деревни Петропавловка Верхнеуслонского района

Республики Татарстан (станция №1 55°46'40.0"N 48°41'42.4"E), просеку ЛЭП около Горьковского шоссе [станция №2 55°49'41.1"N 49°00'39.7"E] и популяцию коровяка обыкновенного на территории Ботанического сада КФУ (Станция №3 55°48'38.2"N 49°13'59.4"E).

На территории каждой станции была заложена площадка 300 м<sup>2</sup>. С каждой площадки были собраны по 10 репродуктивных побегов, отобранных случайным образом.

По методике А.Н. Пономарева по оценке семенной продуктивности на 5 растениях каждого вида были подсчитаны цветки на всех парциальных соцветиях и паракладиях [Пономарев, 1960]. На примере 10 растений подсчитано количество цветков индивида.

Мы изучили строение соцветий и составили усредненную схему главной оси синфлоресценции для обоих видов (рисунок 2). Схема, представленная Кузнецовой схожа с общей схемой синфлоресценции коровяка метельчатого, однако боковые ветви его паракладиев дихазии, а не трихазии [Грицина, 2013].

Фактическая семенная продуктивность определялась подсчетом семян в зрелом неповрежденном плоде. Для коровяка метельчатого были подсчитаны семена в 250 плодах, для коровяка обыкновенного – в 50.

После подсчетов было произведено статистическое сравнение по средним параметрам семенной продуктивности (таблица 1).

Количество узлов главной оси синфлоресценции, несущих паракладии, колеблется у коровяка обыкновенного в пределах от 28 до 35, а у коровяка метельчатого от 22 до 28. По этому параметру отличия между данными видами недостоверны [ $t=-1,43$ ;  $p=0,19$ ].

По количеству цветков, развивающихся в парциальных соцветиях, исследованные нами виды достоверно отличаются. У коровяка обыкновенного развивается в среднем 7 цветков, а у коровяка метельчатого – 9 [ $t=4,02$ ;  $p<0$ ].

Средние значения количества цветков синфлоресценции между обоими видами сильно различаются: у коровяка обыкновенного –  $613,5 \pm 20,21$ , у коровяка метельчатого –  $1951 \pm 117,52$  [ $t=11,21$ ;  $p<0$ ].

Среднее количество семян в коробочке у коровяка обыкновенного составило  $92,18 \pm 2,97$ , а у коровяка метельчатого  $46,64 \pm 1,49$ .  $t=-13,7054$ ,  $p<0$ , что подтверждает отличия между видами по этому параметру.

Средние значения фактической семенной продуктивности парциальных соцветий коровяка обыкновенного [ $690,47 \pm 23,69$ ] и коровяка метельчатого [ $466,77 \pm 26,1$ ] также достоверно отличаются:  $t=-6,34$ ;  $p<0$ .

Также сильны отличия по такому параметру, как средняя продуктивность паракладия. У коровяка обыкновенного фактическая продуктивность паракладия составила  $690,47 \pm 23,69$ , а у коровяка метельчатого –  $1900 \pm 131,63$ .

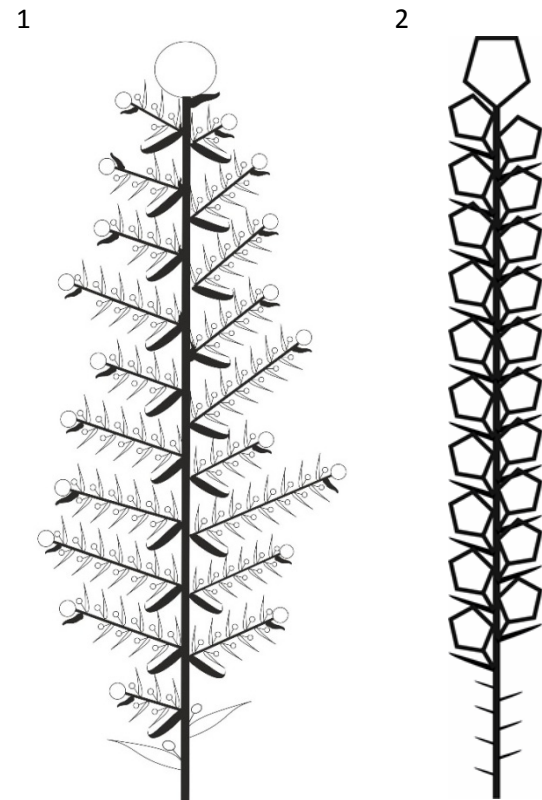


Рисунок 2. – Схема синфлоресценции *V.lychnitis* (1) и *V.thapsus* (2).

Таблица 1. – Основные параметры семенной продуктивности.

Параметр семенной продуктивности	<i>V.thapsus</i>	<i>V.lychnitis</i>
Количество узлов синфлоресценции, несших паракладии	31,4±3	25,4±2,91
Количество цветков парциального соцветия	7,49±0,26	9,68±0,48
Количество цветков синфлоресценции	613,5±20,21	1951±117,52
Количество семян в плоде	92,18±2,97	46,64±1,49
Продуктивность парциального соцветия	690,47±23,69	466,77±26,1
Продуктивность паракладия	690,47±23,69	1900±131,63
Продуктивность индивида	56074±7498	70782±53956

Анализ количества узлов, несущих паракладию, показал недостоверное различие между рассматриваемыми видами рода коровяк.

По таким параметрам, как количество цветков в парциальном соцветии и синфлоресценции, среднее количество семян, а также средняя продуктивность парциального соцветия и паракладия дикорастущие виды рода Коровяк окрестностей Казани сходств не имеют.

В окрестностях Казани *V.lychnitis* и *V.thapsus* формируют меньше семян на репродуктивный побег, чем в других частях Европы.

### Список литературы.

- 1) Salisbury E.J. The Reproductive Capacity of Plants. London: George Bell & Sons. 1942. 244 p.
- 2) Грицина М. Структура та генезис парціальних суцвіть видів підсекції *Isandra* Franch. ex Murb. секції *Fasciculata* Murb. роду *Verbascum* L. // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2013. Випуск 62. С.91–97.
- 3) Данчул Т.Ю. Иридоиды некоторых видов рода *Verbascum* [Scrophulariaceae] // Растительные ресурсы. 2006. Т.42. Вып.3. С.48–59.
- 4) Доля В.С. Жирные масла семян некоторых видов сем. *Scrophulariaceae* и состав фенолов семян двух видов *Verbascum* L. // Растительные ресурсы. 1996. Т.32. Вып.4. С.44–52.
- 5) Кузнецова Т.В. Соцветия. Морфологическая классификация. СПб.: ЛХФИ. 1992. 128 с.
- 6) Лабутина М.В., Салмина Т.Н. Биология и экология *Verbascum phoeniceum* L. в условиях г. Саранска // «Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения»: Материалы международной научной конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И.И. Спрыгина 13–16 мая 2008 г. Ч.II. Пенза. 2008. С.54–55.
- 7) Лесиовская Е.Е. Дикорастущие полезные растения России. СПб.: Издательство СПХФА. 2001. 663 с.
- 8) Петриченко В.М. Состав жирных кислот семян трех видов *Verbascum* L., произрастающих в Пермской области // Растительные ресурсы. 2004. Т.40. Вып.3. С.72–77.
- 9) Пономарев А.Н. Изучение цветения и опыления растений // Полевая геоботаника. М.: Л. 1960. Т.2. С.9–19.
- 10) Савин А.П. Медоносная и кормовая ценность коровяка метельчатого [*Verbascum lychnitis* L.] // Мат. 5 Международной научно-практической конференции и Координационного совещания по пчеловодству [Москва, 5–6 апр. 2004]. М. 2004. С.263–265.
- 11) Ягонцева Т.А. Семенная продуктивность трех видов рода *Verbascum* [Scrophulariaceae] Пермского края // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. 2007. С.322–327.
- 12) Уличева Г.М. Биологические особенности видов *Verbascum* L., обладающих ихтиотоксической активностью, при выращивании в Ленинградской области // Растительные ресурсы. 1987. Т.23. Вып.3. С.356–367.

## ВЛИЯНИЕ ЛАНТАНОИДОВ НА ЭНЕРГООБМЕН CHLORELLA VULGARIS

*Шалимова К.М.*

*Научные руководители – доц. Воробьев В.Н., н. с. лаб. БТП КИББ КазНЦ РАН Андреева И.Н.*

По мере истощения традиционных источников энергии, человечество все больше внимания обращает на альтернативные источники энергии. Таким источником является биотопливо третьего поколения, полученное на основе микроводорослей.

Хлорелла – род одноклеточных растений из отдела зеленых водорослей. Она способна чрезвычайно быстро накапливать биомассу при выращивании. В 1 литре суспензии хлореллы содержится 5–20 г. сырой биомассы. В литературе известны факты стимуляции физиологических процессов растений ионами ряда лантана, которые приводят к повышению урожайности. Цель работы оценить возможность использования лантаноидов в повышении эффективности энергетического обмена хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*).

Культура хлореллы обыкновенной выращивалась в среде Тамия [Tamiya, 1953, с. 67] в термостатированной ванне с постоянной продувкой атмосферным воздухом и с фотопериодом 12/12. Затем к ней добавлялись исследуемые растворы лантаноидов нитрата церия, диспрозия и иттербия в концентрациях 1 mmol, 100 mmol и 10 mmol. Было установлено, что концентрация 1 mmol вызывает гибель клеток уже после часа экспозиции. В концентрации 100 mmol клетки выпадали в осадок после 24 часовой генерации. Поэтому все дальнейшие исследования проводились на концентрации 10 mmol.

В литературе известны данные о том, что лантаноиды способны вытеснять кальций и магний из их соединений [Золин, 1980, с. 263], а также могут проникать путем пиноцитоза в клетку за 15 часов [Wang *et al.*, 2014]. Принимая во внимание данные факты было предположено, что лантаноиды могут заменить магний в активных центрах фотосинтетического аппарата. Для подтверждения данного предположения проведен анализ спектров поглощения фотосинтетических пигментов клеточной суспензии хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) с помощью двухлучевого спектрометра «Lambda 25 UV/VIS» (Perkin Elmer precisely, USA). На рисунке 1 представлены спектры поглощения и указано смещение максимумов спектров. Основные различия наблюдается при длине волны 700 нм. Обнаруженное смещение спектров хлорофилла суспензии клеток хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) доказывает факт проникновения ионов церия, диспрозия и иттербия в клетки.

На рисунке 2 представлены спектры флуоресценции всех исследуемых вариантов опыта при длине возбуждения от 400 до 500 нм. Квантовый выход флуоресценции определялся на приборе спектрофлуориметр «Флюорат-02» (Панорама, Россия). Результаты получены от суспензии клеток культуры хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) разбавленной в 10 раз. Было замечено увеличение квантового выхода флуоресценции по отношению к контролю в вариантах с церием и диспрозием (на 10%), и с иттербием (на 16%). В литературе известны данные о том, что около 90% флуоресценции излучается хлорофиллами, входящими в состав комплексов ФСII [Govindjee, 1995]. Следовательно, полученное увеличение отождествляется с повреждением комплексов ФСII.

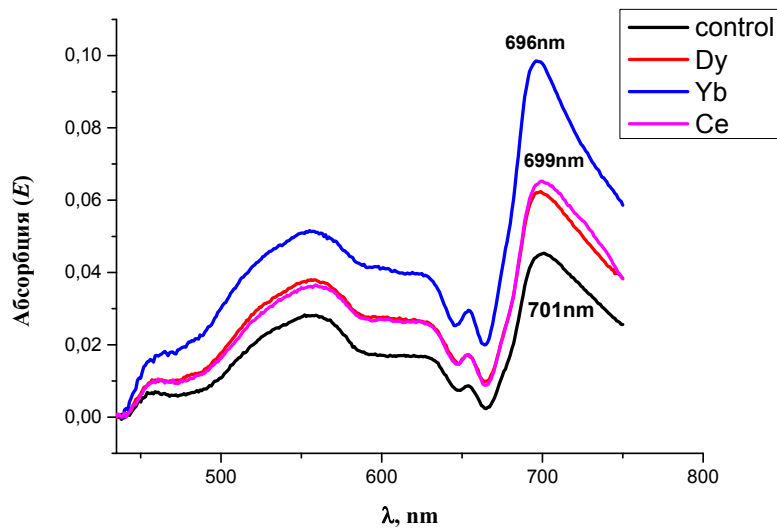


Рисунок 1. – Спектры поглощения суспензии клеток хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*).

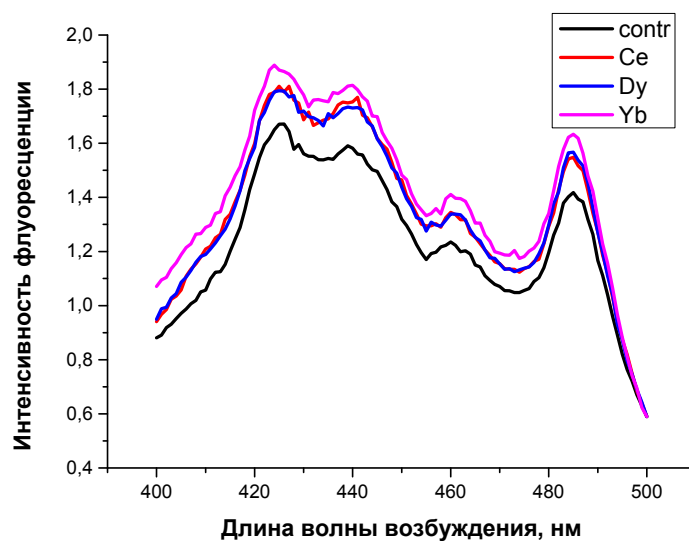


Рисунок 2. – Спектры флуоресценции суспензии клеток хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*).

Наблюдаемое повышение интенсивности флюоресценции в вариантах с использованными лантаноидами может быть обусловлено:

– Во-первых, замещением железа. Предполагают, что атом железа, находящийся в непосредственной близости от QA и QB [Островская, 1993, с. 89], может участвовать в транспорте электронов между вышеупомянутыми переносчиками, которые расположены на разных белках.

– Во-вторых, связыванием ионов бикарбоната, которые формируют водородные связи с аминокислотами белков D1 и D2, а также взаимодействуют с атомом негемового железа, является одним из факторов, необходимых для нормального функционирования акцепторной стороны ФСII [van Rensen *et al.*, 1999].

– В-третьих, известны данные о связи лантаноидов с белком 33 кДа марганцевого кластера ФСII [Крук, 2003], что приводит к снижению фотоллиза воды.

Изменения концентрации кислорода в клетках хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) в процессе дыхания и фотосинтеза измерялись на полярографе ОН-105 с помощью электрода Кларка [Зеленский, 1986, с. 94]. Полярографическим методом, было установлено негативное влияние церия и диспрозия на интенсивность фотосинтеза суспензии хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*). Ионы иттербия в концентрации 10 mmol при суточной экспозиции не оказывали заметного влияния на фотосинтетическую активность хлореллы.

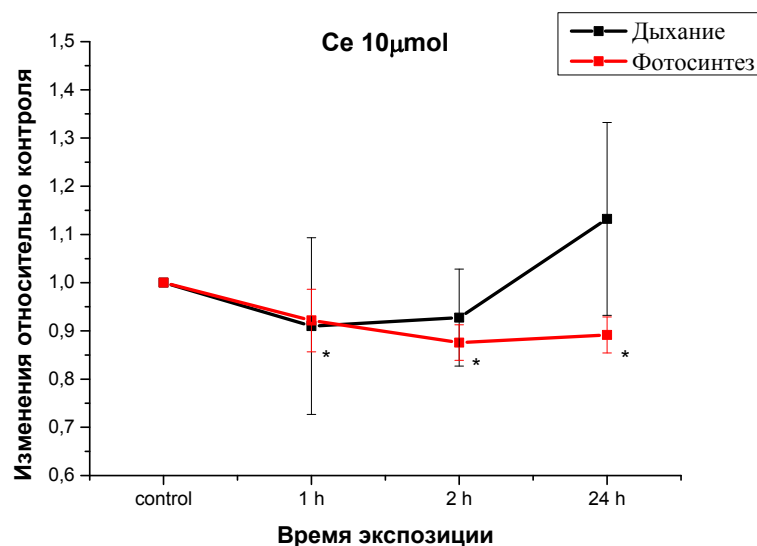


Рисунок 3. – динамика изменения концентрации кислорода в среде выращивания от времени экспозиции хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) в растворах нитрата церия.

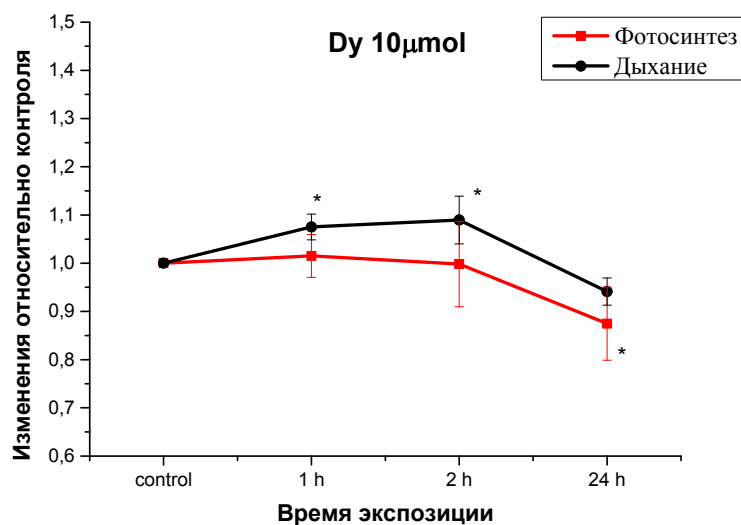


Рисунок 4. – Динамика изменения концентрации кислорода в среде выращивания от времени экспозиции хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) в растворах нитрата диспрозия.

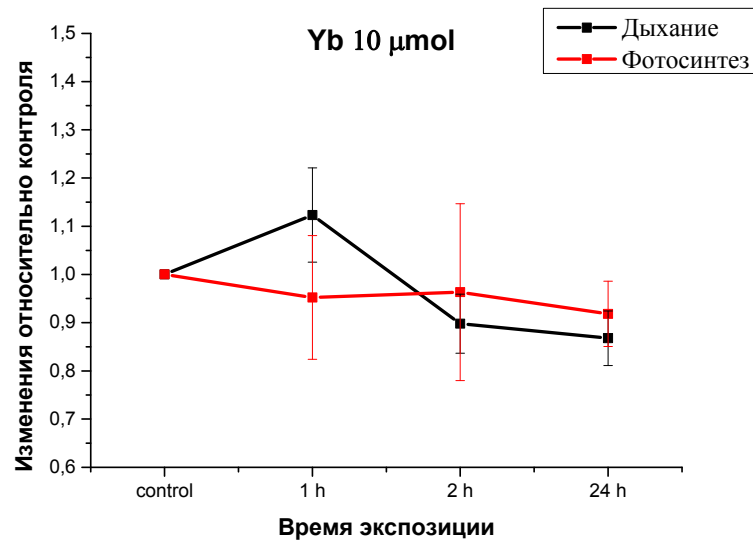


Рисунок 5. – Динамика изменения концентрации кислорода в среде выращивания от времени экспозиции хлореллы обыкновенной (*Chlorella vulgaris*) в растворах нитрата иттербия.

В итоге, предположение о возможности активации физиологических процессов ионами ряда лантана не нашло экспериментального подтверждения. Более того за время генерации показатели эффективности энергетического обмена под действием использованных ионов ухудшились.

#### Список литературы.

- 1) Tamiya T.H., Ywamura T., Hase E., Nihei T. Correlation between photosynthesis and light-independent metabolism in the growth of *Chlorella*. // Biochim. Biophys. Acta. 1953. V.1 P.25–40.
- 2) Wang L., Li J., Zhou Q. Rare earth elements activate endocytosis in plant cells.// CrossMark. 2014. V.1. P.1–6.
- 3) Золин В.Ф. Редкоземельный зонд в химии и биологии. М.: Наука. 1980. 350 с.
- 4) Govindjee R. Sixty-three years since Kautsky: chlorophyll *a* fluorescence // Austr. J. Plant Physiol. 1995. V.22. P.131–160.
- 5) Островская Л.К. Железо в растительном мире и карбонатный хлороз. Киев: Наукова думка. 1993. 147 с.
- 6) Van Rensen J.J.S, Xu C. Role of bicarbonate in photosystem II, the water-plastoquinone oxidoreductase of plant photosynthesis // Physiologia Plantarum. 1999. V.105. P.585–592.
- 7) Kruk J., Jemioła-Rzemińska M., Strzałka K. The 33 kDa Protein of Photosystem II Is a Low-Affinity Calcium- and Lanthanide-Binding Protein // Biochemistry. 2003. V.42. P.14862–14867.
- 8) Зеленский М., Вартапетян Б.Б., Семихатова О.А. Полярографическое определение кислорода в исследованиях по фотосинтезу и дыханию. М.: Наука. 1986. 140 с.

### СЕКЦИЯ «ГЕНЕТИКА»

#### ИММОБИЛИЗОВАННЫЕ И РАСТВОРИМЫЕ ПРОТЕАЗЫ – ДЕСТРУКТОРЫ МИКРОБНЫХ БИОПЛЕНОК

*Байдамина Д.Р.*

*Научный руководитель – доцент кафедры генетики, Каюмов А.Р.*

Многие бактерии способны образовывать прочные биопленки (biofilms), в которых клетки погружены в выделяемый ими полисахаридный матрикс. Существование бактерий внутри изолированных

биофленок обеспечивает им множество преимуществ по сравнению с изолированными клетками. Бактерии в биофленках выживают в присутствии антибиотиков, добавленных в количестве в 500-1000 раз большем, чем их минимальная подавляющая концентрация *in vitro* [1].

Микроорганизмы образуют биофленки на любых биотических и абиотических поверхностях. Многие резидентные бактерии человека, такие как *Micrococcus sp*, *Staphylococcus sp*, попадая во внутренние ткани организма, образуют бактериальные биофленки на искусственных неиммуногенных поверхностях и поверхностях ран. Это приводит к развитию хронических воспалительных процессов и увеличению продолжительности времени регенерации ткани, приживаемости имплантата и развитию сепсиса [2].

Действие антибиотиков, используемых в настоящее время, обладает низкой эффективностью против биофленок [3]. Следовательно, одним из направлений в фармакологии является разработка препаратов, которые бы эффективно подавляли рост и образование ими биофленок. В настоящее время одним из подходов является покрытие поверхностей серебром или ферментами, которые разрушают матрикс биофленки. Альтернативой могут служить растворимые и иммобилизованные ферменты.

Целью работы было установить возможность применения иммобилизованных протеолитических ферментов для подавления и разрушения микробных биофленок на различных поверхностях.

Иммобилизованные и растворимые формы протеаз были предоставлены научной группой профессора Артюхина, Воронежский государственный университет.

Нами была исследована возможность разрушения биофленок бактерий *S.aureus*, *S.epidermidis*, *M.luteus*, *B.subtilis*, *E.coli* и *P.aeruginosa* растворимыми и иммобилизованными фицином и трипсином. Для этого культуры клеток выращивали в 96-луночных планшетах при 37°C на среде БМ (пептон – 0,7; глюкоза – 0,5; MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,2; CaCl<sub>2</sub> – 0,005) для образования прочной биофленки. После 72 часов культивирования удаляли культуральную жидкость, вносили свежую среду и ферменты в различных концентрациях, после продолжали инкубирование в течении 24 часов. Поскольку существующие коммерческие препараты ферментов для ранозаживления имеют концентрацию 10 мкг/мл, в наших экспериментах фицин и трипсин вносились до конечных концентраций 1, 10, 100 мкг/мл. Затем проводилось окрашивание остаточной биофленки кристаллическим фиолетовым.

Растворимый фицин разрушал биофленки всех тестируемых штаммов уже в концентрации 1 мкг/мл за исключением *P.aeruginosa* (рисунок 1а). Наиболее эффективно разрушались биофленки бактерий *S.aureus* и *S.epidermidis*. Для качественной оценки разрушения биофленок ферментами окрашивание проводили на культуральных чашках. Для этого клетки *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* выращивали на среде БМ и проводили те же манипуляции, что и на 96-луночных планшетах. Растворимая форма фицина заметно разрушала биофленку каждого из тестируемых штаммов уже при концентрации 10 мкг/мл.

Иммобилизованный фермент был менее эффективным и при концентрации 10 мкг/мл разрушал биофленки всех штаммов незначительно. Однако, при концентрации 100 мкг/мл биофленки золотистого стафилококка разрушались до 9%. Таким образом, растворенная и иммобилизованная формы фицина представляют большой интерес в качестве потенциальных антибактериальных препаратов.

Обязательным этапом проверки лекарственных соединений является проверка их мутагенности и цитотоксичности.

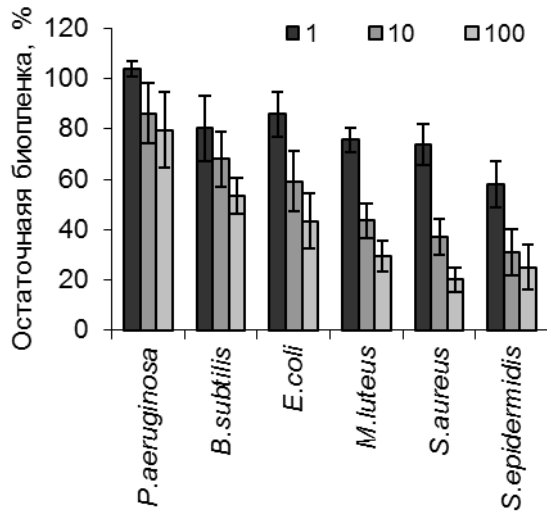
Одним из тестов на мутагенность веществ является проба на генные мутации в тесте Эймса *Salmonella typhimurium*. Метод основан на регистрации частоты мутаций, приводящих к реверсии ауксотрофных по гистидину штамма *S.typhimurium* к прототрофности. Тестируемое вещество считается мутагенным, если число колоний-ревертантов в опыте достоверно превышает таковое в контроле (растворителе) более чем в 2 раза. Ни одно из тестируемых веществ не демонстрировало мутагенного действия в тесте Эймса, что свидетельствует об отсутствии генотоксичности веществ (таблица 1).

Недостатком теста Эймса является сравнительно большое число ложных результатов, как положительных, так и отрицательных. Чтобы проверить полученные данные по мутагенности, исследовали ДНК-повреждающую активность ферментов и их иммобилизованную форму в SOS-хромотесте. Полученные результаты показали, что ни одно соединение в концентрации, подавляющей образование биофленок у бактерий, не вызывало повышения SOS-ответа в UMU тесте, что говорит об отсутствии повреждения ДНК клеток (таблица 1).

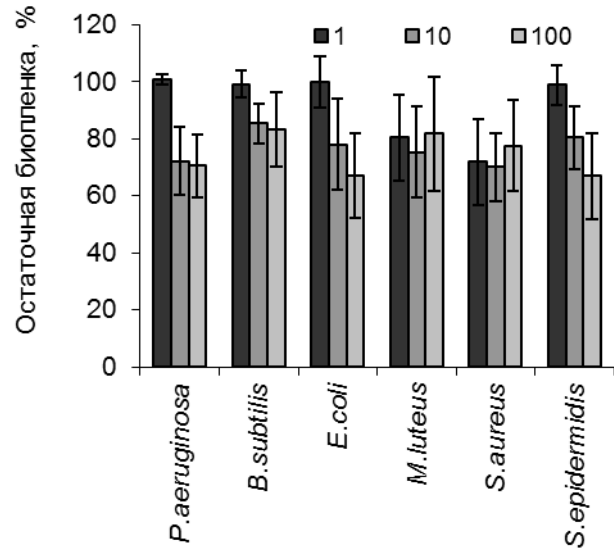
На следующем этапе исследовали токсичность ферментов и их иммобилизованных форм для клеток эукариот. Для проверки цитотоксичности использовали метаболический МТС – анализ на клетках MCF7 и стволовых клеток. Этот анализ основан на окислении субстрата МТС митохондриальной дегидрогеназой. Ни одно из соединений не снижало активности митохондриальной дегидрогеназы, что свидетельствует об отсутствии цитотоксичности (таблица 2).



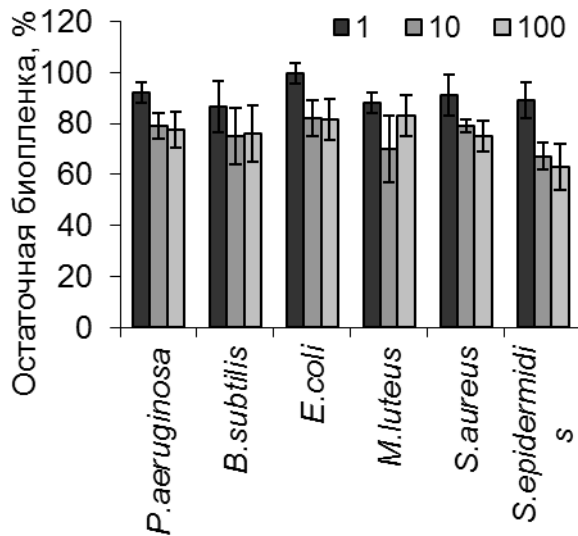
А Фицин



Б Трипсин



В



Г

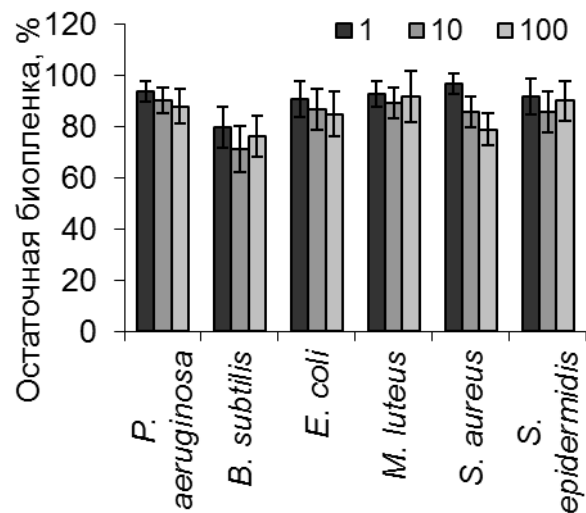


Рисунок 1. – Разрушение бактериальных биопленок растворимыми (А, Б) и иммобилизованными на хитозане (В, Г) фицином и трипсином. Оценка остаточной биопленки с помощью окрашивания кристаллическим фиолетовым.

Таблица 1. – Мутагенность и ДНК-повреждающая активность растворимых и иммобилизованных ферментов.

Концентрация, мкг/мл	Мутагенность (Тест Эймса)		ДНК-повреждающая активность	
	10	100	10	100
Фицин	0,7±0,15	0,6±0,13	1,5±0,53	1,2±0,32
Фицин иммобилизованный	1,2±0,25	1,1±0,43	0,8±0,23	0,8±0,30
Трипсин	0,4±0,08	0,3±0,05	1,3±0,56	1,2±0,29
Трипсин иммобилизованный	0,9±0,31	0,6±0,18	1,2±0,63	1,2±0,75
Хитозан	1,2±0,52	0,7±0,31	0,4±0,18	0,4±0,03
Положительный контроль	7,4±2,34	7,4±2,34	13,4±3,31	13,4±3,31

Таблица 2. – Цитотоксичность растворимого и иммобилизованного фицина в метаболическом МТС-тесте (остаточная активность, процент от контроля).

Соединения/конечная концентрация	MCF7			Стволовые клетки		
	1 мкг/мл	10 мкг/мл	100 мкг/мл	1 мкг/мл	10 мкг/мл	100 мкг/мл
Фицин	122,0±12,3	83,4±12,5	104,7±7,9	98±0,25	90±0,29	83±0,19
Фицин иммобилизованный	107,0±23,5	128,0±31,4	118,0±42,0	95±0,31	81±0,17	75±0,26
Хитозан	104±19,8	120±20,5	117±24,4	104±0,23	120±0,25	117±0,36

Также проводили микроскопирование для выявления негативного эффекта фермента на морфологию клеток на вторые сутки. Ни один фермент не изменял морфологию клеток линии MCF7 и стволовых клеток. Таким образом, растворимая и иммобилизованная формы фицина не обладают гено- и цитотоксичными свойствами и представляют интерес для использования в качестве ранозаживляющих препаратов.

Также проверяли способность иммобилизованной и растворимой форм фицина разрушать бактериальную биопленку и усиливать эффект антибиотиков. Для этого клетки выращивали 72 часа на среде ВМ, удаляли культуральную жидкость и вносили чистую среду ВМ с добавлением фицина (10 и 100 мкг/мл) и ципрофлоксацин (10 мкг/мл). Через 24 ч остаточную биопленку промывали PBS и окрашивали пропидия йодидом и акридиновым оранжевым, и исследовали путем флуоресцентной микроскопии.

По причине наличия биопленки, оказывающей защитное действие, в отсутствие фицина количество мертвых клеток было незначительным. При внесении растворимого и иммобилизованного фицина наблюдалось значительное снижение количества жизнеспособных клеток, вероятно, благодаря разрушению биопленки и повышению доступности клеток бактерий для антибиотика.

Таким образом, внесение растворимого и иммобилизованного фицина способствует разрушению биопленок и повышению эффективности антибиотиков. Следовательно, эти соединения представляют интерес в качестве потенциальных антибактериальных препаратов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 14-04-31635 мол\_а.*

### Список литературы.

- 1) Gilbert P., Maira-Litran T., McBain A.J. The physiology and collective recalcitrance of microbial biofilm communities // *Adv. Microb. Physiol.* 2002. V.46. P.202–256.
- 2) Saising J., Dube L., Ziebandt A.K., Voravuthikunchai S.P., Nega M., Götz F. Activity of gallidermin on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms // *Antimicrob Agents Chemother.* 2012. P.5804–5810.
- 3) Vuong C., Voyich J.M., Fischer E.R., Braughton K.R., Whitney A.R., DeLeo F.R., Otto M. Polysaccharide intercellular adhesin (PIA) protects *Staphylococcus epidermidis* against major components of the human innate immune system // *Cell Microbiol.* 2004. P.269–75.

## КЛОНИРОВАНИЕ ГЕНА ГЛУТАМИНСИНТЕТАЗЫ ИЗ *LACTOBACILLUS PLANTARUM* 8 PA 3

*Журавлева Д.Э.*

*Научный руководитель – доцент кафедры генетики, Каюмов А.Р.*

Лактобациллы распространены в природе и занимают различные ниши в организме человека. Они широко используются в пищевой индустрии, силосовании кормов, присутствуют почти во всех ферментированных пищевых продуктах, в пробиотиках. На культивировании термофильных штаммов лактобацилл основан микробиологический метод получения молочной кислоты [1].

Многие аспекты метаболизма этих бактерий остаются неисследованными ввиду многих трудностей работы с ними, такими как требовательность к питательной среде, содержанию кислорода и др. У ближайших родственных бактерий – у *Bacillus subtilis* азотный метаболизм хорошо изучен, в нем принимают участие 2 фактора транскрипции – TnrA и GlnR и фермент глутаминсинтетаза [2, 3]. Гены

белков GlnR (*glnR*) и глутаминсинтетазы (*glnA*) включены в единый оперон *glnRA* [2]. Глутаминсинтетаза участвует в ассимиляции ионов аммония. Из глутамата и ионов аммония глутаминсинтетаза образует глутамин. Из глутамина и 2-оксоглутарата в реакции трансаминирования образуется 2 молекулы глутамата. Одна молекула уходит на нужды клетки, а вторая молекула снова преобразуется в глутамин [2], [4].

*Lactobacillus* и *Bacillus* обитают в разных условиях доступности восстановленного азота. Так, *Lactobacillus*, как правило, обитают в условиях, богатых органическим азотом, поэтому функция глутаминсинтетазы у этих бактерий остается непонятной.

**Целью** работы явилось клонирование гена глутаминсинтетазы из *L.plantarum* и очистка белка.

Мы начали наши исследования с идентификации глутаминсинтетазы у *L.plantarum*. Как показало выравнивание, глутаминсинтетаза *L.plantarum* имеет 81% гомологии с глутаминсинтетазой *B.subtilis*, поэтому мы считаем, что многие закономерности регулирования и функционирования данных у *L.plantarum* и *B.subtilis* будут сопоставимы (рисунок 1).

```

B.subtilis  --MAKYTREDIEKLVKEENVKYIRLQFTDILGTIKNVEIPVSQLGKALDNKVMFDGSSIE
L.plantarum  MAKQSYSKDDIRRIVKEENVNFLRLMFTDLFGTIKNVEVPVSQLDKLLDNKLMFDGSSID

B.subtilis  GFVRIEESDMYLYPDLNTFVIFPWTAEKGKVARFICDIYNPDGTPFEGDPRNNLKRILKE
L.plantarum  GFVRIEESDMYLYPDLSTWLIMPWNTEHGKIARIICEVYTSDRKPFEGDPRNNLIRVLND

B.subtilis  MEDLGFSDFNLGPEFFLFKLDEKGEPTLELNDKGGYFDLAPTDLGENCRRDIVLELEE
L.plantarum  MREAGYTSFNCGTEPEFFLFKMNEKGEPTLELNDKGSYFDLSPMDLGENCRRDIALELER

B.subtilis  MGFEIEASHHEVAPGQHEIDFKYAGAVRSCDDIQTFKLVVKTIARKHGLHATFMPKPLFG
L.plantarum  LGFNVEASHHEVAPGQHEIDFKYADALSAADHIQTFKLVVKTIARKYNLWATFMPKPLNG

B.subtilis  VNGSGMHCNLSLFKNGVNAFFDENA--DLQLSETAKHFIAGIVKHATSFTAVTNPTVNSY
L.plantarum  VNGSGMHVNMSLFHDQGNAFYDANDKNGLELSSDAYHFLGGLMKHARSYTAVTNPTVNSY

B.subtilis  KRLVPGYEAPCYVAWSAQNRSPLIRIPASRGISTRVEVRSVDPAANPYLALSVLLAAGLD
L.plantarum  KRLVPGYEAPVYVAWSASNRSPMIRIPSARGLSTRLELRSVDASTNPYLAFAAVLEAGLD

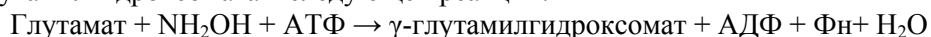
B.subtilis  GIKNKLEAPIDRNIYVMSKEERMENGIVDLPATLAEALEEFKSNEVMVKALGEHLFEH
L.plantarum  GIKNGIEPPKSVDRNIYVMDEDERAAAGIADLPSTLHNALKEFQTDPTMKKALGPHIYQS

B.subtilis  FIEAKEIEWDMFRTQVHPWEREQYMSQY
L.plantarum  FLEAKRLEWASYRQVSEWERDQYMELY

```

Рисунок 1 – Выравнивание аминокислотных последовательностей глутаминсинтетазы *L.plantarum* и *B.subtilis*.

Далее определяли активность глутаминсинтетазы в клетках *L.plantarum* и *B.subtilis* после 24, 48 и 72 часов культивирования с помощью биосинтетического теста, который является физиологически релевантным способом измерения  $Mg^{2+}$ -зависимой ферментативной активности глутаминсинтетазы [5]. Биосинтетическую активность GS определяли по скорости образования  $\gamma$ -глутамилгидроксомата в следующей реакции:



Конечный продукт реакции  $\gamma$ -глутамилгидроксомат образует с хлоридом железа окрашенные комплексы бурого цвета, которые измеряли спектрофотометрически при длине волны 540 нм на планшетном спектрофотометре TECAN 100 plus (рисунок 2). Проведенный эксперимент показал что уровень активности фермента у лактобацилл находится на сходном уровне с ферментом в клетках бацилл.

Чтобы клонировать ген глутаминсинтетазы, с геномной ДНК *L.plantarum* с помощью ПЦР получали фрагмент, содержащий ген *glnA*. Клонировали его в вектор рЕТ15b под промотор T7 с получением плазмиды рЕТ15b-LpGS. Этой плазмидой трансформировали лабораторный штамм *E.coli* XL1 blue. С помощью ПЦР проверяли направление вставки (рисунок 3).

Из клонов с правильным направлением вставки выделяли плазмиду и трансформировали ей лабораторный штамм *E.coli* BL21 и индуцировали IPTG.

На ПААГ электрофорезе идентифицировался белковый бэнд необходимой массы (53 кДа), а в растворе идентифицировалась глутаминсинтетическая активность. Присутствие большого количества неспецифических бэндов требует оптимизации условий очистки белка (рисунок 4).

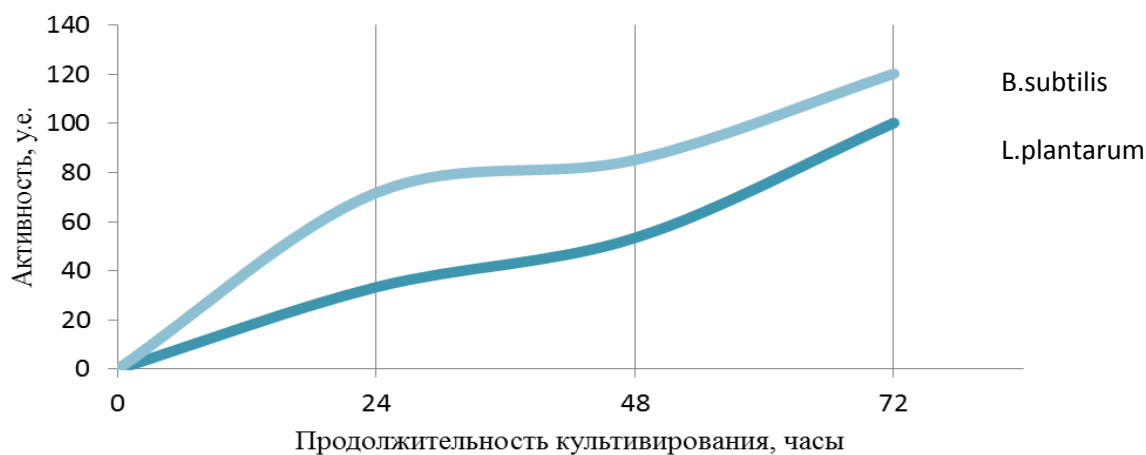


Рисунок 2. – Активность глутаминсинтетазы в клетках *L.plantarum* и *B.subtilis*.

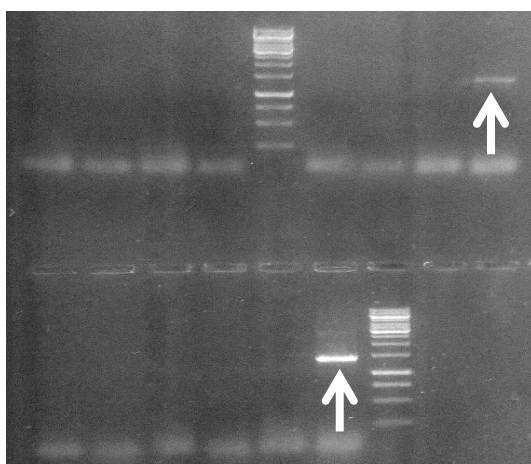


Рисунок 3. – ПЦР-скрининг на направление вставки. Стрелками указаны клоны с правильной ориентацией вставки.

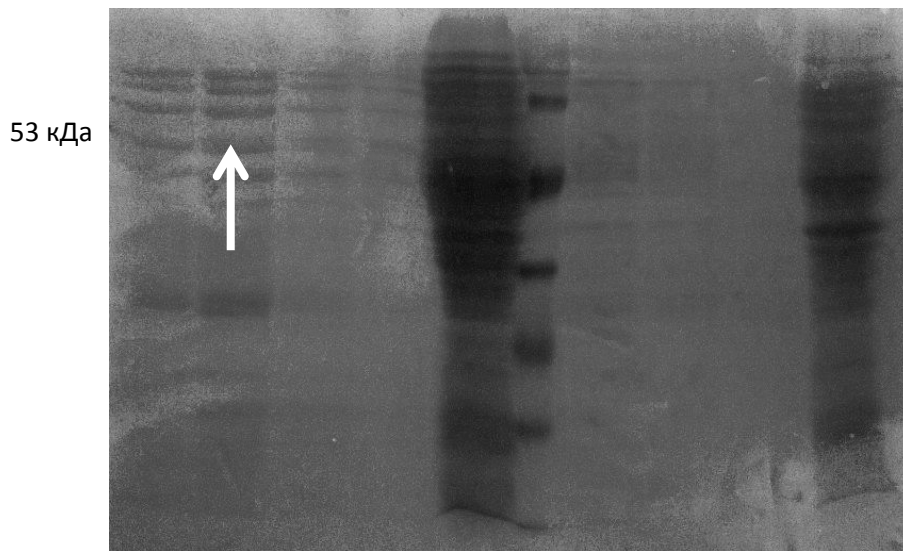


Рисунок 4. – Индукция и очистка белка из штамма E.coli BL21 pET15b-LpGS.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 15-04-02583.*

#### Список литературы.

- 1) De Vos P. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology / P. De Vos, G.M. Garrity, D. Jones, N.R. Krieg, W. Ludwig, F.A. Rainey, K.-H. Schleifer, W.B. Whitman (eds) // Volume 3: The Firmicutes / Springer, New York. 2009. P.465–511.
- 2) Wray L.V. TnrA, a transcription factor required for global nitrogen regulation in *Bacillus subtilis* [Text] / L.V. Wray, A.E. Ferson, K. Rohrer, S.H. Fisher // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 1996. V.93. P.8841–8845.
- 3) Sonenshein A.L. Control of key metabolic intersection in *Bacillus subtilis* [Text] / A.L. Sonenshein // Nat Rev Microbiol. 2007. V.12. P.917–927.
- 4) Fisher S.H. Novel trans-acting *Bacillus subtilis* glnA mutations that derepress glnRA expression [Text] / S.H. Fisher, L.V. Wray // J Bacteriol. 2009. V.191. P.2485–2492.
- 5) Gawronski J.D. Microtiter assay for glutamine synthetase biosynthetic activity using inorganic phosphate detection [Text] / J.D. Gawronski, D.R. Benson // Anal. Biochem. 2004. V.327. P.114–118.

### СЕКЦИЯ «ЗООЛОГИЯ»

#### МЕТАГЕНОМ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ БАЙКАЛЬСКИХ АМФИПОД (AMPHIRODA: GAMMAROIDEA)

*Беснятых Д.А.*

*Научные руководители – к.б.н., доцент Сабиров Р.М.,  
к.б.н., в.н.с. Open Lab Экстремальная биология Гусев О.А.*

Амфиподы (Crustacea, Amphipoda) одна из самых таксономически богатых групп организмов, населяющих Байкал, широко освоивших самые различные биотопы. На сегодняшний день известно, что в озере обитает 272 вида и 76 подвидов бокоплавов, составляющих 6 семейств и 41 род, что составляет 4,3% всей мировой фауны амфипод и 45,3% пресноводных амфипод, населяющих поверхностные водоемы мира [Тахтеев, 2000]. Также амфиподы являются одной из важнейших бентосных групп организмов Байкала. Амфиподы играют существенную роль в функционировании экосистемы озера, а также в кормовой базе рыб. Экстремально высокое разнообразие амфипод в одном водоёме, представляет огромный научный интерес. В частности, крайне заманчивы перспективы исследований их адаптаций к олиготрофной среде обитания и выяснения роли, которую в этих адаптациях могут играть те или иные факторы, например, их микробиота.

Метагеномика возникла в 1990-х как наука изучающая генетический материал микробных сообществ в их среде обитания. Метагеномика – это независимый от культивирования анализ генетиче-

ской информации генома бактериальных сообществ внутри среды их обитания, например, морской воды, почвы, кишечника человека, отдельных тканей или в некоторых случаях целого организма [Izard, 2015]. Она сосредоточена на собирании генетической информации методом секвенирования ДНК и/или РНК.

Получение новых данных по микробиотическому составу уникальных эндемичных видов байкальских амфипод с использованием современных методов метагеномики внесет существенный вклад в изучение особенностей байкальской фауны, а также позволит поближе познакомиться с взаимодействием микроорганизмов и этих уникальных животных.

Таким образом целью нашего исследования стало изучение бактериальных сообществ, ассоциированных с пищеварительными системами нескольких видов байкальских амфипод.

Объектом нашего исследования были выбраны байкальские эндемичные амфиподы. Они являются типичными обитателями литорали озера Байкал. Материал был собран в середине июля 2014 г. с глубины 0,5-1,5 метра на литорали Байкала. Точки сбора материала располагались вблизи Байкальской биологической станции Иркутского государственного университета (ИГУ) в поселке Большие Коты (51°54'10.0" с.ш. 105°04'03.3" в.д.). Были исследованы следующие виды амфипод: *Eulimnogammarus cyaneus* – один из наиболее терморезистентных видов, обитает в зоне наибольшего колебания факторов среды – зона уреза воды (до 1 метра); *E. verrucosus* – термочувствительный и холодолюбивый вид; *Gmelinoides fasciatus* – наиболее резистентный среди байкальских амфипод по основным стрессовым факторам вид; *Pallasea cancellus* – типичный литоральный фитофаг, приуроченный к зарослям макрофитов. Всего было собрано по 15 экз. каждого из исследуемых видов. Фиксирование образцов происходило по следующей схеме: **70% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + EDTA (1 минута) → 96% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + EDTA.**

Вскрытие амфипод проводилось с использованием бинокля Leica EZ4 D. Техника вскрытия и препарирования пищеварительной системы была продемонстрирована ведущим исследователем Японского Национального Института Агробиологических Наук – Ричардом Корнеттом (Richard Cornette). Вскрытие амфипод проводилось с дорсальной стороны. Бокоплавы предварительно помещались в одноразовые чашки Петри с дистиллированной водой. Сначала, при помощи ножниц, делались латеральные разрезы (с обеих сторон) от тельсона к голове. Затем делался поперечный разрез в задней части. Вырезанный фрагмент панциря аккуратно удалялся пинцетом в направлении от заднего конца к переднему (рис. 1). Затем пищеварительная система извлекалась при помощи пинцета и помещалась в пробирку с дистиллированной водой.

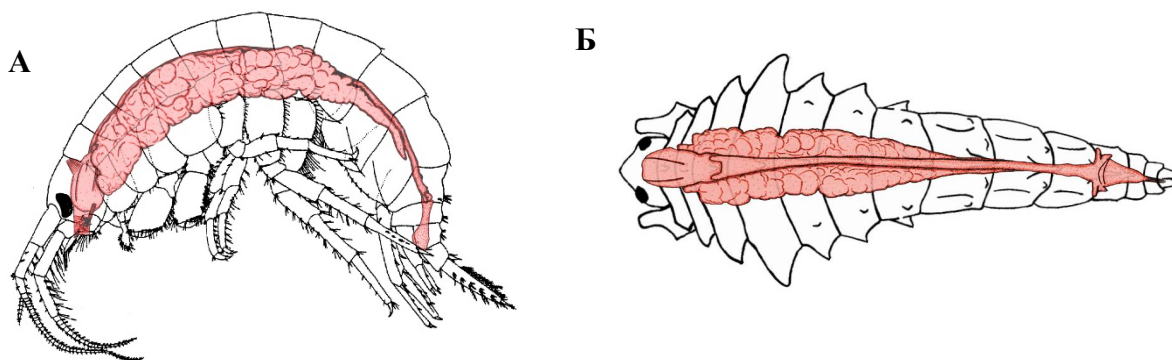


Рисунок 1. – Схема расположения пищеварительной системы бокоплава: А – вид сбоку, Б – вид сверху.

Выделение ДНК проводилось с помощью набора MagJET Genomic DNA Kit (Life Technologies). Выделение проводилось в соответствии с протоколом. После выделения ДНК был проведен гель-электрофорез для выявления наличия геномной ДНК. Электрофорез проводился в 1% агарозном геле, был использован краситель 6X DNA Loading Dye (Fermentas) и маркер длин ДНК GeneRuler 50bp DNA Ladder (Fermentas). Электрофорез проводился при помощи MUPID-exU Horizontal Electrophoresis System. Затем гель прокрашивался флуоресцентным красителем для нуклеиновых кислот GelRed в течение 60 минут, на шейкере. Фотографии геля получали с помощью E-BOX Gel Documentation System (рис. 2).

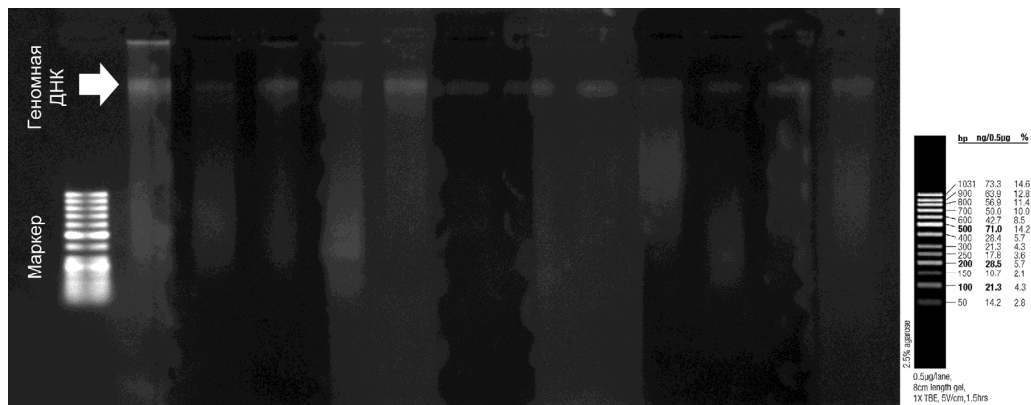


Рисунок 2. – Фотография электрофорезного геля, демонстрирующая наличие геномной ДНК в образцах.

ДНК из всех образцов была амплифицирована при помощи ПЦР с использованием пары праймеров 515F (5'-GTGCCAGCMGCCGCGGTAA-3') и 907R (5'-CCGTCGAATTCCTTTRAGTTT-3'), нацеленных на различные участки V4 и V5 гена 16S rRNA (между нуклеотидными позициями 505 и 907). Для реакции использовалась полимераз Platinum® Taq DNA Polymerase High Fidelity (Life Technologies). Каждая реакционная смесь для ПЦР содержала 17µL мастер микса (буфер, праймеры, вода, полимераз) и 3µL исследуемой ДНК. Для реакции использовался Bio-Rad C1000 Touch™ Thermal Cycler. Реакционные смеси денатурировались 2 минуты при 98°C, затем следовало 36 циклов, содержащих следующие стадии: 98°C на 0:25 минуты, 57°C на 0:25 минуты, 72°C на 1 минуту. После завершения циклов следовала стадия 72°C на 8 минут, затем образцы хранились при 12°C до их извлечения из термоциклера. Весь процесс ПЦР занял 1 час 39 минут.

Секвенирование образцов было проведено в лаборатории эволюционной геномики ФББ МГУ производилось на секвенаторе Illumina MiSeq с использованием набора Nextera XT DNA Library Preparation Kit (Illumina). Секвенирование проводилось в соответствии с протоколом Nextera.

Объединение чтений и выравнивание проводилось в программе CLC Genomic Workbench. Расшифровка последовательностей выполнялась с помощью программы Geneious R8 с использованием инструмента 16S Biodiversity Tool. 16S Biodiversity Tool инструмент, позволяющий определить последовательности 16s rRNA гена бактерий на основе баз RDP (Ribosomal Database Project). С помощью этого инструмента были построены диаграммы таксономического состава бактериальных сообществ. Статистическая обработка была произведена инструментом Biodiversity Tool. 16S Biodiversity Tool. Данный инструмент проводит статистический бутстрэп анализ достоверности последовательностей, сравнивая их с базами данных гена 16S rRNA бактерий и архей.

С помощью анализа гена 16s rRNA с использованием программы Geneious на основе библиотек RDP, удалось установить, что коренными микроорганизмами пищеварительной системы *E. suaneus* являются бактерии (99%, средняя достоверность 98,9; 108913 последовательностей) и археи (0,8%, средняя достоверность 21,55; 901 последовательность), общее количество последовательностей 109814. Содержащиеся в микробиотном сообществе пищеварительной системы *E. suaneus* бактерии принадлежат к следующим филам (типам): Proteobacteria (52%), Bacteroidetes (18%), Cyanobacteria/Chloroplast (11%), Firmicutes (6%), Verrucomicrobia (5%), Actinobacteria (5%). Менее, чем 1% от общего числа бактерий, представлены: Planctomycetes (0,7%), Chloroflexi (0,3%), Lentisphaerae (0,2%), Chlamydiae (0,2%), Flsobacteria (0,1%), Aquificae (0,1%), Spirochaetes (0,1%), Synergistetes (0,1%) и Acidobacteria (0,1%). Остальные филы составляют менее 0,01% от общего числа бактерий в сообществе.

Коренными микроорганизмами пищеварительной системы *E. verrucosus* являются бактерии (99%, средняя достоверность 99,05; 97658 последовательностей) и археи (1%, средняя достоверность 20,76; 973 последовательности), общее количество последовательностей 98658. Бактериальное микробиотное сообщество пищеварительной системы *E. verrucosus* состоит из следующих фил (типов): Proteobacteria (81%), Firmicutes (6%), Verrucomicrobia (5%), Bacteroidetes (4%), Chlamydiae (1%). Остальные филы представлены менее, чем 1% от общего количества бактериальных последовательностей.

В ходе исследования метагенома пищеварительной системы *G. fasciatus*, мы обнаружили, что коренными микроорганизмами в пищеварительной системе являются бактерии (99%, ср. достоверность

99,01; 95913 последовательностей) и археи (1%, ср. достоверность 23,66; 927 последовательностей). Содержащиеся в микробиотном сообществе пищеварительной системы *G. fasciatus* бактерии принадлежат к следующим филам (типам): Proteobacteria (46%), Bacteroidetes (37%), Verrucomicrobia (8%), Actinobacteria (4%), Firmicutes (2%), Cyanobacteria/Chloroplast (1%). Остальные филы представлены менее, чем 1% от общего содержания бактериальных последовательностей.

В результате метагеномного анализа пищеварительной системы *P. Cancellus*, было обнаружено, что коренные группы микроорганизмов это: *Bacteria* (100%, ср. достоверность 99,05; 187297 последовательностей) и *Archaea* (0,5%, ср. достоверность 24,55; 893 последовательности). Среди бактериально-го сообщества пищеварительной системы *P. cancellus* наибольшим числом последовательностей (более 1% от общего числа бактерий) представлены: Proteobacteria (60%), Bacteroidetes (23%), *Verrucomicrobia* (4%), *Firmicutes* (4%), *Actinobacteria* (3%), *Cyanobacteria/Chloroplast* (3%).

Проведенное исследование позволяет установить, что наиболее крупной (по количеству последовательностей) группой бактерий в пищеварительных системах, изученных амфипод является – Proteobacteria (52% у *E. cyaneus*, 81% у *E. verrucosus*, 46% у *G. Fasciatus* и 60% у *P. cancellus*). Скорее всего это связано с тем, что в воде озера Байкал данная группа представлена наиболее широко [Bel'kova, 2002]. На втором месте у трех видов оказалась фила Bacteroidetes (18% у *E. cyaneus*, 37% у *G. fasciatus* и 23% у *P. cancellus*). Третьи и четвертые места (в зависимости от вида) занимают *Firmicutes* и *Verrucomicrobia*. Последней из довольно широко представленных групп является *Actinobacteria*, которая также в больших количествах обнаружена в водах озера [Bel'kova, 2002].

Среди протеобактерий встречается большое количество бактерий-симбионтов животных, что скорее всего и обуславливает большой процент их содержания в пищеварительных системах, исследованных амфипод. Представители *Bacteroidetes* широко распространены в окружающей среде, почве, воде, а также были обнаружены в желудочно-кишечных трактах многих животных, следовательно, вполне логично их присутствие в пищеварительных системах бокоплавов. К фирмикутам относятся многие представители микробиоты человека и животных. *Verrucomicrobia* недавно открытая фила бактерий. Она содержит всего несколько описанных видов. Описанные представители были выделены из почвы, пресной воды и фекалий человека, а также было найдено большое количество видов, ассоциированных с эукариотическими хозяевами. Актинобактерии хорошо известны тем, что в больших количествах населяют пресные и морские воды. Актинобактерии, как и протеобактерии распространены в водах озера Байкал [Bel'kova, 2002].

Таким образом, данное исследование позволило нам расширить свои знания о микроорганизмах, живущих в пищеварительных системах уникальных эндемических байкальских амфиподах. Продолжение исследований в этой области поможет нам глубже изучить процессы адаптации байкальских амфипод к столь выдающимся условиям их среды обитания.

### Список литературы.

- 1) Тахтеев В.В. Очерки о бокоплавах озера Байкал (систематика, сравнительная экология, эволюция) Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та. 2000. 358 с.
- 2) Bel'kova N.L. et al. Microbial biodiversity in the water of Lake Baikal // Microbiology. 2003. Т.2. №.2. P.203–213.
- 3) Izard J., Rivera M. (ed.). Metagenomics for Microbiology–London: Academic Press. 2015. 188 p.

## ВИДОВОЙ СОСТАВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСНИЧНЫХ ЧЕРВЕЙ (TURBELLARIA) В БУХТЕ КРАТЕРНОЙ (ОСТРОВ ЯНКИЧА, КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

*Буторова Л.Е.*

*Научные руководители – к.б.н., ассистент Порфирьев А.Г., к.б.н., зав.лаб. гидробиологии ИПЭН АН РТ Токинова Р.П.*

Бухта Кратерная представляет собой затопленный кратер вулкана Ушишир, находящийся на стадии поствулканической активности. Располагается бухта Кратерная на о. Янкича, который входит в группу островов под общим названием Ушишир, занимающих центральное положение гряды Курильских островов [4]. В южной части этого острова находятся многочисленные горячие источники. Здесь уже в течение многих лет ведутся исследования вулканической деятельности, изучение состава газов и выделяемых горячих вод [1, 3]. Центральным же вопросом для биологов оставалось влияние



вулканической деятельности на формирование экосистемы данного водоема. В результате многочисленных исследований было выяснено, что деятельность вулкана весьма благоприятна для подводного мира этого места. Ученые обнаружили 150 видов различных морских беспозвоночных животных. По видовому богатству преобладают ракообразные, моллюски, иглокожие, асцидии, полихеты и некоторые другие [2]. Отмечается необычайно большая плотность поселений и биомасса животных: в районе подводной вулканической деятельности она достигает до нескольких кг/м<sup>2</sup> [1, 3].

Объектом данной работы выбраны плоские черви (отряд Polycladida), которые до сих пор не являлись специальным объектом исследования в этом водоеме. В основу работы положены фиксированные сборы турбеллярий из бухты Кратерной, собранные в 1985 и 1986 гг. сотрудниками Института Биологии моря (ДВО РАН, г. Владивосток).

В общей сложности просмотрено и обработано 20 качественных и количественных проб червей, взятых с различных глубин и грунтов. Обработка материала была проведена по стандартным гистологическим методикам. Были приготовлены несколько серий гистологических срезов, по которым идентифицировались черви.

В результате исследования фиксированного материала нами был определен один вид *Notoplana atomata* отряда Polycladida. У *N. atomata* тело плоское, имеет овальную форму. Длина тела фиксированных экземпляров составляет от 3 до 14 мм. В передней четверти тела 4 группы глаз: 2 более крупных группы – щупальцевые глаза, над ними ориентированы кверху 2 группы церебральных глаз. В центре вентральной стороны тела располагается ротовое отверстие, ведущее в глотку. Позади ротового отверстия имеется два отдельных половых отверстия – мужское и женское.

После детального изучения гистологических срезов выполнена реконструкция полового аппарата. В комплекс мужских половых органов входит: семенной пузырек с хорошо развитой мышечной стенкой. Простатический пузырек сферической формы, имеет толстую мускулистую стенку и изнутри выстлан эпителием, который образует железистые камеры. Папилла вооружена стилетом, который заострен на конце. Женская половая система представлена атриумом с толстой мускулистой стенкой. За женским половым отверстием располагается Лангов пузырь средних размеров. Морфологические и гистологические особенности организации вида полностью соответствуют описаниям, имеющимся в литературе.

В бухте Кратерной вид *N. atomata* встречается на глубинах от 1 до 15 м. Пробы червей брались вдоль устья термального ручья – это зона наибольшей гидротермальной активности. Распределение *N. atomata* в бухте Кратерной характеризуется высокой численностью и биомассой, что согласуется с такими показателями у других изученных здесь групп животных [1,2,3].

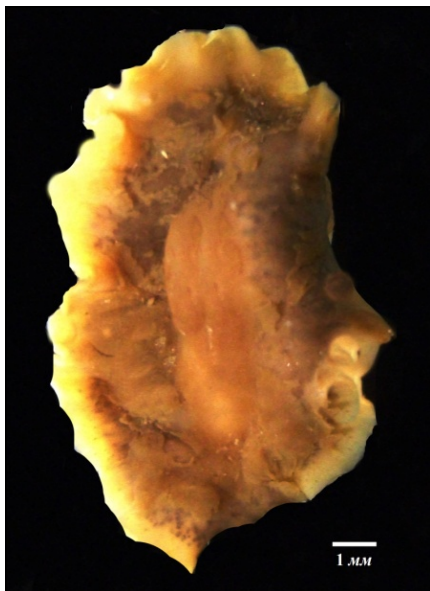


Рисунок 1. – Внешний вид *N. atomata* (с дорсальной стороны).

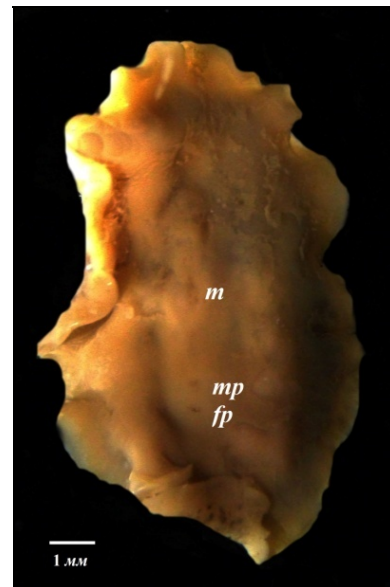


Рисунок 2. – Внешний вид *N. atomata* (с вентральной стороны).

Максимальная плотность поселения зафиксирована на глубине 3 м, грунт, характерный для данной глубины, представляет собой гальку и гравий, с небольшой примесью серы; температура воды составляет 8-9°C. Здесь численность составляет 1060 экземпляров на 1 м<sup>2</sup>. После 3 м происходит резкий переход горизонтального участка дна в склон из гальки и крупных камней, температура воды по-

нижается до 6-4°C, численность червей здесь снижается до нескольких сотен и десятков экземпляров. Далее, после 15 м, склон плавно переходит в более ровное ложе с небольшим уклоном к центру бухты. Здесь грунты представлены чистыми илами и численность поликлад невелика.

Ту же тенденцию наблюдаем и в распределении червей по биомассе. Но здесь значение биомассы достигает своего максимума на глубине 1 м и составляет 77,12 г/м<sup>2</sup>, это связано с концентрацией наиболее крупных особей в данном месте. Затем по мере увеличения глубины и заиления грунта биомасса поликлад резко снижается от 77,12 г/м<sup>2</sup> до 0,4 г/м<sup>2</sup>.

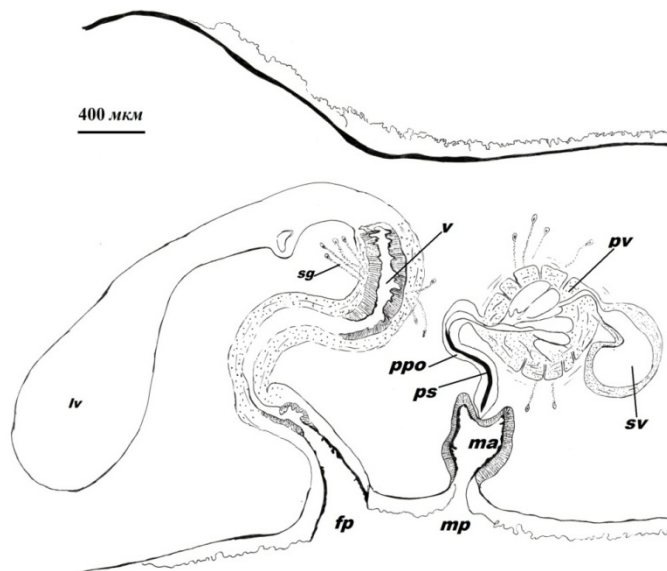


Рисунок 3. – Реконструкция полового аппарата вида *N. atomata* (**sv** - семенной пузырек; **pv** - простатический пузырек; **ppo** - пениальный карман; **ps** - стилет; **ma** - мужской атриум; **mp** - мужское половое отверстие; **fp** - женское половое отверстие; **v** - вагина; **sg** - скорлуповые железы; **lv** - Лангов пузырь).

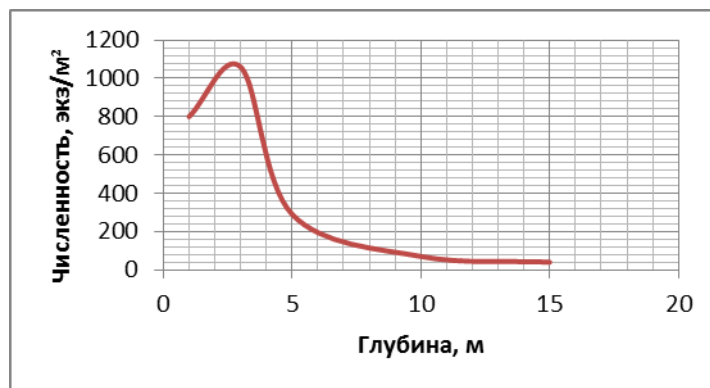


Рисунок 4. – График распределения по численности вида *N. atomata*.

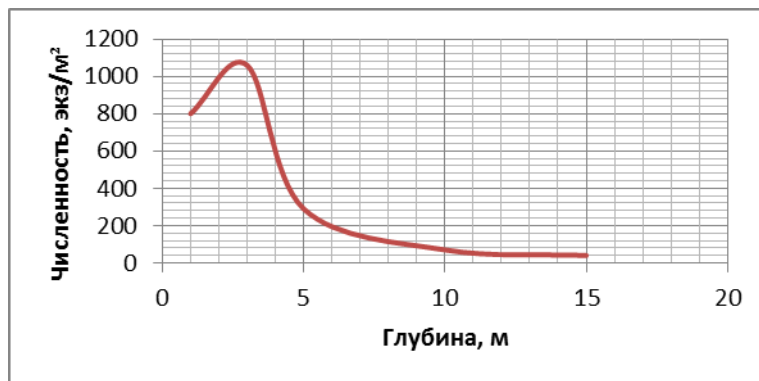


Рисунок 5. – График распределения по биомассе вида *N. atomata*.

### Список литературы.

- 1) Каменев Г.М. Новый вид рода *Masoma* (Bivalvia, Tellinidae) из бухты Кратерной (о-в Янкича, Курильские о-ва). // Зоологический журнал. Т.69. Вып.3. 1990. С.127–132.
- 2) Каменев Г.М. Макробентос сублиторали бухты Кратерная (о-в Янкича, Курильские о-ва): автореф. дис. ... канд. биол. наук. 1991. 25 с.
- 3) Тарасов В.Г. Исследования экосистемы бухты Кратерной (Курильские острова) // Биология моря №3. 1989. С.4–12.
- 4) Христофорова Н.К. Острова Ушишир: Физико-географическая характеристика // Биология моря №3. 1989. С.12–19.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (LINNAEUS, 1758) ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ПО МАТЕРИАЛАМ УЛОВОВ 2013-2014 ГГ.)

*Деманкина М.В.*

*Научный руководитель – к.б.н., доцент Галанин И.Ф.*

Плотва *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) имеет широчайший ареал и распространена в разнообразных водоемах Европы и Азии. В Куйбышевском водохранилище она относится к промысловым объектам среди мелкочастиковых видов рыб. Вследствие этого необходимо проводить постоянные наблюдения и следить за состоянием основных биологических показателей данного вида, что лежит в основе рациональной эксплуатации любого промыслового вида рыб. В данной статье анализируются размерно-весовой, возрастной состав плотвы верхней части Куйбышевского водохранилища по материалам уловов 2013–2014 гг.

Материал для данной работы был собран в верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища близ учебно-научной базы «Свияжская» Казанского федерального университета. Сбор и первичная обработка материала осуществлялась по общепринятым методикам [Правдин, 1966, с. 163–219; Кузнецов, 2007, с. 3–27; Кузнецов, 2008, с. 3–32]. Объем собранного материала в 2013 году составил 108 особей, в 2014 г. – 164 особей плотвы различных возрастных групп. В лабораторных условиях проводилось определение возраста рыб по спилам лучей спинного плавника и чешуе.

Материал по производителям в весенний период был собран только в 2013 г. Максимальная длина рыб этого периода была зафиксирована у самок и составила 23 см. Минимальные размеры составляли 13,5 см. При таком относительно узком диапазоне варьирования размеров общая средняя длина плотвы весной составляла 17,7 см. Большая часть выловленной плотвы составили самки. Основу вылова самок составили рыбы с длиной 14–22 см, размеры самцов не превышали 20 см. Средняя длина самок равнялась 18 см, самцов – 15,7 см (рис. 1).

В летне-осенний период этого года размеры плотвы варьировали также в достаточно узких пределах от 14 до 21 см, причем в отличие от весеннего периода, самые крупные рыбы были представлены самцами. Самки крупнее 19,5 см отсутствовали. Несмотря на некоторые различия в характере распределения размеров самцов и самок, средние показатели длины были практически идентичны 16,7 см и 16,1 см (рис. 2). В 2014 г., поскольку самцы были относительно малочисленны, общее варьирование размерного состава определялось в основном самками, среди которых обнаружена самая крупная рыба за весь период наблюдения. Ее длина составила 26,5 см. Размеры самцов не превышали 21 см. Основу вылова составили более мелкие, по сравнению с предыдущим годом, рыбы размерных классов 12–18 см. Следует отметить, что между средними показателями самцов и самок в летне-осенний период 2013–2014 гг. значительных изменений не наблюдалось: в 2013 году они составили 16,5, а в 2014 – 16,3 см. При этом в 2014 г. наблюдается расширение диапазона варьирования размерных показателей, как за счет более мелких, так и более крупных особей (рис. 3).

Если сравнить наши средние размерные показатели с показателями предыдущих годов того же водоема [Кузнецов и др., 2012, с. 99], то можно отметить, что они соответствуют средним показателям 2003–2004, 2007 гг., но уступают более ранним значениям 2000 г. В Нижнекамском водохранилище [Бартош, 2006, с. 37] плотва имела преимущественно большие размеры.

В весенний период 2013 г. максимальный вес плотвы был отмечен у самок и равнялся 240 г. наименьшее значение массы составило 55 г. Весовые показатели самцов варьировали в относительно

узких пределах и представлены особями со сравнительно низкими показателями длины и массы. Самцы с массой более 130 г. отсутствовали. У самок наблюдается более равномерное распределение по весовым классам, но несколько выделяются по количеству рыбы с массой 70-90 г (рис. 4).

В отличие от весенних уловов в летне-осенний период 2013 г. максимальный вес имели самцы – 205 г, а минимальный самки – 55 г. Также как и весной, наблюдается равномерное распределение по весовым показателям, но наблюдается преобладание рыб с массой от 50 до 90 г (рис. 5). В летне-осенний период 2014 г. зафиксирован максимальный вес плотвы за все время наблюдения и составил – 475 г. Минимальная масса равнялась 18 г. Таким образом, как и в отношении размеров тела плотвы, к 2014 г. наблюдается расширение диапазона варьирования на фоне практически идентичных средних значений массы (рис. 6).

Сравнивая значения веса плотвы предыдущих годов, можно отметить, что показатели веса в наших уловах превышают таковые показатели Волжского плеса 2003-2004, 2007-2008 гг., но уступают показателям 2000 года и показателям 2006 года Камского плеса [Кузнецов и др., 2012, с. 100].

Возрастной состав производителей плотвы по материалам весенних и летне-осенних уловов 2013 г., включает рыб семи возрастных групп (рис. 7, 8, А). Основу весенних уловов составили рыбы в возрасте 5-7 лет. Рыбы поколения 2003-2004 гг. представлены только самками, а 2009 г – только самцами. Если сравнивать наши материалы с Нижнекамским водохранилищем, возрастная структура плотвы возрастная структура плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского относительно упрощена. Основу уловов Нижнекамского водохранилища составили поколения более старшего возраста [Бартош, 2006, с. 38] (рис. 7, Б).

В летне-осенний период 2013 г. преобладали рыбы поколений 2005-2007 гг. в возрасте 6+ – 7+. Отсутствовала плотва поколения 2009 года рождения и отмечено несколько старшевозрастных особей поколения 2002-2003 гг. Поколения 2002 и 2008 гг. представлены только самками (рис. 8, А). Возраст выловленной плотвы в летне-осенний период 2014 года варьировал от 3 до 9 полных лет. При этом возрастной ряд также смещен в сторону омоложения: в уловах присутствуют более молодые рыбы в возрасте 3+ – 4+, а плотва в возрасте 10+ – 11+ отсутствует. Основную часть самок представляют рыбы 2007-2009 года рождения в возрасте 5+ – 7+. Такая же картина наблюдается и у самцов. Поколения 2005 и 2011 гг. представлены только самками (рис. 8, Б).

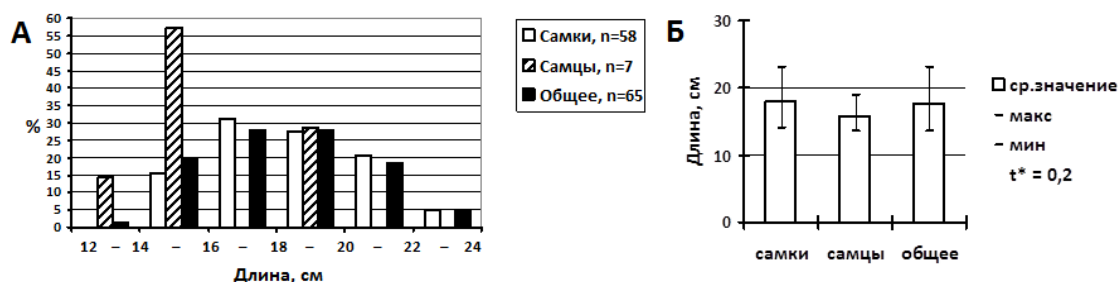


Рисунок 1. – Размерный состав (А) и средние значения размеров (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам весенних уловов 2013 г.

\* – здесь и далее достоверность отличий самцов и самок по критерию Стьюдента

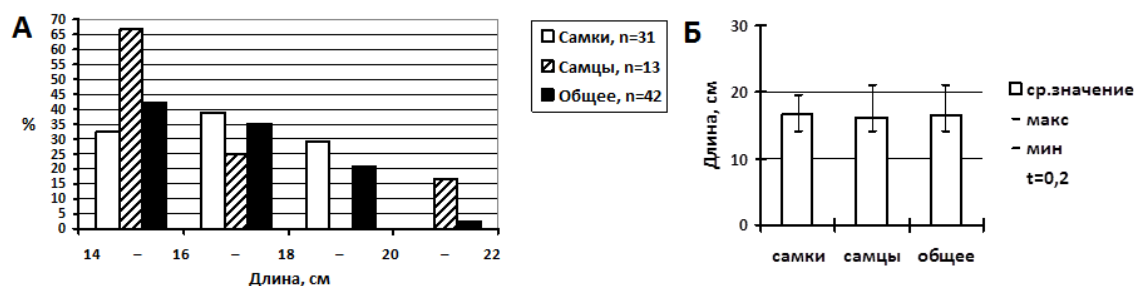


Рисунок 2. – Размерный состав (А) и средние значения размеров (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам летне-осенних уловов 2013 г.

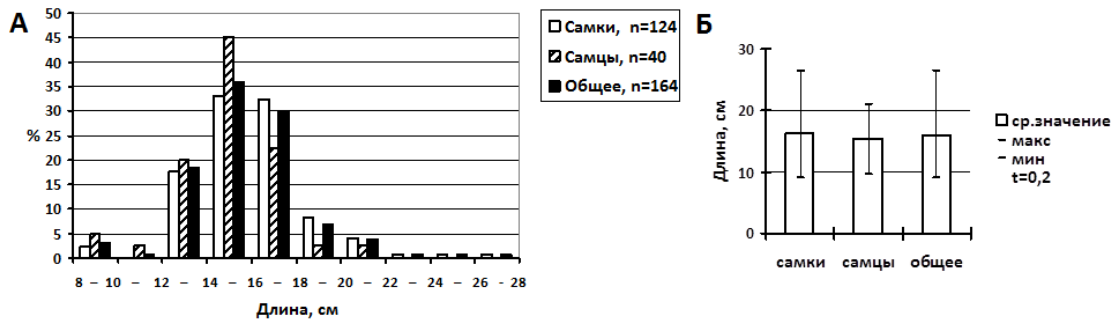


Рисунок 3. – Размерный состав (А) и средние значения размеров (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам летне-осенних уловов 2014 г.

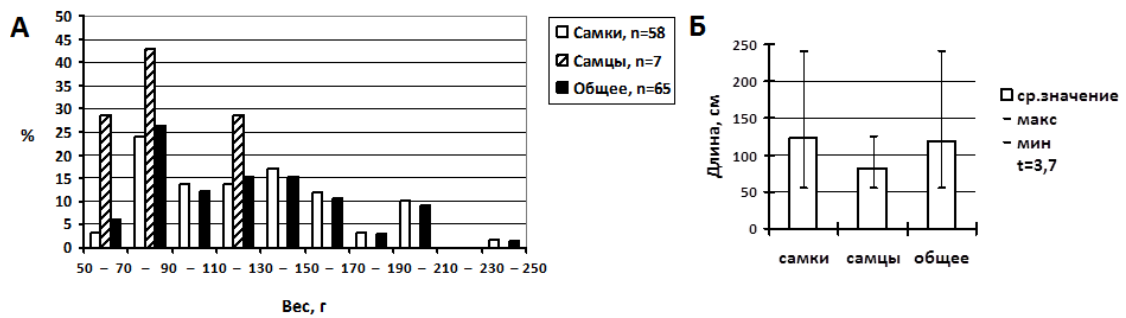


Рисунок 4. – Весовой состав (А) и средние значения массы (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам весенних уловов 2013 г.

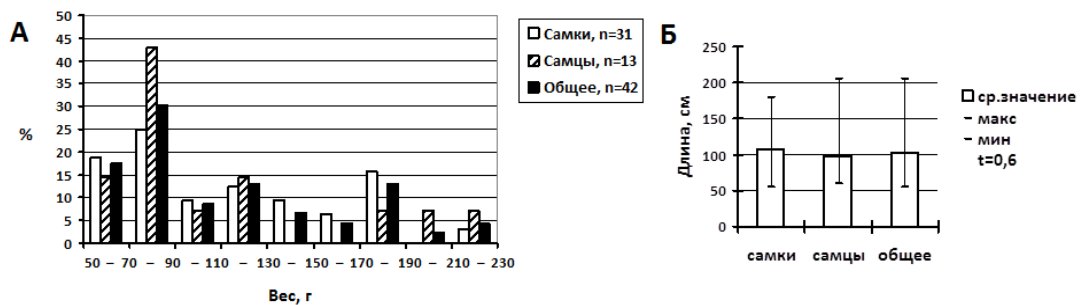


Рисунок 5. – Весовой состав (А) и средние значения массы (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам летне-осенних уловов 2013 г.

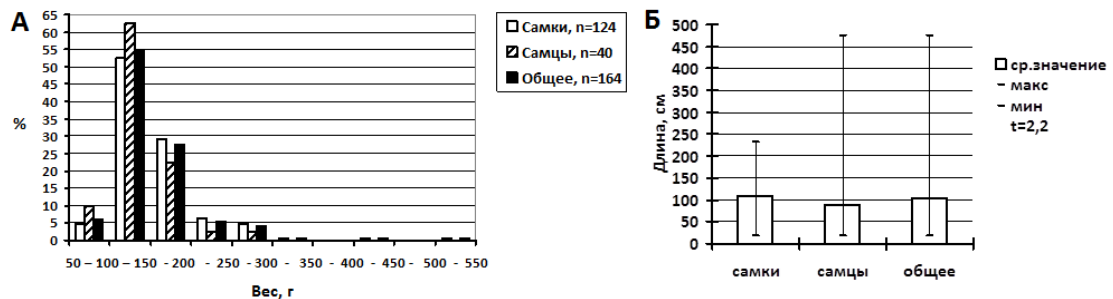


Рисунок 6. – Весовой состав (А) и средние значения массы (Б) плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища по материалам летне-осенних уловов 2014 г.

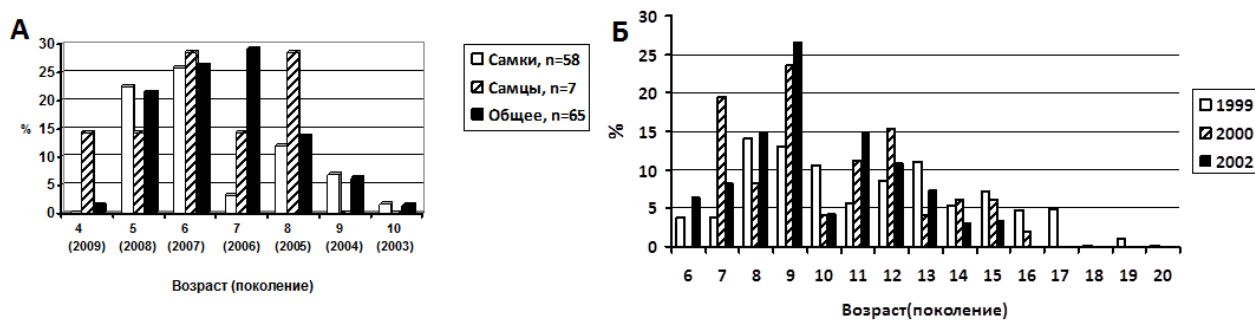


Рисунок 7. – Возрастной состав плотвы в весенних уловах верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища 2013 г (А) и Нижнекамского водохранилища (Б) 1999, 2000, 2002 гг.

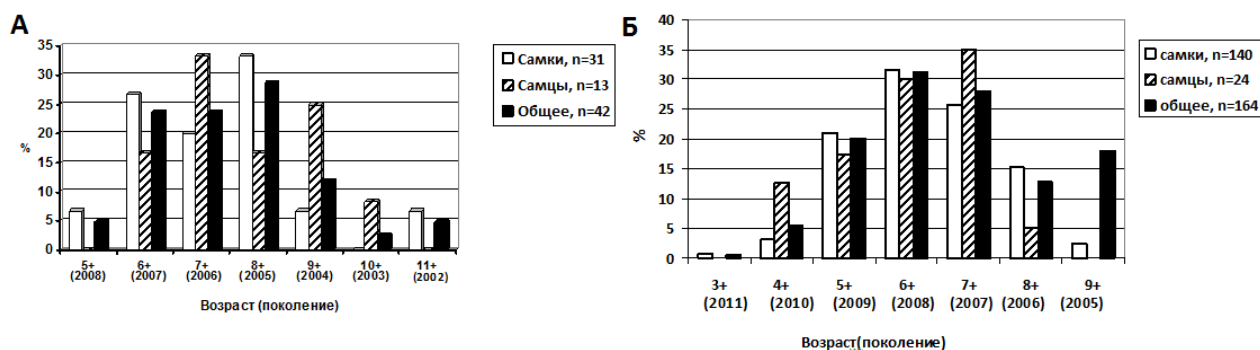


Рисунок 8. – Возрастной состав плотвы верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в летне-осенний период 2013 г. (А) и 2014 г. (Б).

Таким образом, плотва верхней части Волжского плеса Куйбышевского водохранилища в уловах 2013 г. характеризовалась относительно невысокими размерными и весовыми показателями, обедненной, в сторону омоложения популяции, возрастной структурой. В 2014 г. наблюдается расширение диапазона варьирования по размерно-весовому составу. Показатели размерно-весового и возрастного состава свидетельствуют о высоком прессе вылова в районе наблюдения. При этом раннее половое созревание, хороший темп роста, пищевая пластичность плотвы позволяют характеризовать состояние популяции как относительно устойчивое.

#### Список литературы.

- 1) Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводные). М.: Пищевая промышленность. 1966. 375 с.
- 2) Кузнецов В.А., Кузнецов В.В. Методы изучения возраста рыб: методическое пособие к учебно-производственной практике и спецдисциплинами по ихтиологии. Казань: КГУ. 2007. 28 с.
- 3) Кузнецов В.А. Методы изучения роста рыб: методическое пособие к курсу «техника и методы специализации» и спецдисциплинам по ихтиологии. Казань: КГУ. 2008. 36 с.
- 4) Кузнецов В.А., Григорьев В.Н., Галанин И.Ф., Кузнецов В.В. Биологическая характеристика плотвы *Rutilus rutilus* (L.) как один из показателей состояния экосистемы верхней части Куйбышевского водохранилища // Вода: химия и экология. 2012. С.97–102.
- 5) Бартош Н.А. Состояние рыбных ресурсов в Нижнекамском и Куйбышевском водохранилищах в начале XXI столетия. Казань.: Отечество. 2006. 182 с.

## БИОТОПИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАУКОВ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА

*Закирова А.Р.*

*Научный руководитель – зав. отд. беспозвоночных зоомузея Беспятых А.В.*

Пауки – многочисленная и широко распространенная группа хищных членистоногих, являющихся наряду с клещами одним из наиболее обширных отрядов класса паукообразных [Иванов, 1965, с.20]. На данный момент отряд Aranei включает свыше 45 тысяч известных видов – и современных, и вымерших, относящихся к 114 семействам [Platnick, 2015].

Фауна пауков России (бывшего СССР) не поддается полной зоогеографической характеристике, так как изучена еще недостаточно; для многих областей имеются лишь отрывочные сведения. На 2009 год на территории России обнаружено 2297 видов пауков [Михайлов, 2012, с.16]. Активное изучение фауны пауков территории Российской Федерации продолжается по сей день. По ряду причин именно Северо-Кавказский регион надолго оказался вне сферы влияния специалистов-зоологов.

В нашем распоряжении оказался уникальный материал в виде сборов пауков из равнинных и предгорных участков, прилегающих к Северо-Осетинскому государственному природному заповеднику.

Анализ литературы показал крайне слабую изученность фауны пауков на территории Северной Осетии. В 2000 г. К.Г.Михайловым был исследован видовой состав семейства Gnaphosidae для территории Северной Осетии. Данное исследование выявило наличие в фауне пауков Северной Осетии 40 видов, относящихся к семейству Gnaphosidae [Mikhailov, Mikhailova, 2000, с.89]. На настоящий момент в научных работах Михайловой были освещены высотное и биотопическое распределение пауков 4-х семейств центральной части северного макросклона Большого Кавказа [Михайлова, Михайлов, 2002a, с.244; 2002b, с.119; 2005, с.164-165]. Это первые работы по количественному исследованию пауков Кавказа.

Обзор литературы показал наличие в фауне пауков Северной Осетии 122 видов относящихся к 15 семействам. В одной из последних работ, посвященных фаунистическому анализу Araneae Северной Осетии авторы указывают для участков, примыкающих к Северо-Осетинскому государственному природному заповеднику 65 видов из 14 семейств [Беспятых, Мухаметшина, 2012]. В материалах научно-практической конференции (г.Рязань) приводятся сведения о распространении на территории национального Парка «Алания» (Северная Осетия-Алания) двух видов пауков рода Atgiora [Комаров, 2012, с.99].

В 2013 г. была опубликована статья по фауне пауков Северо-Осетинского государственного заповедника, включающая данные отлова 20 видов пауков, относящиеся к двум семействам (Araneidae, Tetragnatidae) [Триликаускас, Комаров, 2013, с.27-31]. В этой статье также отмечается крайне неравномерное и недостаточное изучение фауны пауков на территории Северной Осетии.

Материал в виде фиксированных сборов с территории, прилегающей к Северо-Осетинскому государственному природному заповеднику, был любезно передан Ю.Е.Комаровым. Сборы осуществлялись в период с 2011 по 2012 гг. Сбор осуществлялся по методу энтомологического кошения и установкой почвенных ловушек. Камеральная обработка и определение производились на кафедре зоологии и общей биологии Казанского федерального университета в соответствии с договором о сотрудничестве с Северо-Осетинским государственным природным заповедником. Номенклатура пауков соответствует КATALOGУ мировой фауны пауков [Platnick, 2015].

Исследованы сборы с 47 различных точек, которые были распределены по 7 характерным биотопам: пойменные участки, прибрежные участки водоемов, разнотравные луга, степи, задернованные галечники, леса, антропогенные биотопы.

С целью анализа видового сходства рассматриваемых биотопов проводился кластерный анализ по методу single linkage с соединением групп по максимальному значению сходства между объектами из каждой группы. Общность биотопов по видовому составу определялась по индексу Жаккара (отношение числа общих видов к числу видов в объединенном списке). Статистическая обработка осуществлялась в пакете PAST версия 3.03.

Всего в ходе исследования для территорий северного макросклона Центрального Кавказа было определено 109 видов пауков, относящихся к 62 родам и 20 семействам. В том числе 51 вид и 5 семейств впервые описаны для данного региона.

Анализ данных показал, что наиболее богатыми по численности биотопами являются разнотравные луга, а также пойменные и заболоченные участки (Рис. 1).

Наибольшее видовое разнообразие наблюдается на разнотравных лугах, а также в пойменных участках и участках, подверженных антропогенному влиянию (Рис. 2).

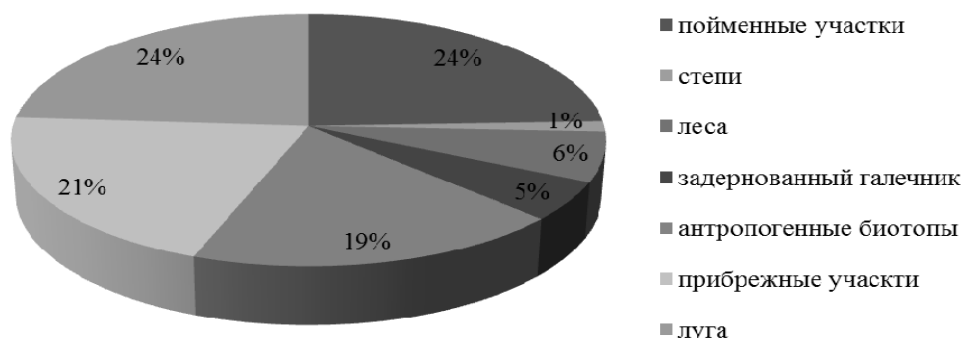


Рисунок 1. – Распределение численности пауков в обследованных биотопах.

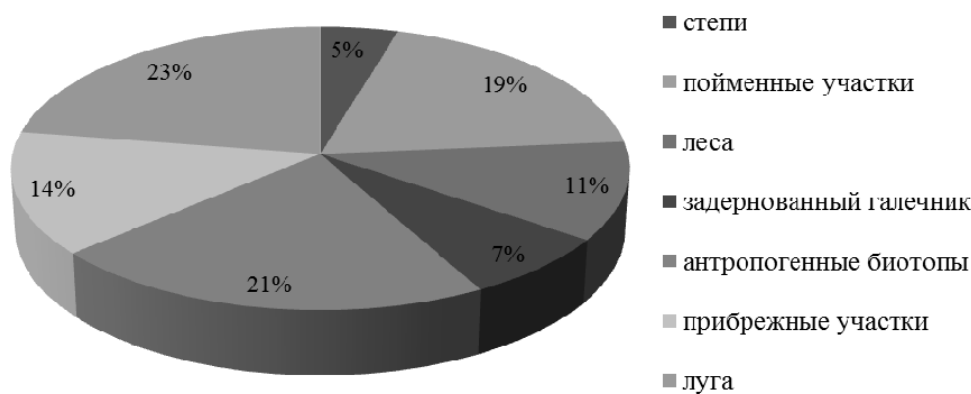


Рисунок 2. – Видовое разнообразие пауков в обследованных биотопах.

Проведенный анализ биотопической приуроченности пауков показал, что аранеофауна в целом отличается экологической пластичностью. Строгая биотопическая приуроченность, как правило, отсутствует, что связано с возможностью пауков заселять разнообразные ниши, с условиями оптимальными для успешного существования.

По результатам кластерного анализа наибольшую степень сходства по населению пауков показали прибрежные участки и разнотравные луга. Наибольшее сходство с этими двумя биотопами имеют участки, подверженные антропогенному влиянию. Высокая степень сходства фаун антропогенных биотопов и естественных мест обитания демонстрирует слабый уровень антропогенного пресса, позволяющий сохраняться аборигенной фауне в пределах заселенных человеком участков. Пойменные участки р.Ардон и Баддон располагаются в лесистой местности, что объясняет высокую степень сходства фаун этих биотопов с лесными. Наиболее обособленное положение занимают степи и задернованные галечники, резко отличающиеся видовым составом фауны пауков, что закономерно следует из значительного экологического отличия этих биотопов от прочих рассматриваемых (Рис. 3).



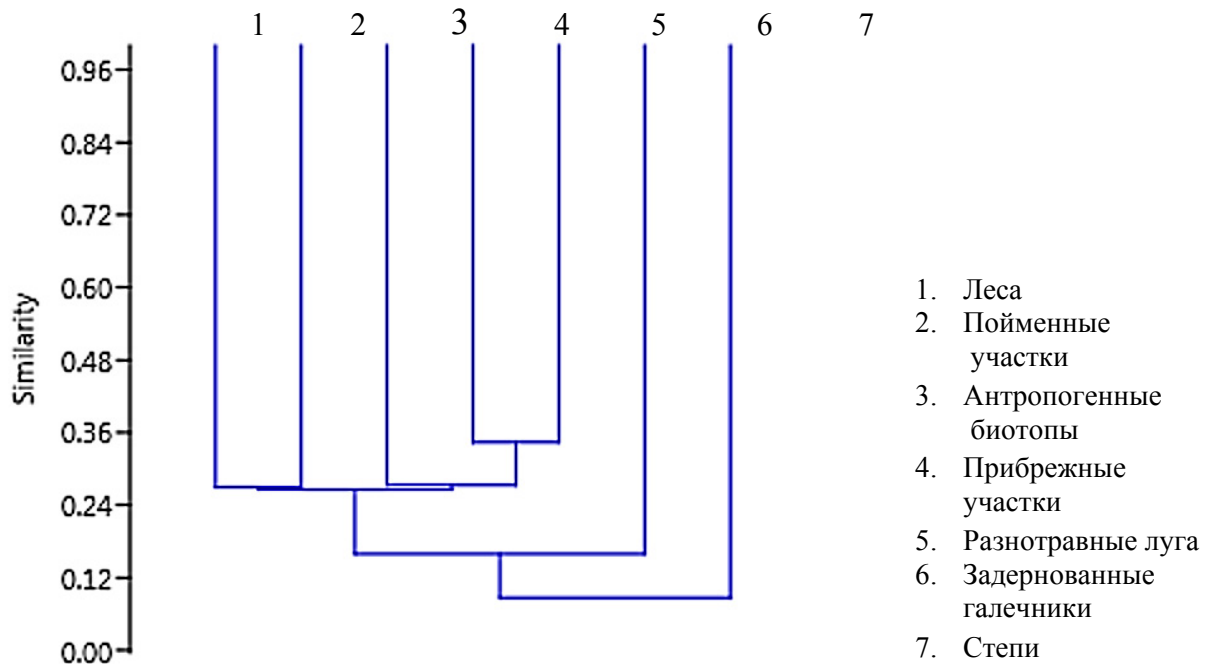


Рисунок 3. – Кластерный анализ обследованных биотопов.

Численное распределение пауков по биотопам показало преобладание представителей семейств *Araneidae*, *Lycosidae* и *Thomisidae*. Наибольшими показателями численности и видового разнообразия пауков в числе обследованных территорий характеризуются разнотравные луга, а также пойменные участки и участки, подверженные антропогенному влиянию.

Наиболее распространенными видами, представленными в 6 из 7 исследованных биоценозов оказались *Xysticus kochi* Thorell, 1872, *Larinioides cornutus* (Clerck, 1757), *Mangora acalypha* (Walckenaer, 1802). Максимальное видовое разнообразие отмечено для разнотравных лугов, причем 19% из общего числа видов было встречено здесь в единичном экземпляре. На наш взгляд это свидетельствует о наиболее широком диапазоне экологических условий в биотопах типа разнотравные луга в районе северного макросклона Центрального Кавказа.

#### Список литературы.

- 1) Иванов А.В. Пауки, их строение, образ жизни и значение для человека. Л.: ЛГУ. 1965. 304 с.
- 2) Комаров Ю.Е. 2012. О некоторых пауках (Aranei) равнинной части Северной Осетии // Экология, эволюция и систематика животных. Материалы Международной научно-практической конференции 13–16 ноября 2012. Рязань НП «Голос губернии». С.99.
- 3) Михайлов К.Г. 2012. Bibliographia Araneologica Rossica 1770–2011 (Библиография по паукам России и республик бывшего СССР, 1770–2011) // Труды Русск. энтомол. о-ва. Т.83. Вып.2. 229 с.
- 4) Mikhailov K.G., Mikhailova E.A. 2000. Altitudinal and biotopic distribution of the spider family Gnaphosidae in North Ossetia (Caucasus Major, N macroslope, central part) // 19th European Colloquium of Arachnology, Århus, Denmark, 17–22 July 2000. Abstracts. Compiled by S. Toft, Dept. of Zoology, Univ. of Aarhus. P.89.
- 5) Михайлова Е.А., Михайлов К.Г. 2002а. Высотное и биотопическое распределение пауков семейств Thomisidae и Philodromidae (Aranei) в Северной Осетии // Г.С. Медведев (ред.).12-й Съезд Русск. энтомол. о-ва. Санкт-Петербург, 19–24 авг. 2002 г. Тез. докл. СПб. С.244.
- 6) Михайлова Е.А., Михайлов К.Г. 2002б. Высотное и биотопическое распределение пауков семейств[a] Lycosidae Северной Осетии (северный макросклон Большого Кавказа) // Б.Р.Стриганова (ред.). Пробл. почв. зоол. Мат-лы 3-го (13-го) Всеросс. совещ. по почв. зоол.М.: изд-во КМК. С.119.
- 7) Михайлова Е.А., Михайлов К.Г. 2005. Высотное и биотопическое распределение пауков семейств Gnaphosidae, Philodromidae, Thomisidae и Lycosidae (Aranei) центральной части северного макросклона Большого Кавказа (Северная Осетия) // Б.Р. Стриганова (ред.). Экологическое разнообразие почвенной биоты и биопродуктивность почв. Мат-лы докл. 4-го(14-го) Всеросс. совещ. по почв. зоол. Тюмень. С.164–165.

- 8) Мухаметшина Э.Р., Беспятых А.В. 2012 Фауна пауков Терско-Кумской низменности Северо-Осетинского государственного природного заповедника // *Летопись природы* 2012.
- 9) Триликаускас Л.А., Комаров Ю.Е. 2013. К фауне пауков-кругопрядов (Araneae:Araneidae, Tetragnatidae) Северной Осетии // *Сам.Лука* стр.27–31.
- 10) Интернет ресурс: Platnick N.I. 2014. The world spider catalog, version 14.5. American Museum of Natural History. online at <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog> (Дата обращения: 25.02.2015).

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЯ КОЖНО-МУСКУЛЬНОГО МЕШКА ДВУХ ВИДОВ ПРИАПУЛИД (SERHALORHYNCHA, PRIAPULIDA)

*Колганова Е.А., Заботин Я.И.*

*Научный руководитель – к.б.н., ассистент Заботин Я.И.*

Приапулиды (Priapulida) – небольшая группа морских червей. Эти донные животные обитают в плотных песчаных грунтах, в связи с чем у них выработалась особая форма передвижения в них, и появились соответствующие особенности строения кожно-мускульного мешка [Адрианов, Малахов, 1996].

Несмотря на высокую изученность данной группы, вопрос о происхождении изменений в покровах остается открытым. Целью данной работы стало исследование ультраструктурных особенностей строения покровов *Halicryptus spinulosus* и *Priapulus caudatus*. В качестве объектов изучения были выбраны самые массовые виды. В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- 1) Изучить литературу по морфологии приапулид на светооптическом и электронно-микроскопическом уровне.
- 2) Исследовать строение покровов *H.spinulosus* и *P.caudatus* на ультраструктурном уровне.
- 3) Провести сравнительно-анатомический анализ покровов приапулид на основе литературных и собственных данных.

В работе использовался материал, предоставленный научным руководителем, собранный на литорали острова Матренин Керетского архипелага (губа Чупа, Белое море) в 2007 г. Черви были зафиксированы в 1% глютаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере. Материал обрабатывался для трансмиссионной электронной микроскопии по стандартной схеме. Просмотр и фотографирование срезов осуществлялись в ЛЭМ КФУ на ТЭМ JEM 100 CX.

Стенка тела приапулид представляет собой мощно развитый кожно-мускульный мешок, состоящий из кутикулы, эпидермиса, кольцевых и продольных мышц (Рис. 1). Толщина кутикулы сильно колеблется в зависимости от возраста животного и степени сокращения мускулатуры стенки тела. [Адрианов, Малахов, 1996]. У *H.spinulosus* на изученных нами участках толщина кутикулы составляла около 20 мкм.

Кутикулярная пластинка у *H.spinulosus* подразделяется на два основных слоя – эндокутикулу, содержащую хитин, незначительное количество белков, и экзокутикулу, целиком образованную задубленными белками [Соловей, 1984].

Эктодермальный эпителий приапулид (гиподерма) образован подстилающими кутикулу кубическими или уплощенными клетками. Размеры и форма эпителиальных клеток различны в разных отделах тела. На изученном нами участке гиподермы *H.spinulosus* толщина гиподермы составила 18 мкм (Рис. 2).

Клетки гиподермы крупные, с четко прослеживающимися границами. Клетки содержат многочисленные включения, которые либо свободно лежат в цитоплазме, либо могут быть отделены мембраной, и электронно-плотные липидные капли, располагающиеся на периферии. Также периферия заполнена округлыми митохондриями и мелкими вакуолями.

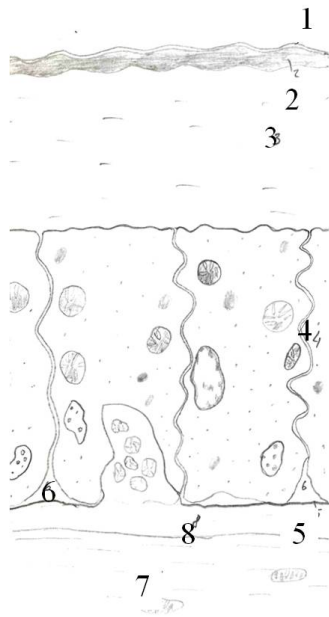


Рисунок 1. – Интегумент *Halicryptus spinulosus*: 1 – наружная мембрана; 2 – экзокутикула; 3 – эндокутикула; 4 – гиподерма; 5 – базальная мембрана; 6 – полостные камеры; 7 – мускулатура стенки тела; 8 – коллагеновый матрикс.

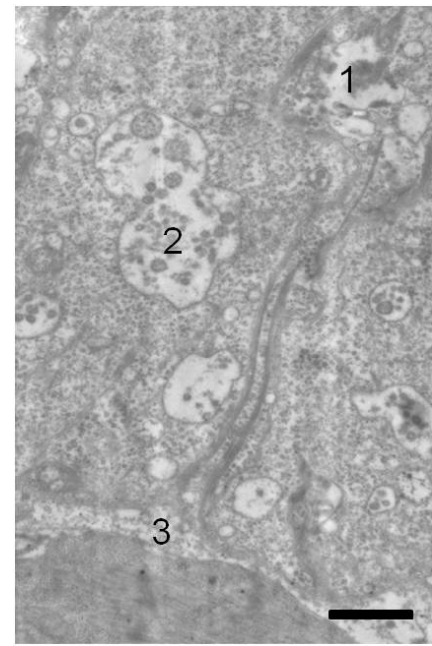


Рисунок 2. – Гиподерма *H. spinulosus*: 1 – вакуоли; 2 – включения; 3 – коллагеновый матрикс. Масштаб: 1 мкм.

Отростки клеток продольной мускулатуры у *H. spinulosus* могут образовывать в гиподерме крупные инвагинации, в которых находится большое количество митохондрий.

За коллагеновым матриксом располагается широкий слой продольной мускулатуры. Верхние его слои плотно прилегают друг к другу, а более глубокие располагаются рыхло. В мышечных клетках заметно крупное ядро с электронно-плотным пристеночно расположенным хроматином, а также округлые и вытянутые митохондрии.

Кожно-мышечный мешок *P. caudatus* сходен по общему плану строения с таковым у *H. spinulosus* и состоит из кутикулы, гиподермы и мускулатуры (Рис. 3).

Гиподерма *P. caudatus* образована подстилающими кутикулу кубическими или уплощенными клетками, связанными друг с другом пальцеобразными выростами и десмосомами. Местами эти клетки перекрываются, создавая впечатление многорядного эпителия.

Гиподермальные клетки могут образовывать длинные базальные отростки, прикрепляющиеся к базальной мембране. Их сплетения образуют систему гиподермальных каналов. Такие каналы тянутся из интроверта в туловище вдоль передне-задней оси тела. Функции каналов пока неясны. По мнению ряда авторов [Адрианов, Малахов, 1996], эти структуры связаны с циркуляцией полостной жидкости и способствуют компенсации давления на стенку тела.

Клетки гиподермы крупные, их границы плохо заметны и часто образуют инвагинации. Клетки содержат многочисленные электронно-плотные включения, мелкие гранулы гликогена, липидные капли, секреторные гранулы, мелкие вакуоли, а так же митохондрии и диктиосомы комплекса Гольджи.

Продольная мускулатура залегает широким пластом (Рис. 4). Мускулатура относится к косо-исчерченному типу. Хорошо заметны тяжи мелкогранулярного внеклеточного матрикса, которым окружены все мышцы. В некоторых участках тяжи достигают ширины в 1 мкм, а в более глубоких слоях лежат тонкими тяжами шириной в 0,2 мкм.

По литературным данным, у основания гиподермы имеются крупные полостные камеры [Адрианов, Малахов, 1996], однако нами у *P. caudatus* они обнаружены не были.

В состав кожно-мышечного мешка в зоне интроверта *P. caudatus* входят 3 слоя мускулатуры: тонкие тяжи наружных продольных мышц, прилегающих непосредственно к гиподерме, кольцевая мускулатура и внутренние продольные мышцы, расположенные отдельными тяжами. В передней части тела ни один из этих слоев не является сплошным. Все вместе они образуют трехслойную мышечную решетку.

Несмотря на сходство общего плана строения покровов двух видов приапулид, были обнаружены и видоспецифические различия. У *H.spinulosus* наружная продольная мускулатура развита сильнее и располагается плотными тяжами. Кожные каналы, имеющиеся в этом слое, у *P.caudatus* отсутствуют. Кольцевая мускулатура на исследованных участках развита слабо. Внутренние продольные мышцы у *H.spinulosus* образуют сплошной широкий слой. Кутикула *H.spinulosus* развита значительно сильнее, чем у *P.caudatus* (Рис. 5).

Подобные различия в строении кожно-мускульного мешка в зоне интроверта и в туловищном отделе могут быть объяснены различной функциональной нагрузкой данных зон.

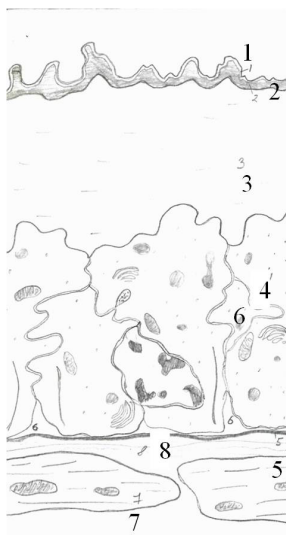


Рисунок 3. – Интегумент *P.caudatus*: 1 – наружная мембрана; 2 – экзокутикула; 3 – эндокутикула; 4 – гиподерма; 5 – базальная мембрана; 6 – гиподермальный канал; 7 – мускулатура стенки тела; 8 – коллагеновый матрикс.



Рисунок 4. – Мускулатура *P.caudatus*: 1 – мышечные слои; 2 – внеклеточный матрикс. Масштаб: 1 мкм.

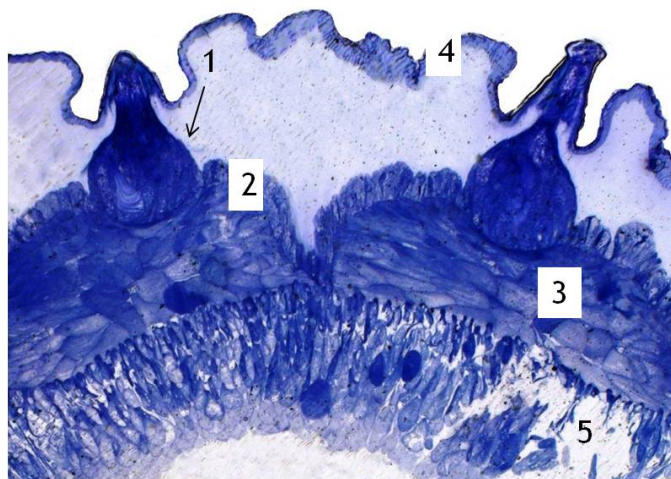


Рисунок 5. – Поперечный срез стенки тела *H.spinulosus* на уровне интроверта: 1 – скалиды; 2 – гиподерма; 3 – наружная продольная мускулатура; 4 – кутикула; 5 – внутренняя продольная мускулатура.

#### Выводы:

1) Кожно-мускульный мешок обоих исследованных видов устроен по сходному плану и состоит из кутикулы, гиподермы и мускулатуры.

2) Покровы *H.spinulosus* и *P.caudatus* различаются по ультраструктуре клеток гиподермы, объему и составу внеклеточного матрикса между мышечными слоями. Также для *H.spinulosus* характерно наличие инвагинаций в базальных частях клеток гиподермы, отсутствующих у *P.Caudatus*.

3) Отсутствие полостных камер между клетками гиподермы и мускулатурой у *P. caudatus* может быть объяснено топографическим положением исследуемых участков.

4) По всей вероятности, обнаруженные видоспецифические различия в строении кожно-мускульного мешка являются адаптациями к конкретным условиям обитания.

### Список литературы.

- 1) Адрианов А.В., Малахов В.В. Приапулиды (Priapulida): строение, развитие, филогения и система. М.: КМК Scientific Press Ltd. 1996. 268 с.
- 2) Соловей И.В. Исследование кутикулярного эпителия и клеток полостной жидкости приапулид. Автореф. ... дисс. канд. биол. наук. Л. 1984. 22 с.

## КЛАДОЦЕРНЫЕ СООБЩЕСТВА ВОДОЕМОВ ПОЛУОСТРОВА ФАДДЕЕВСКИЙ АРХИПЕЛАГА НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВОВ

*Мухаметшина А.Р.*

*Научный руководитель – доцент, к.б.н. Фролова Л.А.*

Объектом нашего исследования являются ветвистоусые рачки Cladocera ранга отряда класса жаброногих Branchiopoda, а, если быть более точными, их хитинизированные остатки в донных отложениях [Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007, p. 8-9]. Актуальность данного исследования заключается в том, что на основании полученных данных по количественному и качественному составу данной группы организмов (остатков) мы можем судить о видовом богатстве изучаемого водоема и об экологических и климатических изменениях в данном районе за определенный промежуток времени, поскольку Cladocera имеют широкое применение в палеолимнологии как индикаторная группа организмов [Фролова, 2013, с. 1-2]. Стоит так же упомянуть, что архипелаг Новосибирские острова на сегодняшний день является малоизученным объектом, в том числе и по гидробиологическим показателям.

Целью данного исследования является изучение кладоцерных сообществ в донных отложениях озер полуострова Фаддеевский на качественные и количественные показатели и применение полученных данных в палеоэкологии и палеолимнологии.

Материалом для данной работы послужили результаты полевых работ, выполненных в период с 15 августа по 5 сентября 2012 г. в рамках комплексной научной экспедиции Русского географического общества «Новосибирские острова 2012» под руководством А.Н. Чилингарова. Пробы предоставили наши коллеги из Северо-Восточного федерального университета.

Отбор проб для анализа кладоцерных сообществ поверхностных донных отложений производится в наиболее глубокой части озера, поскольку именно эти отложения, сформировавшиеся в данной точке водоема, регулярно дополняются фоссилизированными остатками кладоцер с литоральных участков, что позволяет объективно оценить видовое разнообразие данной группы организмов в водоеме [Freu, 1988, p. 179-191]. Стоит отметить, что анализ кладоцерных сообществ с использованием палеолимнологических методик дает более полное представление о видовом составе ветвистоусых ракообразных в водоеме, чем регулярные многочисленные отборы проб в течение вегетационного сезона с использованием стандартных гидробиологических методик, так как в составе донных отложений представлены виды, обитающие в различные периоды вегетационного сезона. Такой метод может быть рекомендован для удаленных, труднодоступных, слабоизученных водоемов или водоемов, имеющих очень короткий безледный период, как, например, для малоизученных арктических и субарктических водоемов [Фролова, 2013, с. 2].

Термо-химическая обработка образцов донных отложений проводилась по адаптированной к особенностям образцов методике, разработанной на основе методики, предложенной впервые Д. Фраем и Б. Хэнн, а позднее усовершенствованной такими учеными, как Э. Корхола и М. Раутио [Freu, 1986, p. 667-701].

В лабораторных условиях навеску влажных осадков растворяли в 10% растворе КОН, нагревали до 70-80°C в течение 30 минут. Затем суспензию осадков фильтровали через сито с ячейей 50 мкм. Растворение карбонатов, содержащихся в пробе, производилось уксусной кислотой. Отфильтрованную суспензию окрашивали шафраниновым раствором и для фиксации добавляли спирт. Микроскопирование выполнялось с использованием бинокулярного микроскопа Микромед 1. Для определения

биоиндикаторов использовали современные специализированные определители [Szeroczyńska, Sarmaja-Korjonen, 2007]. Обработка проб проводилась на кафедре зоологии и общей биологии КФУ.

По морфометрическим и гидрохимическим показателям исследуемого озера температура воды в период исследования колебалась от 1,1°C до 6,5°C. Растворенный  $O_2=8,9-12$  мг/л, pH 7,27-8,27, минерализация 33,2-80 мг/л. Анализ результатов исследования содержания растворенного кислорода позволяет сделать вывод о том, что его достаточное содержание во всех пробах воды объясняется, вероятно, его низким расходом на процессы жизнедеятельности. Относительно других озер полуострова, в исследованном нами водоеме FAD-03 наблюдается повышенная концентрация ионов кальция [Городничев, Пестрякова, 2014, с. 4-7].

Оценка возраста исследуемого керна проводилась по средней скорости седиментации, которая составляет 0,9 мм/год для регионов прилегающего региона. Длина исследуемого керна составляет 180 мм, следовательно, мы можем сделать вывод, что возраст керна составляет 150-200 лет (по данным лаборатории геохронологии и геоэкологии донных отложений СПбГУ).

По данным кладоцерного анализа донных отложений в исследуемом водоеме было обнаружено 9 видов. Мы можем выделить три доминантных вида: *Alona affinis*, *Chydorus sphaericus*, *Acroperus harpae*. *Alona affinis* является обитателем дна различных водоемов, в т.ч. солоноватых, со слабой или слегка повышенной щелочностью. Является всесветным видом [Мануйлова, 1964, с. 246-247]. *Chydorus sphaericus* вид эвритопный, моноциклический или дициклический, встречается в озерах умеренных широт. Так же является всесветным видом [Мануйлова, 1964, с. 226-227]. *Acroperus harpae* обитатель зарослей и открытого песчаного побережья. Встречается в разных по химизму водоемах. В северных и умеренных широтах моноциклический, цикл заканчивается поздней осенью. Обитает в северном полушарии [Мануйлова, 1964, с. 214]. Стоит отметить, что в современном зоопланктоне исследуемого озера было встречено всего два вида *Chydorus sphaericus* и *Daphnia* sp.

По биотопической характеристике преобладают литоральные виды: *Alona affinis*, *Alonella excisa*, *Alona quadrangularis*, *Chydorus sphaericus*. Растительные виды представлены *Acroperus harpae*, *Graptoleberis testudinaria*, *Eurycercus* sp. И литорально-пелагических видов было обнаружено всего два, это *Daphnia ps.* и *Chydorus sphaericus*.

Зоогеография представлена достаточно равномерно: голарктические представители *Acroperus harpae*, *Alona quadrangularis*, *Eurycercus* sp., космополиты *Alona affinis*, *Alonella excisa*, *Chydorus sphaericus*, палеарктические виды *Bosmina* sp., *Daphnia pulex*, *Graptoleberis testudinaria*.

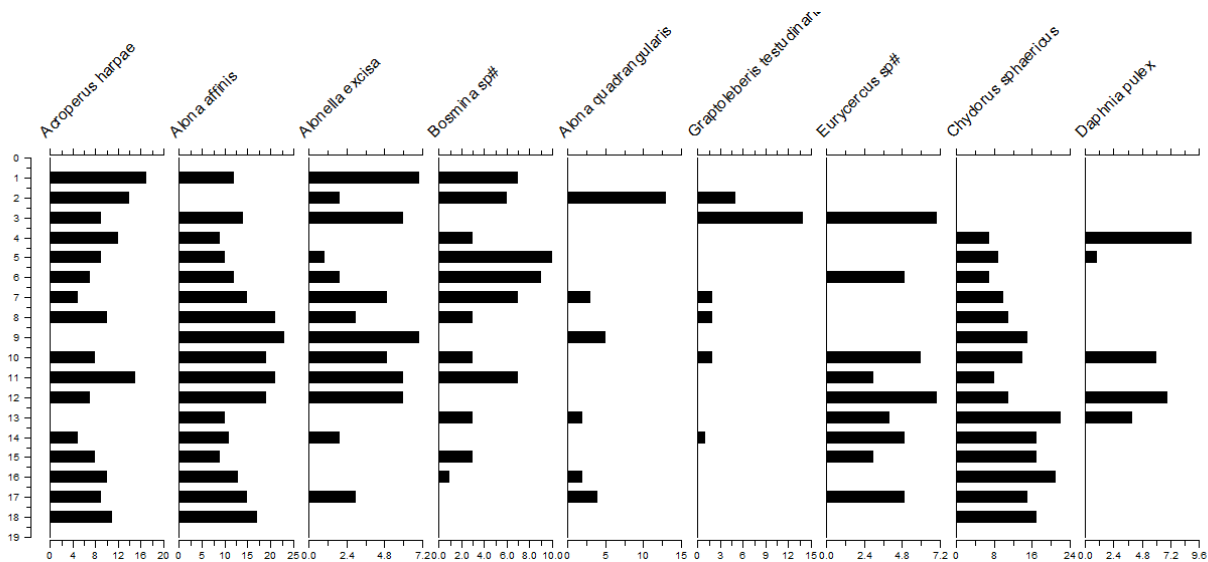


Рисунок 1. – Распределение таксонов кладоцер по слоям озерного седимента за период формирования этих отложений.

Структура таксотанатоценозов менялась незначительно (рис.1). В нижних слоях представлен таксотанатоценоз с доминированием *Chydorus sphaericus*. Он обладает всеми морфологическими адаптациями к литоральному образу жизни. При этом, как известно, он массово размножается в планктоне при наличии взвешенных водорослей и иных органических частиц. Доминирование хидоруса в таксотанатоценозе можно отнести на счет его массового развития в планктоне. В верхних слоях происходит повышение доли с доминированием *Alona affinis* и *Acroperus harpae*. Если *Alona*

*affinis* встречается во многих водоемах, то *Asperopus harpae* замечается в более отдаленных от антропогенного воздействия озерах [Смирнов, 2010, с.79-80].

Таким образом, на основе кладоцерного анализа и анализа спорово-пыльцевых спектров донных отложений водоема FAD-03 полуострова Фаддеевский Новосибирских островов не выявлено резких климатических изменений.

### Список литературы.

- 1) Городничев Р.М., Пестрякова Л.А. Гидрохимическая характеристика водных объектов полуострова Фаддеевский (Новосибирские о-ва) // Наука и образование. 2014. С.4–7.
- 2) Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. М.-Л.: Наука. 1964. С.214–247.
- 3) Смирнов Н.Н. Историческая экология пресноводных зооценозов. М.: КМК. 2010. С.79–80.
- 4) Фролова Л.А. Ветвистоусые ракообразные зоотанатоценозов озер // Современные проблемы науки и образования. 2013. С.1–2.
- 5) Frey D.G. Cladocera analysis / Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology. Great Britain: Wiley & sons. 1986. P.667–701.
- 6) Frey D.G. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology // J. Paleolimnol. 1988. V.1. P.179–191.
- 7) Szeroczyńska K., Sarmaja-Korjonen K. Atlas of subfossil from Central and Northern Europe // Poland: REKPOL. 2007. P.8–9.

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖЕРЕХА ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ВОЛЖСКОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

*Назмутдинова А.А.*

*Научный руководитель – доктор биологических наук, профессор – Кузнецов В.А.*

Жерех является второстепенным объектом промысла. Несмотря на это занимает значительное место в уловах. Жерех включен в Красную книгу МСОП и в Красную книгу Карелии [1].

Основными промысловыми видами Куйбышевского водохранилища, как и большинства водоемов равнинного типа, являются: лещ, плотва, густера и др. Жерех является ранневесенне-нерестующим видом. Данный вид эффективно размножается в годы с разным режимом уровня, так как его личинки успевают выклюнуться из икры до падения уровня воды. А падение уровня воды чаще всего наблюдается со второй половины мая.

Целью настоящей работы явилось изучение биологических показателей данного вида.

Были поставлены следующие задачи: изучение размерно-весового става жереха; определение возрастного состава уловов этого вида; выяснение показателей роста и коэффициента упитанности жереха, в изучаемом водоеме.

Жерех (*Aspius aspius*) принадлежит к роду жереха, семейства карповых. Данный вид обитает в бассейнах Балтийского, Северного, Черного, Каспийского и Аральского морей. В Южном Каспии и Аральском море представлен особыми подвидами [2]. В 1977 г. Пападопл в своей статье описывает экологию и образ жизни жереха [3]. Нужно отметить, что жерех встречается во всех крупных водоемах Волжско-Камского края, но наибольшая численность наблюдается в Куйбышевском водохранилище [4].

Жерех – крупный речной обитатель, а в водохранилищах придерживается озеровидных плесов. В Куйбышевском водохранилище максимальный размер жереха – 70 см, а масса тела достигает 5 кг [4].

Жерех имеет серьезное промысловое значение в Южных водоемах. Важно отметить, что особенное промысловое значение имеют полупроходные подвиды. В Европе жерех является излюбленным объектом спортивного рыболовства с использованием спиннинга [5].

Материал, использованный в работе, был собран в низовьях Свяжского залива Куйбышевского водохранилища в июле и в сентябре 2013 и 2014 гг., расположенных в верхней части Волжского плеса. Взрослая рыба ловилась ставными сетями с ячеей от 24 до 65 мм и спиннингом. Общее количество проанализированных особей в 2013 г. составило 33 шт., а 2014 г. – 22 шт.

Обработка рыбы проводилась в полевых условиях по методике Правдина [6]. Возраст рыб определяли в лабораторных условиях по методике Чугуновой [7].

Статистическая обработка материала проводилась биометрическими методами по Лакину [8] с использованием электронных таблиц Excel. ( $M \pm m$  – среднеарифметическая и ее ошибка, CV,% – коэффициент корреляции, t – критерий Стьюдента, n – число данных).

Размерно-весовой состав рыб является важнейшей биологической характеристикой состояния популяции. Данный состав очень изменчив, так как на него действуют антропогенные, биотические и абиотические факторы, так же важную роль в этом играет экологические особенности водоема.

В 1984 г. в Куйбышевском водохранилище [9] длина жереха была в пределах от 20 до 58 см, а вес от 100 до 2560 г.

По нашим данным (табл.1) в июле и в сентябре в 2013 г. в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища длина тела жереха колебалась от 20 до 48 см, при средней длине тела 33,9 см. Нужно отметить, что основная масса рыб находилась в интервале от 24 до 42 см. Средняя длина самок –  $32,0 \pm 1,7$ , у самцов –  $35,6 \pm 1,6$  см. Достоверных различий в длине самки и самца жереха не наблюдали.

По данным 2014 г. (табл.1) мы видим, что длина тела жереха колебалась от 24 до 48 см, как и в 2013 г., при средней длине  $33,2 \pm 1,4$ . Важно отметить, что основная масса рыб находилась в интервале от 22 до 38 см (83,6%). Средняя длина самок –  $32,5 \pm 1,7$ , у самцов –  $34,7 \pm 2,8$  см.

Сравнивая результаты исследования 2013 и 2014 гг., мы можем сказать, что между величинами средней длины тела жереха в эти года нет существенной разницы между данными. Критерий Стьюдента равен 0,7.

Таблица 1. – Размерный состав уловов жереха в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища (2013-2014 гг.).

Год наблюдения	Колебания, см	$M \pm m$	CV, %	n	t
2013	20-48	$33,9 \pm 1,2$	20,2	33	1,5
2014	22-48	$33,2 \pm 1,4$	19,8	22	0,7

Исследуя весовой состав жереха, мы получили следующие результаты (табл.2). В 2013 г. в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища весовой состав жереха колебался от 100 до 1700 г, при средней массе тела  $647 \pm 59,4$  г. Средняя масса самок – 558,1 г и самцов – 730 г. Важно отметить, что основная масса рыб была в промежутке от 200 до 1000 г (88,0%).

Весовой состав уловов жереха в 2014 г. колебался от 225 до 1990 г. при средней массе  $665 \pm 94,1$  г (табл.2).

Сравнивая данные 2013 и 2014 гг. по размерному и весовому составу улова жереха, мы также можем сказать, что между рассмотренными годами достоверных различий не наблюдаются ( $t=0,5$ ).

Таблица 2. - Весовой состав уловов жереха в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища (2013-2014 гг.).

Год наблюдения	Колебания, г	$M \pm m$	CV, %	n	t
2013	100-1700	$647,0 \pm 59,4$	52,7	33	0,4
2014	200-1990	$665,0 \pm 94,1$	66,3	22	0,5

Возрастной состав популяции специфичен для вида и он может изменяться в зависимости от условий окружающей среды. Данный состав представляет собой результат взаимодействия трех процессов: пополнения, роста и убыли. Следовательно, от соотношения этих трех взаимодействующих процессов зависит изменение возрастной структуры как популяции в целом, так и ее половозрелой части.

В 1960-1961 гг. [10] в Свияжском заливе были проведены исследования возрастного состава жереха. Данное исследование показало, что основа его уловов состояла из рыб первых водохранилищных поколений (1956-1957 гг.). Было установлено, в 1968 году доминировали поколения 1963, 1964 гг., а в 1973г. – поколения 1969 и 1970 гг.

В низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища в 2013 г. в сети попадались особи от 2 до 6 лет (рис.1). Среди самок и самцов преобладали рыбы в возрасте 4-6 лет (94,0%).

Рыбы поколения 2008-2010 гг. составили от 27,2 до 33,4% улова, что свидетельствует об относительно равномерном воспроизводстве в годы с разным гидрологическим режимом.

Половой состав летне-весеннего улова жереха свидетельствует о приблизительно равном соотношении самок и самцов.



В 2014 г. в сети попадались особи от 3 до 6 лет (рис.1). Важно отметить, что среди самок и самцов преобладали рыбы в возрасте 3-5 лет. Это были рыбы 2009-2011 годов рождения. По сравнению с уловом 2013 г. увеличилась доля более молодых особей (3+ – 4+) и уменьшилось количество рыб в возрасте 5+.

Рост рыбы – это увеличение ее биологических показателей за определенный промежуток времени. Рост тесно связан с количеством корма, продолжительностью вегетативного периода и численностью популяции.

Исследования в Куйбышевском водохранилище о росте жереха в первые годы существования провела Коптева [11]. Она отмечала, что рост стал лучше, чем в реке. В 1960-1962 гг. исследования показали, что линейные размеры жереха были выше, чем в р.Волге. В 1968 и 1973гг. у 1-4 годовиков длина тела имела более высокие показатели, а у 5-6 годовиков такая же, как и в реке. Высокая биомасса зоопланктона и численность молоди обеспечивают хороший рост жереха в условиях водохранилища. Поддержанию численности этого вида при зарегулированном стоке реки на сравнительно стабильном уровне способствовала проявившаяся у него пластичность в период размножения [12].

По нашим данным 2013 и 2014 гг. мы видим, что в росте отдельных поколений больших различий не наблюдается (рис.2). Это подтверждается сравнением средних величин длины тела одновозрастных особей. Важно отметить, что по сравнению данными В.А.Кузнецова [12] в 1973 г. в Свяжском заливе размеры одновозрастных особей несколько снизились, но они оказались выше, чем были в реке [11].

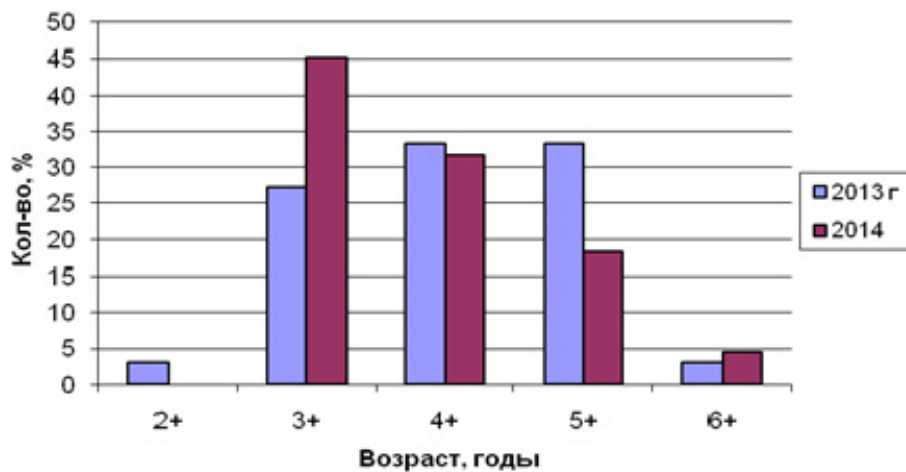


Рисунок 1. – Возрастной состав жереха в низовьях Свяжского залива Куйбышевского водохранилища (2013-2014 гг.).

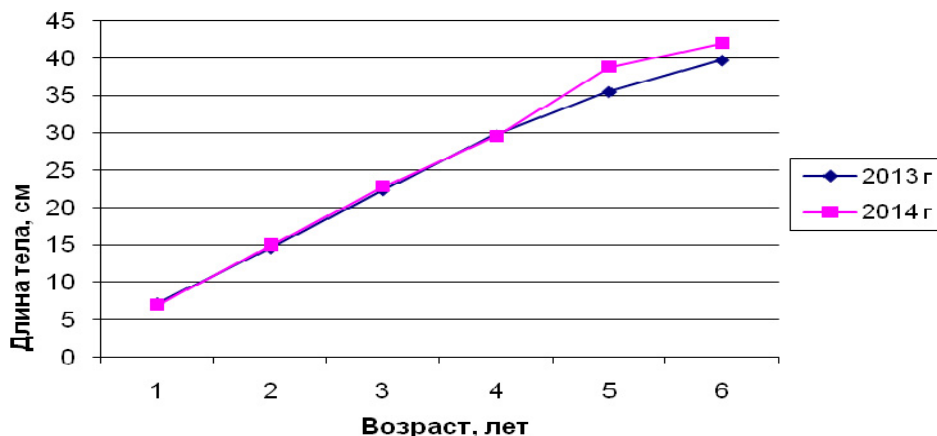


Рисунок 2. – Рост жереха в низовьях Свяжского залива Куйбышевского водохранилища (2013-2014 гг.).

Коэффициент упитанности по Фультону является важным показателем, который характеризует состояние популяции. Его изменения зависят от специфических условий роста рыб. Упитанность яв-

ляется показателем биологического состояния и условия откорма рыб, изменяется в зависимости от возраста, пола, зрелости гонад, времени года и имеет большое значение в успешной зимовке [2].

В низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища, по нашим данным, в 2013 г. коэффициенты упитанности жереха колеблется с 1,10 до 1,90 (табл.3). Основная часть особей имела коэффициент упитанности от 1,20 до 1,60. А в 2014 г. коэффициент упитанности данного вида колеблется от 1,5 до 1,8 (табл.3). У самок и самцов средний коэффициент упитанности составляет 1,6.

Из таблиц, мы можем отметить, что коэффициент упитанности у самок и самцов не имеет достоверных различий.

Таблица 3. – Коэффициент упитанности жереха в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища (2013-2014 гг.).

Год наблюдения	Колеблется	n	M $\pm$ m
2013	1,10-1,90	33	1,5 $\pm$ 0,03
2014	1,40-1,80	22	1,6 $\pm$ 0,01

Выводы:

1. Размерный состав уловов жереха в летне-осенний период в 2013 и в 2014 гг. в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища колебался от 20 до 48 см. Существенные различия средних величин тела жереха по данным годам исследования также не наблюдали.

2. Весовой состав жереха в 2013 г. колебался от 100 до 1700 г., а в 2014 г. от 225 до 1990 г. В исследуемом участке преобладали самки с массой от 200 до 500 г (56,2%), а самцы от 700 до 1000 г (52,8%).

3. В 2013 г. возрастной состав жереха в уловах был представлен рыбами от 2 до 6 лет. Среди самок и самцов преобладали рыбы в возрасте 4-6 лет (поколения 2008-2010 гг.), а в 2014 г. уловы были представлены рыбами в возрасте 3-6 лет.

4. Рост жереха в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища в 2013 и 2014 гг. был несколько лучше по сравнению с рекой. Важно отметить, что рыбы поколений 2008-2011 гг. имеют сходный характер роста.

5. Коэффициент упитанности по Фультону жереха в 2013-2014 гг. в низовьях Свияжского залива Куйбышевского водохранилища колебался от 1,10 до 1,90. Средний показатель коэффициента упитанности в 2013 г. – 1,5 $\pm$ 0,03, а в 2014 г. – 1,6 $\pm$ 0,01.

### Список литературы.

- 1) Ивантер Э.В., Кузнецов О.Л. Красная книга Карелии. Петрозаводск. Карелия. 1995. 286 с.
- 2) Моисеев П.А., Азизова Н.А., Куранова, И.И. Ихтиология. Москва «Легкая и пищевая промышленность». 1981г. 265 с.
- 3) Papadopol M. Contributul la studiul ecologiei unor populatii de avat *Aspius aspius* (L.), Din delta Dunarii. *Hidrobiologia / Editura academiilor republicii socialiste Romania*. T.15. 1977. P.295–307.
- 4) Кузнецов В.А. Рыбы Волжско-Камского края. Казань. 2005. 200 с.
- 5) Соколов В.Е., Гиляров М.С. Жизнь животных. Москва «Просвещение». 1983. 243–244 с.
- 6) Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность. 1966. 376 с.
- 7) Чугунова Н.Н. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М.:Изд-во АИСССР. 1959. 169 с.
- 8) Лакин И.Ф. Биометрия. М.: Высшая школа. 1990. 352 с.
- 9) Кузнецов В.А. Исследование гидробионтов реконструированных водоемов среднего Поволжья/ Издательство Казанского университета. 1988. С.70–74.
- 10) Лукин А.В. Закономерности формирования фауны Куйбышевского водохранилища. Изд-во Каз. ун-та 1977. С.70–73.
- 11) Коптева Н.П. Рост жереха Куйбышевского водохранилища // Тр.Тат.отд.ГосНИОРХ. 1958. Вып.10. С.300–309.
- 12) Кузнецов В.А. Жерех // Закономерности формирования фауны Куйбышевского водохранилища. Казань: Издательство Казанского университета. 1977. С.70–73.

## СЕКЦИЯ «МИКРОБИОЛОГИЯ»

### АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА КИШЕЧНОГО ТРАКТА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *ORYCTES SP.* И *SETONIINAE*

*Ваньков П.Ю.*

*Научные руководители – доцент Зиганишин А.М., м.н.с. Зиганишина Э.Э.*

Целлюлоза – одно из самых распространенных органических веществ на Земле; каждый год в процессе фотосинтеза образуется примерно  $1,5 \times 10^{12}$  тонн этого соединения [1]. В отличие от крахмала, целлюлоза не является резервным полисахаридом и благодаря своей кристаллической структуре обладает существенной устойчивостью к различным воздействиям. Одна из задач современной биотехнологии – разработка эффективных способов биодеструкции данного труднодоступного полимера. Промышленные методы деструкции целлюлозы с целью получения полезных продуктов до сих пор недостаточно разработаны [2]. Гидролиз биомассы остается единственным препятствием и дорогостоящей стадией в переработке целлюлозы [3].

Многие насекомые имеют симбиотические кишечные микроорганизмы, помогающие им осуществлять переваривание целлюлозы [4]. Эти микроорганизмы могут быть выделены и использованы для деструкции целлюлозосодержащего субстрата [5].

Целью настоящей работы явилась оценка структуры культивируемого микробного сообщества кишечного тракта личинок некоторых представителей жуков-ксилофагов Республики Татарстан.

В работе были проанализированы микробные сообщества кишечного тракта личинок жуков представителей *Oryctes sp.* и подсемейства *Cetoniinae*. Первые были извлечены из перегноя, вторые – из разлагающейся березы. До проведения исследований личинки хранились в морозильной камере при температуре 20°C. Личинки были отмыты стерильным физиологическим раствором и вскрыты стерильным скальпелем. Пищеварительные тракты личинок были измельчены и помещены в физиологический раствор.

Для получения накопительной культуры целлюлолитиков использовали 3 среды: среда Имшенецкого (МПБ – 500 мл., CaCO<sub>3</sub> – 2 г., вода до 1 л.), среда Пфеннига, модифицированная Кузнецовым в 1989 г. (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 0,3; MgCl<sub>2</sub>\*6 H<sub>2</sub>O – 0,3; CaCl<sub>2</sub> – 0,3; дрожжевой экстракт – 0,5 г, вода до 1 л), среда Gupta (NaNO<sub>3</sub> – 2,5; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> – 2,5; MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,41; NaCl – 0,2; CaCl<sub>2</sub> – 0,051 г, вода до 1 л). Среды были разлиты в колбы по 50 мл, в каждую колбу были добавлены 2 полоски фильтровальной бумаги в качестве источника углерода. В каждую среду вносили по 300 мкл гомогенизата пищеварительных трактов личинок (в двух повторях). Культивирование микроорганизмов проводили в колбах объемом на 250 мл на качалках с интенсивностью перемешивания 100 об/мин при температуре +30°C.

Через две недели после начала культивирования из колб был произведен пересев на соответствующие агаризованные среды (в двух повторях). Вместо полосок фильтровальной бумаги в среды была добавлена порошковая целлюлоза (2 г/л), в остальном состав твердых сред совпадал с составом жидких. Для посева были произведены серии разведений. Разведения  $10^{-4}$ - $10^{-8}$  были посеяны на среды Gupta и Пфеннига,  $10^{-5}$ - $10^{-9}$  на среду Имшенецкого. Для посева отбиралось по 100 мкл жидкости, которая распределялась по поверхности агара шпателем Дригальского. Культивирование производилось при +30°C в течение 6 суток, после чего чашки хранились при комнатной температуре.

Контроль чистоты культур оценивали микроскопированием. Морфотипы и размеры микроорганизмов изучали микроскопированием образцов с помощью светового микроскопа и на окрашенных препаратах при 100-кратном увеличении объектива.

Полученные на твердых средах колонии были еще раз пересеяны на соответствующие агаризованные среды. После трех суток культивирования определяли видовую принадлежность этих микроорганизмов с помощью масс-спектрометра MALDI Biotyper (Bruker). Эта система идентифицирует неизвестный микроорганизм, анализируя у него уникальный набор рибосомальных белков.

Аналізу подвергли 95 колоний с различных сред (таблица 1).

Отдельную колонию наносили на мишень тонким слоем и далее дважды обрабатывали органическим растворителем с матрицей в объеме 1 мкл (органический растворитель – вода, ацетонитрил, муравьиная кислота; матрица – альфа-циано-4-гидроксикоричная кислота).

*Интенсивность разложения фильтровальной бумаги в жидких средах на конец эксперимента (29 суток).* Интенсивнее всего процесс разложения бумаги проходил в среде Пфеннига с добавлением гомогенизата кишечного тракта личинок *Oryctes sp.*, затем следует среда Gupta с добавлением гомо-

генизата кишечника личинок этого же вида. В среде Gupta с содержимым кишечника представителя *Cetoniinae* наблюдалась фрагментация полосок фильтровальной бумаги. В среде Пфеннига с содержимым кишечника *Cetoniinae* полоски бумаги сохранили свою целостность. В среде Имшенецкого с гомогенизатом кишечника личинок *Oryctes sp.* бумага распалась на отдельные волокна. В среде Имшенецкого с кишечником *Cetoniinae* бумага почти не изменилась по сравнению с началом культивирования.

Таблица 1. – Колонии, подвергнувшиеся анализу.

Среда, объект	Количество колоний
Пфеннига, <i>Cetoniinae</i>	30
Пфеннига, <i>Oryctes sp.</i>	27
Gupta, <i>Cetoniinae</i>	4
Gupta, <i>Oryctes sp.</i>	23
Имшенецкого, <i>Oryctes sp.</i>	11

Определить таксономическую принадлежность удалось только для 33 из 95 колоний. Вероятно, это обусловлено ограниченностью базы данных MALDI Biotyper. В базе содержатся спектры более 4000 видов микроорганизмов, тогда как количество известных на 2008 г. видов культивируемых микроорганизмов превышает 7000, в то время как общее количество видов прокариот на Земле, по некоторым оценкам, превышает 35 000 видов [6]. Принимая во внимание эти оценки, и учитывая специфичность исследуемых бактериальных сообществ, не удивительно, что большинство колоний остались неидентифицированными. Однако нельзя исключать и то, что некоторые представители нашего сообщества могут быть отнесены к новым, ранее неизвестным видам. Таксономическая принадлежность идентифицированных микроорганизмов и достоверность идентификации приведена в таблице 2.

Таким образом, в результате данного исследования из личинок жуков-ксилофагов были выделены и идентифицированы микроорганизмы девяти родов.

Рассмотрим возможность идентифицированных микроорганизмов осуществлять гидролиз целлюлозы. Представители рода *Bacillus* (в частности *Bacillus megaterium* и *Bacillus pumilus*) являются продуцентами целлюлаз и других биотехнологически значимых ферментов. Некоторые из них привлекают своей алкалофильностью и способностью выделять устойчивые в щелочной среде экзоферменты, другие же являются термофилами [7].

Виды рода *Brevibacillus* также обладают способностью к деструкции целлюлозы [8].

Род *Citrobacter* входит в семейство энтеробактерии. Его представители являются членами нормальной условно-патогенной кишечной микрофлоры человека, а так же могут быть выделены из кишечника беспозвоночных – улиток и жуков [9]. Необходимо отметить, что Huang с соавторами в 2012 г. впервые обнаружил способность к разложению целлюлозы у представителей этого рода.

Представители рода *Leifsonia* были выделены из личинок – вредителей еловых насаждений (*Scolytinae*). Виды этого рода обладают способностью к деструкции целлюлозы [10].

Строго аэробный род *Ochrobactrum* принадлежит к семейству *Brucellaceae*. Его представители также являются симбиотическими целлюлолитами [9].

*Rothia dentocariosa* – грамположительная бактерия, часто обнаруживаемая в ротовой полости людей. Иногда вызывает серьезные инфекции. Упоминаний о целлюлозной активности представителей этого рода нами найдено не было.

Представители рода *Sphingopyxis* обладают способностью утилизировать метил-трет-бутиловый эфир [11]. Sun предположил, что целлюлолитические виды из рубца жвачных, осуществляющие гидролиз эфирной связи в молекулах целлюлозы, могут разрушать эфирную связь и в эфире. Можно предположить, что *Sphingopyxis sp.*, обладает способностью расщеплять целлюлозу.

*Stenotrophomonas maltophilia* – важный возбудитель внутрибольничных инфекций. Другие виды этого рода являются обитателями почвы. *S. maltophilia* является целлюлолитиком, он был одним из видов, выделенных из кишечника жука *Holotrichia parallela* [9]. Кроме того, было показано, что этот вид может расти на среде с трихлорэтиленом в качестве единственного источника углерода [12].

Род *Streptomyces* хорошо известен как продуцент антибиотиков, но он так же может принести пользу как деструктор биомассы. Аэробные целлюлолитики, принадлежащие к этому роду, были выделены из ос, поражающих хвойные деревья (*Sirex noctilio*) [13].

Таблица 2. – Таксономическая принадлежность микроорганизмов и достоверность их идентификации. 2,00-3,00 (выделено полужирным шрифтом) – высокая вероятность определения рода, 1,70-1,99 – средняя вероятность определения рода.

Среда, объект	Вид	Количество колоний, принадлежащих этому виду и достоверность их определения	
Имшенецкого, <i>Cetoniinae</i>	<i>Ochrobactrum intermedium</i>	3	<b>2,40</b> ; 1,98; 1,76
	<i>Bacillus pumilus</i>	1	1,77
Пфеннига, <i>Oryctes</i> sp.	<i>Bacillus megaterium</i>	3	<b>2,18</b> ; <b>2,05</b> ; 1,82
	<i>Brevibacillus parabrevis</i>	1	1,87
	<i>Citrobacter koseri</i>	2	<b>2,33</b> ; <b>2,30</b>
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1	1,98
Пфеннига, <i>Cetoniinae</i>	<i>Leifsonia aquatica</i>	7	<b>2,26</b> ; <b>2,17</b> ; <b>2,11</b> ; <b>2,11</b> ; <b>2,03</b> ; 1,86; 1,84
	<i>Streptomyces badius</i>	1	<b>2,26</b>
	<i>Citrobacter koseri</i>	1	<b>2,09</b>
Gupta, <i>Oryctes</i> sp.	<i>Ochrobactrum intermedium</i>	9	<b>2,16</b> ; <b>2,12</b> ; <b>2,09</b> ; <b>2,04</b> ; 1,95; 1,93; 1,91; 1,85; 1,80
	<i>Rothia dentocariosa</i>	1	1,76
	<i>Sphingopyxis terrae</i>	2	1,91; 1,86
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1	1,78

В ходе работы нами были идентифицированы целлюлолитические микроорганизмы – симбионты жуков-ксилофагов, относящиеся к девяти родам. Наиболее широко были представлены порядки *Bacillales* (два рода, три вида) и *Actinomycetales* (три рода, три вида). К порядкам *Enterobacteriales*, *Sphingomonadales*, *Rhizobiales*, *Xanthomonadales* относились по одному представителю микробного сообщества кишечного тракта исследуемых жуков.

#### Список литературы.

- 1) Eida M.F., Nagaoka T., Wasaski J., Kouno K. Isolation and Characterization of Cellulose-decomposing Bacteria Inhabiting Sawdust and Coffee Residue Composts. // *Microbes Environ.* 2012. V.27. P.226–233.
- 2) Sun J.Z., Scharf M.E. Exploring and integrating cellulolytic systems of insects to advance biofuel technology. // *Insect Science.* 2010. V.17. P.163–165.
- 3) Ли К.Г. Применение генноинженерных ферментов для переработки растительного сырья в производстве биотоплива. // *Биотехнология. Теория и практика.* 2013. №2. С.17–22.
- 4) Gupta P., Samant K., Sahu A. Isolation of Cellulose-Degrading Bacteria and Determination of Their Cellulolytic Potential. // *International Journal of Microbiology.* 2012. P.5
- 5) Bertino-Grimaldi D., Medeiros M.N., Vieira R.P., Cardoso A.M., Turque A.S., Silveira C.B., Albano R.M., Suzete B., Garcia E.S., de Souza W., Martins O.B., Machado E.A. Bacterial community composition shifts in the gut of *Periplaneta americana* fed on different lignocellulosic materials. // *Springerplus.* 2013. doi: 10.1186/2193–1801–2–609.
- 6) Schloss P.D., Handelsman J. Status of the Microbial Census. // *Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 2004. V.68. P.686–691.
- 7) Bien T.L., Tsuji S., Tanaka K., Takenaka S., Yoshida K. Secretion of heterologous thermostable cellulases in *Bacillus subtilis*. // *2014 J. Gen. Appl. Microbiol.* V.60. P.175–182.
- 8) Kato S., Haruta S., Cui Z.J., Ishii M., Igarashi Y. Stable Coexistence of Five Bacterial Strains as a Cellulose-Degrading Community. // *Applied and Environmental Microbiology.* 2005. V.75. P.7099–7106.
- 9) Huang S., Sheng P., Zhang H. Isolation and Identification of Cellulolytic Bacteria from the Gut of *Holotrichia parallela* Larvae (*Coleoptera: Scarabaeidae*). // *Int. J. Mol. Sci.* 2012. V.13. P.2563–2577.
- 10) Morales-Jiménez J., Zúñiga G., Villa-Tanaca L., Hernández-Rodríguez C. Bacterial community and nitrogen fixation in the red turpentine beetle, *Dendroctonus valens* LeConte (*Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae*). // *Microb Ecol.* 2009. V.58. P.879–891.
- 11) Sun W., Sun X., Cupples A.M. Anaerobic Methyl tert-Butyl Ether-Degrading Microorganisms Identified in Wastewater Treatment Plant Samples by Stable Isotope Probing. // *Appl. Environ. Microbiol.* 2012. V.78. P.2973–2980.

12) Mukherjee P., Roy. P. Enhanced Monooxygenase Activity and FT-IR Spectroscopic Characterisation of Biotransformation Products in Trichloroethylene Degrading Bacterium: *Stenotrophomonas maltophilia* PM102. // Biomed Res Int. 2013. doi: 10.1155/2013/723680.

13) Takasuka T.E., Book A.J., Gina R.L., Cameron R.C., Brian G.F. Aerobic deconstruction of cellulosic biomass by an insect-associated *Streptomyces*. // Sci Rep. 2013. doi: 10.1038/srep01030.

## ЦЕПЬ СПЕЦИФИЧНАЯ ОТ-КПЦР ГЕНОВ КВОРУМ СЕНСИНГА PSEUDOMONAS SYRINGAE PV. TOMATO DC3000

Горбунова А.С.

Научный руководитель – к.б.н., с.н.с. КИББ КазНЦ РАН Гоголева Н.Е.

Сенсорно-регуляторные системы у микроорганизмов обеспечивают тонкую регуляцию физиологических процессов у бактерий. Система кворум сенсинга является одной из самых распространенных регуляторных систем среди микроорганизмов. Она контролирует различные физиологические процессы, включая подвижность, конъюгацию, споруляцию, синтез факторов вирулентности, образование антибиотиков и биопленок. Система кворума активируется при высокой клеточной популяции.

Классическая схема регуляции кворум сенсинга включает в себя два основных компонента: 1) белок семейства LuxI, являющийся синтазой ацилгомосерин лактона (АГЛ) – аутоиндуктора системы кворума; 2) белок семейства LuxR, играющий роль сенсора АГЛ и регулятора экспрессии гена *luxI*. При повышении плотности клеточной популяции концентрация АГЛ в среде увеличивается, что приводит к образованию комплекса LuxR-белка с АГЛ. Образовавшийся комплекс обеспечивает активацию экспрессии кворум-зависимых генов, в числе которых и ген *luxI* (рис. 1). Таким образом, синтез аутоиндуктора (АГЛ) регулируется по принципу положительной обратной связи. У различных бактерий схема регуляции кворум сенсинга может отличаться от классической.

*Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 (*Ps. tomato*) является возбудителем заболевания черной пятнистости у томата и арабидопсиса. Последовательность генома этой фитопатогенной бактерии расшифрована [Buell, 2003, с. 10181-10186]. В геноме имеются гены, кодирующие компоненты АГЛ-зависимой системы кворума: *psyI* – синтаза АГЛ, *psyR* – сенсор АГЛ и регулятор транскрипции генов. Система кворума *Ps. tomato* играет ключевую роль в индукции патогенеза, так как запускает экспрессию генов, кодирующих факторы вирулентности и вторичные метаболиты, разрушающие ткани растения-хозяина.

Гены *psyI* и *psyR* транскрибируются конвергентно и перекрываются своими 3'-концами. Исследователи выдвинули гипотезу, что конвергентная топология, являющаяся столь консервативной и распространенной, имеет значение для регуляции генов системы кворума, а именно, может приводить к антагонизму генов на уровне транскрипции вследствие гибридизации двух комплементарных (антисмысловых) мРНК. В связи с этим мы решили провести дополнительный анализ, чтобы показать участие антисмысловой РНК в регуляции генов системы кворум сенсинга *Ps. tomato*.

Первым этапом нашей работы стал биоинформатический анализ локуса *psyI-psyR*. Было выяснено, что после открытых рамок считывания (ОРС) генов *psyI* и *psyR* нет терминаторов транскрипции. Отсутствие терминаторных структур ведет к образованию транскриптов с протяженными 3'-некодирующими областями, содержащими антисмысловую последовательность к противоположному гену. В связи с чем мы предположили, что возможно комплементарное взаимодействие транскрипта *psyI* с 3'-некодирующей областью транскрипта *psyR* и/или транскрипта *psyR* с 3'-некодирующей областью транскрипта *psyI* с образованием в обоих случаях двуцепочечной РНК. В клетках бактерий двуцепочечная РНК подвергается гидролизу с помощью РНКазы III [Elbashir, 2001, с. 6877-6888]. Возможно, что комплекс *psyI* и *psyR* транскриптов также гидролизуется под действием РНКазы III, что является посттранскрипционным механизмом регуляции экспрессии генов *psyI* и *psyR* (рис. 2).

Чтобы определить уровень экспрессии генов *psyI* и *psyR* и показать вклад антисмысловой РНК в регуляцию кворум-зависимых генов, в ходе эксперимента мы выделяли тотальную РНК из клеток *Ps. tomato* на разных стадиях роста культуры, одновременно производили оценку титра КОЕ, которая изображена на рисунке 3.

В каждой временной точке из аликвот культур выделяли тотальную РНК для оценки уровня экспрессии генов *psyI* и *psyR*. После чего проводили цепь-специфичную обратную транскрипцию (ОТ). Полученную кДНК количественно оценивали с помощью ПЦР в реальном времени (кПЦР) относи-

тельно референсного гена сигма-фактора РНК-полимеразы *rpoD*. Данная методика позволила нам дифференцированно оценивать содержание прямых и антисмысловых транскриптов исследуемых генов.

#### А. Низкая клеточная плотность Б. Высокая клеточная плотность

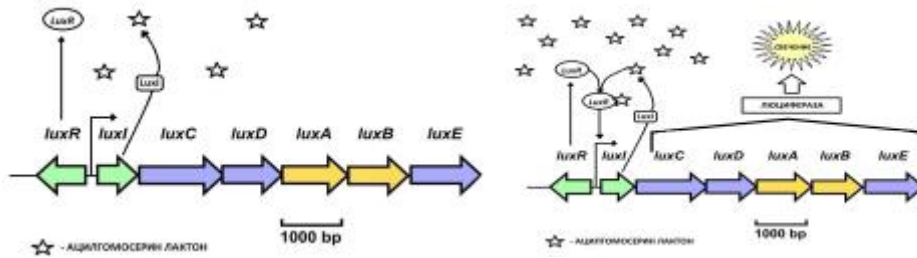


Рисунок 1. – Классическая схема кворум-зависимой регуляции на примере *V. fischeri*. LuxI – синтаза АГЛ, LuxR – сенсор АГЛ. luxCDABE – люциферазный оперон. А – при низкой клеточной плотности концентрация АГЛ мала, связывания АГЛ с сенсором не происходит, вследствие чего гены люциферазного оперона не экспрессируются. Б – по мере повышения клеточной плотности в среде накапливается АГЛ, сенсор и аутоиндуктор (АГЛ) связываются, образовавшийся комплекс индуцирует экспрессию генов люциферазного оперона и синтазы АГЛ [Miyashiro, 2012, с. 795-806].

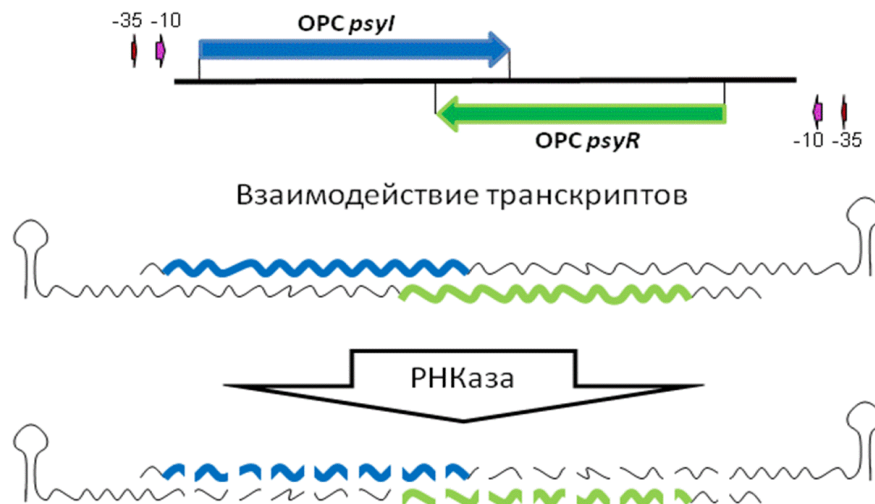


Рисунок 2. – Схема предполагаемого механизма регуляции генов *psyI* и *psyR*. –10 и –35 – области связывания РНК-полимеразы.

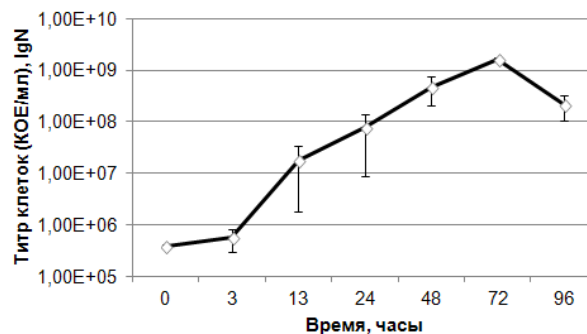


Рисунок 3. – Динамика титра КОЕ в культурах *Ps.tomato*.

Таким образом, нами была проведена оценка динамики экспрессии кворум-зависимых генов и отношения антисмысловых и смысловых транскриптов исследуемых генов на разных стадиях роста культуры *Ps.tomato*. Данные представлены на рисунках 4 и 5, соответственно.

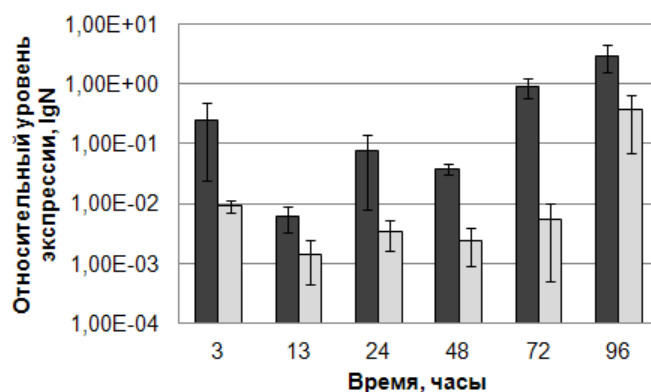


Рисунок 4. – Динамика экспрессии генов *psyI* (темные столбцы) и *psyR* (светлые столбцы).

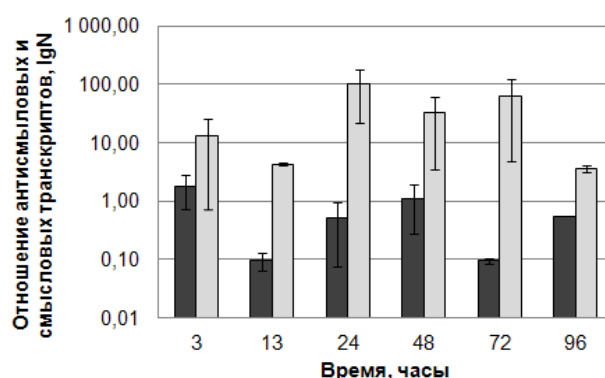


Рисунок 5. – Динамика соотношения антисмысловых и прямых транскриптов генов *psyI* (темные столбцы) и *psyR* (светлые столбцы).

В результате нашего исследования были сделаны следующие выводы:

1) Гены белков системы кворум сенсинга (*psyI* и *psyR*) *Ps.syringae* pv. *tomato* DC3000 расположены в геноме конвергентно и перекрываются 3'-концевыми областями. С помощью биоинформатического анализа были определены промоторы транскрипции генов *psyI* и *psyR*, а также было показано, что после ОРС в локусе *psyI-psyR* отсутствуют терминаторы транскрипции.

2) Повышение уровня экспрессии гена *psyI* наблюдалось по мере роста культуры и было максимальным на стационарной и пост-стационарной стадиях роста. Резкое увеличение уровня экспрессии *psyR* происходило при переходе на пост-стационарную фазу роста. Экспрессия АГЛ-синтазы *psyI* была намного более выраженной по сравнению с экспрессией *psyR*.

3) Количество антисмысловых транскриптов генов *psyI* и *psyR* было сопоставимо или даже превышало количество смысловых транскриптов этих генов на всех стадиях роста бактериальной культуры.

### Список литературы.

- 1) Miyashiro T., Ruby E.G. Shedding light on bioluminescence regulation in *Vibrio fischeri* // Molecular Microbiology. 2012. V.84. P.795–806.
- 2) Buell C.R., Joardar V., Lindeberg M. The complete genome sequence of the Arabidopsis and tomato pathogen *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* DC3000 // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003. V.100. P.10181–10186.
- 3) Elbashir S.M., Martinez J., Patkaniowska A., Lendeckel W., Tuschl T. Functional anatomy of siRNAs for mediating efficient RNAi in *Drosophila melanogaster* embryo lysate // The EMBO Journal. 2001. V.20. P.6877–6888.



## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ УГЛЕРОДА НА ТРАНСФОРМАЦИЮ 2,4,6-ТРИНИТРОТОЛУОЛА

*Ибрагимов Э.М.*

*Научный руководитель – доцент Зиганшин А.М.*

Широкое применение 2,4,6-тринитротолуола (ТНТ) в XX веке привело к загрязнению различных типов почв, поверхностных и грунтовых вод и воздуха, при этом производство и синтез ТНТ продолжается и по сегодняшний день [1]. В прошлом к методам утилизации данного вещества относили его захоронение на определенных территориях и в морских акваториях, а также сжигание в случае утилизации небольшого количества ТНТ [2].

Опасность загрязнения биогеоценозов данным веществом заключается в его токсичности и потенциальной мутагенности для большинства представителей флоры и фауны, в том числе и для человека. Среди симптомов, свидетельствующих об отравлении ТНТ, отмечают головные боли, тошноту, цианоз и анемия [3]. При этом ТНТ может проникнуть в организм не только с пищей или водой, загрязненной данным ксенобиотиком, но и через органы дыхания, неповрежденную кожу и заглатывание пыли [4].

В связи с этим, разработка способов очистки объектов, загрязненных ТНТ и его производными, является важным и перспективным направлением. Наиболее экономичным и экологичным среди известных способов очистки объектов от ТНТ является биоремедиация [5]. Известны различные пути биологической трансформации ТНТ, но большинство из них приводит лишь к образованию таких же устойчивых соединений, проявляющих схожие с ТНТ токсичные и мутагенные свойства [6,7]. Однако также был выявлен механизм, способствующий образованию интермедиатов, которые могут быть подвергнуты дальнейшему разложению. Этот путь сопряжен с образованием гидридных комплексов ТНТ. В лаборатории экологической микробиологии Казанского федерального университета были выделены и идентифицированы 2 вида дрожжей родов *Yarrowia* и *Geotrichum*, обладающих описанным механизмом превращения ТНТ [8]. Эти дрожжи интересны также своей малой чувствительностью к нитроароматическим соединениям, что облегчает их применение для очистки сильнозагрязнённых объектов.

В связи с вышеизложенным, целью работы стало выявление оптимального субстрата для эффективной трансформации ТНТ при участии дрожжевого штамма *Yarrowia lipolytica*.

Исследования проводились со штаммом дрожжей *Y.lipolytica* AN-L15, задепонированным в Российской национальной коллекции промышленных микроорганизмов под номером ВКПМ Y-3492 [8]. Перед экспериментом дрожжи выращивались аэробно в течение 20 часов при температуре +30°C на агаризованной среде Сабуро, содержащей (г·л<sup>-1</sup>): глюкозу – 10; пептон – 10; дрожжевой экстракт – 5; NaCl – 0,25; агар – 20. Затем полученную биомассу дрожжей суспензировали в физиологическом растворе и инокулировали синтетическую среду, содержащую в контроле: глюкозу – 28 мМ, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 7,6 мМ, MgSO<sub>4</sub> – 2 мМ и К-Na-фосфатный буферный раствор (рН 6,0). Для исследования влияния различных источников углерода на деструкцию ТНТ глюкозу заменяли на глицерин – 56 мМ, пропионат – 56 мМ, ацетат – 84 мМ и этанол – 84 мМ, при этом концентрацию вносимых источников углерода рассчитывали по углероду. Синтетические среды с инокулятом инкубировали в конических колбах на 250 мл с 50 мл среды в аэробных условиях со встряхиванием (200 об/мин) на качалке при +30°C.

Спектрофотометрические измерения проводили на спектрофотометре «Lambda 35» (Perkin Elmer, США). Для оценки клеточной массы измеряли оптическую плотность при 600 нм. В качестве контроля использовали отцентрифугированную культуральную жидкость. Гидридные комплексы ТНТ обнаруживали по спектрам поглощения культуральной жидкости в соответствии с данными литературы [9, 10].

рН измеряли на рН-метре «DELTA 320». В качестве образца использовали освобожденную от клеточной массы (для устранения погрешности от влияния адгезии клеток на электроде) культуральную среду. Для оценки влияния ТНТ на изменение рН измерения производились как на средах с добавлением ТНТ, так и на средах без него.

В результате проведенных измерений оптической плотности клеточной массы и рН на 3, 6 и 24 ч с момента внесения в среду исходной биомассы (OD<sub>600</sub>=0,4) были получены следующие результаты.

Как видно, рост в присутствии ТНТ на протяжении первых 6 часов эксперимента ингибировался из-за токсического действия ТНТ и моногидридного комплекса Мейзенхеймера ТНТ. По мере разло-

жения моногидридного комплекса ТНГ на 24 часу становится заметной разница в приросте биомассы. В то время как конечное количество биомассы в средах с пропионатом и ацетатом оказалось минимальным, как и в случае культивирования в отсутствие ТНГ, на среде с этанолом конечная величина биомассы оказалась на уровне сред с глицерином и глюкозой. Если торможение роста на средах с ацетатом и пропионатом можно объяснить замедленной скоростью метаболизма данных веществ у дрожжей, что подтвердилось при культивировании в контрольных средах без ТНГ, а также более долгим разложением ТНГ в данных средах, то неожиданно высокий прирост биомассы на среде с этанолом может быть связан с меньшим подкислением среды, а, следовательно, и более оптимальными условиями для роста дрожжей (оптимум pH 5,5-6,0). Однако такой зависимости не наблюдалось при культивировании в отсутствие ТНГ.

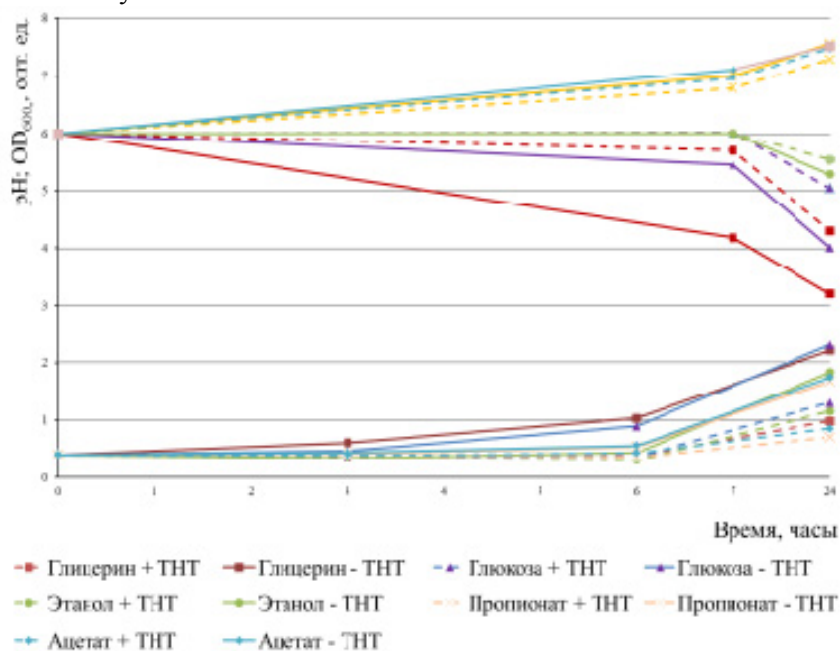


Рисунок 1. – Зависимость роста дрожжей и изменения pH среды от исходного субстрата.

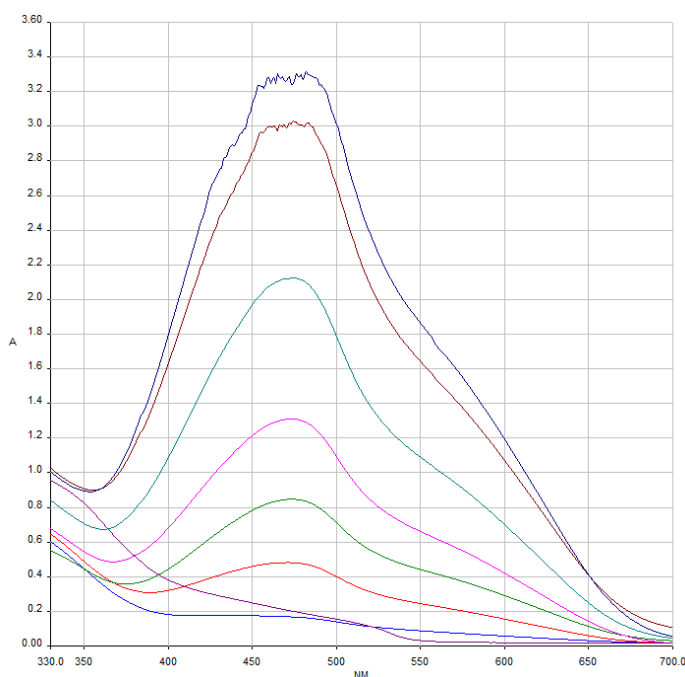


Рисунок 2. – Спектры поглощения культурной жидкости с глюкозой в качестве источника углерода.

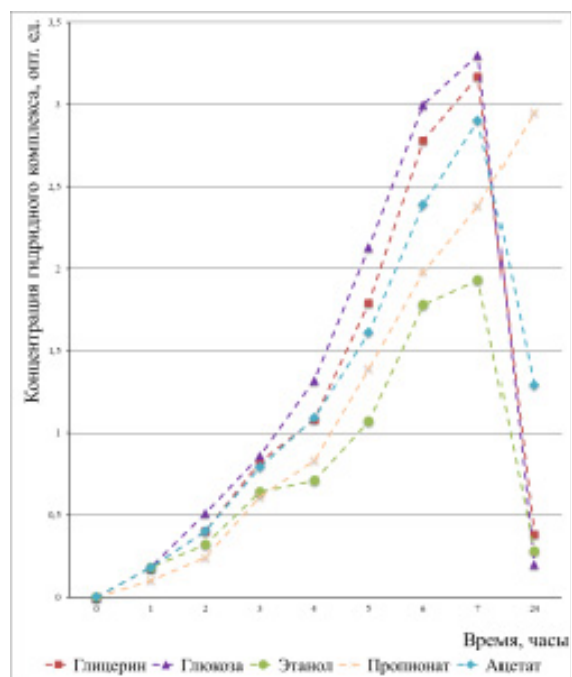


Рисунок 3. – Зависимость накопления ТНТ-гидридного комплекса от субстрата.

При оценке изменения рН ТНТ было выявлено 2 тенденции в изменении кислотности среды у разных групп сред. Метаболизм глюкозы, глицерина и этанола вел к понижению рН. Данное явление связано с секрецией дрожжами низкомолекулярных органических кислот на данных средах. Замедление подкисления среды в присутствии ТНТ коррелирует с ингибированием роста дрожжей токсическим действием ТНТ. Пропионат и ацетат как субстраты, напротив, вели к повышению рН. Повышение рН может быть обусловлено окислением источников углерода, представляющих собой в данном случае органические кислоты, до  $\text{CO}_2$ .

Для определения активности дрожжей в направлении трансформации ТНТ измеряли спектры поглощения культурной жидкости, освобожденной от клеточной массы, в видимой области (рисунок 2). На рисунке представлены спектры поглощения лишь культуральной жидкости с глюкозой в качестве источника углерода, однако спектры остальных сред аналогичны.

В расчет брали максимум поглощения при длине волны 476 нм, соответствующий максимальной длине волны поглощения  $\text{C}_3\text{-[H]}\text{-ТНТ}$ . Поскольку это первый метаболит на интересующем нас пути превращения ТНТ, то по скорости его накопления в начале эксперимента и по скорости распада в конце можно судить об эффективности разложения ТНТ в целом. Из рисунка 3 видно, что в течение первых 7 часов культивирования интенсивность образования  $\text{C}_3\text{-[H]}\text{-ТНТ}$  была выше всего на средах с глицерином, глюкозой и ацетатом, на средах же с пропионатом и этанолом процесс гидрирования ТНТ шел заметно медленнее. Однако интересно, что если на среде с этанолом гидридный комплекс накапливался хуже всего среди исследуемых сред, то дальнейшее превращение гидридного комплекса шло приблизительно на том же уровне, что и на средах с глюкозой и глицерином, в то время как на средах с пропионатом и ацетатом данный процесс значительно замедлился. Так, на среде с пропионатом по истечении суток с момента внесения биомассы концентрация гидридного комплекса была близка к максимальной. Данное явление можно объяснить тем, что для эффективного превращения гидридного комплекса необходимы относительно низкие значения рН [8], а на средах с пропионатом и ацетатом величина рН повышалась.

В условиях данного эксперимента наибольшая эффективность трансформации ТНТ наблюдалась на средах с глицерином и глюкозой.

### Список литературы.

- 1) Stenuit B., Eyers L., Fantroussi E.S., Agathos S.N. Promising strategies for the mineralisation of 2,4,6-trinitrotoluene // Rev. Environ. Sci. Biotechnol. 2005. V.4. P.39–60
- 2) Spalding R.F., Futton J.W. Groundwater munition residues and nitrate near Grand Island Nebraska, USA // J. Contam. Hydrol. 1988. V.2. P.139–153.
- 3) Krumholz L.R., Li J., Clarkson W.W., Wilber G.G., Suflita J.M. Transformation of TNT and related aminotoluenes in groundwater aquifer slurries under different electron accepting conditions // J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 1997. P.161.
- 4) Stenuit B., Eyers L., Rozenberg R., Habib-Jiwan J.L., Matthijs S., Cornelis P., Agathos S.N. Denitration of 2,4,6-trinitrotoluene in aqueous solutions using small-molecularweight catalyst(s) secreted by *Pseudomonas aeruginosa* ESA-5 // Environ. Sci. Technol. 2009. V.43. P.2011–2017.
- 5) Berthe-Corti L., Berthe-Corti L., Jacobi H., Kleihauer S., White I. Cytotoxicity and mutagenicity of a 2,4,6-trinitrotoluene (TNT) and hexogen contaminated soil in *Salmonella typhimurium* and mammalian cells // Chemosphere. 1998. V.37. P.209–218.
- 6) Banerjee H.N., Banerjee H.N., Verma M., Hou L.H., Ashraf M., Dutta S.K. Cytotoxicity of TNT and its metabolites // Yale J. Biol. Med. 1999. V.72. P.1–4.
- 7) Ziganshin A.M., Ziganshina E.E., Byrne J., Gerlach R., Struve E., Biktagirov T., Rodionov A. Kappler A. Fe(III) mineral reduction followed by partial dissolution and reactive oxygen species generation during 2,4,6-trinitrotoluene transformation by the aerobic yeast *Yarrowia lipolytica* // AMB Express. 2015. V.5. P.1–12.
- 8) Ziganshin A.M., Naumova R.P., Pannier A.J., Gerlach R. Influence of pH on 2,4,6-trinitrotoluene degradation by *Yarrowia lipolytica* // Chemosphere. 2010. V.79. P.426–433.
- 9) Vorbeck C., Lenke H., Fischer P., Spain J.C., Knackmuss H.J. Initial reductive reactions in aerobic microbial metabolism of 2,4,6-trinitrotoluene // Appl. Environ. Microbiol. 1998. V.64. P.246–252
- 10) Pak J.W., Pak J.W., Knoke K.L., Noguera D.R., Fox B.G., Chambliss G.H. Transformation of 2,4,6-trinitrotoluene by purified xenobiotic reductase B from *Pseudomonas fluorescens* I-C // Appl. Environ. Microbiol. 2000. V.66. P.4742–4750.

## БИНАЗА СНИЖАЕТ МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МИТОХОНДРИЙ МАЛИГНИЗИРОВАННЫХ КЛЕТОК ЛЕГКОГО

*Муртазина Р.Р.*

*Научный руководитель – к.б.н., доцент Зеленихин П.В.*

Рибонуклеазы (РНКазаы) – важнейшие ферменты метаболизма РНК с различными функциями. Прокариотические и эукариотические клетки синтезируют широкий спектр экзо- и эндо-РНКаза, необходимых для созревания и деградации РНК внутри и вне клетки. Современные представления о роли и функциях РНКаза в клетках позволяют рассматривать эти ферменты как перспективную альтернативу традиционным химиотерапевтическим средствам в щадящей терапии злокачественных новообразований.

Необходимо отметить способность некоторых РНКаза вызывать селективную гибель злокачественных клеток. Среди ферментов, обладающих данным свойством, встречаются представители РНКаза млекопитающих [Antignani *et al.*, 2001, V.40, P. 3492-3496], однако особый интерес вызывают РНКаза организмов филогенетически далеких от человека и других теплокровных животных – РНКаза амфибий [Mikulski *et al.*, 1992, V.66, P. 304-310], грибов [Kao *et al.*, 1995, V.73, P.1151-1159], актинобактерий [Sevcik *et al.*, 2002, V.277, P. 47325-47330], и бактерий [Ilinskaya *et al.*, 2001, V.156, P.101-107]. Несмотря на выявленную значительную противоопухолевую активность таких РНКаза, молекулярный механизм их действия до конца не известен и активно изучается.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы стала характеристика изменений мембранного потенциала митохондрий раковых и нормальных клеток легкого под действием рибонуклеазы *Bacillus pumilus* – биназы.

Биназа является высокоэффективной гуанил-специфичной РНКазой, которая катализирует расщипление РНК без участия ионов металлов и кофакторов. Ген биназы клонирован и секвенирован [Schulga *et al.*, 1992, V.20, P.2375], охарактеризована трехмерная структура фермента [Polyakov *et al.*, 2002, P.744–750].

Реализация цитотоксического действия РНКаза происходит, по всей видимости, в несколько этапов. Первой стадией взаимодействия представляется адсорбция на клеточной поверхности за счет электростатического взаимодействия фермента и клетки. Этот этап может быть также ответственен за селективность действия РНКаза в отношении малигнизированных клеток. Затем РНКаза интернализируются в цитоплазму с помощью диамин-независимого эндоцитоза [Haigis *et al.*, 2003, V.116, P.313-324]. После интернализации РНКаза могут взаимодействовать с мембранными органеллами. Лучший кандидат на эту роль – наружная мембрана митохондрий. Известно, что пермеабиллизация митохондриальной мембраны является решающим фактором для индукции апоптоза [Shore, Nguyen, 2008, V.135, P.1004-1006] и, воздействуя на мембраны этих органелл или каким-либо другим образом нарушая функционирование митохондрий, цитотоксические РНКаза могут напрямую запускать запрограммированную клеточную смерть–апоптоз–по митохондриальному пути.

В работе использовали биназу – гуанилспецифичную РНКазу *Bacillus pumilus* дикого типа (молекулярная масса 12,3 кДа, 109 аминокислотных остатков, pI=9,5).

Клеточные культуры: ЛЭК – клетки легочного эпителия эмбриона коровы (Российская коллекция клеточных культур позвоночных, Россия), А549 – клетки карциномы легких человека (Американская коллекция клеточных культур, Роквилл, США).

Клетки А549 и ЛЭК культивировали в среде RPMI 1640 и DMEM, соответственно, с добавлением 10% сыворотки и по 100 ед/мл пенициллина и стрептомицина в атмосфере 5% CO<sub>2</sub>.

Снятие клеток с культуральных сосудов производили согласно [Freshney, 1993, P.10-12]. Затем производили посев на двенадцатилуночные планшеты. В каждую лунку планшетов вносили в суспензии 150 тыс. клеток А549 либо ЛЭК и доводили объем до 2 мл средой RPMI 1640 и DMEM, соответственно. По достижении монослоем клеток 60% конфлюэнтности заменяли среду в лунках на свежую с добавлением биназы в концентрациях 100 мкг/мл и 300 мкг/мл и культивировали в течение 24 ч.

Изменения мембранного потенциала митохондрий клеток определяли на проточном цитофлуориметре BD FACSCanto II после культивирования клеток в течение 24 часов в присутствии фермента и последующего окрашивания с помощью флуоресцентных красителей PI и DiOC<sub>6</sub>.

Для цитометрической оценки доли клеток с низким митохондриальным потенциалом в популяции отбирали среду из лунок и помещали в индивидуальные пробирки. Затем трипсинизировали монослой в лунках и переносили клетки в ранее отобранную среду. После этого центрифугировали сус-

пензию клеток при 1400 об/мин 5 минут при комнатной температуре. После центрифугирования сливали супернатант и ресеспендировали пеллет в 1 мл полной питательной среды RPMI 1640 или DMEM для клеток A549 и ЛЭК, соответственно. Затем пробы окрашивали 5 мкл раствора DIOC<sub>6</sub> (5 мг/мл) и выдерживали в темноте при температуре 37°C 20 мин. По истечению времени пробирки снова центрифугировали при 1400 об/мин 5 мин при комнатной температуре. Затем удалив супернатант, ресуспендировали в 1 мл PBS и окрашивали 5 мкл раствора PI (5 мг/мл) и выдерживали в темноте при комнатной температуре 5 мин и проводили цитометрический анализ. Обработку цитометрических данных проводили в компьютерной программе FACSDiva.

Статистическая обработка результатов.

Математическую обработку результатов цитометрии проводили с использованием непараметрического критерия Крамера-Уэлча в качестве критерия достоверности. При этом  $p \leq 0,05$  принимали за достоверный уровень значимости. Расчёт среднеквадратичного отклонения результатов экспериментов, а также сравнение двух групп данных проводили в программе MS-Excel.

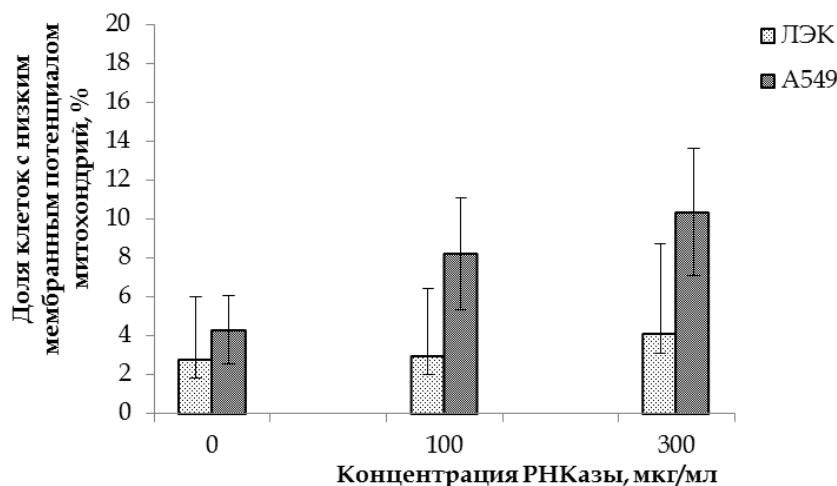


Рисунок 1. – Изменение мембранного потенциала митохондрий раковых и нормальных клеток.

Обработка биназой клеток ЛЭК не приводила к достоверному снижению митохондриального потенциала по сравнению с контрольным вариантом без добавления фермента. Биназа снижала мембранный потенциал митохондрий лишь у  $3 \pm 0,4\%$  и  $4,1 \pm 1,8\%$  клеток, для концентраций РНКазы 100 мкг/мл и 300 мкг/мл, соответственно, в то время как в варианте без обработки биназой значение данного показателя составляло  $3,1 \pm 0,4\%$ . Во всем диапазоне исследованных концентраций (100-300 мкг/мл) биназа не оказала достоверного влияния на мембранный потенциал митохондрий клеток ЛЭК (рисунок 1).

Установлено, что биназа обладает селективным действием в отношении клеток A549. У клеток линии A549 биназа вызывала снижение мембранного потенциала митохондрий у  $8,5 \pm 2,8\%$  и  $10,3 \pm 3,2\%$  клеток, для концентраций РНКазы 100 мкг/мл и 300 мкг/мл, соответственно, в то время как в варианте без обработки РНКазой низкий митохондриальный потенциал был характерен  $4,3 \pm 1,7\%$  клеток.

### Список литературы.

- 1) Antignani A.M., Naddo M.V., Cubellis A., Russo G., D'Alessio Antitumor action of seminal ribonuclease, its dimeric structure, and its resistance to the ribonuclease inhibitor // *Biochemistry*. 2001. V.40. P.3492–3496.
- 2) Mikulski S.M., Viera A.Z., Darzynkiewicz K. Shogen Synergism between a novel amphibian oocyte ribonuclease and lovastatin in inducing cytostatic and cytotoxic effects in human lung and pancreatic carcinoma cell lines // *Br. J. Cancer*. 1992. V.66. P.304–310.
- 3) Kao R.J., Davies Fungal ribotoxins: a family of naturally engineered targeted toxins // *Biochem. Cell Biol*. 1995. V.73. P.1151–1159.
- 4) Sevcik J.L., Urbanikova P.A., Leland R.T. Raines X-Ray structure of two crystalline forms of a *Streptomyces* ribonuclease with cytotoxic activity // *J. Biol. Chem*. 2002. V.277. P.47325–47330.
- 5) Ilinskaya O.N., Decker K., Koschinski A., Dreyer F., Repp H. *Bacillus intermedius* ribonuclease as inhibitor of cell proliferation and membrane current // *Toxicology*. 2001. V.156. P.101–107.

- 6) Schulga A.A., Nurkiyanova K.M., Zakharyev V.M., Kirpichnikov M.P., Skryabin K.G. Cloning of the gene encoding RNase binase from *Bacillus intermedius* 7P // *Nucleic Acids Res.* 1992. V.20. P.2375.
- 7) Polyakov K.M., Lebedev A.A., Okorokov A.L., Panov K.I., Schulga A.A., Pavlovsky A.G., Karpeisky M.Y., Dodson G.G. The structure of substrate-free microbial ribonuclease binase and of its complexes with 3'GM and sulfate ions // *Acta Crystallogr D Biol Crystallogr.* 2002. P.744–750.
- 8) Haigis M.C., Raines R.T. Secretory ribonucleases are internalized by a dynamin-independent endocytic pathway // *J Cell Sci.* 2003. V.116. P.313–324.
- 9) Shore G.C., Nguyen M. Bcl-2 proteins and apoptosis: choose your partner // *Cell.* 2008. V.135. P.1004–1006.
- 10) Freshney R.I. *Culture of Animal Cells. A Manual of Basic Techniques* // 3rd ed. Wiley-Liss. 1993. P.10–12.

## СОЗДАНИЕ ЭКСПРЕССИОННОЙ СИСТЕМЫ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГЕНА ФИТАЗЫ *PANTOEA AGGLOMERANS*

*Хабипова Н.Н.*

*Научный руководитель – д.б.н., профессор Шарипова М.Р.*

Фосфор – один из важнейших элементов минерального питания, способствующий поддержанию нормального физиологического состояния клетки: он присутствует в составе нуклеиновых кислот, фосфолипидов, коферментов, гормонов, молекул АТФ. Для растений единственным источником фосфора является почвенный раствор, животные получают фосфор вместе с пищей [Balaban *et al.*, 2014, P. 433-437]. Однако содержание доступных форм неорганического фосфора в природных источниках снижается, что обуславливает растущую проблему дефицита фосфорного питания растений и животных. В связи с этим, особый интерес вызывает распространенный в природе мио-инозитол гексакисфосфат (фитат). Он является главным резервуаром органического фосфора в почве и семенах растений, но растения не могут усваивать фосфор из почвенного фитата. Кроме того, избыток фитатов в почве создает экологические проблемы, такие как эвтрофикация водоемов [Lei *et al.*, 2001, P. 474-481]. Однако многие микроорганизмы за счет наличия у них специфических ферментов – фитаз способны гидролизовать фитат, высвобождая фосфаты.

Фитаза бактерии *Pantoea agglomerans* (*paPhyc*) обладает высокой активностью, причем свойства фермента (рН- и температурные оптимумы) хорошо соответствуют условиям кислых почв умеренных широт [Greiner, 2004, P. 577-585]. Эти характеристики позволяют открыть большие перспективы использования фитазы в сельском хозяйстве, в частности для улучшения роста и урожайности сельскохозяйственных культур.

Современные методы генетической инженерии, а именно молекулярного клонирования, позволяют создать генетические системы, с помощью которых можно получить высокоэффективные рекомбинантные штаммы, экспрессирующие целевые гены и изучить особенности и свойства полученных рекомбинантных ферментов. Кроме того, интегрирование генов микробных фитаз в геном растений является одним из направлений в биотехнологии и решении проблемы фосфорного дефицита. Получение рекомбинантного штамма, несущего синтетический ген фитазы *P.agglomerans* с оптимизированной нуклеотидной последовательностью для экспрессии в растительном организме, и изучение свойств рекомбинантного фермента является одним из этапов исследования регулирования фосфорного обмена.

Цель работы: получение экспрессионной системы на основе синтетического гена фитазы *Pantoea agglomerans*.

В работе использовали рекомбинантные штаммы: *E.coli* DH5 $\alpha$  для проведения молекулярного клонирования и *E.coli* BL21 rLysS для экспрессии белка. Рекомбинантные штаммы *E.coli* выращивали в стерильных условиях на среде Лурия-Бертани (LB) (гр/л): дрожжевой экстракт – 5, триптон – 10, NaCl – 10; твердая питательная среда LB содержала агар – 2%, 20 г/л. В питательные среды добавляли маркерные антибиотики в концентрациях: канамицин (*Km*) – 50 мкг/мл, хлорамфеникол (*Cm*) – 34 мкг/мл.

Культивирование клеток *E.coli* на жидкой среде проводили при 37°C, 200 об/мин в термошейкере. Для клонирования в молекулярный вектор pET 28b использовали химически синтезированный ген фитазы *P.agglomerans*, встроенный в вектор pUC 57.

Ген фитазы *paPhyC* амплифицировали с вектора pUC 57 с использованием специфических праймеров, содержащих нуклеотидные последовательности сайтов рестрикции XhoI и NcoI. Реакционная смесь объемом 100 мкл содержала 50-200 нг ДНК, Taq Buffer 1 mM, смесь дезоксирибонуклеозидтрифосфатов 1 mM, 10 пкМ каждого праймера, 1,0 ед. Taq -полимеразы («SibEnzyme»).

Очистку продуктов реакции амплификации рестрицированных фрагментов осуществляли с помощью набора реактивов «Thermo Scientific GeneJet PCK Purification kit #K0701 #K0702» («Fermentas»), согласно протоколу.

Рестрикцию ДНК проводили рестриктазами NcoI и XhoI («Thermo Scientific») по определенным сайтам рестрикции в течение 2 ч при 37°C. Реакционная смесь объемом 40 мкл содержала: буфер x10 - 4 мкл; NcoI/XhoI – 1 мкл; BSA – 1 мкл; H<sub>2</sub>O – 4 мкл; DNA – 30 мкл.

Лигирование ДНК проводили при температуре 16°C в течение 4 часов. Лигирование вектора и фрагментов проводили T4 ДНК-лигазой ThermoScientific. Реакционная смесь объемом 20 мкл содержала: буфер x10 - 2 мкл; T4 ДНК-лигаза – 1 мкл; H<sub>2</sub>O – 3 мкл; вставка (ген *phy*) – 7 мкл; плазида – 7 мкл.

Электрофорез проводили в горизонтальном 1%-ом агарозном геле. В качестве электродного буфера использовали ТАЕ (трис-ацетатный буфер). Использовали 2 мкл молекулярного ДНК маркера (M12 1Kb DNA Ladder), размером от 250 до 10000 п.о. и 1 мкл красителя. Гель просматривали в ультрафиолетовом свете на трансиллюминаторе.

Выделение плазмиды проводили с помощью стандартного набора «Thermo Scientific Gene Jet Plasmid Miniprep kit #K0502 #K0503».

Продукты реакции лигирования трансформировали в компетентные клетки *E.coli DH5a*, *E.coli BL21pLysS* с использованием CaCl<sub>2</sub> метода [Sambrook et al., 1989].

Секвенирование ДНК осуществляли в Протеомном центре ИФМиБ КФУ. Результаты секвенирования обрабатывали с помощью алгоритмов программы BLAST: пакета программ, представленных на сервере NCBI (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>).

Провели клонирование синтетического гена фитазы *P.agglomerans paPhyC* в вектор pET 28b. Для экспрессии использовали плазмиду pET28b, относящуюся к экспрессионным векторам pET-системы, и широко используемую для создания гетерологичных систем экспрессии прокариотических и эукариотических рекомбинантных белков.

Провели амплификацию синтетического гена фитазы *P.agglomerans*. Электрофорез в агарозном геле подтвердил наличие продуктов реакции амплификации размером около 1200 п.о., что соответствовало длине гена фитазы *paPhyC*.

Для клонирования гена фитазы в pET 28b использовали рестриктазы NcoI и XhoI, сайты рестрикции для которых имелись на векторе pET 28b и в амплифицированной последовательности гена фитазы *paPhyC*. Рестрицированную последовательность гена и вектор лигировали. Полученную в результате клонирования конструкцию pET 28b *paPhyC* трансформировали в клетки *E.coli DH 5a*. Отбор трансформантов проводили в стерильных условиях на среде LA с добавлением маркерного антибиотика – канамицина (*Km*). Наличие целевого гена идентифицировали с помощью ПЦР-анализа колоний *E.coli DH5a*, трансформированных вектором pET 28b с геном фитазы. Для подтверждения результатов ПЦР-анализа провели рестрикционный анализ полученных колоний с использованием рестриктаз NcoI и XhoI. Электрофорез продуктов рестрикции показал наличие двух ДНК-фрагментов размером около 5300 и 1200 п.о. только для одной из анализируемых плазмидных ДНК колоний-трансформантов (что соответствовало размерам вектора pET 28b (5368 п.о.) и гена *paPhyC* (1200 п.о.). Таким образом, только одна из полученных колоний несла рекомбинантный вектор. Результаты секвенирования подтвердили полное соответствие гена *paPhyC* на плазмиде pET28b рекомбинантного штамма синтетическому гену фитазы *P.agglomerans*.

Далее провели трансформацию рекомбинантной плазмиды в клетки *E.coli BL 21 pLysS*. Трансформантов отбирали на среде LA с добавлением антибиотиков – *Km* и *Cm*. Провели проверку полученных колоний-трансформантов методом ПЦР-анализа, в результате которой было показано, что все отобранные клоны-трансформанты несли интегрированный ген фитазы *paPhyC*. (Рисунок 1).

Таким образом, получили экспрессионную систему на основе штамма *E.coli BL 21 pLysS* с интегрированным синтетическим геном фитазы *P.agglomerans*. Дальнейшая экспрессия белка в высокопродуктивном экспрессионном штамме позволит получить фитазу в количествах, необходимых для выделения, очистки и изучения ферментативных и биохимических свойств фермента.

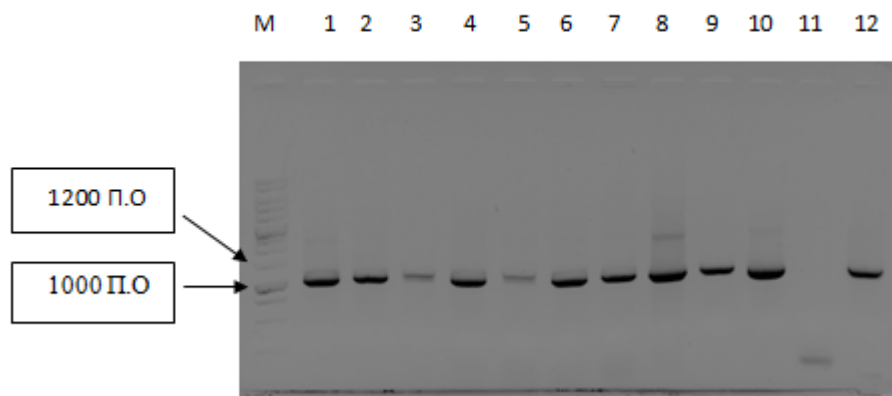


Рисунок 1. – Электрофорез после ПЦР с колоний *E.coli* BL 21 pLysS. М – молекулярный маркер (М 12), 1-10 – образцы по порядку, 11 – отрицательный контроль (плазмида pET 28b), 12 – положительный контроль (плазмида pET 28b paPhyC).

### Список литературы.

- 1) Balaban N.P., Suleimanova A.D., Valeeva L.R., Chastukhina I.B., Sharipova M.R. Inositol Phosphates and their Biological Effects // *Biomedical & Pharmacology Journal*. 2014. V.7. P.433–437.
- 2) Greiner R. Degradation of myo-inositol hexakisphosphate by a phytate-degrading enzyme from *Pantoea agglomerans* // *The Protein Journal*. 2004. V.23. P.577–585.
- 3) Lei X.G., Stahl C.H. Biotechnological development of effective phytases for mineral nutrition and environmental protection // *Appl. Microbiol Biotechnol*. 2001. V.57. P.474–481.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТОЙЧИВОСТИ ЭНТЕРОБАКТЕРИЙ К ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА

Шайдуллина Э.Р.

Научный руководитель: к.б.н, доцент, Марданова А.М.

Перекись водорода ( $H_2O_2$ ) является известным антимикробным агентом и широко применяется в медицинской и санитарно-эпидемиологической практике. Кроме этого,  $H_2O_2$  входит в состав защитных систем макроорганизма от инфекционных агентов [1, 2]. Перекись водорода является одной из активных форм кислорода (АФК), и наряду с супероксид ( $O_2^-$ ) и гидроксид-анионом ( $OH^-$ ) образуется в результате неполного восстановления молекулярного кислорода  $O_2$  [3]. Воздействие АФК на клетки приводит к окислительному стрессу, вызывая повреждения ДНК, структуры белков и биологических мембран [4].

У энтеробактерий, имеются специфические системы защиты для борьбы с АФК путем синтеза ферментов класса каталаз, пероксидаз и супероксиддисмутаз, которые превращают супероксидные радикалы в безвредный кислород [5, 6]. Многочисленные исследования позволяют установить роль ферментов антиоксидантной системы в защите от АФК. Так, под воздействием эндогенной  $H_2O_2$  у бактерий р. *Shigella*, а также других грамотрицательных бактерий наблюдалось повышение активности каталазы по сравнению с контролем [7].

Помимо ферментов у бактерий имеются неферментативные способы защиты от окислительного стресса. У некоторых бактерий, например, *Streptococcus mutans* и *Lactobacillus plantaru*, имеются противooksидлительные белки, способные осуществлять защиту от АФК в отсутствии антиоксидантных генов [8, 9].

Любая клетка имеет механизм репарации ДНК, в которую входят ферменты, осуществляющие катализ реакций восстановления, частично или полностью, поврежденной молекулы ДНК. Перекись водорода способна реагировать с ионом  $Fe^{2+}$  с образованием гидроксильного радикала  $OH^\cdot$ , который обладает сильным окисляющим действием на ДНК. При этом система репарации направлена на устранение последствий действия АФК, а не на нейтрализацию свободных радикалов [10]. Установ-



лено, что у каталазодефицитных мутантов *Salmonella typhimurium* система репарации ДНК играет значительную роль в антиоксидантной защите по сравнению с каталазой: мутанты с дефектом по системе репарации более восприимчивы к действию  $H_2O_2$ , чем каталазодефицитные [11].

Целью данной работы является сравнительная характеристика устойчивости к перекиси водорода различных энтеробактерий.

В работе использовали штаммы *Providencia stuartii*, *Proteus mirabilis* ZM, *Pantoea vagans* 3.2 из музея кафедры микробиологии, а также штаммы *Morganella morganii* 1 и 4 – клинические изоляты, выделенные от урологических больных и предоставленные Шалавиной М.А., ООО Лабораторно-диагностический центр «Биомед», г. Казань. Для изучения влияния перекиси водорода на рост энтеробактерий использовали среду LB (Лурия-Бертани), следующего состава: триптон – 10 г/л, дрожжевой экстракт – 5 г/л, хлорид натрия (NaCl) – 5 г/л.

Для определения устойчивости к перекиси водорода бактерии культивировали в пробирках на среде LB объемом 5 мл с добавлением  $H_2O_2$  в конечных концентрациях 0,5; 1; 2; 5; 10; 15 и 20 мМ. В качестве инокулята брали 18-ти часовую культуру, выращенную на среде LB. Инокулят вносили в среду в количестве 1% от объема среды (50 мкл). Бактерии культивировали в термостате-шейкере при 37°C и интенсивности качания 200 об/мин. Фазу роста культур определяли каждый час в течение 6 часов по оптической плотности при длине волны 450 нм. Об устойчивости судили по продолжительности лаг-фазы и способности бактерий восстанавливать рост в течение 6-часового культивирования. Контролем служила среда LB без добавления перекиси водорода.

Статистическую обработку результатов исследований осуществляли с использованием стандартного пакета *Microsoft Office Excel* путем расчета среднеквадратичного отклонения ( $\sigma$ ). Результаты считали достоверными при среднеквадратичном отклонении  $\sigma < 10\%$ . В качестве критерия достоверности получаемых разностей использовали критерий Стьюдента, принимая  $P < 0,05$  за достоверный уровень значимости.

Исследовали чувствительность разных штаммов энтеробактерий к различным концентрациям  $H_2O_2$ . Полученные данные показали, что наименее устойчивым к перекиси водорода оказался штамм *P.stuartii*, рост которого значительно угнетался при концентрации  $H_2O_2$  2 мМ и полностью ингибировался при концентрации перекиси водорода 5-20 мМ. Бактерии восстанавливали рост на 3-й час культивирования в присутствии 0,5 мМ  $H_2O_2$ . При концентрации  $H_2O_2$  1 мМ наблюдалось удлинение лаг-фазы, как при добавлении 0,5 мМ, однако к 6-му часу культивирования рост культуры все еще находится в экспоненциальной фазе по сравнению с контролем (рисунок 1).

Штамм *P.vagans* 3.2 (рисунок 2) характеризуется незначительным повышением устойчивости к  $H_2O_2$  по сравнению с *P.stuartii* – рост культуры восстанавливался к 3-му часу культивирования в присутствии  $H_2O_2$  в среде в концентрации 1 мМ. Однако рост *P.vagans* 3.2 также полностью ингибировался при 5-20 мМ  $H_2O_2$ .

*P.mirabilis* ZM показал относительно высокую устойчивость к оксидативному стрессу, культура выживала при концентрации перекиси водорода до 10 мМ, и только в присутствии 15-20 мМ  $H_2O_2$  рост *P.mirabilis* ZM полностью ингибировался. Данный штамм устойчив к концентрации  $H_2O_2$  в 1-2 мМ, и характеризуется способностью восстанавливать рост на 3-й час культивирования при 5 мМ  $H_2O_2$  (рисунок 3).

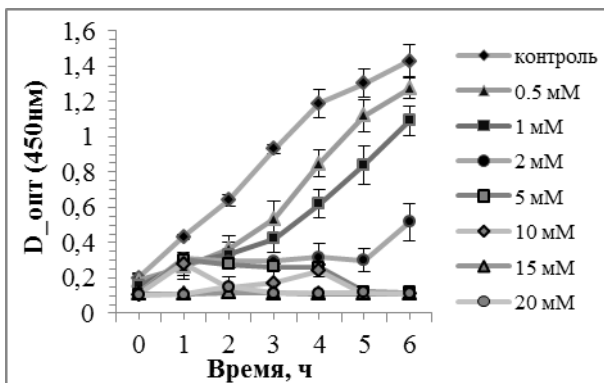


Рисунок 1. – Динамика роста *P.stuartii* при концентрациях  $H_2O_2$  в 0,5; 1; 2; 5; 10; 15 и 20 мМ. Контроль – рост на среде LB без  $H_2O_2$ .

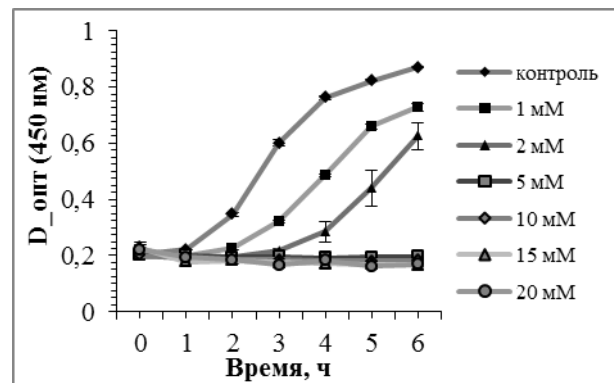


Рисунок 2. – Динамика роста *P.vagans* 3.2 при концентрациях  $H_2O_2$  в 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мМ. Контроль – рост на среде LB без  $H_2O_2$ .

Исследовали устойчивость двух штаммов *M. morganii* 1 и 4, различающихся по гемолитической активности. Штамм *M. morganii* 4 обладает гемолитической активностью в отличие от *M. morganii* 1. Установлено, что оба штамма *M. morganii* устойчивы к 1 мМ перекиси водорода и восстанавливали рост на 3-й час культивирования в присутствии 2 мМ  $H_2O_2$ . Показано, что штамм *M. morganii* 1 показал высокую выживаемость: рост культуры не ингибировался полностью даже в присутствии 20 мМ  $H_2O_2$  (рисунок 4). В тоже время рост штамма *M. morganii* 4 полностью ингибировался в присутствии 5 мМ  $H_2O_2$  (рисунок 5). Это показывает, что штамм *M. morganii* 1 более устойчив к воздействию АФК, чем гемолитический штамм *M. morganii* 4.

Таким образом, показано, что разные виды и штаммы энтеробактерий проявляют различную чувствительность к перекиси водорода, что может быть связано с наличием и активностью различных защитных механизмов, а также механизмами утилизации АФК.

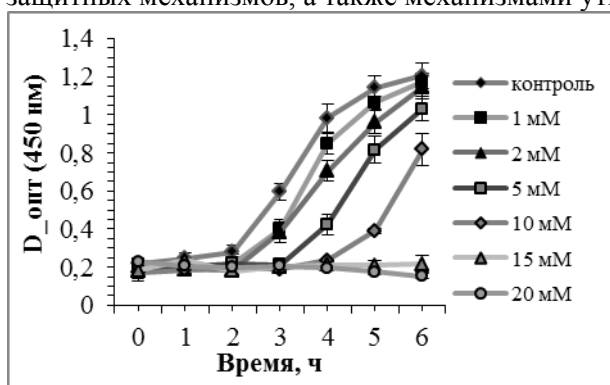


Рисунок 3. – Динамика роста *P. mirabilis* ZM при концентрациях  $H_2O_2$  в 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мМ. Контроль – рост на среде LB без  $H_2O_2$ .

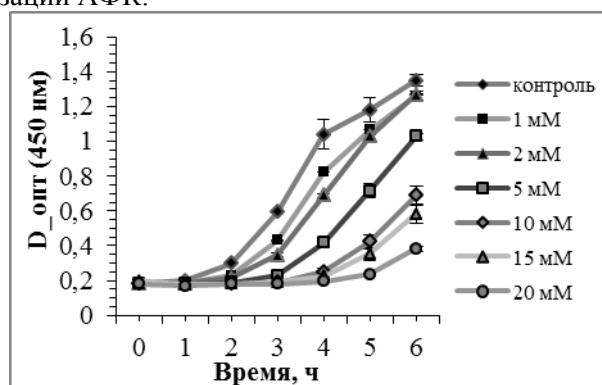


Рисунок 4. – Динамика роста *M. morganii* 1 при концентрациях  $H_2O_2$  в 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мМ. Контроль – рост на среде LB без  $H_2O_2$ .

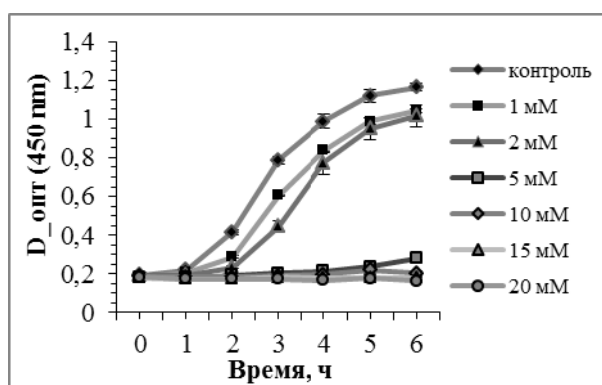


Рисунок 5. – Динамика роста *M. morganii* 4 при концентрациях  $H_2O_2$  в 1, 2, 5, 10, 15 и 20 мМ. Контроль – рост на среде LB без  $H_2O_2$ .

### Список литературы.

- 1) Klebanoff S.J., Clem W.H., Luebke R.J. The peroxidase-thiocyanate-hydrogen peroxidase antimicrobial system // *Biochim. Biophys. Acta.* 1966. V.117. P.63–72.
- 2) Yoshpe-Purer Y., Henis Y. Factors affecting catalase level and sensitivity to hydrogen peroxide in *Escherichia coli* // *Applied and Environmental Microb.* 1976. V.32. P.465–469.
- 3) Кулинский В.И. Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита // *Соросовский образоват. журн.* 1999. Т.1. С.2–7.
- 4) Wang H., Chen S., Zhang J., Rothenbacher F.P., Jiang T. Catalases Promote Resistance of Oxidative Stress in *Vibrio cholerae* // *PLoS ONE.* 2012. V.7(12). P.1–8.
- 5) Fridovich I. Superoxide anion radical and superoxide dismutases // *An. Rev. Biochem.* 1995. V.64. P.97–112.
- 6) Fridovich I. Superoxide anion radical ( $O_2^-$ ), superoxide dismutases, and related matters // *JBC Online.* 1997. V.272(30). P.18515–18517.

- 7) Khanduja V., Kang G., Rajan D.P. Oxidative stress response in *Shigella* and nonpathogenic gut bacteria // *Indian J. Med. Res.* 1998. V.108. P.3–7.
- 8) Gotz F., Elstner E.F., Sedewitz B. Oxygen utilization by *Lactobacillus plantarum*. II. Superoxide and superoxide dismutation // *Arch. Microbiol.* 1980. V.125(3). P.215–220.
- 9) Yamamoto Y., Higuchi M., Poolle L.B. Role of the dpr product in oxygen tolerance in *Streptococcus mutans* // *J. Bacteriol.* 2000. V.182(13). P.3740–3747.
- 10) Imlay J.A., Linn S. DNA damage and oxygen radical toxicity // *Science.* 1988. V.240. P.1302–1309.
- 11) Buchmeier N.A., Lybby S.J., Xu Y. DNA repair is more important than catalase for *Salmonella* virulence in mice // *J. Clin. Invest.* 1995. V.95(3). P.1047–1053.

**СЕКЦИЯ «МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ БИОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ  
НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В  
ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ШКОЛАХ»**

**НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИЦЕНТРИЧЕСКОЙ  
ОСОБИ ЗВЕРБОЯ ПРОДЫРЯВЛЕННОГО *HYPERICUM PERFORATUM*  
В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННЫХ ПОСАДОК**

**Галяутдинова Р.И.**

*Научный руководитель – доцент, к.б.н. Дубровная С.А.*

Растения зверобоя продырявленного в пределах освоенного ареала широко представлены в различных типах растительности: на нарушенных участках, на лугах разного режима увлажнения, лесных сообществах. Одним из факторов, определяющих длительное и устойчивое существование вида в пределах растительных сообществ, является генетическое разнообразие природных популяций, что способствует формированию различных жизненных форм и варьирование стратегий поведения вида. В различных экологических условиях у *H.perforatum* реализуются различные жизненные формы. Рассматривая структуру подземных органов зверобоя, жизненная форма определяется как стержнекорневая, корнеотпрысковая, как было отмечено [Голубев, 1962, 511 с.].

Формирование корневищ у зверобоя отмечал Г.М. Зозулин [цит. По Голубеву, 1962]. В условиях луговых сообществ выделяли стержнекорневую, факультативно-корневищно-стержнекорневую или факультативно-корнеотпрысковую жизненную форму [Гонтарь, Курочкина, 2005, 17-28 с.]. При изучении биологии вида в условиях степенной зоны Саратовской области была описана стержнекорневая, длиннокорневищная и длиннокорневищно-стержнекорневая жизненные формы [Пархоменко, 2012, 20 с.].

Целью данной работы являлось изучение роста и развития надземных и подземных вегетативных органов особей зверобоя продырявленного на начальных этапах онтогенеза в условиях искусственных посадок.

В качестве задач были поставлены следующие: 1) Изучить интенсивность развития особей семенного происхождения в условиях искусственных посадок. 2) Изучить начальные этапы формирования полицентрической особи зверобоя. 3) Описать морфологическую структуру вегетативных органов зверобоя, формирующихся в условиях.

В мае 2012 г. на грядку размером 100x0,30 м были высажены семена, собранные с растений, которые произрастали на остепненном лугу лесостепного Закамья Республики Татарстан. Посадки имитировали условия, нарушенных сообществ, дополнительный полив и подкормку не осуществляли. Подсчет выживших растений и определение их онтогенетического состояния проводили один раз в сезоне, в сентябре. Осенью 2014 г. все выжившие растения были выкопаны, сохраняя при этом целостность корневой системы. Морфологическое и анатомическое исследование многопобеговых растений среднего возраста онтогенетического состояния проводилось на основе особей естественных сообществ и растений, произрастающих в посадках.

Статистическую обработку данных проводили путем использования программы *Statistica 5.1*.

За все годы наблюдения смертность растений в посадках составила более 76% (рис. 1). В первый год погибло около 60%. Из 179 растений, которые проросли при весенней посадке, к третьему году сохранилось только 42 особи.

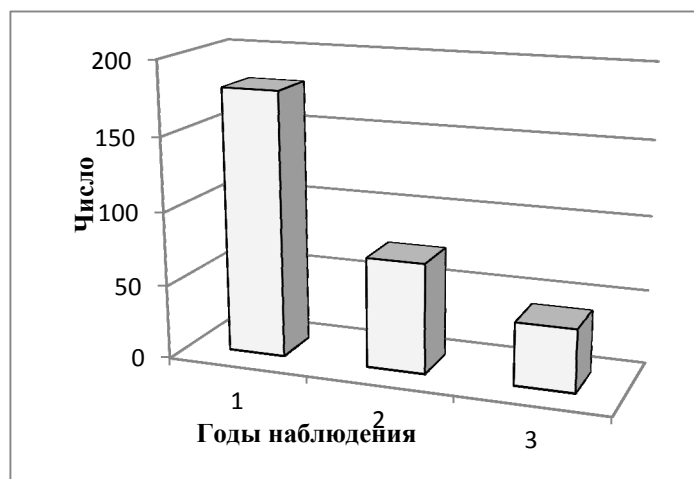


Рисунок 1. – Уменьшение числа особей зверобоя в посадках в последовательные годы.

К окончанию первого года более 80% растений достигли имматурного онтогенетического состояния, перехода к цветению не наблюдалось. В сезоне 2013 г. до 80% выживших растений переходят в генеративный период. При этом абсолютное большинство приходится на растения молодого генеративного онтогенетического состояния. Из 42 выживших растений к окончанию 2014 г. было обнаружено только одно растение виргинильного онтогенетического состояния. 98% растений достигли генеративного периода и максимум перемещается на группу особей средневозрастного онтогенетического состояния (рис.2).

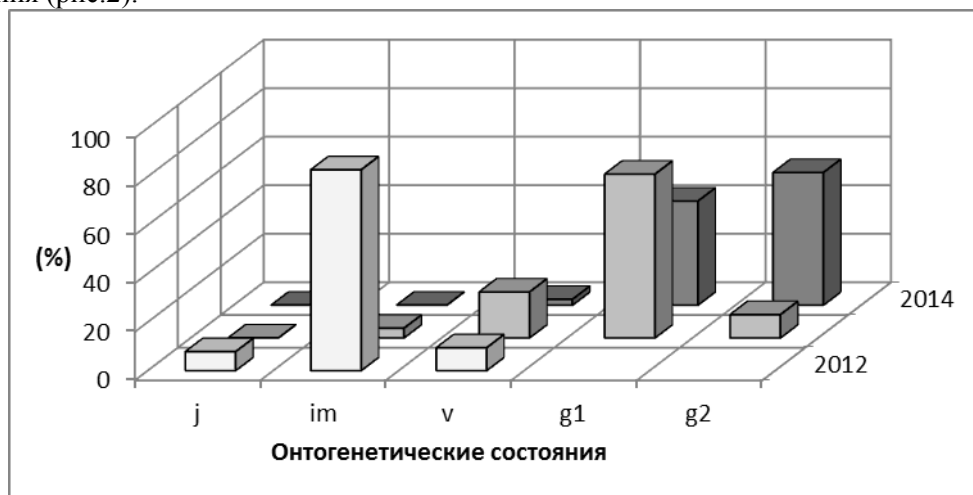


Рисунок 2. – Частота растений различных онтогенетических состояний к окончанию сезона.

Развитие растений в условиях посадках происходит достаточно интенсивно, что связано с быстрым прохождением прегенеративного периода. Уже на второй год растения зацветают, переходят в молодые генеративное состояние. Однако максимальная продуктивность искусственных популяций зверобоя отмечается при достижении растениями средневозрастного онтогенетического состояния (табл.1), что отмечалось на 3 году. Для растений средневозрастного генеративного периода характерно максимальное развитие вегетативной и генеративной сферы. Растения формируют большое количество надземных вегетативных побегов и генеративных побегов.

Способность к формированию корнеотпрысковых побегов отмечалось еще у растений второго года жизни. Из 74 растений только у одного растения средневозрастного генеративного онтогенетического состояния образовывались корнеотпрысковые побеги. Растения третьего года жизни с большей частотой формировали корнеотпрысковые побеги. Они образовывались у 30% растений средневозрастного генеративного состояния, одно сохранившееся растение виргинильного онтогенетического состояния также формировало корнеотпрысковый побег. По морфологическим признакам идентичны растениям ювенильного онтогенетического состояния семенного происхождения. В год появления они не переходили в генеративный период. Появление их отмечается на боковых корнях на расстоя-

нии от 3 до 12 см от материнского первичного куста. На главном корне корнеотпрысковые побеги не образовывались.

Таблица 1. – Морфометрические показатели растений *Nuregicum perforatum* различных онтогенетических состояний.

Онтогенетические состояния	Показатели (Ме) медиана	Число цветков на побег	Высота растения	Число побегов возобновления	Общее число надземных побегов	Площадь листа
Растения молодого генеративного состояния		18**	54*	1	2*	1,7
Растения средневозрастного генеративного онтогенетического состояния		112	63	2	6,6	3,1

\* $P < 0,05$ ; \*\* $P < 0,01$

В условиях посадок, а следовательно и на нарушенных участках у зверобоя проявляется тип стратегии *эксплерентов*, о чем свидетельствует способность за короткий период переходить к вегетативному и половому размножению.

#### Строение надземных побегов многопобеговых растений.

На основе строения надземных побегов жизненная форма зверобоя определяется как травянистый поликарпик. С учетом положения почек возобновления над уровнем почвы в неблагоприятный период, жизненная форма вида определяется как гемикриптофит.

Анализ растений из естественных сообществ (степенного закамья РТ) показал, что формируются особи, развивающие одновременно более одного побега (побеги возобновления, побеги обогащения)-многопобеговые растения. Из 20 проанализированных растений 80% особей развивали более одного побега – были многопобеговыми.

У растений средневозрастного генеративного онтогенетического состояния на остепненном лугу на крутом склоне, отдельные особи формировали до 25 побегов. Однако преобладали растения образующие 2-7 побегов (рис. 3).

Благодаря «каркасу» из мощных стеблей у многопобеговых растений в центре куста происходит накопление мелкозема и опадающих листьев, что ведет к формированию подстилки, в которой располагаются почки возобновления.

В пределах куста можно отметить неравнозначность побегов по морфологическому строению, жизненному циклу, длительности жизни (рис.4).

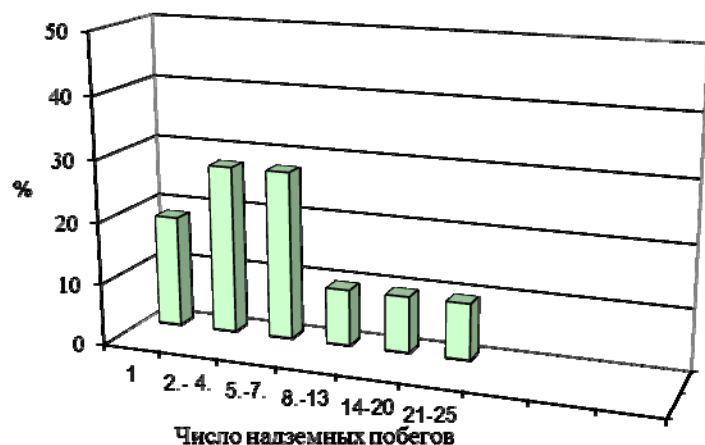


Рисунок 3. – Распределение по классам признака число побегов у *N. perforatum* многопобеговых растений в условиях остепненного луга.



Рисунок 4. – А – главный корень, Б – плагиотропные участки скелетных побегов, В – побеги возобновления.

Выводы:

1. Рост и развитие растений зверобоя в условиях посадок идет значительно быстрее, по сравнению с развитием растений в естественных сообществах. Переход к цветению отмечается уже на второй год, и уже двулетние растения проявляют способность к вегетативному размножению. По темпу развития тип стратегии *H. perforatum* соответствует растениям эксплерентам.

2. Жизненная форма зверобоя гемикриптофит, криптофит. В условиях посадок и остепненных лугов формируются многопобеговые особи зверобоя, в пределах которых развиваются разнокачественные побеги.

### Список литературы.

- 1) Голубев В.Н. Основы биоморфологии травянистых растений Центральной лесостепи // Труды Центрально-Черноземного государственного заповедника им. проф. В.В. Алехина. Вып. 7. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та. 1962. 511 с.
- 2) Гонтарь Э.М., Курочкина Н.Ю. Возрастная структура ценопопуляций *Hypericum perforatum* (CLUSIACEAE), *Polemonium caeruleum* (POLEMONIACEAE) и *Primula macrocalyx* (PRIMULACEAE) в Хакасии, на Алтае и в Восточном Казахстане // Раст. ресурсы. 2005. Т.41. №2. С.17–28.
- 3) Гонтарь Э.М., Годин В.Н. Онтогенез зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.) // Онтогенетический атлас лекарственных растений. Т.3. Йошкар-Ола: Мар. ГУ. 2002. С.201–213.
- 4) Пархоменко В.М. Биологические особенности и структура ценопопуляций Зверобоя продырявленного (HYPERICUM PERFORATUM L.) в условиях Саратовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов. 2012. 20 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ СРЕДНЕГО ЗВЕНА НА УРОКАХ БИОЛОГИИ

*Кадирова Л.Р.*

*Научный руководитель – к.п.н, доцент кафедры ботаники и физиологии растений  
Камахина Р.С.*

Формирование личности, способной к реализации своих возможностей, социально устойчивой и одновременно мобильной, адаптирующейся, способной вырабатывать и изменять собственную стратегию в меняющихся обстоятельствах жизни – главная цель современного образования, отвечающая социальным запросам. В соответствии с «Национальной доктриной образования в Российской Федерации» обновление школы должно происходить в направлении создания оптимальных условий для всестороннего развития личности с новым сознанием, с уровнем образования, отвечающим интересам, склонностям и запросам учащегося.

Большие возможности для реализации личностно-ориентированного обучения создаются на уроках биологии, т.к. на этих уроках имеются все условия для организации формирования субъектной позиции учащихся, проявления и развития индивидуальности, самобытности и уникальности учащихся, формирования эмоционально-ценностного отношения к природе, обществу.

Целью работы является изучение и теоретическое обоснование личностно-ориентированного обучения учащихся среднего звена в курсе биологии, внедрение идей личностно-ориентированного обучения в практику преподавания биологии.

Объект исследования: процесс обучения учащихся среднего звена на уроках биологии.

Предмет исследования: технология личностно-ориентированного обучения учащихся среднего звена на уроках биологии.

В соответствии с объектом, предметом, целью и гипотезой исследования были поставлены следующие задачи:

1. Изучить и проанализировать психолого-педагогическую и методическую литературу по проблеме личностно-ориентированного обучения.
2. Провести анализ становления и развития идей личностно-ориентированного обучения в историко-педагогическом процессе.
3. Раскрыть технологию личностно-ориентированного обучения.
4. Изучить психолого-педагогические особенности старших подростков.
5. Провести опытно-экспериментальную работу по внедрению идеи, разработать диагностику результативности и проследить динамику изменения качества образовательного процесса.

Методы:

1. Анализ психолого-педагогической и специальной литературы по проблеме исследования.
2. Метод наблюдения, мониторинг, тестирование учащихся. Методы качественного и количественного анализа.

Опытно-экспериментальная база исследования: МБОУ «Средняя общеобразовательная школа № 171 с углубленным изучением отдельных предметов» Советского района г. Казани (Школа – центр компетенции в электронном образовании). В эксперименте участвовали учащиеся 7 класса.

Учебная деятельность, согласно концепции Д.Б. Эльконина и В.В. Давыдова, направлена на развитие предметного исследовательского мышления, базирующегося на деятельностной парадигме образования. Она будет оказывать влияние на процесс формирования личности в целом и на развитие системы ее позитивных ценностей [1, 2].

Выделим *позитивные тенденции* в развитии системы образования:

а) гуманизация и гуманитаризация образовательного процесса, направленные на переход к гуманным, демократическим отношениям между педагогами и учащимися;

б) вариативность и разноуровневость содержания образования, введение новых специальностей и специализаций, учебных дисциплин, востребованных изменившимися социально-экономическими условиями (право, основы экономики, основы психологии и педагогики, информатика и др.) [3].

*Личностно-ориентированные технологии нацелены на более эффективное личностное развитие и саморазвитие учащихся как субъектов деятельности, с опорой на их индивидуальные особенности и опыт.*

Критериальным признаком личностно-ориентированных технологий обучения является не только уровень усвоенных знаний, но и сформированность у обучающихся качеств ума, личностных новообразований. Поэтому такие технологии еще называются развивающими.

Эффективным направлением учебно-творческой деятельности учащихся являются *игры*. В игре расширяются возможности учащегося, его способности и потенции. Игру определяют как царство рафинированной свободы.

Важным направлением в развитии творческого потенциала учащихся является *обучение умениям решать учебные задачи*, через которые формируются умения и навыки анализировать, разрабатывать проект деятельности, оценивать действия и поступки других, осуществлять рефлексию собственной деятельности, варьировать методы и приемы деятельности с целью достижения поставленных задач [4, 5].

Одним из обязательных условий развития творческого потенциала учащихся является достаточно высокая степень *проблемности* предлагаемых им задач. Проблемность задач и уровень познавательной самостоятельности важно увеличивать так, чтобы не вызвать эффект непосильности как субъективной характеристики. При высокой проблемности учебной задачи большое внимание должно уделяться различным эвристикам: подсказке, дополнительным вопросам и др. В этой связи целесообразным выступает *разработка учащимися задач*, в процессе которой они упражняются в умениях ориентироваться в обстановке, выбирать из многих вариантов самый рациональный, проигрывать его в своем воображении, моделировать ход решения, предусматривать последствия принятого решения. Учащийся учится правильно осуществлять диагностику создавшейся ситуации, которая включает в себя: анализ задачи или ситуации, выяснение причин ее возникновения, условий и характера развития, постановку целей и поиск путей решения задачи и выхода из создавшейся ситуации [6].

Научить видеть проблему, ставить вопрос, связывать теорию с практикой, анализировать задачу – это психолого-педагогическое требование к составлению заданий, которые представляют известную трудность для учащихся и требуют от них творческого поиска.

Важным фактором развития творческого потенциала обучающихся является не только осуществление и учет педагогом их эмоционального состояния, но и включение учащихся в самоанализ собственной эмоциональной сферы. Самоанализ эмоциональных состояний описывается как *рефлексивная практика личности, а рефлексивные способности* – как системообразующий компонент личностного роста. Успешное развитие творческого потенциала учащихся невозможно без обогащения их рефлексивного опыта. Поэтому овладение учащимися *рефлексивными технологиями* в учебно-познавательной деятельности должно занимать важное место [4, 5, 6].

Показателями развития у обучающихся рефлексивных способностей являются:

- 1) уяснение для себя содержания материала, представленного в виде текста (схемы, рисунка);
- 2) владение приемами отработки изучаемого содержания (пересказ своими словами, понимание логики изложения, выделение ключевых понятий усвоенного материала);
- 3) владение приемами систематизации (составление обзоров, резюме, аннотаций, схем, таблиц,

карточек, папок);

4) умение осуществлять логическую квалификацию текста (вычленять факты, теоретические постулаты, объяснительные принципы, выдвигаемые следствия);

5) умение составлять систему проверочных заданий.

Необходимо учитывать при организации занятий, что учащиеся по-разному усваивают учебную и научную информацию и способы оперирования ею: одни – правильно и достаточно быстро овладевают теоретическими положениями и умело применяют их на практике; другие – понимают, но не умеют применить в конкретной ситуации; третьи – с трудом усваивают учебный материал и не всегда понимают его.

Личностно-ориентированное обучение, это не просто учет особенностей субъекта учения, это иная методология организации условий обучения, которая предполагает не «учет», а «включение» его социально-личностных функций или востребование его субъективного опыта.

В настоящее время в среде научной и педагогической общественности широкое распространение получил термин «Личностно-ориентированное обучение». В содержание этого термина, как это часто бывает, вкладывают разный смысл.

Одни видят в нем реализацию индивидуального подхода в обучении через организацию и предъявление учебного материала разного уровня трудности (отсюда деление учеников на сильных, средних и слабых). Другие связывают его с инновационными процессами в образовании, активизирующимися в последние годы в связи с открытием гимназий, лицеев, колледжей, где используются разные формы дифференцированного обучения [7].

Личностно-ориентированный подход к обучению предполагает, что именно личность ученика выступает в качестве субъекта учебной деятельности, она формируется в деятельности и общении с другими людьми и сама определяет характер и особенности протекания этих процессов.

Личностно-ориентированный подход к обучению означает, что все психические процессы, свойства и состояния должны рассматриваться как принадлежащие к конкретному ученику, что они производны, зависят от индивидуального и общественного бытия человека и определяются его закономерностями. Поэтому организация личностно-ориентированного обучения предполагает помимо принятия научной концепции, различающей такие понятия, как «индивидуальный», «дифференцированный», «личностный» подходы к ученику, учет типов образовательных учреждений по целям, конкретным условиям, в которых реализуется отношение к ученику как к творческому субъекту обучения [8].

Организация учебного процесса, методические подходы и решения учителя, использование учебного материала, выбор упражнений должны преломляться через призму личности обучаемого, его потребностей, мотивов, способностей, активности, интеллекта и других индивидуально-психологических свойств. Учитель должен учитывать возрастные, индивидуальные, психологические особенности, уровень базовой подготовки, интересы и способности ученика. Тем самым осуществляется не только учет индивидуально-психологических особенностей учащихся, но и формирование, дальнейшее развитие школьника как личности, его познавательных интересов и избирательного отношения к выбору жизненного пути. Концепция личностно-ориентированного обучения предполагает и наличие соответствующего характера общения учителя с учеником, классом. Каждая учебная задача, предполагаемая учителем, должна быть понятна и принята обучаемым. Личностно-ориентированная школа должна создавать разные стартовые условия для каждого ребенка, независимо от уровня его актуального развития, с момента поступления в школу. Это возможно на базе адаптивной многопрофильной школы, в которой через организацию единой для всех, но разнородной образовательной среды создаются условия для внутренней дифференциации каждого ученика на основе изучения его личностных проявлений.

Личностно-ориентированное обучение означает, что в процессе обучения ставится и решается основная социокультурная задача – формирование всесторонне развитого человека, гармоничной, нравственной личности через активизацию внутренних возможностей ученика. Обучение должно вестись с учетом личностного опыта школьника, его личностных возможностей и способностей. Обучение направлено на личность школьника, «пропускается» через него, его цели, интересы, мотивы, ценностные ориентации [7].

Исходя из целей и задач личностно-ориентированного обучения педагогические технологии должны характеризоваться антропоцентричностью, гуманистической и психотерапевтической направленностью, а образовательные технологии – разносторонними возможностями, позволяющими раскрыть потенциал школьника на основе свободного и творческого развития личности. В рамках



личностно-ориентированных технологий самостоятельными направлениями выделяются гуманно-личностные технологии, технологии сотрудничества, технологии свободного воспитания и т.д. [8].

### Список литературы.

- 1) Сатбалдина С.Т. Формирование исследовательского мышления у учащихся / С.Т. Сатбалдина // Биология в школе. 2007. №4. С.31.
- 2) Эльконин Д.Б. К проблеме периодизации психического развития в детском возрасте / Д.Б. Эльконин // Вопросы психологии. 1971. №4. С.6–20.
- 3) Основы педагогики: учеб. пособие / А.И. Жук [и др.]; под общ. ред. А.И. Жука. Мн.: Аверсэв. 2003. 349 с.
- 4) Давыдов В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. М.: ИНТОР. 1996. 306 с.
- 5) Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения / В.В. Давыдов. М.: Педагогика. 1986. 235 с.
- 6) Давыдов В.В. Виды обобщения в обучении / В.В. Давыдов. М.: Педагогика. 1972. 178 с.
- 7) Алексеев Н.А. Личностно-ориентированное обучение в школе / Н.А. Алексеев. Ростов н / Д: Феникс. 2006. 332 с.
- 8) Якиманская И.С. Личностно-ориентированное обучение в современной школе / И.С. Якиманская. М.: Сентябрь. 1996. 96 с.

## АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ УМК «СФЕРЫ. БИОЛОГИЯ» В ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ

*Поликарпова А.А.*

*Научный руководитель – к.ю.н., доцент Лохотская Л.А.*

*«Если ученик в школе не научился сам ничего творить, то в жизни он всегда будет только подражать, копировать, так как мало таких, которые бы, научившись копировать, умели сделать самостоятельное приложение этих сведений».*

*Л.Н. Толстой.*

Мы живем в условиях неограниченного доступа к учебной информации, в информационном обществе. Однако преимущество в этом обществе получают сегодня те, кто не только обладает большим объемом знаний, но умеет их находить и грамотно использовать для решения профессиональных задач. Современному поколению важно приобрести навыки информационной культуры, отбора, анализа, синтеза и представления информации. Это ставит перед создателями учебной литературы новые задачи. Главная из них – изменение структуры и характера информационно-образовательной среды.

Исторически так сложилось, что в центре информационно-образовательной среды всегда стоял учебник, выполняющий роль основного источника знаний для школьника. Его дополняла учебно-популярная литература, журналы, телепередачи. Подавляющее большинство учебников, используемых сегодня в школе, не вписываются в информационное общество, в котором мы живем, в котором учебник должен эффективно обогащать и дополнять информационно-образовательную среду. Поэтому важно, чтобы он стал интерактивным, превратился из традиционного источника знаний в универсальный «навигатор» по всей системе учебно-методических комплексов (УМК), в инструмент адаптации ученика к возможностям информационно-образовательной среды.

В настоящее время учебник используется в комплекте с тренажером, тетрадью – экзаменатором, лабораторным практикумом. Первый подобный комплект вышел в 2006 г. в серии «Сферы», а на сегодня он прошел апробацию и рекомендован для использования в общеобразовательной школе.

«Сфера» – это проект по разработке и внедрению новой технологии организации учебного процесса с использованием комплекса современных учебно-методических материалов, созданных в единой методологии.

Концепция проекта исходит, прежде всего, из задач модернизации отечественного школьного образования, которые определены ФГОС основного общего образования второго поколения, который внедряется в школы с 2011-2012 учебного года.

– Информационно-образовательная среда проекта «Сферы» – это система образовательных ресурсов на бумажных и электронных носителях, которые объединены едиными методическими принципа-

ми, обеспечивают выполнение требований к содержанию образования на всех уровнях обучения и формируют учебные умения и навыки.

Организация работы с УМК призвана обеспечить соответствие всем компонентам образовательного стандарта и изменить функции участников образовательного процесса, ориентируя ученика на работу с информацией, а учителя – на создание условий для этой работы, ее организацию и управление.

Учебник является ядром комплекта. В нем отражаются все традиционные законы создания учебной книги и все новые подходы к процессу обучения. Мы видим «фиксированный формат» учебника, при котором повторяются структурные элементы каждой темы и каждого урока.

Так, каждая тема открывается «визитной карточкой», которая содержит информацию об уникальных объектах и явлениях в рамках данной темы. Дети с интересом читают эту информацию. Заканчивается тема рубриками «Подведем итоги», «Вопросы, для обсуждения», содержащие проблемные вопросы, дети отвечая на эти вопросы вступают в дискуссии и выбирают темы своих проектов, также рубрикой «Подробнее», в которой приводятся ссылки на дополнительные ресурсы, которыми дети пользуются в своих работах.

Информационное пространство каждого урока организовано в рамках одного разворота книги и включает фиксированный набор структурных элементов. К ним относятся вводные рубрики:

- «Вы узнаете...», определяющая содержательные цели урока.
- «Вспомните...», предназначенная для обеспечения связей внутри темы с другими темами.

Фиксированный формат учебника «Урок – разворот».

Завершается каждый урок вопросами и заданиями, направленными на закрепление материала урока.

Тетрадь-тренажер предназначена для самостоятельной работы ученика. Это пособие представляет собой особый тип рабочей тетради. Внутри тематических разделов задания распределены по видам деятельности и направлены на формирование предметных и метапредметных умений и навыков:

Задания дифференцированы по уровню сложности, и, выполняя их, учащиеся набирают баллы, что является важной мотивационной составляющей в процессе обучения.

Тетрадь-практикум содержит материал для организации программных практических работ по всем темам курса.

Значение тетради-практикума для организации учебного процесса определяют два главных фактора. Во-первых, для выполнения каждой практической работы в тетради-практикуме задан алгоритм, который требует, в свою очередь, связи с другими компонентами УМК. Это достигается благодаря системе ссылок, которые позволяют в ходе работы обратиться к теоретическому текстовому или иллюстративному материалу учебника, электронного приложения или заданию в тетради-тренажере в строгом соответствии с алгоритмом выполнения работы, обеспечивая, таким образом, взаимодействие с другими компонентами информационно-образовательной среды УМК.

Выполнение практических работ предполагает расширение информационно-образовательной среды УМК за счет привлечения ресурсов электронного приложения и сайта интернет-поддержки, а также выход за пределы информационно-образовательной среды УМК.

Тетрадь-экзаменатор – это тоже своего рода рабочая тетрадь, имеющая, однако, иное назначение. Она используется для организации тематического и итогового контроля. В ней приведено по два варианта проверочных работ в тестовой и традиционной форме по каждой теме и такие же варианты проверочной работы по итогам года. По содержанию, форме заданий и форме оформления результатов проверочные работы построены на основе принципов проверки знаний в рамках Единого государственного экзамена, но с учетом возраста учащихся. Это позволяет им уже на начальных этапах обучения по предмету формировать навыки выполнения проверочных заданий и оформлять результаты своей работы в форме тестирования, применяемого на ЕГЭ. С помощью тетради-экзаменатора учитель может оперативно проводить контроль, выбрав типы и варианты проверочных работ.

Электронное приложение к учебнику обеспечивает значительное расширение информационного поля путем вовлечения в учебный процесс широкого набора медиаресурсов. Использование электронного приложения разных типов позволяет задействовать различные виды восприятия информации, вследствие чего повышается эффективность учебного процесса в целом, а интерактивность многих ресурсов электронного приложения способствует развитию познавательной активности учащихся.

Так же в УМК есть сайт интернет – поддержки, который является средой коммуникации, сотрудничества и взаимопомощи участников образовательного процесса. Он предназначен для использования: учащимися, родителями в качестве информационного источника для самообразования и помощи своему ребенку.

В настоящее время Министерством образования и науки Республики Татарстан и издательством «Просвещение» уже второй год проводится апробация данного УМК «Сферы» по биологии в 5-6 классах школ города Казани: МБОУ Лицей № 5, МБОУ Гимназия № 28.

В ходе исследования была выявлена положительная динамика основных параметров, влияющих на учебный и познавательный процесс в экспериментальных классах (таблица 1)

Таблица 1. – Достигнутые результаты.

№	Параметры	2013/2014 учебный год	2014/2015 учебный год	Изменения
1.	Качество знаний	Увеличилось на 3,9%	Увеличилось на 4,6%	Увеличилось на 0,7%
2.	Участие в исследовательской деятельности	Увеличилось на 27%	Увеличилось на 80%	Увеличилось на 53%
4.	Уровень тревожности на уроке	Уменьшился на 12%	Уменьшился на 61%	Уменьшился на 49%

Полученные результаты свидетельствуют о полном соответствии УМК «Сферы. Биология» требованиям ФГОС ООО второго поколения и способствуют формированию у учащихся основных компетенций:

- общекультурная компетенция (владение языком культуры, способами познания мира, способность ориентироваться в пространстве культуры);
- социально-трудовая компетенция (способность эффективно действовать в процессе трудовой деятельности);
- коммуникабельная компетентность (формирование готовности и способности понимать другого человека, эффективно строить взаимодействие с людьми);
- компетенции в сфере личностного самоопределения (формирование опыта самопознания, осмысление своего места в мире, выбора ценностных, целевых, смысловых установок для своих действий).

#### Список литературы.

- 1) Антонова А.А., Волкова Л.А. УМК «Сферы. Биология» М. «Просвещение». 2012. С.15–38.
- 2) Интернет-ресурс: Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx?CatalogId=2588>. (дата обращения: 18.01.2015).

## МОДЕЛЬ ВОСПИТАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ УЧАЩИХСЯ

*Рахимуллина Л.Р.*

*Научный руководитель – к.н. (доцент) Абдрашитова И.В.*

Актуальной проблемой современного времени является вопрос взаимоотношения человека и природы.

Антропогенное воздействие на природную среду, вызвано научно – техническим прогрессом, негативно влияет на природу. Потребительское отношение, экологическая безграмотность, наносят непоправимый ущерб природному сообществу. Человечество, в век стремительно развивающегося прогресса, когда разум людей достиг высочайших технологий в науке, технике, медицине, космосе, накапливает все больше и больше пробелов в экологических знаниях. Большинство людей нашей цивилизации совершенно лишены всяких экологических знаний и навыков [1].

Средний школьный возраст является сенситивным периодом для начала формирования многих базовых качеств личности, в том числе и для развития экологической компетентности ребёнка.

Экологическая компетенция – это результат экологического образования.

Экологическая компетенция – интегративное качество личности, определяющее ее способность действовать в системе «человек-общество-природа» в соответствии с усвоенными экологическими знаниями, умениями, навыками, с убеждениями, мотивами, ценностными представлениями, экологически значимыми личными качествами и практическим опытом экологической деятельности. Компетентность характеризуется способностью решать разного уровня проблемы и задачи, возникающие в

жизненных ситуациях, на основе сформированных ценностей и мотивов, знаний, учебного и жизненного опыта, индивидуальных особенностей, наклонностей, потребностей [3, с.5].

Целью данного эколого-образовательного исследования: теоретически обосновать и практически реализовать педагогическую деятельность по формированию экологической компетенции учащихся средних классов в процессе внеклассной деятельности.

*Для осуществления данной цели были поставлены задачи:*

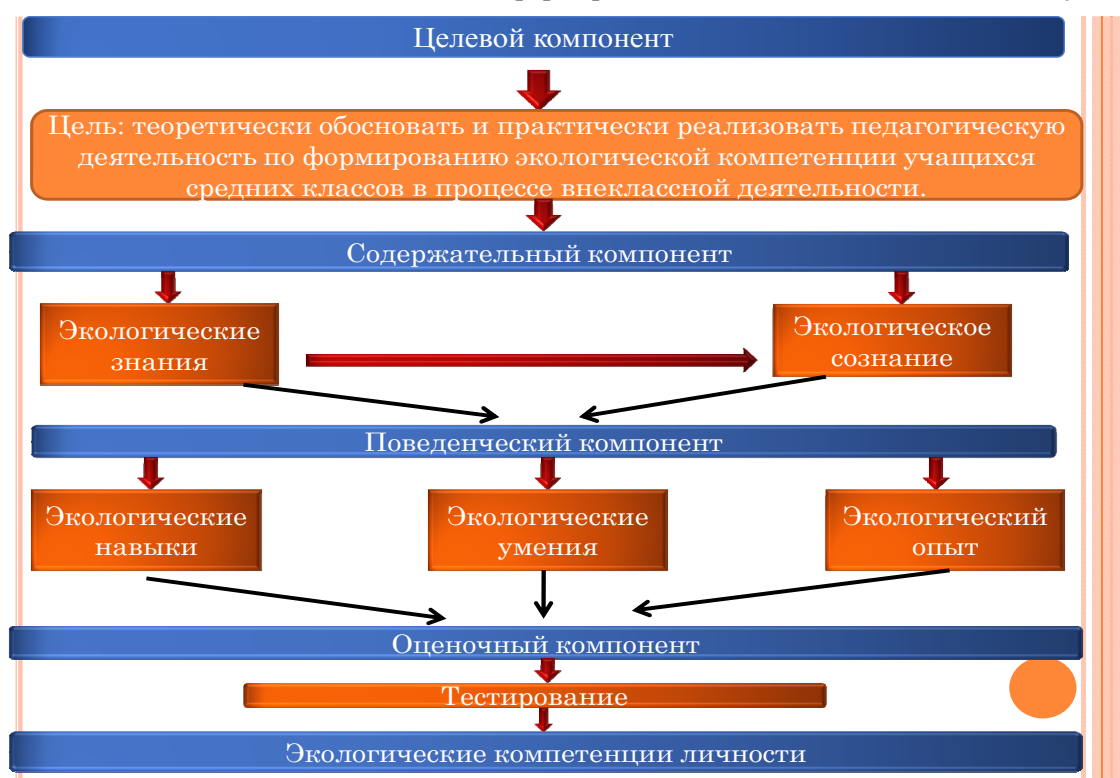
1. Изучить и провести анализ эколого-педагогической и методической литературы по проблеме формирования экологической компетенции учащихся.
2. Разработать модель «Формирования экологической компетенции учащихся современной школы».
3. Реализовать модель «Формирования экологической компетенции учащихся современной школы» в процессе внеклассной деятельности.

Формирование экологической компетенции учащихся средних классов будет эффективной при условиях:

- участия в экологической, исследовательской и практической работе в процессе внеклассной деятельности;
- усиления экологического воспитания в процессе творческой деятельности в рамках внеклассных мероприятий;
- реализации модели воспитания экологической компетенции учащихся современной школы [2].

Модель представлена целевым, содержательным, поведенческим и оценочным компонентами системы.

Таблица 1. – Модель формирования экологической компетенции учащихся.



**Целевой компонент** включает обоснование эколого-образовательного проекта.

**Содержательный компонент** включает блок экологических знаний, которые будут способствовать формированию экологического сознания учащихся.

В данный блок были включены классные часы, просмотр и обсуждение экофильмов, брейн-ринг и т.д.

В результате были сформированы компетенции в сфере мировоззрения, связанные с ценностными ориентирами ученика, его способностью видеть и понимать окружающий мир, ориентироваться в нём.

**Поведенческий компонент** системы включает мероприятия развивающие экологические навыки, умения и опыт, который приобретают учащиеся в процессе освоения экологических знаний, который формируются на творческих занятиях.

В этот блок включены практические занятия, подготовка к выставке, оформление стенгазеты и т.д.

Были сформированы компетенции:

– Компетенция, обеспечивающая осознание целостности окружающего мира, освоение основ экологической грамотности, элементарных правил поведения в мире природы, норм поведения в природной среде.

– Компетенции в ориентации и экологической деятельности в природной среде (в лесу, в поле, на водоёмах и др.).

– Компетенции, формирующие практические навыки и умения.

**Оценочный компонент** системы позволяет оценить динамику экологической воспитанности учащихся и распределить учащихся на высокий, средний и низкий уровни.

В связи с чем было проведено тестирование учащихся.

Результаты указывают, что высокий уровень участников контрольной группы составил 50%, у экспериментальной – 30%.

На среднем уровне контрольной группы – 33,3% участников педэксперимента, экспериментальной – 58,8%, на низком уровне контрольной группы – 16,7%, экспериментальной – 11,8%.

После проведения экологических мероприятий и последующего тестирования было выявлено что на высоком уровне в контрольной группы – 55,5%, в экспериментальной группе – 94,1%, на среднем уровне в контрольной – 34,2%, в экспериментальной – 5,9%, на низком уровне у контрольной – 10,3%, у экспериментальной группы не наблюдается.

Таким образом, представленные статистические данные, дают основания говорить о том, что организация учебно-воспитательного процесса учащихся в образовательном пространстве школы, на основе разработанной модели формирования экологической компетенции учащихся среднего звена современной школы, позволяет решить вопрос становления экологической культуры личности.

#### Список литературы.

- 1) Абдрашитова И.В. Практикум по общей экологии (методические указания к практическим занятиям по общей экологии). Казань: «Бриг». 2008. 48 с.
- 2) Абдрашитова И.В. Дневник полевой практики по общей экологии (методическое пособие по проведению полевой практики). Казань: «Бриг». 2009. 240 с.
- 3) Алексеев С.В. Экологическое образование в базовой школе. СПб.: Специальная литература. 1999. 180 с.

## БРЮХОНОГИЕ МОЛЛЮСКИ (GASTROPODA) МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ДРОЖЖАНОВСКОГО РАЙОНА РТ

*Фадеева А.В.*

*Научный руководитель – ассистент Голиков А.В.*

Брюхоногие моллюски (Gastropoda) являются важным компонентом пресноводных экосистем. Часто они достигают значительных величин биомассы и численности [1]. Эти моллюски играют важную роль в круговороте минеральных веществ. Карбонат кальция входит в состав раковины моллюсков. Помимо того, они служат пищей для обитателей водоемов. Гастроподы являются промежуточными хозяевами многих гельминтов человека и сельскохозяйственных животных [2, 3]. Таким образом, водные моллюски имеют важное значение в биоценозах.

По литературным данным, в Среднем Поволжье отмечаются 2 подкласса пресноводных гастропод. Из подкласса переднежаберных (*Pectinibranchia*) в регионе присутствуют 25 видов: отряд *Neritopsiformes*, семейство *Neritidae*; отряд *Vivipariformes*, семейства *Viviparidae* и *Valvatidae*; отряд *Rissoiformes*, семейства *Lithoglyphidae* и *Bithyniidae*. Из подкласса легочных (*Pulmonata*) в регионе присутствуют 70 видов: отряд *Succineiformes*, семейство *Succineidae*; отряд *Lymnaeiformes*, семейства *Acroloxidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Bulinidae* и *Planorbidae*. Таким образом, всего в Среднем Поволжье предполагается 95 видов, из них 90 способны обитать в малых водоемах [1, 4]. Территория Дрожжановского района Республики Татарстан до сих пор мало изучена в этом отношении. Этот район представляет собой крайнюю юго-западную часть заволжья Татарстана и является Среднесви-

яжским возвышенно-равнинным регионом типичной лесостепи [5]. Целью нашей работы было изучить фауну брюхоногих моллюсков в малых водоемах Дрожжановского района РТ.

Сбор моллюсков производился на следующих малых водоемах: безымянная речка возле села Алёшкин-Саплык, Малая Цильна и приток Старой Цильны. Пробы отбирались в конце июля и в начале августа, в сухую ясную погоду. Всего было собрано 69 экземпляров. Вид моллюсков устанавливался по стандартным определителям [1,4]. Проводились промеры раковин, с каждой раковины снимались 3 измерения: высота всей раковины, высота завитка и высота устья (рис. 1). В пределах вида для всех промеров рассчитывались минимальное, максимальное и среднее значение, а также ошибка среднего. Рассчитано процентное соотношение высоты завитка и высоты устья к высоте раковины. Для оценки аллометрического роста раковин моллюсков построены регрессионные модели вида  $y=ax^b$ . Для сравнения видового состава исследуемых биотопов по видовому составу рассчитывались индексы видового сходства по Жаккару и Чекановскому-Серенесену [6].

Согласно нашим данным, в малых водоемах Дрожжановского района встречаются 3 вида пресноводных гастропод, только представители подкласса *Pulmonata*. Это *Lymnaea intermedia* Lamarck, 1882 и *L. truncatula* (Mueller, 1774) из отряда *Lymnaeiformes* и *Oxyloma pfeifferi* Rossmäessler, 1835 из отряда *Succineiformes*. Самым многочисленным видом был *L. intermedia*, собрано 65 экземпляров. Высота раковины составляла 1,1-12,0 мм, в среднем 6,03 мм (таб. 1). Отношение высоты завитка к высоте раковины составляло в среднем 33,5%, а высоты устья к высоте раковины – в среднем 65,7%. В онтогенезе вида высота завитка растет со слабо выраженной положительной аллометрией, а высота устья – со слабо отрицательной. Это значит, что у более мелких, молодых экземпляров устье относительно больше, а завиток – относительно меньше, чем у более крупных и взрослых. В обоих случаях зависимости имеют вид прямой, и коэффициент детерминации близок к единице (т.е., полученные зависимости достоверны на высоком уровне).

*L. truncatula* был самым редко встречающимся из обнаруженных видов брюхоногих моллюсков. Обнаружен всего 1 экземпляр с высотой раковины 4,7 мм. Отношение высоты завитка к высоте раковины составляло 57,5%, а высоты устья к высоте раковины – 48,9%. Этот вид улиток является главным промежуточным хозяином печеночного сосальщика (*Fasciola hepatica* L., 1758). Печеночный сосальщик – опасный паразит сельскохозяйственных животных, поражает печень, желчные ходы и желчный пузырь [3]. В пределах Татарстана имеется 5 зон распространения фасциолеза, Дрожжановский район относится к 4-ой зоне по интенсивности, зоне периодических вспышек болезни. В отдельные годы зараженными бывают до 10% популяции крупного рогатого скота [7]. Но по нашим данным *L. truncatula* здесь крайне редок. Последним из отмеченных видов является *O. pfeifferi*. Данный вид отмечен в прибрежной зоне водоемов на водной растительности или растительности, торчащей из воды. У исследованных экземпляров высота раковины составила 8,0-11,9 мм, в среднем 9,88 мм.

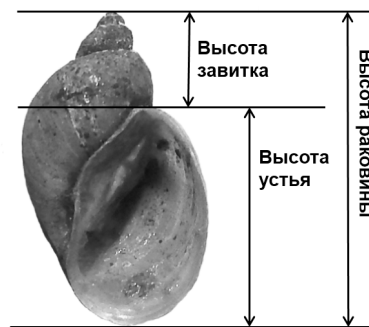


Рисунок 1. – Промеры раковин (на примере *Lymnaea intermedia*).

Таблица 1. – Размеры раковины *Lymnaea intermedia*

Промеры	Минимум, мм	Максимум, мм	Среднее значение, мм	Ошибка среднего, мм
Высота раковины, мм	1,10	12,00	6,03	0,60
Высота завитка, мм	0,30	5,00	2,08	0,25
Высота устья, мм	0,70	8,00	3,93	0,38
Высота завитка/ высота раковины, %	21,31	43,59	33,46	0,62
Высота устья/ высота раковины, %	35,29	78,69	65,74	0,82

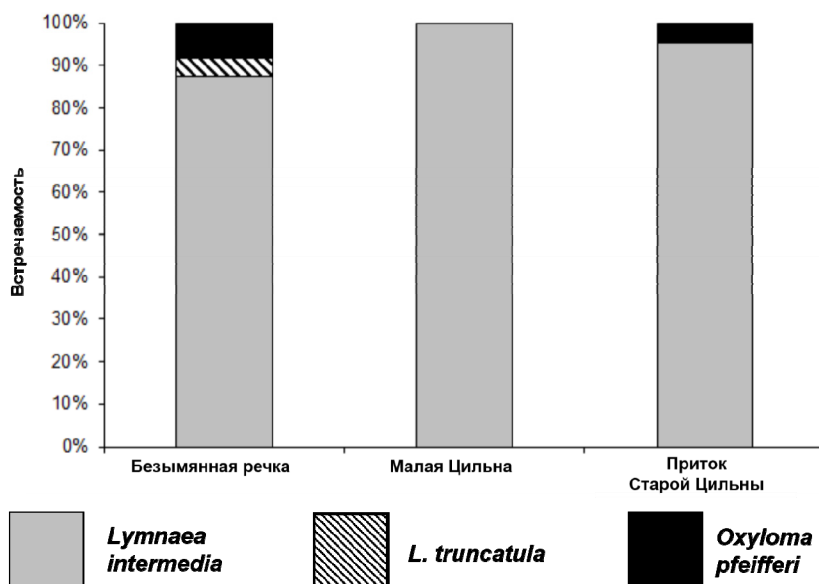


Рисунок 2. – Встречаемость брюхоногих моллюсков в малых водоемах Дрожжановского района РТ.

По видовому составу и количеству собранных экземпляров, все исследованные биотопы были весьма схожи друг с другом. Наиболее богатым биотопом в видовом отношении была безымянная речка, где встречено 3 вида моллюсков. Основным видом во всех биотопах является *L.intermedia*. В старой Цильне и безымянной речке отмечена так же *O.pfeifferi*, предположительно обитающая во всех трех исследованных биотопах, но в гораздо меньшем количестве, чем *L.intermedia*. *L.truncatula* предпочитает пересыхающие водоемы [1, 4], и был обнаружен только в прибрежной части безымянной речки. При попарном сравнении точек между собой, из двух индексов видового сходства, индекс по Чекановскому-Серенсену всегда был больше, чем по Жаккару. Но в целом, индексы оказались относительно слабо достоверными, так как всего отмечено только 3 вида. Эти виды встречаются также в соседних с Татарстаном регионах – Удмуртская Республика, Самарская и Ульяновская области [8-10].

### Список литературы.

- 1) Старобогатов Я.И., Прозорова Л.А., Богатов В.В., Саенко Е.М. Моллюски // Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.6. Моллюски, Полихеты, Немертины. СПб.: Наука. 2004. С.9–493.
- 2) Цихон-Луканина Е.А. Трофология водных моллюсков. М.: Наука. 1987. 176 с.
- 3) Буруковский Р.Н. Зоология беспозвоночных: учебное пособие. СПб.: Проспект Науки. 2010. 960 с.
- 4) Старобогатов Я.И. Класс Брюхоногие моллюски Gastropoda // Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат. 1977. С.152–175.
- 5) Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Казань: Изд-во Казан. ун-та. 2000. 496 с.
- 6) Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Вышэйшая школа. 1967. 328 с.
- 7) Тимербаева Р.Р. Фасциозез крупного рогатого скота в Республике Татарстан (эпизоотология, диагностика и терапия). Дисс. на соискание ученой степени канд. вет. наук. Нижний Новгород. 2003. 167 с.
- 8) Игнаткин Д.С. Видовое разнообразие малакофауны и ее роль в формировании очагов трематодозной инвазии на территории Ульяновской области. Дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. Ульяновск. 2007. 154 с.
- 9) Михайлов Р.А. Видовой состав пресноводных моллюсков водоемов Среднего и Нижнего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т.16. №5(5). С.1765–1772.
- 10) Холмогорова Н.В., Каргапольцева И.А., Винарский М.В., Лазуткина Е.А. Материалы к фауне пресноводных брюхоногих моллюсков (Mollusca: Gastropoda) Удмуртской Республики // Вестник Удмуртского Университета. 2012. Серия 6. Вып. 2. С.47–55.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ФЛОГОТРОПНОЙ И АНАЛЬГЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГАЛОПЕРИДОЛА**

*Байысбеков К.Б., Конг Х.Х.*

*Научные руководители – к.м.н., доцент кафедры фундаментальной и клинической фармакологии ИФМиБ Хазиахметова В.Н., д.м.н., профессор Зиганшина Л.Е.*

В последние годы концепция о том, что нейровоспаление играет основную роль в патогенезе многих нейродегенеративных заболеваний была расширена и распространена на типичный эндогенный психоз, шизофрению и большую депрессию. Доказательством этой концепции являются данные об увеличении уровня медиаторов воспаления, включая цитокины, в периферической крови таких пациентов и патологическая активация глиальной ткани у больных с патологией центральной нервной системы. Это позволяет предполагать, что психотропные препараты, такие как антидепрессанты, нейролептики и каннабиноиды обладают антинейровоспалительными свойствами [1, 2].

Возможно, противовоспалительная активность некоторых психотропных лекарственных средств позволит использовать их в качестве средств профилактики нейродегенеративной деменции, включая болезнь Альцгеймера, патогенез которой включает в себя хроническое воспаление [3].

В связи с этим наше внимание привлек типичный нейролептик галоперидол – производное бутирофенона. Изучение влияния нейролептиков на воспаление является весьма актуальным, так как подавление нейровоспаления рассматривается в качестве одного из механизмов развития психических заболеваний, в том числе шизофрении. Задачей нашего исследования стало изучение противовоспалительной активности галоперидола при резорбтивном действии.

Эксперименты были проведены на 65 белых лабораторных крысах обоего пола массой 150-230 г. Животных содержали в виварии в стандартных условиях. Исследования проводили в соответствии с правилами качественной лабораторной практики (GLP) при проведении доклинических исследований в РФ [4], а также правилами и Международными рекомендациями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых при экспериментальных исследованиях [5].

Для оценки резорбтивного лечебно-профилактического действия галоперидола на острое воспаление использовали общепринятую модель воспаления – субплантарные инъекции каррагенина-лямбда (Sigma) в задние лапы в объеме 0,1 мл 1% раствора [6]. Величину отека определяли плетизмометром Ugo Basile (Италия) по разности объема лапы до введения провоспалительного агента и через 1, 2, 3, 6 и 24, 72 ч после его введения.

В первой серии эксперимента было изучено флогогенное действие галоперидола при длительном лечебно-профилактическом введении: лекарственное средство вводили внутривентрикулярно один раз в день с помощью специального зонда в течение 7 дней, в диапазоне терапевтических доз (минимальная терапевтическая доза, средняя терапевтическая доза, максимальная терапевтическая доза): 0,1 мг/кг, 0,3 мг/кг, 1 мг/кг (Мосхимфармпрепараты им. Н.А. Семашко, Россия). Последнее введение лекарственного средства осуществляли однократно сразу после моделирования воспаления.

Во второй серии эксперимента было изучено профилактическое действие галоперидола при однократном внутривентрикулярном введении за 1 час до моделирования каррагенинового отека в пределах тех же терапевтических доз.

Растворы готовили на дистиллированной воде, таким образом, что всем животным вводили 1 мл раствора на 100 г массы тела. Животным контрольной группы вводили дистиллированную воду в соответствующих объемах.

Порог болевой чувствительности оценивали на приборе анальгиземетр «Analgesy-meter 37215», (Ugo Basile, Италия) путем давления нарастающего веса на воспаленную лапу крысы, который измерялся в граммах до введения каррагенина и через 2, 24 и 48 ч после его введения.

Результаты исследования обработаны с помощью программы Statistica 511, представлены как  $M \pm s$  ( $M$  – среднее значение,  $s$  – среднее квадратичное отклонение), для оценки достоверности различий выборок, имеющих нормальное распределение, применяли  $t$ -критерий Стьюдента. Для оценки нормальности распределения использовали тест Шапиро-Уилка. За достоверные принимали различия при уровне вероятности 95% и более ( $p \leq 0,05$ ).



Субплантарная инъекция каррагинина способствовала увеличению объема лап крыс в группе контроля максимально на 50-55% по сравнению с исходным уровнем (до введения каррагинина) на сроке 3 часа после введения провоспалительного агента.

Галоперидол при лечебно-профилактическом 7 дневном введении внутрь у крыс не проявлял противовоспалительного действия – не снижал величину отека, вызванного субплантарным введением каррагинина. Напротив, при длительном наблюдении за интенсивностью воспалительной реакции установлено, что галоперидол способствовал увеличению воспалительной реакции. Так, галоперидол в дозе 0,3 мг/кг на сроке 48 часов достоверно способствовал увеличению объема лап на 78% по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ). Галоперидол в дозе 1,0 мг/кг способствовал увеличению объема лап на сроке 48 часов после введения каррагинина на 111% по сравнению с контролем ( $p < 0,05$ ). На других сроках галоперидол в дозах 0,3 и 1,0 мг/кг достоверно не влиял на величину отека. При изучении галоперидола в дозе 0,1 мг/кг флоготропный эффект на всех исследуемых сроках не установлен (таблица 1).

При исследовании анальгетической активности на фоне каррагининового воспаления при лечебно-профилактическом 7-дневном введении исходную величину порога болевой чувствительности крыс принимали за 100%. Установлено, что галоперидол в дозе 0,1 мг/кг не влиял на порог болевой чувствительности крыс. Галоперидол в дозе 0,3 мг/кг на сроке 48 часов после моделирования воспаления увеличивал порог болевой чувствительности на 68% по сравнению с контролем ( $p = 0,05$ ). Анальгетическое действие галоперидола в дозе 1 мг/кг проявлялось в период максимального развития отека – на сроке 3 часа после введения каррагинина увеличением порога болевой чувствительности на 79% по сравнению с контролем ( $p = 0,05$ ) и на сроке 48 часов – на 59% по сравнению с контролем ( $p = 0,03$ ).

Отсутствие противовоспалительной активности на модели каррагининового отека лап крыс и одновременное анальгетическое действие галоперидола свидетельствуют о центральном происхождении антиноцицептивной активности нейролептика при длительном введении.

При изучении флоготропной активности нейролептика при однократном введении внутрь установлено, что галоперидол в дозе 0,1 мг/кг, так же как и при 7 дневном лечебно-профилактическом введении не влиял на интенсивность отечной реакции на всех исследуемых сроках. Галоперидол в дозе 0,3 мг/кг, также как и при длительном введении, способствовал увеличению интенсивности воспалительной реакции, только на более ранних сроках исследования: интенсивность отека на сроке 3 часа была больше, чем в контроле на 42% ( $p = 0,05$ ) и на сроке 4 часа – на 29% ( $p = 0,03$ ). При длительном наблюдении (до 72 часов) за интенсивностью воспалительной реакции лап крыс на фоне однократного введения галоперидола в дозе 1 мг/кг обнаружена тенденция к проявлению противовоспалительной активности на сроке 24 часа ( $p = 0,06$ , уменьшение выраженности отека на 30% по сравнению с контролем) (таблица 2).

Таким образом, на модели острого каррагининового отека лап крыс при длительном и однократном введении внутрь установлено провоспалительное действие галоперидола. Галоперидол при лечебно-профилактическом 7-дневном введении внутрь при моделировании каррагининового отека способствовал увеличению порога болевой чувствительности крыс.

Таблица 1. – Прирост объема лап крыс, вызванный субплантарным введением каррагинина (1%), на фоне внутрижелудочного 7-дневного лечебно-профилактического введения галоперидола на различных сроках (% прироста объема лапы;  $n = 10$ ,  $M \pm s$ ).

№	Группа	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	6 часов	24 часа	48 часов
1	Контроль	25,1 ± 11,8	45,2 ± 21,7	52,3 ± 14,9	46,2 ± 11,5	43,0 ± 10,4	29,1 ± 10,3	18,1 ± 13,8
2	Галоперидол 0,1 мг/кг	30,2 ± 16,9	48,1 ± 24,6	63,3 ± 25,3	54,1 ± 22,9	49,2 ± 20,3	35,4 ± 12,5	24,1 ± 15,8
3	Галоперидол 0,3 мг/кг	21,2 ± 12,8	41,0 ± 21,5	53,4 ± 23,3	56,3 ± 21,8	52,8 ± 20,4	38,7 ± 15,3	32,2 ± 11,8*
4	Галоперидол 1,0 мг/кг	18,1 ± 10,6	32,2 ± 17,6	43,4 ± 20,8	49,1 ± 21,4	47,6 ± 17,2	34,8 ± 10,9	38,1 ± 13,4*

Примечание: \* –  $p \leq 0,05$  по сравнению с контролем

Таблица 2. – Прирост объема лап крыс, вызванный субплантарным введением каррагинена (1%), на фоне однократного внутривенного введения галоперидола на различных сроках (% прироста объема лапы; n=6, M+s).

№	Группа	1 час	2 часа	3 часа	4 часа	6 часов	24 часа	48 часов	72 часа
1	Контроль	16,5 ±12,4	53,9 ±27,4	55,1 ±25,7	57,1 ±19,7	58,7 ±21,8	58,7 ±16,7	39,2 ±14,97	19,6 ± 11,7
2	Галоперидол 0,1 мг/кг	23,1 ±9,5	52,4 ±8,3	67,0 ±13,6	60,6 ±10,34	62,1 ±14,44	55,4 ±14,2	35,5 ±14,98	16,5 ±9,6
3	Галоперидол 0,3 мг/кг	19,1 ±6,5	60,9 ±12,1	78,7 ±6,5*	74,1 ±12,8*	69,5 ±17,36	58,8 ±17,5	36,0 ±11,7	19,9 ± 12,7
4	Галоперидол 1,0 мг/кг	19,4 ±16,8	34,8 ±26,9	48,6 ±34,9	46,1 ±25,7	45,5 ±23,3	44,3 ±22,1	27,4 ±9,26	25,9 ±7,9

Примечание: \* –  $p < 0,05$  по сравнению с контролем, ^ –  $p = 0,06$  по сравнению с контролем

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности.*

### Список литературы.

- 1) Hashioka S. Anti-Neuroinflammatory effects of Psychopharmaceuticals: Further than Monoamine Modulators // Mini-Reviews in Medicinal Chemistry. 2011. V.11(7). P.553–554.
- 2) Хазиахметова В.Н., Зиганшина Л.Е. Противовоспалительные свойства антидепрессантов (Обзор результатов экспериментальных исследований) // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2012. 75 (11). С.38–43.
- 3) Hashioka S, McGeer PL, Monji A, Kanba S. Anti-inflammatory effects of antidepressants: possibilities for preventives against Alzheimer's disease // Cent Nerv Syst Agents Med Chem. 2009. V.9(1).P.9–12.
- 4) Об утверждении Правил лабораторной практики: Приказ минздравсоцразвития РФ от 23 августа 2010 г. N 708н: зарегистр. в Минюсте Рос. Федерации 13 октября 2010 г. N 18713 // Рос.газ. 2010. 22 октября.
- 5) Интернет-ресурс: Европейская конвенция «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях». 1986. <http://www.lawmix.ru/abro.php?id=11036> (дата обращения: 29.04.2014).
- 6) Тринус Ф.П., Клебанов Б.М., Кондратюк В.И. Методические рекомендации по экспериментальному (доклиническому) изучению нестероидных противовоспалительных фармакологических веществ. 1983. 16 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ АРТРИТА АДЬЮВАНТОМ ФРЕЙНДА С ОЦЕНКОЙ МЕСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОРАЖЕННЫХ КОНЕЧНОСТЕЙ МЕТОДОМ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОМЕТРИИ

*Конг Х.Х., Байысбеков К.Б., Торобеков Ш.Ж.*

*Научные руководители – к.м.н., доцент кафедры фундаментальной и клинической фармакологии ИФМиБ Хазиахметова В.Н., д.м.н., профессор Зиганшина Л.Е.*

Ревматоидный артрит представляет собой системное воспалительное аутоиммунное заболевание, которое характеризуется хроническим и симметричным воспалением суставов, что приводит к разрушению сустава, хроническим болям, потере функции и инвалидности [1, 2]. Это заболевание поражает примерно 1% население во всем мире [3]. В лечении ревматоидного артрита широко применяют стероидные и нестероидные противовоспалительные средства (НПВС). Все эти лекарства характеризуются серьезными побочными эффектами, что делает актуальным изыскание новых эффективных и безопасных противовоспалительных средств [4].

Модель адьювантного артрита используют для оценки противовоспалительной активности потенциальных новых лекарственных средств необходимых для лечения ревматоидного артрита, артроза и других хронических воспалительных заболеваний опорно-двигательного аппарата [5].

Известно, воспаление – это сложная защитно-приспособительная реакция организма на повреждение, проявляющаяся отеком, покраснением, повышением местной температуры, болью и нарушением функции [6]. Однако при изучении литературы мы не нашли работы, где характеризуют развитие отека вместе с изменением температуры лап животного. В связи с этим целью нашего исследования стало воспроизведение модели адьювантного артрита у крыс с изучением изменений температуры кожи вентральной поверхности лап крыс.

Эксперимент проведен на 16 беспородных крысах самцах массой  $300 \pm 10,3$  г. Подопытных животных содержали в условиях вивария (с естественным режимом освещения; при температуре  $22-24^{\circ}\text{C}$ ; относительной влажности воздуха 40-50%) с использованием стандартной диеты (ГОСТ Р 50258-92). Исследования проводили в соответствии с правилами качественной лабораторной практики (GLP) при проведении доклинических исследований в РФ [7], а также правилами и Международными рекомендациями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых при экспериментальных исследованиях (1986).

Животных разделили на 2 группы:

Группа 1: Интактные животные – 8 крыс.

Группа 2: Экспериментальная (моделирование артрита) – 8 крыс.

Отек вызывали субплантарной инъекцией (под подошвенный апоневроз) в заднюю левую лапу крысы 0,1 мл полной суспензии адьюванта Фрейнда (Freund's Adjuvant, complete-cell suspension, Sigma-aldrich). Выраженность отека оценивали путем измерения объема лап животных с помощью плетизмометра 37140 (UgoBasile, Италия). Измерения задней левой лапы производили до индукции отека (исходный объем), через 3, 7, 14, 21 и 28 дней после субплантарного введения адьюванта Фрейнда. Интенсивность вторичного артрита оценивали по изменению объема контралатеральной (задней правой) лапы крыс до индукции отека (исходный объем) и через 7, 14, 21 и 28 дней после субплантарного введения адьюванта Фрейнда. Лапу животных погружали в камеру плетизмометра до тиботарзального сустава. Интенсивность отека оценивали по проценту прироста объема лапы. Объем лапы животного до введения каррагинина, считали исходным и принимали за 100%.

$\%$  прироста объема лапы = [(объем после введения каррагинина в соответствующий момент времени – исходный объем) / исходный объем] \* 100.

Измерение температуры вентральной поверхности каждой стопы животных проводили с помощью инфракрасного термометра TW2 на сроках 7-е, 14-е, 19-е, 21-е и 23-е сутки после введения адьюванта Фрейнда.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью программы Microsoft Office Excel 2010 с вычислением средней арифметической  $M$ , ее стандартного отклонения  $\delta$  и стандартной ошибки  $m$ . Для оценки достоверности различий выборок, имеющих нормальное распределение, применяли параметрический  $t$ -критерий Стьюдента. Для оценки нормальности распределения использовали тест Шапиро-Уилка. За достоверное принимали различие при уровне вероятности 95% и более ( $p \leq 0,05$ ).

*Первичный артрит (задняя левая лапа крыс):* на 3-й день после субплантарного введения адьюванта Фрейнда, у всех животных на месте инъекции (левая лапа) развилась местная воспалительная реакция, проявляющаяся гиперемией и отеком. Объем задней левой лапы крыс увеличился на 83%, 78%, 48%, 39% и 15,3% соответственно на сроках: 3-и, 7-е, 14-е, 21-е и 28-е сутки после введения адьюванта Фрейнда. Максимальное развитие адьювантного артрита у крыс наблюдалось на 3-и сутки после индукции отека. Воспалительный процесс сохранялся до 28-го дня исследования и составлял 15,3% прироста от исходного объема (рис. 1).

*Вторичный реактивный артрит (задняя правая лапа крыс):*

Субплантарное введение адьюванта Фрейнда под подошвенный апоневроз задней левой лапы, на 7-й день эксперимента вызывало возникновение у животных воспалительной реакции в виде гиперемии и отека контралатеральной – правой лапы. Объем задней правой лапы крыс увеличивался на 8%, 1% и 4% соответственно на сроках 7-е, 14-е и 21-е сутки после введения адьюванта Фрейнда. Таким образом, максимальное развитие вторичного адьювантного артрита у крыс наблюдалось на 7-е сутки после индукции отека. Объем задней правой лапы крыс вернулся к исходному значению на 28-й день исследования (рис. 2).

*Измерение температуры:* Первичный артрит на левой лапе, вызванный субплантарным введением адьюванта Фрейнда сопровождался следующими изменениями температуры поверхности кожи на данной лапе: на 7-й день исследования наблюдалось незначительное увеличение на 14% ( $p=0,01$ ) по сравнению с группой контроля (интактные крысы). На 21-й и 23-й дни эксперимента, по мере снижения отека задней левой лапы происходило снижение температуры поверхности кожи на данной лапе по сравнению с интактными крысами на 4% и 11% ( $p=0,03$  и  $0,04$ ) соответственно (рис. 3).

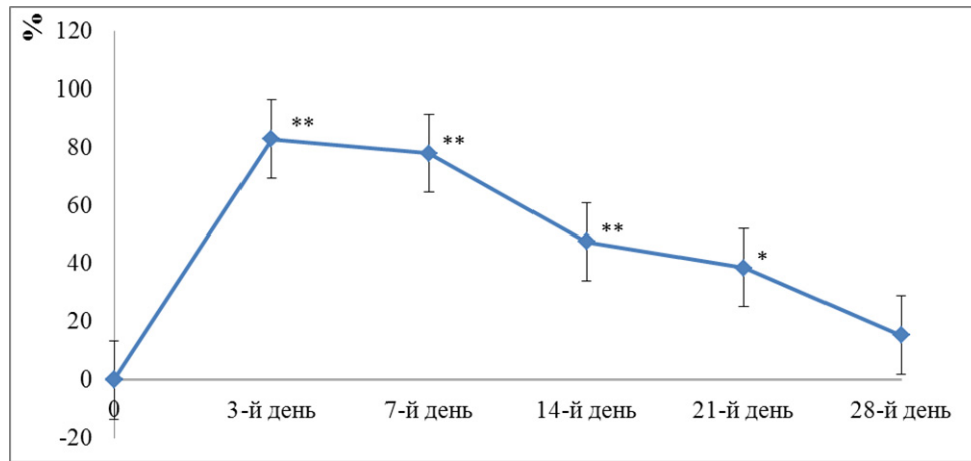


Рисунок 1. – Процент прироста объема левой лапы крыс (первичный артрит), вызванный субплантарным введением адьюванта Фрейнда во времени (на графике представлено средняя арифметическая и стандартное отклонение; \*\*–  $p \leq 0,01$ , \*–  $p \leq 0,05$  по сравнению с исходным объемом лапы).

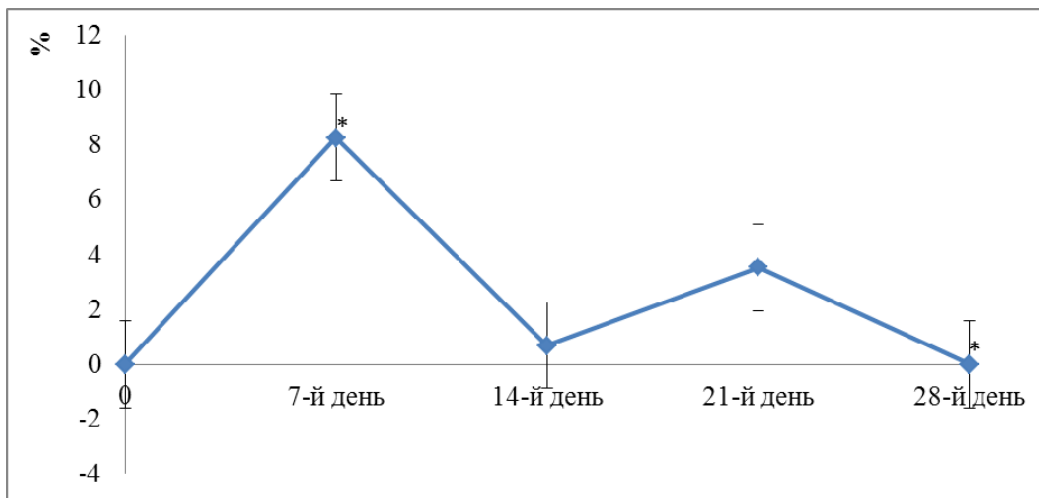


Рисунок 2. – Процент прироста объема правой лапы крыс (контралатеральной), вызванный субплантарным введением адьюванта Фрейнда в динамике (на графике представлено средняя арифметическая и стандартное отклонение \*–  $p \leq 0,05$  по сравнению с исходным объемом лапы).

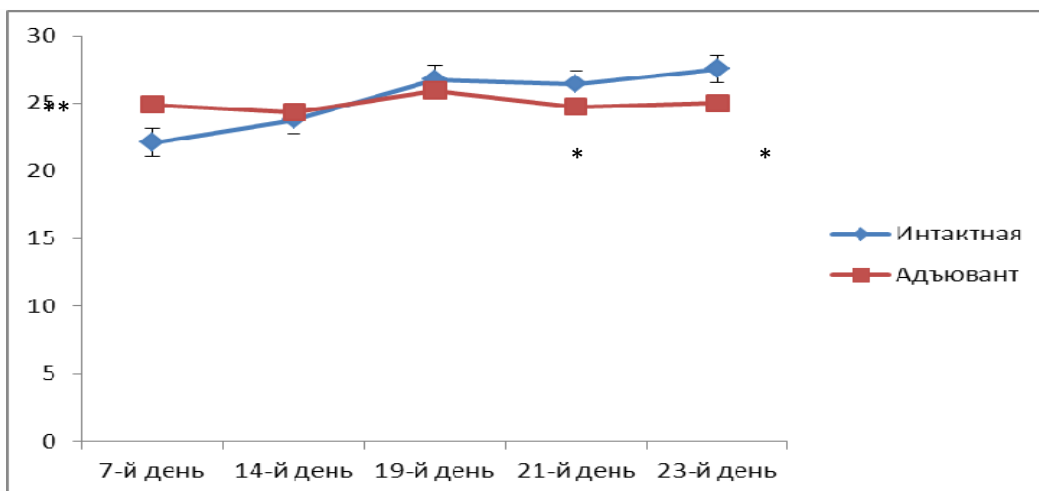


Рисунок 3. – Температура кожи вентральной поверхности задней левой лапы (первичный артрит) крыс в динамике (на графике представлено средняя арифметическая и стандартное отклонение \*\*–  $p \leq 0,01$ ; \*–  $p \leq 0,05$  по сравнению с группой контроля (интактные крысы)).

На 7-й день исследования – день максимального развития вторичного артрита на контралатеральной лапе (задняя правая лапа), также отмечено незначительное увеличение температуры поверхности кожи на передней левой лапе в опытной группе на 9% ( $p=0,06$ ) по сравнению с контролем. По мере снижения интенсивности вторичного артрита разница температуры поверхности кожи на передней левой лапы в опытной и контрольной группах исчезала.

Температура кожи на других лапах (передняя и задняя правые) опытной и контрольной групп не отличалась.

Выводы: 1) Хроническое аутоиммунное воспаление, вызванное субплантарным введением крысам адьюванта Фрейнда сохраняется до 28-е суток с максимальным развитием отека на 3-й день при увеличении объема конечности до 183% от исходного. 2) Изменение температуры кожи вентральной поверхности лап животных соответствует динамике развития вторичного артрита при его моделировании адьювантом Фрейнда.

### Список литературы.

- 1) Alamanos Y., Voulgari P.V., Drosos A.A. Incidence and prevalence of rheumatoid arthritis, based on the 1987 American College of Rheumatology criteria: a systematic review // *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 2006. V.36. P.182–188.
- 2) Scott D.L., Wolfe F. Rheumatoid arthritis // *Lancet*. 2010. V.376. P.1094–1108.
- 3) Firestein G.S. Evolving concepts of rheumatoid arthritis// *Nature*. 2003. V.423. P.356–361.
- 4) Клебанов Б.М. Фармакологическая регуляция воспаления: современные проблемы и перспективы развития // *Экспер. и клин. фармакология*. 1992. Т.55. №4. С.4–8.
- 5) Миронов А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. М: 2012. Т.1. 940 с.
- 6) Тринус Ф.П., Клебанов Б.М., Ганджа И.М. Фармакологическая регуляция воспаления. Киев: 1987. 141 с.
- 7) Интернет ресурс: Европейская конвенция «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях». 1986. URL: <http://www.lawmix.ru/abro.php?id=11036> (дата обращения: 29.04.2014).

## ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ВАРБУРГА ПРИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ В РЕТРОСПЕКТИВНОМ ИССЛЕДОВАНИИ

*Мухаметзянова А.С.*

*Научный руководитель – завкафедрой фундаментальной и клинической фармакологии,  
д.м.н. Зиганишина Л.Е.*

Известно, что метаболизм опухолевой клетки отличается от метаболизма нормальной клетки, с чем связаны многочисленные исследования на протяжении последнего столетия. Одним из таких трудов является теория Варбурга, разработанная ученым, лауреатом Нобелевской премии, Отто Варбургом в 1955 г. В соответствии с этой теорией, в опухолевых клетках, получающих энергию, в основном, посредством гликолиза, наблюдается высокая активность лактатдегидрогеназы, фермента, участвующего в превращении лактата в пируват, а уровень глюкозы в них понижается. Представляется интересным попытаться рассмотреть, работает ли теория Варбурга в условиях целостного организма онкологических пациентов. Недавние исследования показали, что лактатдегидрогеназа является менее чувствительным маркером на ранних стадиях заболевания, но имеет отрицательное прогностическое значение для метастатического рецидива [Hofmann MA., 2009].

В связи с этим, целью нашего исследования было изучение активности лактатдегидрогеназы и уровня глюкозы в сыворотке крови больных РКОД, находящихся на разных стадиях заболевания и лечения. Постановка этого вопроса предложена директором НОЦ фармацевтики, к.х.н. Штырлиным Ю.Г.

Ретроспективное сплошное исследование выполнено на клинической базе РКОД министерства здравоохранения Республики Татарстан. Проанализировано 456 историй болезни, находившихся на лечении в первом отделении химиотерапии.

Для фармакоэпидемиологического исследования была создана электронная база данных о пациентах, в которой отражались возраст, пол, диагноз, даты поступления и выписки больных, назначенное

лечение и оперативные вмешательства. Извлечение данных о результатах анализов на активность лактатдегидрогеназы и уровень глюкозы пациентов проводилось вручную. Стадии заболевания определяли по системе TNM. Статистическую обработку показателей, извлеченных из историй болезни (карта наблюдения стационарного больного) проводилась при помощи пакета программ Microsoft Excel. Результаты показаны в виде медиан и перцентилей (2,5 и 97,5). Для определения корреляции между активностью лактатдегидрогеназы и уровнем глюкозы, рассчитывали отношение активности ЛДГ к содержанию глюкозы в крови.

Активность лактатдегидрогеназы в сыворотке крови у взрослых в норме: 140-280 Ед/л. [www.hillphysicians.com]. Уровень глюкозы в сыворотке крови у взрослых в норме: 3,9-5,8 ммоль/л. [Назаренко Г.И., 2000]. Анализ проводили у больных со следующими диагнозами: злокачественные новообразования желудочно-кишечного тракта, легких, молочных желез, лимфома ходжкинская, лимфома неходжкинская. Для исследования показателей лактатдегидрогеназы и глюкозы крови в зависимости от стадии заболевания, пола, наличия или отсутствия химиотерапии и операций формировали группы у пациентов со злокачественными новообразованиями ввиду их наибольшей численности.

Таблица 1. – Активность ЛДГ и уровень глюкозы в сыворотке крови у онкологических пациентов (Me, 95% ДИ). Перцентили 2,5 и 97,5. По каждому больному проведено одно наблюдение.

Диагноз	Дополнительные данные	Число больных (N)	Активность лактатдегидрогеназы в сыворотке крови (Ед/л)	Уровень глюкозы в сыворотке крови (ммоль/л)	Коэффициент (активность лактатдегидрогеназы/уровень глюкозы)
Меланома		8	215,5 (141,6; 264,7)	5,6 (4,7; 8,0)	38,9
Лимфома		25	221 (144,2; 819,6)	5,9 (4,6; 10,4)	37,1
Злокачественное новообразование		Всего: 423	202 (132,4; 733,8)	5,6 (4,5; 10,0)	36,2
	1 стадия	46	212,5 (126,0; 362,3)	5,9 (4,6; 13,2)	36,2
	2 стадия	150	201,5 (129,9; 557,7)	5,6 (4,6; 10,0)	35,7
	3 стадия	88	183 (139,9; 918,9)	5,5 (4,5; 10,0)	33,4
	4 стадия	139	208 (138; 553,25)	5,6 (4,7; 7,8)	37,6
	Мужчины	235	188 (131,6; 812,1)	5,6 (4,4; 8,8)	33,5
	Женщины	188	212 (142,0; 585,0)	5,5 (4,6; 9,9)	38,6
	Получали химиотерапию	324	206 (134,25; 691)	5,6 (4,32; 10,5)	36,7
	Не получали химиотерапию	99	194 (130,0; 407,4)	5,6 (4,63; 10,0)	34,4
	Подвергались оперативному вмешательству	64	196 (133,0; 406,0)	5,8 (4,3; 8,5)	33,9
	Не подвергались оперативному вмешательству	359	203 (134,3; 735,9)	5,6 (4,5; 9,9)	36,3

На данный момент существуют исследования, связанные с изучением зависимости ферментов в опухолевых клетках в тканевой культуре. Эффект Варбурга характеризуется значительно более высокой скоростью поглощения глюкозы и лактата в опухолевых клетках по сравнению с нормальными клетками [Feng Z., 2010, с. 427-434]. Новые данные показали, что эффект Варбурга в значительной степени сопутствует развитию опухолей и может быть направлен для изучения терапии опухолей [Vousden КН., 2009, с. 691-700]. В нашем исследовании мы просмотрели активность лактатдегидрогеназы и уровень глюкозы в крови пациентов с опухолевыми заболеваниями по типу диагноза, стадии опухолевого процесса, полу, получению ими химиотерапии или оперативного вмешательства.

Нами не было выявлено отклонений от нормальных значений активности ЛДГ в зависимости от исследуемых параметров. Также нами не было выявлено существенных отклонений от нормальных значений уровня глюкозы в сыворотке крови больных опухолевыми заболеваниями в зависимости от исследуемых параметров.

Выводы: активность лактатдегидрогеназы и показатели глюкозы в сыворотке крови у больных онкологическими заболеваниями не отличались между собой в зависимости от стадии и типа онкологического заболевания, факта оперативного вмешательства или нахождения их на химиотерапии.

### Список литературы.

- 1) Hofmann M.A., Gussmann F., Fritsche A., Biesold S., Schicke B., Kuchler I., et al. Diagnostic value of melanoma inhibitory activity serum marker in the follow-up of patients with stage I or II cutaneous melanoma. *Melanoma Res* (2009) 19 ( 1 ):17–23. 10.1097/CMR.0b013e32831bc78 c.
- 2) Интернет-ресурс: Hill Physicians <https://www.hillphysicians.com/kbase/Default.aspx?id=tv6985> (Дата обращения: 28.04.2015).
- 3) Назаренко Г.И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г.И. Назаренко, А.А. Кишкун. М.: Медицина. 2000. 544 с.
- 4) Feng Z., Levine A.J. The regulation of energy metabolism and the IGF-1/mTOR pathways by the p53 protein. *Trends Cell Biol.* 2010; 20 :427–434.
- 5) Vousden K.H., Ryan K.M. p53 and metabolism. *Nat Rev Cancer.* 2009; 9 :691–700.

## СРАВНЕНИЕ КРАТКОСРОЧНЫХ И ДОЛГОСРОЧНЫХ ИСХОДОВ ЛЕЧЕНИЯ СИНДРОМА ВЕСТА

*Фарносова М.Е., Жарикова Т.Ф.*

*Научный руководитель – доцент кафедры фундаментальной и клинической фармакологии ИФМиБ Гамирова Р.Г.*

Синдром Веста является наиболее тяжелым и частым возрастозависимым эпилептическим синдромом у детей раннего возраста и характеризуется особым типом приступов – инфантильными спазмами, задержкой психомоторного развития и гипсаритмией на электроэнцефалограмме [1]. Частота заболевания составляет 24-42 случая на 100 тыс. новорожденных [2]. Доля синдрома Веста среди всех эпилептических синдромов в педиатрической популяции составляет около 9% [3].

Синдром Веста – полиэтиологическое заболевание. Наиболее частыми причинами развития синдрома являются дисгенезии головного мозга, перинатальная патология головного мозга и метаболические нарушения различного генеза [4]. Припадки резистентны к большинству противоэпилептических средств (ПЭС). Несмотря на то, что монотерапия является желательной при многих формах эпилепсии, при синдроме Веста часто приходится применять комбинированную терапию и предельно высокие дозы ПЭС [5]. У 70-95% детей с синдромом Веста отмечается грубая задержка психомоторного развития, высокий процент инвалидизации детей определяет не только медицинские, но и социальные проблемы заболевания [6].

С момента использования в лечении синдрома Веста гормональных препаратов (особенно адренокортикотропного гормона) появилась возможность полного купирования инфантильных спазмов.

Однако в имеющихся литературе публикациях по синдрому Веста представлены преимущественно исследования с коротким периодом наблюдения за детьми, получавшими терапию различными противоэпилептическими средствами. Кроме того, многие клиницисты весьма сдержанно относятся к лечению гормонами из-за выраженных побочных эффектов [7].

Вместе с тем, появление в последние годы в медицинской практике более десятка новых противоэпилептических препаратов (топирамат, леветирацетам, вигабатрин, ламотриджин и т.д.) сопровождается агрессивной рекламой и «обещаниями» их высокой эффективности и безопасности при любых эпилептических синдромах.

Поэтому изучение сравнительной эффективности лечения синдрома Веста тетракозактидом (синтетический аналог адренокортикотропного гормона) и другими противоэпилептическими средствами при долгосрочном наблюдении является актуальным и представляет научно-практический интерес.

Целью данного исследования явилась сравнительная оценка краткосрочных и долгосрочных исходов терапии Синдрома Веста тетракозактидом в сравнении с другими противоэпилептическими средствами.

Разработана индивидуальная электронная карта пациента. Проведен ретроспективный фармакоэпидемиологический анализ 1640 архивных историй болезни в ГАУЗ «ДГБ № 8 г. Казани» детей с эпилепсией, 168 амбулаторных карт, 380 учетных карт эпилептолога. В исследование включили 138 детей с установленным диагнозом синдром Веста и сроком наблюдения не менее 3,5 года. Статистические функции реализованы с помощью статистического модуля программы Excel пакета MS Office 2010. Показатели отношения рисков (ОР) и их доверительные интервалы (ДИ) рассчитывали с использованием программы Revman 5.0 Software. Благоприятным исходом считали клиническую ремиссию – полное отсутствие приступов.

Средний возраст начала приступов у включенных в исследование 138 детей с синдромом Веста – 6 месяцев  $\pm$ 1,7 месяцев. Дебют заболевания у 53 детей – до 6 месяцев, у 80 детей – до 1 года, у 5 детей – после 1 года жизни.

Возраст детей на момент проведения исследования – от 4 лет (min) до 14 лет 5 месяцев (max).

Таблица 1. – Характеристика детей, включенных в исследование.

Характеристика детей, включенных в исследование	1 группа (исследования), n=87, абс/n (%)	2 группа (сравнения), n= 51, абс/n (%)
пол		
мальчики	49/87 (56%)	35/51 (69%)
девочки	38/87 (44%)	16/51 (31%)
возраст детей		
от 4 лет до 6 лет 11 мес.	59/87 (69%)	38/51 (75%)
7 лет и старше	28/87 (31%)	13/51 (26%)

У 94,9% (у 131 из 138) пациентов был диагностирован симптоматический синдром Веста. У 5,1% (7/138) – криптогенный вариант синдрома Веста. У 97 (70,3%) до начала лечения на электроэнцефалограмме регистрировались различные варианты гипсаритмии.

Все дети с синдромом Веста разделены на 2 группы.

В 1-ю группу (исследования) включены дети с синдромом Веста, получавшие тетракозактид (синактен-депо) для купирования инфантильных спазмов – 87 человек (63% от общего числа пациентов). Во второй группе (сравнения) – дети с синдромом Веста, получавшие любые варианты противоэпилептических средств в виде моно – или политерапии, кроме тетракозактида (синактена-депо) для купирования инфантильных спазмов – 51 человек (37% от общего числа пациентов).

Таблица 2. – ПЭС, использованные для лечения синдрома Веста во 2 группе.

Используемые варианты моно – и политерапии во 2 группе (сравнения), n=51	Число пациентов, получавших соответствующий вариант лечения, абс/n (%)
вальпроевая кислота	22/51 (43%)
барбитураты	2/51 (4%)
топирамат	1/51 (2%)
вальпроевая кислота+ сукцинамид	2/51 (4%)
вальпроевая кислота+карбамазепин	1/51 (2%)
вальпроевая кислота+топирамат	6/51 (12%)
вальпроевая кислота+ бензодиазепин	2/51 (4%)
вальпроевая кислота+леветирацетам	2/51 (4%)
вальпроевая кислота+барбитураты	3/51 (6%)
вальпроевая кислота +2 и более ПЭС*	8/51 (16%)

\*ПЭС – противоэпилептические средства.

Во 2-ой группе монотерапию использовали у 25 пациентов (49%), политерапию – у 26 больных (51%).

Дети в обеих группах были сравнимы по возрасту, полу, неврологическому статусу и тяжести заболевания.

Первоначальный ответ на терапию (после 2 месяцев наблюдения) был лучше у детей, получавших тетракозактид: 66 из 87 пациентов (76%) достигли клинической ремиссии (отсутствие эпилептиче-



ских приступов) в первой группе и только половина пациентов (28/51, 55%) имели благоприятный исход (отсутствие эпилептических приступов) во второй группе.

Таблица 3. – Неврологический статус детей с синдромом Веста, включенных в исследование.

Неврологический статус	1 группа (исследования) абс/п (%)	2 группа (сравнения) абс/п (%)
спастический тетрапарез	66/87 (76%)	42/51 (83%)
спастический гемипарез	4/87 (5%)	1/51 (2%)
дубль-атетоз	15/87 (17%)	9/51 (17%)
диффузная мышечная гипотония	10/87 (11%)	5/51 (10%)
микроцефалия	7/87 (8%)	6/51 (12%)
зрительные нарушения (ретинопатия, ЧАДЗН*)	51/87 (58,6%)	31/51 (60,7%)
задержка в психоречевом развитии	74/87 (85%)	47/51 (92%)
очаговой неврологической симптоматики нет	3/87 (3%)	0/51 (0%)

\*ЧАДЗН – частичная атрофия диска зрительного нерва.

Таблица 4. – Исходы лечения синдрома Веста.

Исходы	Группа исследования, n=87, абс(%)	Группа сравнения, n=51, абс(%)
клиническая ремиссия продолжительностью не < 2 месяцев	66 (76%)	28 (54%)
клиническая ремиссия (катамнез – 3 года)	62 (71%)●	35 (69%)●
клиническая ремиссия (катамнез более 3 лет)	59 (68%)	30 (59%)
трансформация в СФЭ*	14 (16%)	13 (26%)
трансформация в СМФЭ**	13 (15%)	9 (18%)
трансформация в синдром Леннокса-Гасто	1 (1%)	1 (2%)
умерло	1 (1%)	1 (2%)

\*СФЭ – симптоматическая фокальная эпилепсия, СМФЭ – симптоматическая мультифокальная эпилепсия; ● – P=0,02.

Показатель отношения рисков при оценке исходов через 2 месяца был следующим: ОР=1,38; 95% доверительный интервал (ДИ) [1,05-1,82], P=0,02. Однако долгосрочные исходы (благоприятный исход – полная клиническая ремиссия, длящаяся 3 года) были сравнимы в обеих группах; 62 из 87 пациентов (71%) в первой группе и 35 из 51 пациента (69%) во второй группе. Показатель отношения рисков для долгосрочных исходов был ОР=1,04; 95% ДИ [0,83-1,31], P=0,75.

Выводы:

1. Эффективность тетракозактида (благоприятный исход – полное отсутствие приступов) при краткосрочном наблюдении (не менее 2 месяцев) выше, чем при лечении другими противозепилептическими средствами.

2. При долгосрочном наблюдении (3 и более лет) исходы у детей, получавших тетракозактид и детей, получавших другие противозепилептические средства, но не получавших тетракозактид для лечения синдрома Веста, сравнимы.

### Список литературы.

- 1) Мухин К.Ю., Петрухин А.С., Глухова Л.Ю. Эпилепсия: атлас электро-клинической диагностики. М.: Альварес Паблишинг. 2004. 440 с.
- 2) Jeavons P.M., Livet M.O. West syndrome: infantile spasms // *Developmental Medicine and Child Neurology*. 1992. №34. P.893–903.
- 3) Kramer U., Nevo Y., Neufeld M.Y., Fatal A., Leitner Y., Harel S. Epidemiology of epilepsy in childhood: a cohort of 440 consecutive patients // *Pediatric Neurology*. 1998. V.18. P.46–50.
- 4) Shields W.D. Catastrophic epilepsy in childhood // *Epilepsia*. 2000. V.41 (suppl. 2). P.S2–S6.

- 5) Зенков Л.Р., Притыко А.Г., Айвазян С.А., Харламов Д.А. Синдром инфантильных спазмов: критерии диагностики, классификация, принципы терапии // Неврологический журнал. 2000. Т.5. №3. С.28–33.
- 6) Wong M., Trevathan E. Infantile spasms // Pediatric Neurology. 2001. V.24. P.89–98.
- 7) Зыков В.П., Бадалова С.Т., Степанищев И.Л. Влияние вальпроатов и синактена-депо на динамику эпилептических приступов и психомоторное развитие у больных синдромом Веста // Альманах клинической медицины. 2005. Т.8. №3. С.26–30.

## **СЕКЦИЯ «ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ»**

### **ВЛИЯНИЕ ПОВЫШЕННЫХ ДОЗ ГОМОЦИСТЕИНА В ПРЕНАТАЛЬНЫЙ ПЕРИОД НА ОРИЕНТИРОВОЧНО-ДВИГАТЕЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ И МЕЛКУЮ МОТОРИКУ КРЫС**

*Гильмутдинов А.И.*

*Научный руководитель – Доцент кафедры физиологии человека и животных,  
к.б.н. Герасимова Е.В.*

Гомоцистеинемия – это заболевание, связанное с повышенным содержанием гомоцистеина (более 15 мкм/л) в плазме крови. Гомоцистеин является производным превращения метионина, являющимся незаменимой кислотой. Кофакторами ферментов метаболических путей синтеза метионина в организме выступают в основном такие витамины, как пиридоксин (витамин В6), рибофлавин (В1), цианокобаламин (витамин В12) и фолиевая кислота. Гомоцистеин способен оказывать токсическое воздействие на клетку.

Целью данной работы является исследование влияния повышенных доз гомоцистеина в пренатальном периоде на физическое развитие, формирование ориентировочно-двигательной активности и способности к мелкой моторике у крыс.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Оценить физическое развитие у животных контрольной и опытной групп.
2. Исследовать влияние гомоцистеина на раннюю ориентировочно-двигательную активность в тесте «Открытое поле» у животных контрольной и опытной групп.
3. Определить способность к мелкой моторике в «Семечковом» и «Вермишелевом» тестах у животных контрольной и опытной групп.

Работа была проведена на крысах линии Wistar в возрасте от 0 до 74 дней.

Было сформировано 2 группы животных: контрольная группа (n=21) – детеныши от самок, находящихся на стандартном рационе питания; опытная группа (n=44) – детеныши от самок с гомоцистеинемией, получавшие к стандартному рациону метионин (7,7 г/кг в сутки).

Оценивалось физическое развитие крысят – вычисляли размер помета, ежедневно определяли вес животных опытной и контрольной групп количество погибших и новорожденных крысят, а также отлипание ушной раковины, появление волосяного покрова и открытие глаз. Также рассчитывался средний индекс смертности.

*Тест «Открытое поле»* проводили на крысятах в возрасте 8 и 15-16 дней. Крысят помещали на площадку, размерами 30x30 см, на которой проведены линии, образующие 36 квадратов. Регистрировали: поднимание головы и передних лап, горизонтальную двигательную активность, вертикальную двигательную активность, груминг.

*Семечковый тест.* В отдельную клетку клали 5 семян подсолнечника, после чего туда помещали крысу и проводили видеонаблюдение. Оценивали: число съеденных семян подсолнечника из 5, время открытия каждого семени и число частей кожуры, оставшихся после открытия семян. Оценивали факт наличия дисфункции: 0 баллов – выполнен тест, если были выполнены требования (менее 175 с или более 11 частей), 1 балл – не выполнен тест (более 175 с или более 11 частей).

*Вермишелевый тест.* Использовали кусок сырой вермишели длиной приблизительно 6 см. При манипуляциях крысой передними лапами одной лапой она удерживает кусок вермишели, а другую использует для мелких движений пальцами, чтобы придвинуть кусок в рот. При поражении передних конечностей отмечается плохая способность удержания куска вермишели, появление аномальных и

неуклюжих движений. Оценка типичных движений было принята за 0 баллов, атипичных движений – за 1 балл.

Оценка размера помета у самок на стандартном рационе питания и самок получающих высокие дозы метионина не показала достоверных отличий, средний размер помета составил  $8,28 \pm 0,99$  и  $9 \pm 0,91$  особей ( $P_u \geq 0,05$ ;  $P=0$ ) соответственно, однако смертность в крысят от самок получающих высокие дозы метионина была значительно выше. Индекс смертности потомства от этих самок составил 0,48, а от контрольной 0,16 (возраст популяции  $P=14$ ). В опытной группе к 14 дню после рождения умерло 28 крысят, что составляло 48% от всей опытной группы, тогда как в контрольной группе умерло 9 крысят, что составило 16%. Оценка прироста веса в контрольной и опытной группах показала, что животные, подвергавшиеся в пренатальном периоде воздействию высоких доз гомоцистеина, прибавляют в весе хуже животных контрольной группы (Рисунок 1).

*Тест «Открытое поле».* Горизонтальная двигательная активность у животных опытной группы была достоверно ниже, чем в контрольной. В возрасте  $P=8$  количество пересеченных квадратов у животных опытной группы составило  $3,4 \pm 0,42$  о.е., а у контрольной  $18,9 \pm 2,11$  о.е. ( $P_u \leq 0,01$ ), а в возрасте  $P=15-16$  составила  $24,77 \pm 4,83$  о.е. (опытная группа) и  $53,46 \pm 1,9$  о.е. (контрольная группа) ( $P_u \leq 0,01$ ). Вертикальная и исследовательская активность (количество вертикальных стоек и поднятий головы) у животных опытной группы также была ниже, по сравнению с контрольной группой. В возрасте  $P=15-16$  вертикальная двигательная активность для контрольной группы составила  $6,82 \pm 0,66$ , а для опытной –  $1,38 \pm 0,25$  ( $P \leq 0,01$ ), а поднятие головы в контрольной группе –  $11,25 \pm 0,83$ , а в опытной группе –  $6,16 \pm 0,89$  ( $P \leq 0,01$ ) (Рисунок 2). Таким образом, в тесте «Открытое поле» у животных опытной группы показатели горизонтальной и вертикальной двигательной активности, поднятия головы были ниже, чем у контрольной группы, что свидетельствует о пониженной ориентировочно-двигательной активности у животных подвергшихся влиянию высоких доз гомоцистеина в пренатальный период развития.

*Семечковый тест.* Исследование способности животных к мелкой моторике в «Семечковом тесте» показало, что у контрольной группы по сравнению с опытной, время, потраченное на открытие 5 семян достоверно ниже и составляло  $45,1 \pm 4,84$  о.е. и  $55,52 \pm 2,09$  о.е. соответственно ( $P \leq 0,01$ ), однако, число частей кожуры у контрольной и опытной групп достоверно не отличалось.

*Вермишелевый тест.* Исследование способности животных к мелкой моторике показало, что в опытной группе животных с плохой способностью удержания куска вермишели, появление атипичных положений лап при выполнении теста достоверно больше, чем в контрольной группе и составляет  $0,82 \pm 0,08$  (Рисунок 3). В тестах для оценки мелкой моторики («вермишелевый» и «семечковый») тесты) показатели животных опытной группы были хуже, чем у контрольных. Таким образом, можно сделать вывод, что у животных подвергшиеся влиянию высоких доз гомоцистеина в пренатальный период развития наблюдается нарушения мелкой моторики передних лап.

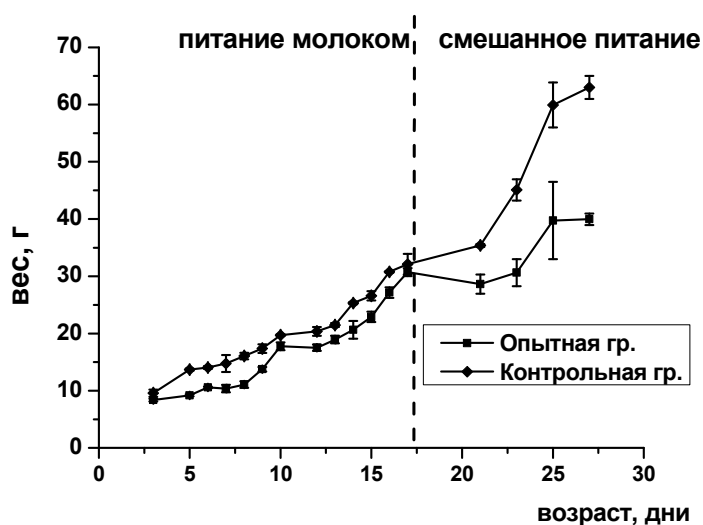


Рисунок 1. – Динамика прироста веса у новорожденных крысят.

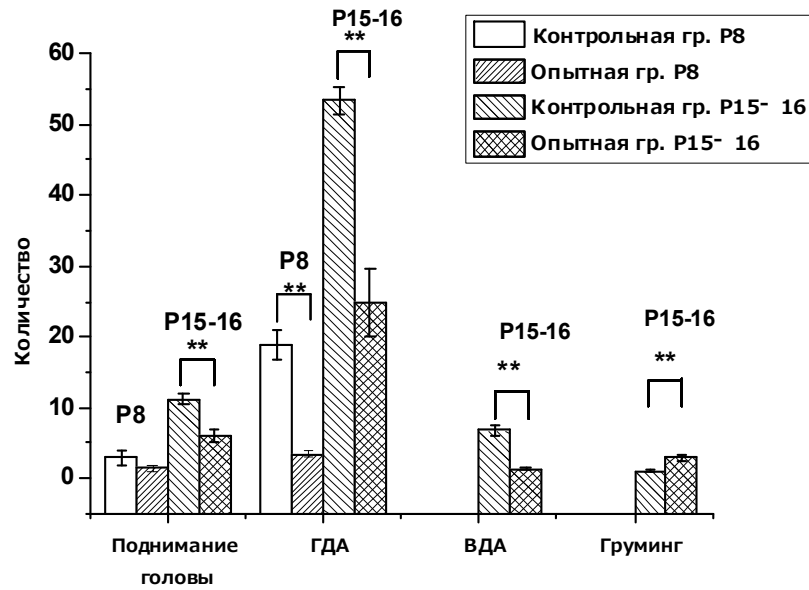


Рисунок 2. – Оценка ориентировочно-двигательной активности в тесте «Открытое поле». О.Е. – относительные единицы, ГДА – горизонтальная двигательная активность, ВДА – вертикальная двигательная активность,  $**P_u \leq 0,01$ .

Контрольная группа

Опытная группа

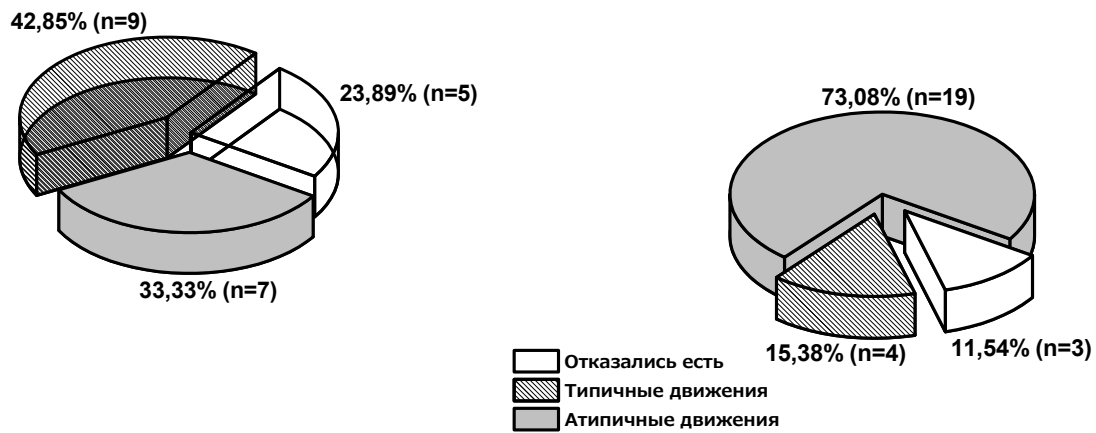


Рисунок 3. – Результаты «Вермиселлевого теста».

*Выводы:*

1. Животные, подвергшиеся влиянию высоких доз гомоцистеина в пренатальный период развития, имели высокую смертность в популяции и недобор веса.
2. В тесте «Открытое поле» у животных опытной группы показатели горизонтальной и вертикальной двигательной активности, поднятия головы были ниже, чем у контрольной группы.
3. У животных подвергшиеся влиянию высоких доз гомоцистеина в пренатальный период развития наблюдается нарушения мелкой моторики передних лап.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП

*Сафина А.И.*

*Научный руководитель – доцент Розенталь С.Г.*

Проблема сохранения, поддержания и развития умственной работоспособности приобретает большое значение особенно в последнее время в связи с социальными преобразованиями и обновлением содержания образования [Бекмансуров, Бильданова, 2006]. Уровень работоспособности определяется функциональной подвижностью возбуждения и торможения. Свойству подвижности, т.е. скорости с которой возбуждение меняет торможение и наоборот, Павлов И.П. [1949] придавал чрезвычайно большое значение, особенно в процессе приспособления индивидуумов к природной и социальной среде.

Интенсификация умственной деятельности создает ощутимое давление на нервно-психические функции человека, отражается на свойствах центральной нервной системы, особенно, на подвижности основных нервных процессов. Многие авторы соглашались с тем, что высокий уровень умственной работоспособности может быть достигнут только при оптимальном соотношении нервных процессов и при синхронной, скоординированной деятельности различных физиологических систем организма [Аюрова, 1986; Копосова, Звягина, Морозова, 1997; Звягина, Морозова, 2011].

В литературе приводятся данные о возрастном изменении умственной работоспособности [Белозерова, 2001]. Вместе с тем указывается, что некоторые факторы могут изменить эту динамику, в частности указывается на важность повседневной двигательной активности для сохранения умственной работоспособности в возрасте 40 до 79 лет [Мякотных, Ходасевич, 2012].

Цель экспериментальной работы состояла в сравнении основных показателей внимания и работоспособности у лиц разного возраста. В связи с целью были поставлены следующие задачи:

1. Определить уровень основных показателей работоспособности нервной системы у лиц 18-19 лет (1 группа) и 30-31 года (2 группа).
2. Оценить влияние стресса на работоспособность и внимание у студентов 18-19 лет.

В исследовании приняли участие юноши и девушки в возрасте 18-19 лет (12 человек) и взрослые мужчины и женщины в возрасте 30-31 года (25 человек). Группа в возрасте 18-19 лет участвовала в исследовании дважды, в течение учебного семестра и во время сессии, непосредственно перед экзаменом.

Диагностика работоспособности испытуемых проводилась с помощью корректурного теста – колец Ландольта. Она позволяет оценить общую работоспособность с помощью ее составляющих – скорости переработки информации, продуктивности, точности (безошибочности), выносливости, надежности [Сысоев, 2000].

Результаты показали, что высокая скорость переработки информации в первой группе отмечалась у 73% испытуемых. С возрастом уменьшилась доля лиц с высокой скоростью и появились испытуемые с низкой скоростью переработки информации. Показатель скорости переработки информации косвенно характеризует функциональную подвижность нервной системы. Таким образом, с возрастом увеличивается количество людей с пониженной функциональной подвижности нервной системы.

Продуктивность характеризует количество работы, выполненной в единицу времени, имеет тесную корреляционную связь с показателем скорости переработки информации. Чем выше уровень функциональной подвижности нервной системы, тем выше уровень продуктивности. По этому показателю во второй группе уменьшилась доля испытуемых с высоким уровнем продуктивности и уровнем продуктивности выше среднего, а количество испытуемых со средним уровнем продуктивности выросло с 9% в первой группе до 24% во второй группе.

Коэффициент точности характеризует выносливость человека, но с точки зрения поддержания безошибочности деятельности. Анализ коэффициента точности показал, что в первой группе 18% испытуемых имели умеренный, допустимый уровень изменений, во второй группе – 24%. Также во второй группе выявились испытуемые (4% от общего числа) с нарастанием утомления, у которых наблюдалось падение точности выполнения пробы более чем на 15% к концу тестирования.

По показателю надежности получены следующие результаты: в первой группе высокую надежность продемонстрировали 56% исследуемых, в то время как во второй группе только 40%. С возрастом увеличивается доля лиц, имеющих средний уровень надежности, определяющий вероятность поддержания заданной эффективности деятельности в течение заданного времени.

Коэффициента выносливости определяет способность человека к длительному поддержанию выявленного уровня продуктивности. С увеличением возраста наблюдается рост количества испытуемых с высоким уровнем коэффициента выносливости (36% от общего количества человек в первой группе и 48% от общего количества человек во второй группе) (рисунок 1). Статистическая обработка показала достоверные различия между двумя группами по значению коэффициента выносливости. В первой группе коэффициент выносливости составил  $95,4 \pm 36,3$ , во второй –  $27,4 \pm 17,8$  ( $p \leq 0,05$ ). Чем ниже коэффициент выносливости, тем дольше сохраняется выявленный уровень продуктивности, не развивается утомление. Как правило, эти люди проявляют большую устойчивость к помехам в деятельности.

С возрастом уменьшилась доля испытуемых с уровнем выше среднего и увеличилась доля лиц с высоким уровнем показателя средней точности, косвенно характеризующего дифференцированное торможение в ЦНС. Во второй группе увеличилось количество испытуемых с низким уровнем точности до 12% (рисунок 2).

Значения показателя точности были достоверно выше во второй группе. В первой группе он составил  $0,89 \pm 0,018$ , во второй –  $1,01 \pm 0,03$  ( $p \leq 0,05$ ).

При оценке воздействия экзаменационного стресса на показатели работоспособности было отмечено, что непосредственно перед экзаменом все испытуемые имели высокую скорость переработки информации. Скорость переработки информации была достоверно выше при втором тестировании, перед экзаменом. При первом тестировании она составила  $1,49 \pm 0,07$ , при втором –  $1,61 \pm 0,03$  ( $p \leq 0,05$ ).

Действие экзаменационного стресса проявилось в увеличении количества студентов с высокой продуктивностью с 36% до 67% (рисунок 3). Продуктивность была достоверно выше при втором тестировании, перед экзаменами. При первом тестировании она составила  $315,2 \pm 15,2$ , во втором –  $342,6 \pm 7,34$  ( $p \leq 0,05$ ).



Рисунок 1. – Количество испытуемых в первой и во второй группах (в %) по показателю коэффициента выносливости.

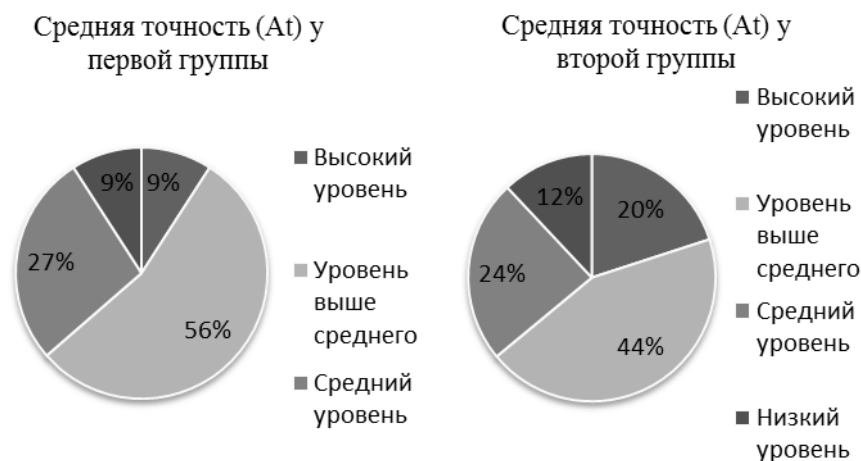


Рисунок 2. – Количество испытуемых в первой и во второй группах (в %) по показателю средней точности.



Рисунок 3. – Количество испытуемых в спокойном состоянии и в состоянии экзаменационного стресса (в %) по показателю средней продуктивности.

Таким образом, экзаменационный стресс повлиял на такие показатели работоспособности как скорость переработки информации и связанную с этим показателем продуктивность, улучшив эти показатели умственной работоспособности. Можно предположить, что в данном случае проявилось мобилизирующее действие стресса, повышающего адаптационные возможности организма.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением возраста происходит уменьшение доли испытуемых, имеющих высокую скорость переработки информации, т.е. высокую функциональную подвижность нервной системы.

2. В группе испытуемых 30-31 года выше доля лиц, имеющих средний уровень продуктивности по сравнению с группой 18-19-летних.

3. Для группы более старшего возраста характерно появление испытуемых, показывающих признаки нарастания утомления при выполнении корректурной пробы.

4. Возрастная динамика наблюдается по показателю точности, который был достоверно выше во второй группе (30-31 год).

5. С возрастом увеличивается доля лиц, имеющих средний уровень надежности, определяющий вероятность поддержания заданной эффективности деятельности в течение заданного времени.

6. Экзаменационный стресс оказывает мобилизирующее влияние на показатели умственной работоспособности студентов в возрасте 18-19 лет, увеличивая скорость переработки информации и продуктивность.

### Список литературы.

- 1) Бекмансуров Х.А., Бильданова В.Р. Умственная работоспособность как интегративный тест паспорта здоровья / Психолого-педагогическое сопровождение образовательного процесса: теория и практика. Региональный сборник научных трудов. ЕГПУ. 2006. Вып.3. 648 с.
- 2) Павлов И.П. Полное собрание трудов. М.: Изд. АН СССР. 1949. Т.III.
- 3) Аюрова Э.Б. Умственная работоспособность детей с различной подвижностью нервных процессов // Физиология человека. 1986. Т.12. №1. С.146–150.
- 4) Копосова Т.С., Звягина Н.В., Морозова Л.В. Психофизиологические особенности развития детей младшего школьного возраста. Архангельск: Изд-во Поморского госуниверситета. 1997. 159 с.
- 5) Звягина Н.В., Морозова Л.В. Возрастные особенности умственной работоспособности и внимания у детей и подростков города Архангельска // Новые исследования. Вып. №26. Т.1. 2011. С.66–76.
- 6) Белозерова Л.М. Работоспособность и возраст: Том избранных трудов. Пермь. 2001. 328 с.
- 7) Мякотных В.В., Ходасевич Л.С. Возрастная динамика умственной работоспособности при различных режимах двигательной активности // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2012. №3. С.39–42.
- 8) Сысоев В.Н., Тест Э. Ландольта. Диагностика работоспособности: методическое руководство. СПб. 2003. 31 с.

# ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРОВИ У КРЫС ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ГЕМОЛИТИЧЕСКОЙ ФЕНИЛГИДРАЗИНОВОЙ АНЕМИИ У КРЫС И ВВЕДЕНИИ МЕТАЛЛОКОМПЛЕКСОВ ПЕКТИНОВ

*Галиева Э.А.*

*Научные руководители – профессор кафедры прикладной экологии, д.б.н. Зобов В.В., к.б.н. Выштакалюк А.Б.*

В наше время люди все чаще бьют тревогу о состоянии окружающей среды, которая ухудшается с каждым годом, под воздействием внешних и внутренних факторов, а также из-за воздействия лекарственных препаратов и нежелательной пищи, что напрямую влияет на наше здоровье.

Одним из таких заболеваний является гемолитическая анемия, которая стала все чаще встречаться у людей разного возраста.

Малокровием или анемией называют такое состояние, которое сопровождается уменьшением числа эритроцитов и снижением количества гемоглобина в единице объема крови сравнительно с нормой [1].

Отравления метгемоглобинообразующим ксенобиотиками приводят к развитию полиорганных осложнений в постинтоксикационном периоде, характеризующихся длительными нарушениями со стороны нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной, эндокринной систем, печени, почек, а также системы красной крови [4].

Целью работы было исследование противоанемической активности металлокомплексов пектинов на модели гемолитической фенилгидразиновой (ФГ) анемии крыс.

Гемолитическая анемия – это болезнь, связанная непосредственно с уменьшением продолжительности жизни красных кровяных телец (эритроцитов) и, следовательно, высокой скорости их распада. Существует 2 группы анемий: приобретенные и наследственные. В первом случае, такие анемии возникают в результате токсического повреждения эритроцитов, а во втором случае, анемия гемолитического типа развивается исключительно из-за плохой природы эритроцита. В данной работе мы рассмотрели 1 группу [2]. В качестве токсиканта был взят ФГ.

Научная новизна. Поступление в организм гемотропного яда, фенилгидразина, приводит к возникновению метаболических изменений в эритроцитах, появлению у них иммуносуперсерирующих свойств, снижению функциональной активности нейтрофилов периферической крови, угнетению развития различных форм иммунного ответа [4].

Материалы и методика исследований. Эксперимент проводился на 29 беспородных крысах, массой от 200-350 г. Все животные были разделены на 5 групп по 4-5 крыс в каждой клетке. Было проведено 2 опыта:

I опыт – введение ФГ в токсичной дозе 240 мг/кг:

- контроль, т.е. им не вводились никакие препараты,
- комплекс FeCoCuCa II – 60 мг/кг,

II опыт – введение ФГ в субхронической дозе 24 мг/кг. В этом опыте мы использовали 4 клетки (одна контрольная и 3 остальные введение металлокомплекса пектинов FeCa в разных соотношениях):

- контроль,
- комплекс FeCoCuCa I – 60 мг/кг,
- комплекс FeCoCuCa II – 60 мг/кг,
- комплекс FeCa – 60 мг/кг.

Известно, что, попадая в ткани, ФГ реагирует с гемом и окисляется до фенилдиазена или фенилдиазина с накоплением супероксида, перекиси водорода и свободнорадикальных продуктов. В связи с этим антиоксидативная терапия является достаточно обоснованным принципом коррекции подобного рода интоксикаций. Токсическое действие ФГ проявляется внутрисосудистым гемолизом. Наиболее часто для моделирования гемолитической анемии применяется внутримышечное трехкрат-



ное введение ФГ лабораторным животным. При такой схеме введения ФГ максимальный гемолиз эритроцитов, т.е. «пик» анемии, развивается ко вторым суткам после начала введения экзотоксиканта [3]. Восстановление нарушений, вызванные инотоксикациями, выполнялась с помощью препаратов, которые инъектировались в виде раствора орально в дозе, в зависимости от массы животного.

Забор крови у крыс осуществлялся из хвостовой области до и после введения фенилгидразина. Определение содержания гемоглобина, количество эритроцитов, ретикулоцитов проводили стандартными гематологическими методами.

Для забора крови у животного делается небольшой надрез кончика хвоста и отбирали нужное количество крови для дальнейших исследований.

Результаты:

У крыс, которые подверглись внутривенному введению фенилгидразина, к 24 суткам наблюдалась выраженная анемия, которая характеризуется изменением прироста массы животных (рис. 1, 2), снижение количества эритроцитов (рис. 3,4) и незначительным падением уровня гемоглобина. Через 6 дней после инъекции препаратов отмечено повышение количества эритроцитов в отличие от показателя во время «пика» анемии. А через 2 месяца концентрация гемоглобина и число эритроцитов достигли исходных величин.

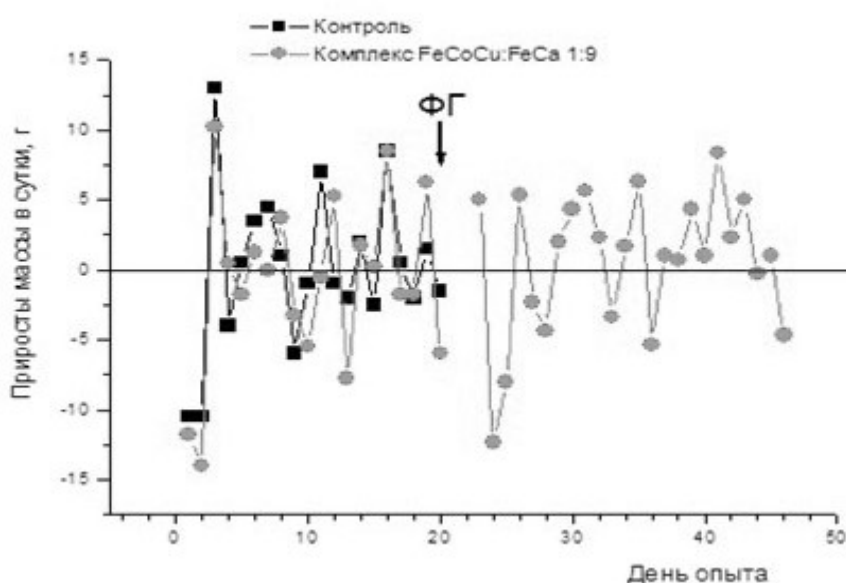


Рисунок 1. – Исследование динамики изменения приростов массы животных в I опыте.

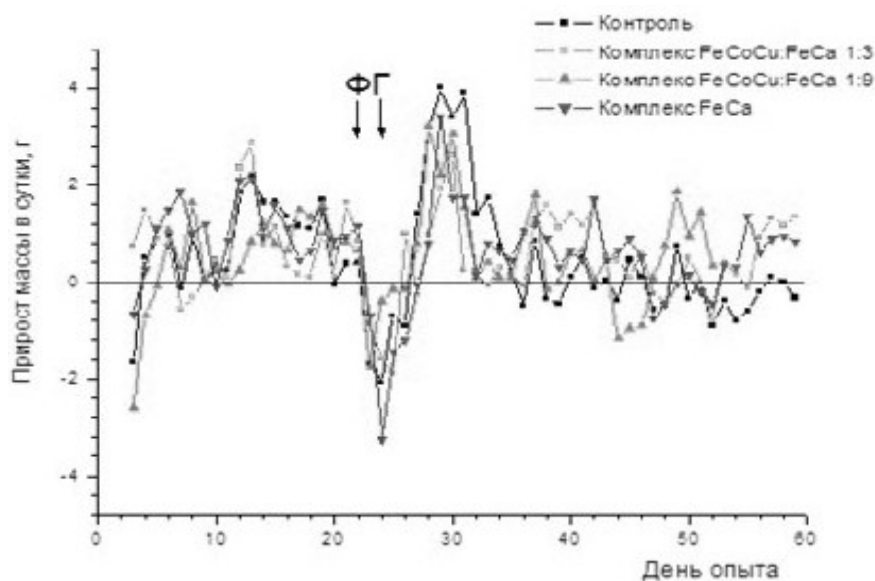


Рисунок 2. – Исследование динамики изменения приростов массы животных во II опыте.

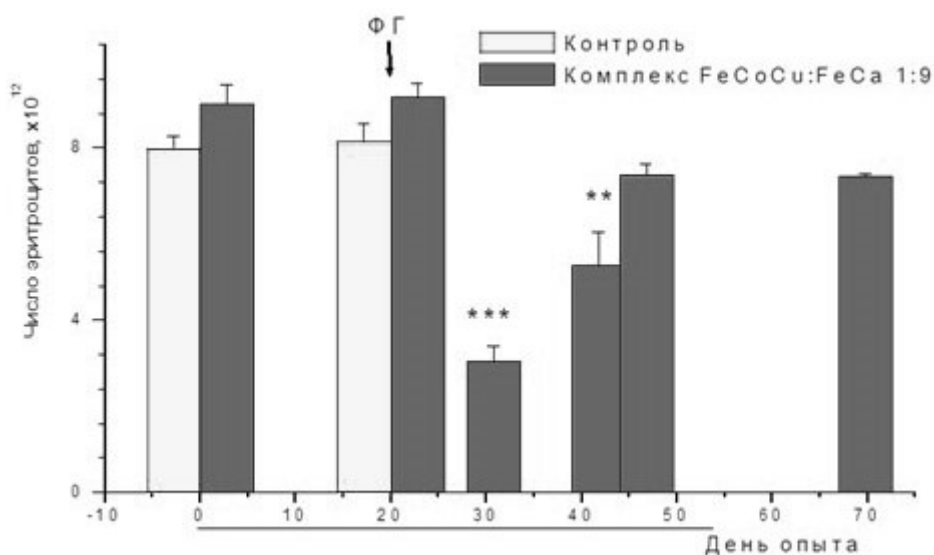


Рисунок 3. – Динамика изменения числа эритроцитов в I опыте.

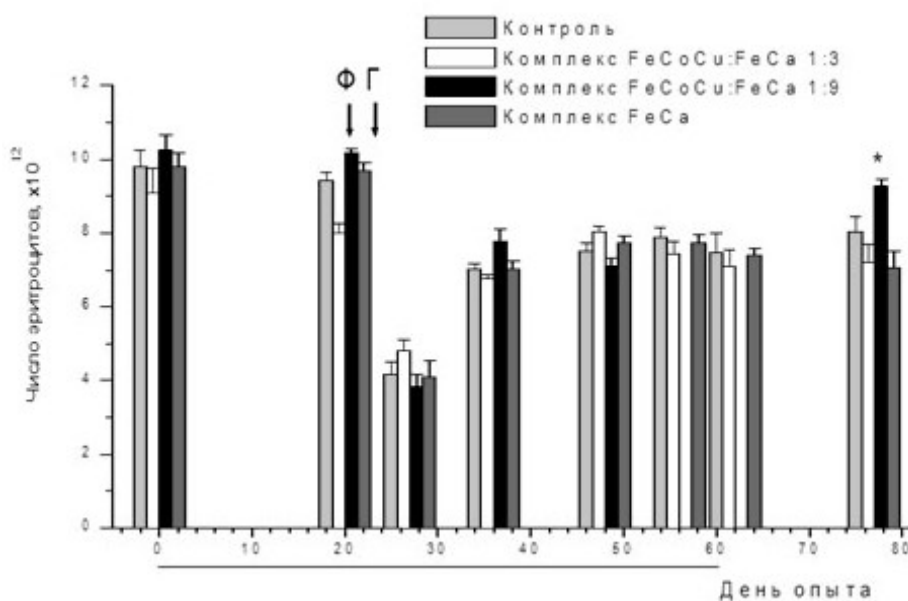


Рисунок 4. – Динамика изменения числа эритроцитов во II опыте.

Формулируя полученные данные из произведенных нами опытов, мы можем сказать следующее:

– ФГ представляет очень сильный гемоцитологический яд, вызывает резкое, редко смертельное малокровие.

– ФГ вызывает целый ряд изменений крови, зависящих от изменения гемоглобина и разрушения красных клеток крови.

– При отравлении ФГ в крови наблюдается ряд дегенеративных процессов в эритроцитах.

– Вскоре после введения ФГ, в организме появляются регенеративные явления со стороны крови.

Выводы:

– Введение ФГ в дозе 24 мг/кг (подкожно, трехкратно) приводит к кратковременному снижению приростов массы и к значительному снижению числа эритроцитов в крови. Однократное подкожное введение ФГ в дозе 240 мг/кг вызывает гибель животных.

– При введении ФГ в токсичной дозе 240 мг/кг на фоне перорального применения комплекса пектина с FeCoCuCa II в дозе 60 мг/кг гибель животных сокращается вдвое.

### Список литературы.

- 1) Алексеев Г.А. Анемии (патогенез, клиника и лечение). М. 1953. 235 с.

- 2) Байрамалибейли И.Э., Рагимов А.А., Кириленко А.С., Торичко Ю.В. Вестник Российского Университета дружбы народов. №1. 2006.
- 3) Гуцол Л.О., Васильева Л.С., Четверикова Т.Д., Медведева С.А., Непомнящих С.Ф., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н. Коррекция нарушений метаболизма печени при фенилгидразиновой интоксикации введением арабино-галактана // Сибирский медицинский журнал. 2008. №4. С.39–42.
- 4) Конопля А.А., Шабалин А.Р., Гертнер Л.В., Быстрова Н.А., Гаврилюк В.П., Локтионов А.Л. Использование фармакологических и нефармакологических методов иммунокоррекции у больных урогенитальной герпесвирусной инфекцией в сочетании с хламидиозом // Аллергология и иммунология. 2004. Т.5. №1. С.127.
- 5) Филипова О.Н. Механизмы развития гемолитической анемии при экспериментальных метгемоглобинемиях : автореферат дис. ... кандидата медицинских наук : 14.00.16, 03.00.25 / Сиб. гос. мед. ун-т МЗ РФ. Томск. 2005. 23 с.

## **ОЦЕНКА АКТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ НОВЫХ ПИРИМИДИНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**

*Дорошенко Я.Ю.*

*Научные руководители – д.б.н., профессор Савельев А.А., д.б.н., профессор Зобов В.В.*

Физическая работоспособность – это потенциальная способность человека на протяжении заданного времени и с определенной эффективностью выполнять максимально возможное количество работы. Разработка различных аспектов работоспособности человека представляет собой одну из важнейших задач современной науки экологии человека и влияет на развитие определенных тенденций в медико-биологических и психодиагностических исследованиях [1].

В настоящее время начаты работы по оптимизации методик, предназначенных для скрининговой оценки влияния новых соединений и их комбинаций на физическую работоспособность как в условиях однократного, так и многократного введения животным с учетом возможных молекулярно-фармакологических механизмов действия производных пиримидина. Этот механизм предполагает стимуляцию внутриклеточного метаболизма, процессов регенерации и восстановления поврежденных элементов мышечных и других клеток через воздействие на внутриклеточные рецепторы [2].

Целью данной работы является статистическая оценка влияния новых производных пиримидина на стимуляцию физической работоспособности крыс и оценка зависимости изменения биохимических показателей в условиях введения препаратов.

Эксперимент по определению эффективности влияния веществ на физическую работоспособность белых крыс проводился на основе оценки изменения времени плавания до полного отказа (при многократном введении рецептур). Объектом испытаний явились 7 соединений, предлагаемые в качестве средств повышения физической работоспособности: 1 группа (контроль) вводился физиологический раствор, 2 группа – 7D (10 мк/кг), 3 группа – комбинация Ксимедон-Димефосфон (10+15 мк/кг), 4 группа – Аскорбиновая кислота (20 мк/кг), 5 группа – Ксимедон (20 мк/кг), 6 группа – 29D (20 мк/кг), 7 группа – Металлопектиновый комплекс (50 мк/кг). Дозы вводились в соотношении 1/100 от ЛД 50.

Непосредственно перед началом эксперимента по плаванию проводили отбор крови у крыс для определения фоновых значений основных гематологических и биохимических показателей. В эксперименте по плаванию до отказа у основания хвоста животных фиксировали груз массой 7% от массы тела, после этого животные погружались в цилиндры с водой для оценки исходного уровня работоспособности. Критерии отказа от плавания – прекращение при погружении двигательной активности животных на срок более 10 с.

В течение 11 суток вводили исследуемые вещества. Проводили измерение длительности плавания крыс на 7-е сутки опыта, которое проводилось для оценки промежуточного эффекта введения соединений. Итоговое плавание крыс проводилось на 14-е сутки опыта для оценки стимуляции работоспособности (длительность первого заплыва) и влияния препарата на процессы восстановления после истощающих физических нагрузок. После последнего плавания производился второй отбор проб крови крыс для оценки их изменения в условиях интенсивных физических нагрузок и введения изучаемых соединений.

Статистическую обработку и анализ полученных результатов проводили с использованием статистической программы R [8]. Построение модели влияния препарата на изменение времени T3\_14

по сравнению с T1\_FON с помощью функции glm – Обобщенная линейная модель (Generalized Linear Model). Более сложные регрессионные модели применяются в тех случаях, когда диагностика показала несостоятельность простых регрессионных моделей. Именно поэтому в данной работе применяется обобщенная линейная модель для  $i$ -й группы вида, учитывающая влияние массы тела  $Wts$  на результат:

$$E[\ln(T_{3\_14})] = a_0 + a_1 \cdot Wts_i + ID_i + offset(\ln(T_{1\_FON}))$$

т.е. ожидаемое значение  $T3\_14 = T1\_FON \cdot \alpha$ , где  $\alpha = \exp(a_0 + a_1 \cdot Wts + ID_i)$

В этой модели зависимая переменная принадлежит экспоненциальному семейству (логнормальная модель), а монотонная дифференцируемая функция называется функцией связи. По результатам проведенного анализа среди 7 групп наилучшие результаты по актопротекторной активности получены для 6 группы (29D) – L-аскорбат 1-(2-гидроксиэтил)-4,6-диметил-1,2-дигидропиримидин-2-она, представляющий собой аналог отечественного лекарственного средства Ксимедон. Это соединение оказывало статистически значимый ( $p < 0,05$ ) стимулирующий эффект на физическую работоспособность, возрастающую в среднем на 440% по сравнению с контролем.

На рисунке 1. видно, что фоновые значения контрольной и 6 группы почти не различаются, однако на 14 сутки в 6 группе средние значения времени плавания от 3000 до 5000 с., а в контроле от 200 до 500 с. Это означает, что препарат 29 D влияет на повышение физической работоспособности крыс.

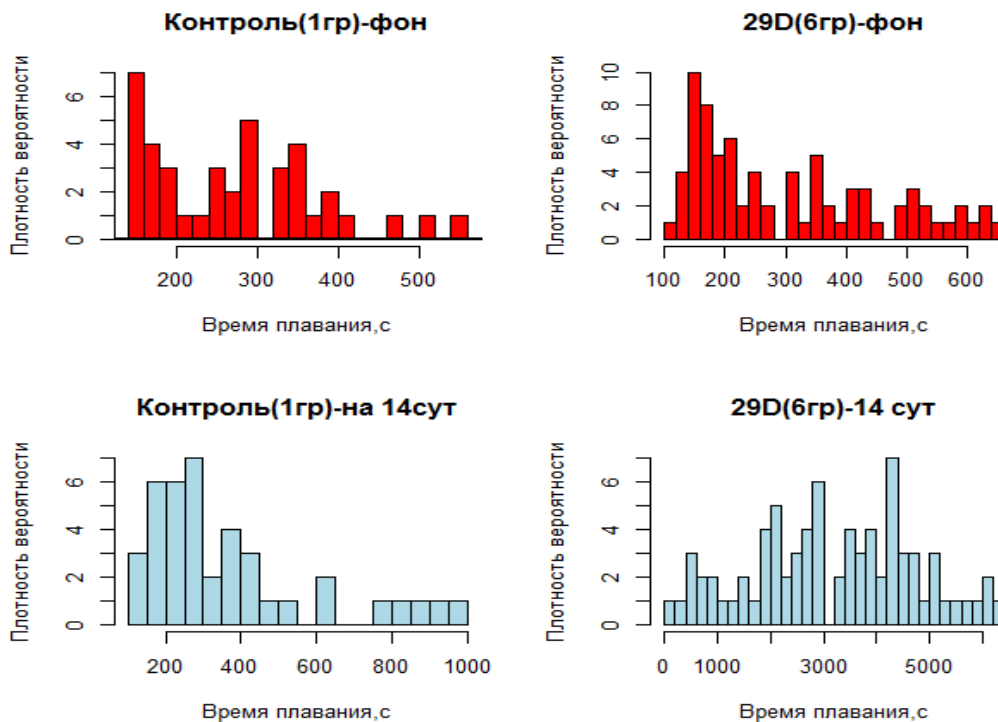


Рисунок 1. - Гистограммы для 1 и 6 групп.

В течении эксперимента производилось 2 отбора биохимических показателей: до введения исследуемых веществ и после для оценки их изменения в условиях интенсивных физических нагрузок и введения изучаемых соединений. С помощью программы R была построена линейная регрессионная модель, которая имеет вид:  $y_{ij} = a_0 + \alpha_i + \alpha_t + \beta_{it} + \varepsilon_{ij}$

где  $y_{ij}$  – значение показателя в  $j$ -го  $i$  группе ( $i=1,6$ ) в момент времени  $t$  ( $t=0,14$ );

$a_0$  – среднее значение показателя в группе 1;

$\alpha_i$  – разница в среднем значении показателя в группе 6 по отношению к группе 1;

$\alpha_t$  – среднее изменение показателя (в группе 1) в момент времени  $T=14$  по отношению к моменту времени  $T=0$ ;

$\beta_{ii}$  – разница в среднем изменении показателя в группе 6 в момент времени  $T=14$  по отношению к среднему изменению показателя в группу 1 в момент времени  $T=14$ .;

$\varepsilon_{ij}$  – случайная ошибка.

Значимый на уровне 5% сдвиг показателей между 1-й и 6-й группами наблюдается для таких биохимических показателей, как гемоглобин, глюкоза, лактата, мочевины.

**Заключение.** Результаты проведенного исследования позволили выявить в ряду изученных производных пиримидина соединение-лидер – вещество 29Д (L-аскорбат 1-(2-гидроксиэтил)-4,6-диметил-1,2-дигидропиримидин-2-она), оказывающее максимальный стимулирующий эффект на физическую работоспособность крыс, проявляющийся в увеличении продолжительности первого плавания на 14-е сутки в среднем на 440%. Исследование гематологических и биохимических показателей крови у животных на фоне физических нагрузок, которым вводили соединение-лидер (29Д), показало, что многократное введение данного вещества не оказывает влияния на процессы лейкопоэза.

В тоже время показано, что соединение 29Д обладает способностью стимулировать процесс образования эритроцитов, о чем свидетельствует повышение числа эритроцитов и концентрации гемоглобина.

Увеличение уровня глюкозы и снижение концентрации лактата фтор-оксалатной плазмы крови экспериментальных крыс в условиях истощающих нагрузок смешанного характера свидетельствуют о более легкой переносимости физических нагрузок при введении соединения 29Д.

Соединение 29Д обладает антикатаболическим действием, о чем свидетельствует значимое снижение концентрации мочевины в крови.

Об отсутствии гепато- и кардиотоксичности соединения 29Д свидетельствует отсутствие различий между активностями аланин- (АЛТ) и аспартат-аминотрансфераз (АСТ) в контрольной и опытной группах животных.

### Список литературы.

- 1) Смирнов В.М. Физиология физического воспитания и спорта: Учебник для студ. сред. и высш. учебных заведений / В.М. Смирнов, В.И. Дубровский. Москва: ВЛАДОС-ПРЕСС. 2002. С.608.
- 2) Бобков Ю.Г. Фармакологическая коррекция утомления / Ю.Г. Бобков, В.М. Виноградов, В.Ф. Катков, С.С. Лосев, А.В. Смирнов. Москва: Медицина. 1984. С.208.
- 3) Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. Учебное пособие. / А.Д. Наследов. СПб.: Речь. 2004. С.392.
- 4) Кабаков Р.И. R в действии. Анализ и визуализация данных в программе R / пер. с англ. П.Волковой. М.: ДМК Пресс. 2014. С.13–14.
- 5) Волкова П.А. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах. Учебное пособие / П.А. Волкова., А.Б.Шипунов Москва: Экспресс. 2008. С.23.
- 6) HELPSTAT / Формы распределения: асимметрия, эксцесс / [Электронный ресурс]. Режим доступа: – <http://helpstat.ru/2012/11/formyi-raspredeleniya-asimetriya-ekstsess> (Дата доступа: 05.05.2014).
- 7) Буховец А.Г. Статистический анализ данных в системе R. Учеб. пос. / А.Г. Буховец, П.В. Москалев, В.П. Богатова, Т.Я. Бирючинская Воронеж: ВГАУ. 2010. С.84–90.
- 8) R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСТРАКОД *HETEROCYPRIS INCONGRUENS* ДЛЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

*Егорова А.В.*

*Научный руководитель – профессор Степанова Н.Ю.*

Загрязнение донных отложений (ДО), является актуальной проблемой, т.к. может представлять угрозу для сохранения биоразнообразия и стабильного функционирования водных экосистем [Di Togo et al, 1990, 1991]. Биотестирование донных отложений позволяет получить оперативную информацию о потенциальной угрозе загрязнения для организмов, населяющих водоемы [Бакаева и др., 2009].

Оценка загрязнения донных отложений с использованием различных методик биотестирования широко используется за рубежом, среди которых наиболее признаны методы с применением бентосных организмов. В последние годы появился новый метод тестирования донных отложений с помо-

щью ракушковых рачков – остракод *Heterocypris incongruens* [Chial and Persoone, 2002; Chial et al, 2003]. Остракоды имеют малый размер, что может вносить ошибку в результаты из-за трудности их обнаружения в донных отложениях в процессе тестирования.

Целью работы было провести токсикологический скрининг донных отложений Куйбышевского водохранилища с применением остракод *Heterocypris incongruens*.

Для выполнения цели были сформулированы следующие задачи:

1. оценить ошибку метода тестирования донных отложений с помощью остракод, связанной с трудностью их обнаружения в зависимости от типа грунта и размера животных;
2. оценить токсичность донных отложений Куйбышевского водохранилища с помощью ракушковых рачков – остракод *Heterocypris incongruens*.

Для решения первой задачи были выбраны три типа образцов ДО, отобранных в экологически чистых районах и характеризующихся разным гранулометрическим составом:

1. крупный песок из реки Юшут (Республика Марий Эл);
2. мелкий песок из реки Каррент (Current) из заповедника штата Миссури США;
3. илистый грунт реки Спринг (Spring) штата Миссури США.

Критерием для использования данных ДО было отсутствие в них химического загрязнения. Работа проводилась совместно с Геологической службой США.

При решении второй задачи объектом исследования были ДО Куйбышевского водохранилища, отобранные в августе 2013 г., от г.Казани до г.Тетюши.

Биотестирование проводили с использованием микробиотеста – набора, содержащего все необходимое для проведения серии исследований [www.microbiotests.be]. Процедура тестирования состоит из следующих последовательных этапов: инициировали выход остракод из зимних яиц – измерили начальную длину рачков – поместили ДО в ячейку плашки – добавили воду с суспензией водорослей в каждую ячейку – поместили 10 остракод в каждую ячейку плашки – оставили плашки в темноте при 23°C в оригинале 23°C на 6 дней – перенесли ДО из каждой ячейки на сито – промыли грунт – подсчитали количество выживших остракод – замерыли размер остракод через 6 дней тестирования – подсчитали процент выживаемости и прирост остракод.

На первом этапе исследования был проведен анализ обнаружения остракод в конце тестирования в зависимости от типа донных отложений. В связи с тем, что размер остракод в конце тестирования составляет 400-800 мкм, их легко потерять во время процедуры переноса тестируемых образцов ДО на сито для отмывания от мелкодисперсных частиц. Это особенно может проявиться при тестировании илистых ДО, где остракоды зарываются в толщу.

Сравнение полученных результатов методом однофакторного дисперсионного анализа не выявило значимых различий между типами ДО по критерию выживаемость (рис. 1), что позволяет сделать вывод об отсутствии влияния типа грунта на процесс обнаружения остракод и ошибкой, связанной с возможными потерями животных при тестировании илистых образцов, можно пренебречь.

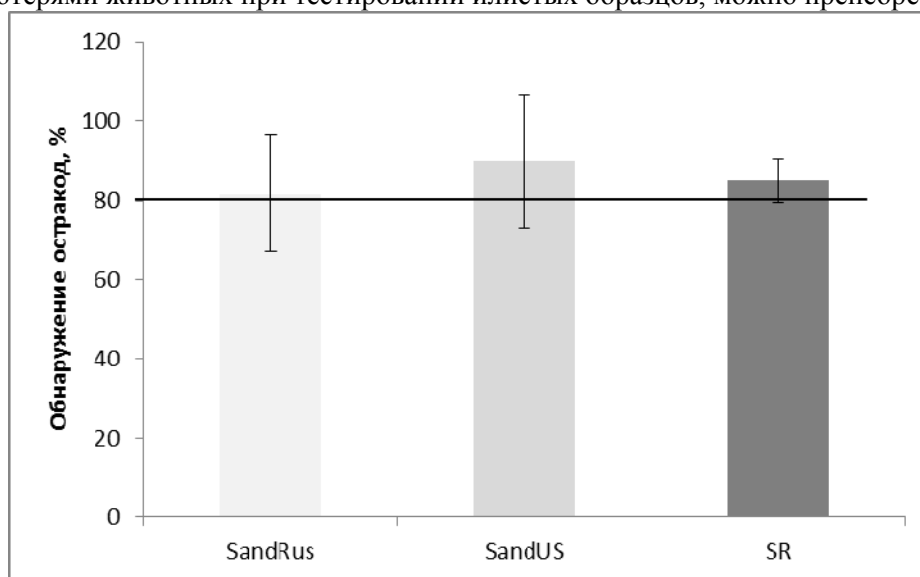


Рисунок 1. – Обнаружение остракод в конце тестирования при использовании различных типов ДО (SandRus – мелкозернистый песок р.Юшут, SandUS – крупнозернистый песок р.Каррент, SR – илистый грунт р.Спринг).

Как было показано в исследованиях на амфиподах *Hyalella azteca* (Tomacovic) возраст, а, следовательно, размер животных в начале тестирования может также отражаться на их обнаружении в конце тестирования.

Следующим этапом нашего исследования было: определить, как влияет начальный возраст остракод на их обнаружение в конце тестирования. Для этого был проведен опыт с разным начальным возрастом остракод: 1, 4, 6 и 8 дней.

Обнаружение остракод было выше 80% во всех вариантах (рис. 2), что свидетельствует о том, что начальный возраст не оказывает влияния на процесс обнаружения рачков в конце тестирования. Это связано с тем, что остракоды отличаются быстрой скоростью роста в первые дни жизни, поэтому к концу тестирования они достигают практически максимального размера.

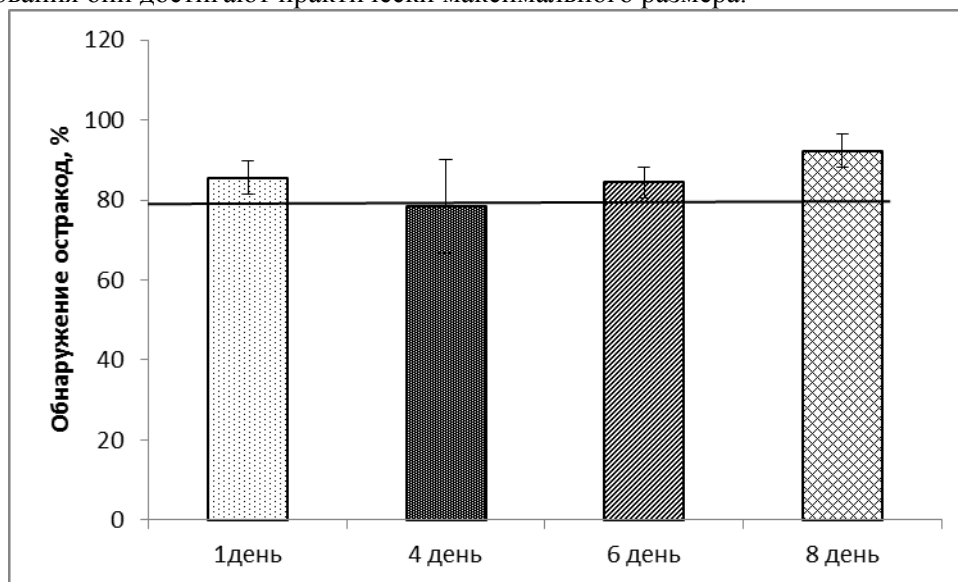


Рисунок 2. – Обнаружение остракод в конце тестирования при использовании остракод разного начального возраста: 1, 4, 6 и 8-дневные.

Известно, что чувствительность организма к токсиканту зависит от возраста. Если начальный возраст не отражается на обнаружение остракод, то следует использовать однодневных рачков – более чувствительных к действию токсикантов.

На следующем этапе нашего исследования мы провели токсикологический скрининг природных образцов ДО, отобранных в Куйбышевском водохранилище. Выживаемость в большинстве случаев составила более 80%, исключение наблюдалось только для проба № 7 (н.п.Буртасы) – 78%, что несколько ниже установленного методикой критерия (рис. 3).

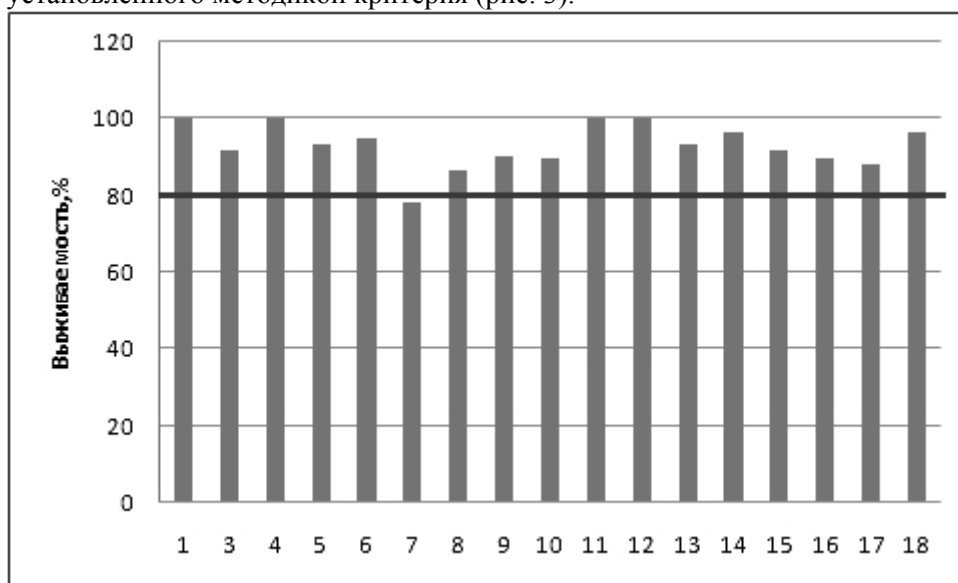


Рисунок 3.. – Выживаемость остракод при тестировании донных отложений Куйбышевского водохранилища.

Сублетальный критерий при биотестировании обычно демонстрирует лучшие результаты по сравнению с летальным критерием. Данные по оценке прироста остракод за 6 дней тестирования показали наличие значимого отклонения от контроля в 53% проб (рис. 4).

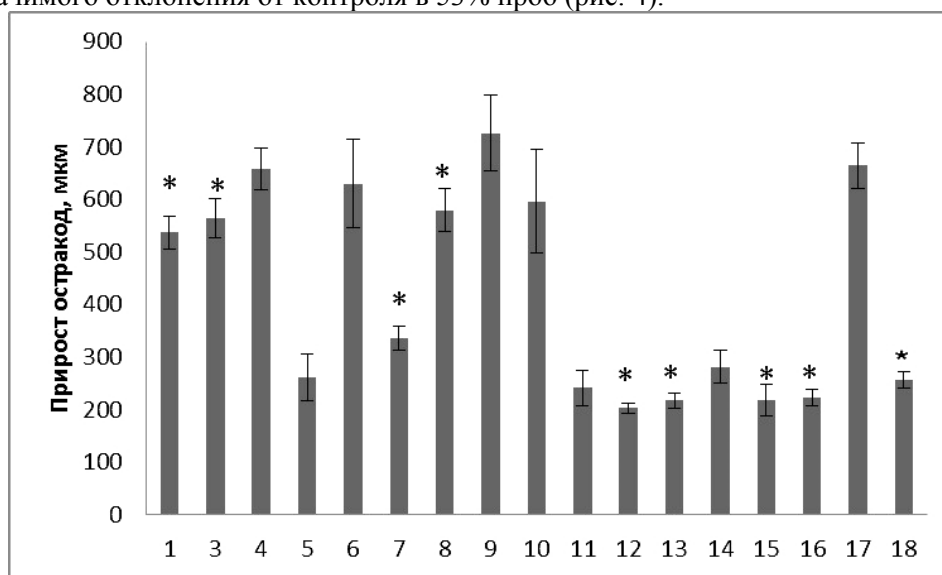


Рисунок 4. – Прирост остракод за 6 дней при тестировании донных отложений Куйбышевского водохранилища (\*отмечено значимое отклонение от контроля при  $p < 0,05$ ).

Обращает внимание, что токсическое действие, выраженное в ингибировании роста рачков, проявляется в местах, приближенных к стационарным антропогенным источникам:

- район ниже г.Тетюши;
- убежище Кирельское – залив, где располагается судоремонтный завод и к берегу пришвартованы суда;
- пристань Кызыл Байрак, куда причаливают пассажирские суда;
- место выпуска сточных вод биологических очистных сооружений г.Казани;
- речной порт г.Казани.

Токсичными оказались ДО в районе н.п. Буртасы. При отборе проб в этом месте отмечалось обилие водорослей, а на берегу была корка из засохших водорослей. Возможно, что токсичность донного грунта определяется биотоксинами, выделившимися в воду при отмирании сине-зеленых водорослей.

Особую тревогу вызывает наличие токсического эффекта у ДО, отобранных в районе водозабора г. Казани, этот факт требует дополнительного исследования с поиском химических веществ, способных оказывать негативное воздействие на гидробионтов.

Выводы:

1. Оценка влияния структуры донных отложений на обнаружение остракод в конце опыта показала, что ошибка метода, связанная с возможными потерями животных при тестировании илистых образцов, составляет в среднем 15% и укладывается в интервал, предусмотренной большинством токсикологических методик.

2. Показано, что начальный возраст (размер) остракод не оказывает влияния на конечные результаты тестирования, что позволяет обосновать использование 1-дневных рачков в процедуре тестирования донных отложений.

3. При токсикологической оценке донных отложений Куйбышевского водохранилища на остракодах в контактном тесте было показано, что по критерию выживаемость только один образец, отобранный в районе н.п. Буртасы, был токсичен; использование в качестве критерия токсичности прирост остракод выявило 53% токсичных проб, отобранных в местах, приуроченных к источникам антропогенного воздействия. Отмечено наличие токсического эффекта в месте скопления отмерших водорослей (н.п.Буртасы), а также в районе водозабора г.Казани.

### Список литературы.

- 1) Бакаева Е.Н., Никаноров А.М., Игнатова Н.А. Место биотестовых исследований донных отложений в мониторинге водных объектов // Вестник южного научного центра РАН. Том 5. №2. 2009. С.84–93.



- 2) Chial B., Persoone G. Cyst-based toxicity test XII—development of a short chronic sediment toxicity test with the ostracod crustacean *Heterocypris incongruens*: selection of test parameters. *Environ Toxicol.* 17. 2002a. P.520–527.
- 3) Chial B., Persoone G., Blaise. Cyst-based toxicity tests XVI—sensitivity comparison of the solid phase *Heterocypris incongruens* microbio test with the *Hyalella azteca* and *Chironomus riparius* contact assays on freshwater sediments from Peninsula Harbour (Ontario, Canada). *Chemosphere* 52. 2003a. P.95–101.
- 4) Di Toro D.M., Mahony J.H., Hansen D.J., Scott K.J., Hicks M.B., Mayr S.M., and Redmond M. Toxicity of cadmium in sediments: The role of acid volatile sulfides // *Environ. Toxicol. Chem.* 1990. V.9. P.1487–1502.
- 5) Di Toro D.M., Zarba C.S., Hansen D.J., Berry W.J., Swartz R.C., Cowan C.E., Pavlou S.P., Allen H.E., Tomas N.A., Paquin P.R. Technological basis for establishing sediment quality criteria for non-ionic organic chemicals using equilibrium partitioning. *Environ. Toxicol. Chem.* 1991. V.10. P.1541–1583.
- 6) Интернет ресурс: MicroBioTests Inc. <http://www.microbiotests.be/toxkits/OstracodtookitFstpl.pdf> (Дата обращения: 10.03.15).

## **АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ УСТОЙЧИВОГО К ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ГЛИНИСТЫХ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ПЛИОЦЕНОВОГО КОМПЛЕКСА**

*Ерофеева А.С.*

*Научный руководитель – профессор Шинкарев А.А.*

Механизмы образования в почвах устойчивого к биологической атаке органического вещества (ОВ), пока недостаточно изучены. К перспективным химическим процедурам для препаративного отделения инертного ОВ от менее устойчивых фракций органических компонентов, относят обработку почв окислителями, например,  $H_2O_2$ ,  $Na_2S_2O_8$  и  $NaOCl$  [1, 2]. В ряде работ принималось [3], что такая обработка удаляет органические компоненты с поверхностей глинистых минералов, не затрагивая межслоевого пространства. В последние годы получены экспериментальные свидетельства присутствия устойчивого к окислительной деструкции ОВ в межслоевых промежутках глинистых минералов непосредственно в почвенных условиях [4,5]. Этот феномен может иметь отношение к характеристике структурных особенностей вторичных бентонитов в Центральной России.

Главным источником монтмориллонитовых глин – бентонитов являются пласты преобразованного вулканического пепла, но в пределах Центральной России значимых месторождений подобного типа нет. В качестве альтернативных, используются вторичные бентониты, отложенные в солоноватоводных или пресноводных бассейнах [6] за счет продуктов деградации вторичных слюд при активном участии биокосных явлений. Структурные особенности глинистых минералов конкретной залежи могут быть результатом биокосных взаимодействий не только в процессе накопления осадков, но и на стадии выветривания на палеоводосборах [7], где зонами наиболее интенсивного взаимодействия ОВ с глинистыми минералами являются неконсолидированные осадки и почвы. Начиная с девона образование, разрушение, снос и переотложение материала почв или их погребение являются постоянным звеном осадочного процесса, и большая часть твердого речного стока представлена материалом почвенных профилей на той или иной стадии их развития [8]. Почвообразовательный процесс развивался также и на значительных территориях прибрежно-морских равнин. Развитие ландшафтов с активно протекающим почвообразованием с большой долей вероятности предполагается для низинных прибрежных равнин, возникших во время регрессии. При трансгрессиях обогащенный ОВ почвенный материал мог поступать в моря и накапливаться [9]. Следовательно, структурные особенности глин конкретной залежи могут иметь почвенную предысторию, а органоминеральные взаимодействия в почвах – рассматриваться как звено осадочного процесса при формировании месторождений и проявлений вторичных бентонитов в Центральной России.

Цель исследования – анализ аминокислотного состава продуктов кислотного гидролиза устойчивого к окислительной деструкции ОВ илистой фракции глинистых пород плиоценового комплекса с высоким содержанием смектитовой компоненты и наличием сингенетического ОВ.

В качестве исходных объектов использованы бентонитоподобные глины акчагыльского яруса верхнего плиоцена. Они приурочены к отложениям опресненной лагунно-морской и пресноводной озерно-болотной фаций в пределах Мелекесской впадины, Казанской седловины и южного купола Татарского свода.

В экспериментах с окислительной деструкцией последовательность операций включала обработку образцов 0,1 моль/л раствором  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , отмывку их деионизованной водой, многократную обработку в течение 30-40 дней 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  при комнатной температуре, отделение фракции частиц со стоковым эквивалентным диаметром  $<2,5$  мкм (после расчетной седиментации в столбе жидкости), ее высушивание и гомогенизацию.

Кислотный гидролиз илистой фракции проводили 6 моль/л  $\text{HCl}$  при  $110^\circ\text{C}$  в течение 24 ч. Определение аминокислотного состава проводили на ВЭЖХ «Flexar» (Perkin Elmer, США) с обратно-фазной колонкой Brownlee Analytical C18 и УФ-детектором настроенным на длину волны 254 нм. Обработку результатов проводили с помощью программы «Chromera».

Определение углерода органических соединений проводили на CHN анализаторе «PE 2400 Series II» (Perkin Elmer).

Обработку данных проводили с использованием MS Excel.

Для исследованных образцов бентонитоподобных плиоценовых глин остаточное содержание органического углерода во фракции  $<2,5$  мкм после обработки 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  составило от 0,18% до 0,34%.

В гидролизатах инертного ОБ обнаружены типичные белковые аминокислоты. Группировка аминокислот в кислые, основные и нейтральные показала, что в составе инертного ОБ плиоценовых глин практически отсутствуют кислые аминокислоты. Основная часть аминокислот представлена нейтральными. В составе нейтральных аминокислот преобладают аминокислоты не несущие парциальных зарядов и не сольватирующиеся водой (гидрофобные). В аспекте оценки генетической связи между почвами и глинистыми осадочными породами целесообразно провести сравнительный анализ группового состава аминокислот инертного ОБ в илистой фракции плиоценовых глин и лесостепных почв.

По критерию Шапиро-Уилка для уровня значимости  $\alpha=0,05$  экспериментально измеренные значения содержания групп аминокислот в илистой фракции плиоценовых глин и лесостепных почв характеризовались нормальным распределением, поэтому для оценки различий между ними использовали параметрические показатели. Сравним данные по групповому составу аминокислот в илистой фракции плиоценовых глин и в илистой фракции, выделенной из профильных образцов лесостепных почв без обработки  $\text{H}_2\text{O}_2$  (рисунок 1).

Результаты t-теста оценки различий величин средних двух несвязных и неравных по численности выборок, которые распределены по нормальному закону, показали, что для содержания всех групп аминокислот различия между плиоценовыми глинами и лесостепными почвами оказались значимыми. Для основных аминокислот значение t-критерия Стьюдента составляет 2,71; для кислых – 15,69; для гидрофильных – 4,98; для гидрофобных – 3,72; для нейтральных – 10,55; при критическом значении  $t_{st}=2,07$ . По сравнению с илистой фракцией, выделенной из профильных образцов лесостепных почв без обработки  $\text{H}_2\text{O}_2$ , в групповом составе аминокислот инертного ОБ илистой фракции плиоценовых глин содержится меньше основных (в 1,27 раза), кислых (в 5,17 раза) и гидрофильных аминокислот (в 1,24 раза). В то же время в групповом составе аминокислот инертного ОБ илистой фракции плиоценовых глин больше гидрофобных и нейтральных аминокислот (в 1,10 и 1,22 раз, соответственно).

Сравним далее данные по групповому составу аминокислот инертного ОБ в илистой фракции плиоценовых глин и лесостепных почв (рисунок). Результаты t-теста оценки различий показали, что для содержания кислых и гидрофильных аминокислот различия между плиоценовыми глинами и лесостепными почвами не значимы. Для кислых аминокислот значение t-критерия Стьюдента составляет 1,24; для гидрофильных – 0,90; при критическом значении  $t_{st}=2,07$ . В то же время для основных аминокислот значение t-критерия составляет 3,85; для гидрофобных – 2,88; для нейтральных – 3,15; при критическом значении  $t_{st}=2,07$ . Следует, конечно, заметить, что различия между содержаниями гидрофобных и нейтральных аминокислот, хотя и значимы, но малы. В составе инертного ОБ илистой фракции плиоценовых глин содержится только в 1,08 раза меньше гидрофобных и только в 1,07 раза больше нейтральных аминокислот, чем в составе инертного ОБ илистой фракции лесостепных почв. Однако относительное содержание основных аминокислот в инертном ОБ илистой фракции плиоценовых глин ниже в 1,50 раза.

В гидролизатах инертного ОБ илистой фракции бентонитоподобных глин плиоценового комплекса обнаружены типичные белковые аминокислоты, в составе которых преобладают группы нейтральных и гидрофобных аминокислот. За исключением относительного содержания основных аминокислот в групповом составе аминокислот инертного ОБ илистой фракции плиоценовых глин и лесостепных почв больше сходств, чем различий.

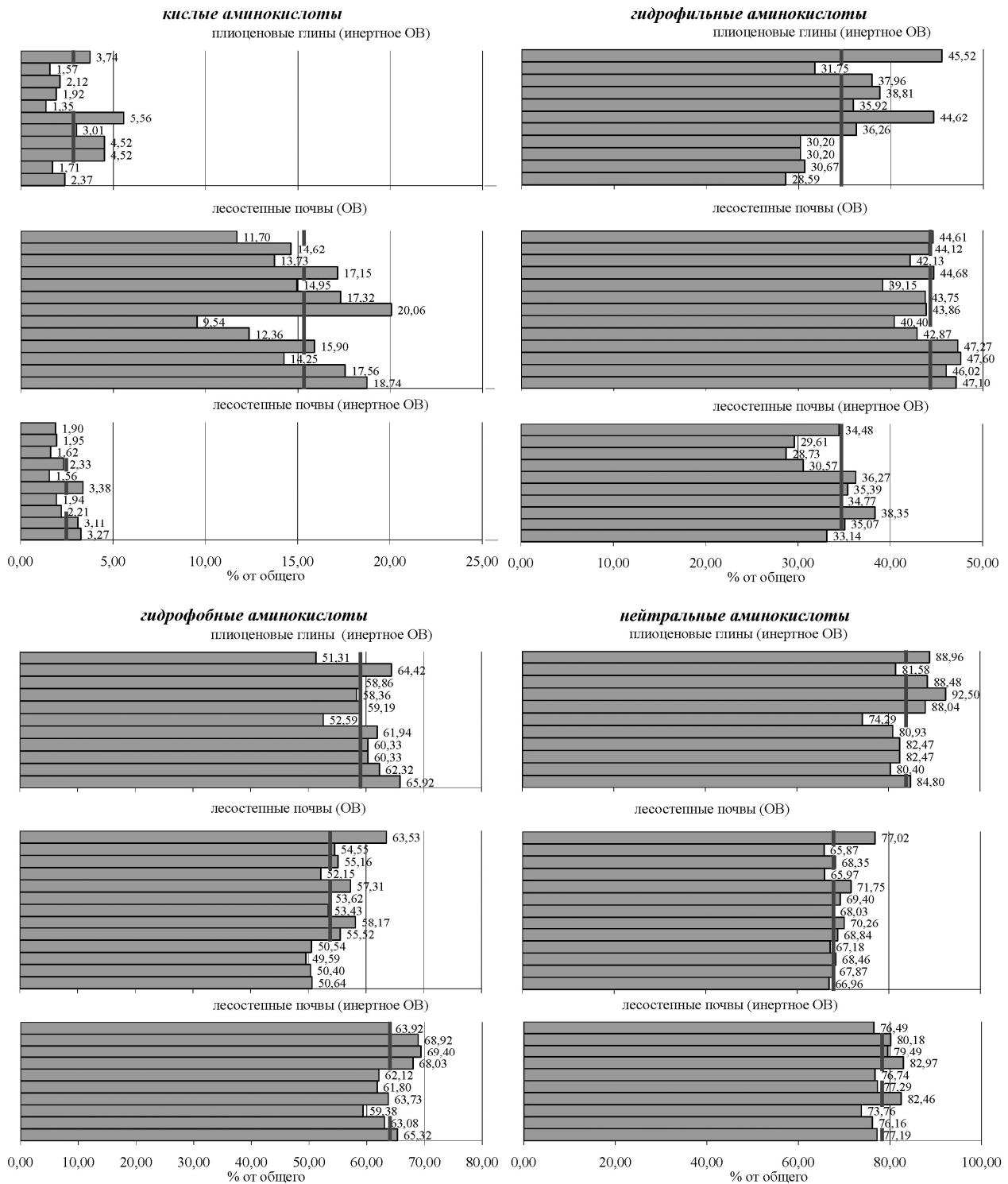


Рисунок 1. – Содержание групп аминокислот в кислотных гидролизатах илистой фракции пониоцевоы глины и лесостепных почв. Жирные линии – средние значения. (данные для лесостепных почв любезно предоставлены Е.В. Тарасовой).

Обнаруженные закономерности следует объяснять чисто физико-химическими факторами, которые вероятнее всего будут определять особенности сорбции низкомолекулярных органических компонентов на поверхностях глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой. Такими факторами могут быть сродство молекул аминокислот к фазе водного раствора и их сродство к функциональным группам минеральных поверхностей. По понятным причинам, селективное связывание тонкодисперсными фазами пониоцевоы глины и лесостепных почв нейтральных и гидрофобных аминокислот может быть обусловлено их пониженным сродством к молекулам полярного растворителя.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 14-04-01599-а.

### Список литературы.

- 1) Eusterhues K., Rumpel C., Kögel-Knabner I. Stabilization of soil organic matter isolated via oxidative degradation // *Org. Geochem.* 2005. V.36. P.1567–1575.
- 2) Siregar A., Kleber M., Mikutta R., Jahn R. Sodium hypochlorite oxidation reduces soil organic matter concentrations without affecting inorganic soil constituents // *Europ. J. Soil Sci.* 2005. V.56. P.481–490.
- 3) Schulten H.R., Leinweber P., Theng B.K.G. Characterization of organic matter in an interlayer clay-organic-complex from soil by pyrolysis methylation-mass spectrometry // *Geoderma.* 1996. V.69. P.105–118.
- 4) Шинкарев А.А., Гиниятуллин К.Г., Лыгина Т.З., Шинкарев А.А. (мл), Кринари Г.А., Губайдуллина А.М., Латыпов М.К. Специфическая стабилизация органического вещества в органо-сметитовых комплексах и некоторые аспекты ее прикладного применения // *Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований. Том IV: Экологическая безопасность, инновации и устойчивое развитие. Образование для устойчивого развития.* Казань: Изд-во «Отечество». 2009. С.274–278.
- 5) Skiba M., Szczerba M., Skiba S., Bish D.L., Grybos M. The nature of interlayering in clays from a podzol (Spodosol) from the Tatra Mountains, Poland // *Geoderma.* 2011. V.160. P.425–433.
- 6) Минералогия верхнепермского и мезокайнозойского комплексов Республики Татарстан. Под ред. И.А. Ларочкиной, Е.М. Аксенова. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 2007. 456 с.
- 7) Фролов В.Т. Литология. Кн. 2. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1993. 432 с.
- 8) Nichols G. *Sedimentology and stratigraphy.* Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 2009. 419 p.
- 9) Гаврилов Ю.О. Закономерности накопления и распределения органического вещества в осадках и осадочных породах // *Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция.* М.: Научный мир. 2004. С.94–103.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕЧНОГО БАССЕЙНА В ПАКЕТЕ PM5

*Исагаджиева З.Ш.*

*Научный руководитель – доц., к.ф.-м.н. Костерина Е.А.*

Пакет программ PM5 общепризнан во всем мире и используется в качестве основной программы для гидрогеологических расчетов. Продукт разработан в 1984 г. в Геологической службе США. Данная программа находится в свободном доступе на сайте <http://www.simcore.com>.

Математическое моделирование в гидрогеологии актуально в наши дни. Это обусловлено тем, что нужны более достоверные и точные гидрогеологические расчеты для рационального использования водных ресурсов.

Пакет программ PM5 позволяет решать следующие задачи:

- оценка эксплуатационных запасов подземных вод;
- влияние проектируемых водозаборов на окружающую среду;
- расчет зон санитарной охраны;
- прогноз изменения качества вод вследствие загрязнения от промышленных и бытовых источников.

Для моделирования течения чистой воды предназначен модуль MODFLOW.

Для решения задач переноса загрязняющего вещества существует 3 основных модуля [1]:

- МОС – метод характеристик, учитывающий дисперсионные и конвективные механизмы распределения загрязнений.
- МТЗД – гибридная схема на базе метода характеристик. В процессе вычисления происходит оценка величины конвективного переноса, в зависимости от которой используется либо метод характеристик, либо обычный разностный метод.
- МТЗДМС – гибридная схема с учетом физико-химических реакций первого порядка (например, реакции распада или сорбции).

Обязательными параметрами модели являются:

- коэффициент фильтрации  $k_x, k_z$  – для всех задач;

Для нестационарных задач:

- коэффициент водоотдачи  $\mu$ ;
- коэффициент упругоэластичности горных пород  $\eta$ ;

При расчете загрязнений:

- эффективная пористость.

Студенты Института экологии и природопользования КФУ изучают возможности пакета PM5, содержание и структура курса разрабатываются в сотрудничестве с кафедрой гидрогеологии СПбГУ. Данная работа была выполнена до введения дисциплины в учебный план и может рассматриваться как часть работ по разработке курса.

Пакет PM5 решает трехмерную начально-краевую задачу в заданной области численным методом.

Основу математической модели составляет уравнение баланса массы чистой воды в терминах напоров:

$$\frac{\partial}{\partial x} k_x \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial H}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial H}{\partial z} = \eta \frac{\partial H}{\partial t} - \varepsilon$$

где  $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$  – коэффициенты фильтрации в направлении соответствующих координатных осей,  $\varepsilon$  – плотность внешних источников,  $\eta$  – упругость,  $H$  – гидродинамический напор [2].

Для проведения расчетов строится конечно-разностная аппроксимация дифференциальной задачи.

Расчетная область выделяется приближенным заданием естественных границ территории в плане, также возможно разбиение на водоносные горизонты. Это может быть территория с определенным рельефом, наличием водных объектов, непроницаемых препятствий и др. При построении модели территория покрывается прямоугольной сеткой. При этом в пределах ячейки среда читается однородной, а сама ячейка представлена своим центром.

На рисунке 1 показана часть расчетной области, покрытая прямоугольной сеткой.

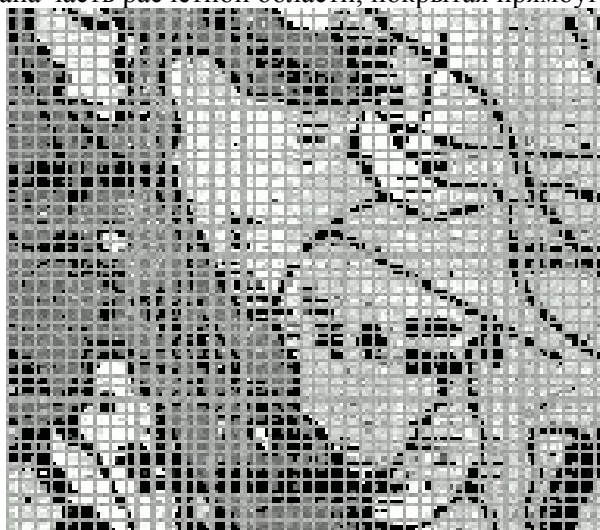


Рисунок 1. – Территория, покрытая сеткой в плане.

Граничные условия (ГУ) расчетной области могут быть 1-го, 2-го и 3-го рода и моделировать реки и др. водоемы; обрывы, карьеры, непроницаемые препятствия разного происхождения, а также учитывать среднегодовые осадки [1]. На рисунке 2 показана расчетная область одного из учебных примеров, имеющая границы нескольких видов. ГУ первого рода является береговая линия морского залива, непроницаемый водоупор и линия водораздела – ГУ второго рода, а реки моделируются ГУ третьего рода.

В качестве результатов моделирования могут быть получены следующие выходные данные:

- Карта распределения напоров по территории.
- График динамики понижения на скважине.
- Траектория движения отдельной частицы.
- Карта распределения концентрации вещества по территории.
- Полный отчет о водном балансе в области моделирования.

Далее на рисунках показаны примеры результатов работы пакета, полученные для различных учебных задач.

На рисунке 3 представлена карта распределения напоров.

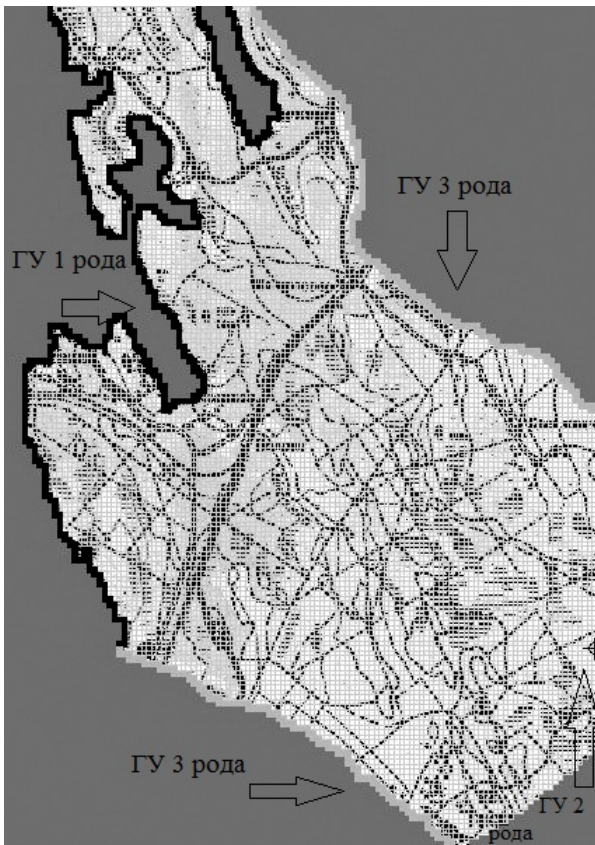


Рисунок 2. – Расчетная область модели с выделением ГУ.

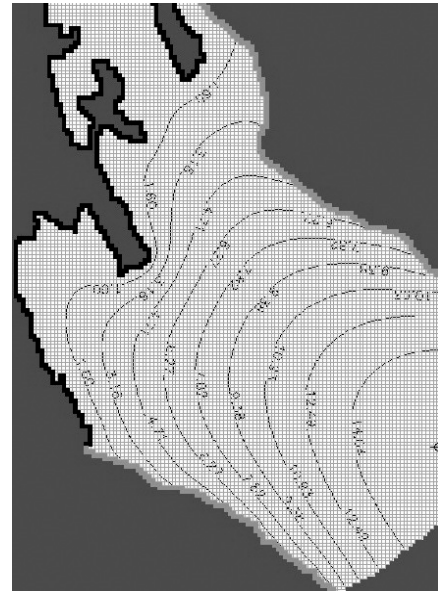


Рисунок 3. – Карта распределения напоров.

По графику, изображенному на рисунке 4, можно определить, через какое время от момента запуска скважина выйдет на установившийся режим работы, и сколько будет составлять понижение в расчетном блоке (примерно 0,94 м).

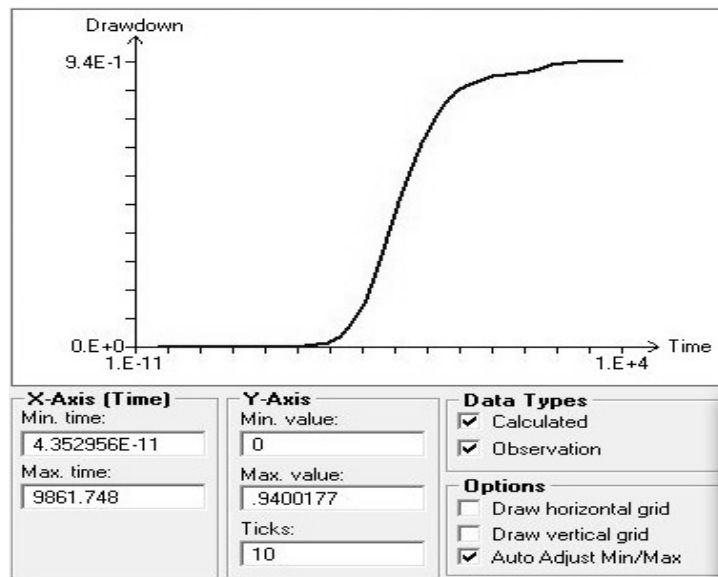


Рисунок 4. – График динамики понижения напора на скважине.

На рисунке 5 представлен отчет по водному балансу в первом водоносном горизонте. Величина естественных ресурсов составляет  $141,136 \text{ м}^3/\text{сутки}$ . При этом в соседнюю реку разгружается  $15,495 \text{ м}^3/\text{сутки}$ ,  $125,58 \text{ м}^3/\text{сутки}$  воды перетекает в нижележащие горизонты.

ZONE 1 IN LAYER 1			
FLOW TERM	IN	OUT	IN-OUT
STORAGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
CONSTANT HEAD	1.4113620E+02	1.5495384E+01	1.2564082E+02
HORIZ. EXCHANGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
EXCHANGE (UPPER)	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
EXCHANGE (LOWER)	0.000000E+00	1.2558299E+02	-1.2558299E+02
WELLS	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
DRAINS	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RECHARGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
ET	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
RIVER LEAKAGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
HEAD DEP BOUNDS	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
STREAM LEAKAGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
INTERBED STORAGE	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
MULTI-AQIFR WELL	0.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
SUM OF THE LAYER	1.4113620E+02	1.4107837E+02	5.7830811E-02
DISCREPANCY [%]	0.04		

Рисунок 5. – Водный баланс в первом водоносном горизонте.

Таким образом, данная работа выполнена в рамках разработки учебной дисциплины для студентов Института экологии и природопользования КФУ, изучены некоторые возможности гидрогеологического моделирования в пакете программ PM5, рассмотрены методы моделирования, лежащие в основе данного пакета программ, решены несколько учебных задач моделирования водного баланса речного бассейна.

### Список литературы.

- 1) Коносавский П.К., Соловейчик К.А. Математическое моделирование геофильтрационных процессов: Учебное пособие. СПб: Издательство СПбГТУ. 2001. 96 с.
- 2) Баренблатт Г.И., Ентов В.Н., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. М.: Недра. 1984. 211 с.

## ВЫЯВЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ – АКТИВНЫХ ДЕСТРУКТОРОВ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТЕШЛАМОВ

*Латыпова Л.Д.*

*Научный руководитель – профессор Селивановская С.Ю., с.н.с. Ахметзянова Л.Г.*

Нефть и нефтепродукты являются одними из самых распространённых загрязнителей окружающей среды [Бабаев Э.Р., Мовсумадзе М.Э., 2009, с. 80-87]. От загрязнений нефтью и ее продуктами в первую очередь страдает почва. Особенно вредное воздействие оказывают смолисто-асфальтеновые компоненты [Кузнецов А.Е. с соавт., 2010, 485 с.]. Из многочисленных методов, которые позволяют уменьшить концентрацию нефти в экосистемах, наиболее перспективным считаются биологические методы, основанные на естественных процессах разложения нефти в природе, участие в которых принимают углеводородокисляющие микроорганизмы: бактерии, микроскопические грибы и дрожжи. Биологические методы утилизации основаны на применении микроорганизмов, способных использовать углеводороды нефти в качестве единственного источника углерода [Рогозина Е.А., Шиманский В.К., 2007, с.16-18].

Исходя из вышесказанного, целью этой работы стала выявление микроорганизмов – активных деструкторов углеводородов нефтешламов.

На начальном этапе работы необходимо было выделить штаммы-деструкторы нефтепродуктов из нефтесодержащих отходов. Для этого было использовано 12 отходов, отличающихся между собой физико-химическими свойствами и содержаниями нефтепродуктов. Нефтесодержащие отходы были привезены из четырех различных промышленных объектов образования нефтешламов.

Для выделения штаммов микроорганизмов из нефтешламов делали водные вытяжки, которые затем инкубировали в течение 7 суток на жидкой минеральной среде с 2%-м содержанием нефти в качестве единственного источника углерода. Пересев повторяли 3 раза. Далее производили посев микробного сообщества на МПА в чашках Петри.

В результате выделения было получено 32 штамма микроорганизмов. На следующем этапе нашей работы перед нами стояла задача определения возможности деструкции углеводородов выделенными микроорганизмами. Измерение количества нефтепродуктов проводили на 1, 7 и 14 сутки методом ИК-спектрометрии с помощью анализатора нефтепродуктов АН-2. В качестве контроля использовали минеральную среду с нефтью без добавления микроорганизмов.

Снижение массовой доли нефтепродуктов в жидкой среде для опытных вариантов составило от 43 до 78%. По результатам измерения выявили наиболее активных нефтедеструкторов с эффективностью утилизации более 60%. Наиболее активными деструкторами нефти явились штаммы, маркированные как БА4, БАтв, БАж, ЛТП1.3, НК2.1, НК3.2, НК4.4, ШМ4.

Далее, для этих штаммов провели культуральный анализ по форме, цвету, размеру, краю и поверхности колоний.

Следующим этапом в работе являлось определение деструктивной активности выделенных штаммов микроорганизмов в отношении нефтешламов. Для этого производили иммобилизацию микроорганизмов на сухой листве широколиственных пород (в соотношении 1:3 по массе), после чего вносили в контейнер с нефтяными отходами и активно перемешивали.

Инкубирование производили в термостате в течение 100 дней. Измерение количества нефтепродуктов проводили на 1, 7, 28, 42, 63 и 100 сутки. Также были заложены два образца: нефтесодержащий отход с листвой без добавления микроорганизмов, и нефтесодержащий отход без листвы и без добавления микроорганизмов (контрольный образец). На рисунке 1 представлены результаты изменения содержания нефтепродуктов в образцах нефтешлама, подвергнутых биоремедиации выделенными штаммами нефтедеструкторов.

В ходе эксперимента показано, что на 28 сутки большинство штаммов снижали количество нефтепродуктов (рис. 1). Кроме того, наблюдали снижение количества нефтепродуктов в контрольном образце на 25% на 100 сутки, что вероятно связано с улетучиванием легкой фракции нефти. Однако на 42 день наблюдается повышение на незначительное количество. К концу эксперимента штаммы активно утилизировали нефтепродукты, и снизили количество нефтепродуктов в среднем на 70% от исходного содержания. При анализе полученных результатов обнаружено, что отдельные штаммы микроорганизмов снижали содержание нефти на одинаковом уровне.

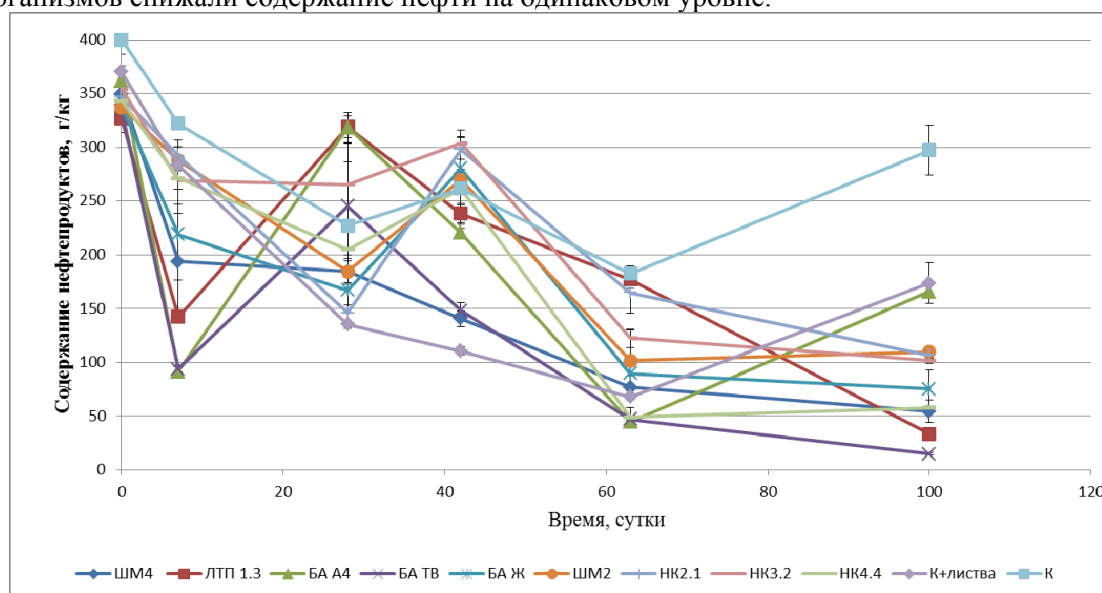


Рисунок 1. – Снижение количества нефтепродуктов в образцах нефтешлама.

С точки зрения деструктивного потенциала, наиболее эффективными из представленных являлись штаммы БАтв, ЛТП1.3, ШМ4, НК4.4, снизив при этом исходное содержание нефтепродуктов на 96%, 90%, 84% и 83% соответственно.

Для дальнейшего исследования представляло интерес определение видовой принадлежности штаммов деструкторов нефтепродуктов, выделенных из разных типов нефтешламов. Для этого использовали 2 штамма БАтв и НК4.4. Идентификацию штаммов микроорганизмов производили методом ПЦР-амплификацию фрагмента гена 16S рРНК с использованием универсальных прокариотических праймеров по стандартной методике. Праймеры синтезированы фирмой Синтол (Россия, Москва). Штамм БАтв был определен как *Pseudomonas aeruginosa* strain SNP0614 (100% совпадение), штамм НК4.4 – *Acinetobacter radioresistens* strain NBRC 1024/3 (100% совпадение).

Кроме того, при содействии Междисциплинарного центра КФУ «Электронная микроскопия» были получены электронограммы данных штаммов и контрольного образца (рис.2).

Выделенные штаммы обладают высокой активностью к деструкции углеводов нефтешламов и могут быть рекомендованы к дальнейшему использованию в целях утилизации нефтешламов.



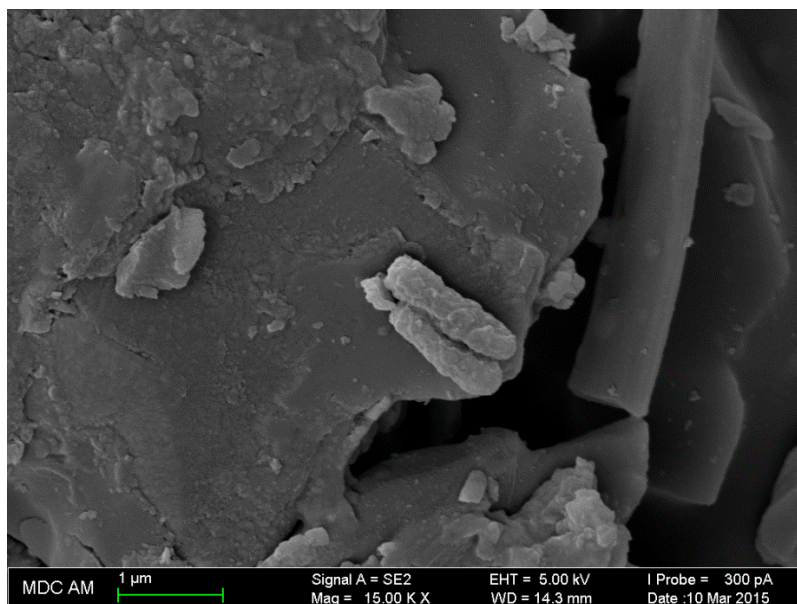


Рисунок 2. – Электронограмма *Pseudomonas aeruginosa* strain SNP0614.

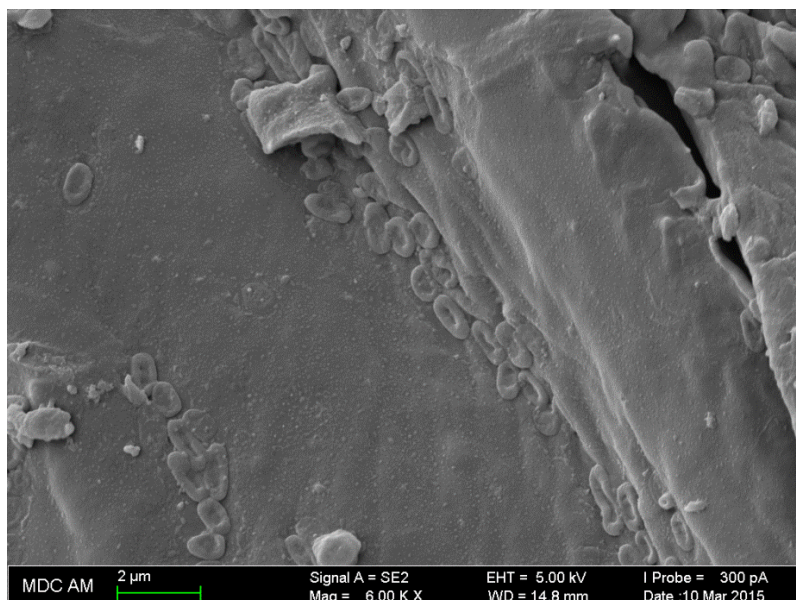


Рисунок 3. – Электронограмма *Acinetobacter radioresistens* strain NBRC 1024/3.

### Список литературы.

- 1) Бабаев Э.Р., Мовсумадзе М.Э. Преобразование нефти в процессе её микробиологической деградации в почве // Башкирский химический журнал. 2009. Т.16. №3. С.80–87.
- 2) Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М., Вайссер Т., Чеботаева М.В. Прикладная экобиотехнология: Учебное пособие: В 2 томах. Т.1. БИНОМ. 2010. 485 с.
- 3) Рогозина Е.А., Шиманский В.К. Некоторые теоретические аспекты восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2007. №4. С.16–18.
- 4) Cameotra S.S. Bioremediation of oil sludge using crude biosurfactants // Int. Biodeterior. Biodegrad. 2008. №62. P.274–280.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА СОСНЫ КАК ИНДИКАТОРА УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ

*Насырова Э.И.*

*Научный руководитель – доцент кафедры моделирования экосистем Чижикова Н.А.*

Одним из способов моделирования радиального роста деревьев являются региональные кривые роста (РКР, regional growth curves, RGCs). РКР используются в науках, связанных с изучением древесных колец, чтобы устранить из данных о динамике радиального прироста тренды и низкочастотные колебания, не связанные с внешними факторами, представляющими интерес при изучении влияния климата или воздействий человека на рост деревьев [1]. Считается, что РКР, используемые таким образом для стандартизации измерений древесных колец, отражают внутренние закономерности роста деревьев, связанные с биологическими и возрастными особенностями вида, свойственными для рассматриваемой территории и типа местообитания [2, 3].

Целью данной работы является построение РКР методом обобщенной регрессионной модели и определение на её основе возрастных особенностей радиального прироста деревьев вида *Pinus sylvestris* L., произрастающих в различных по условиям среды участках Поволжского региона.

Исходные данные. Учебно-научной лабораторией продукционной экологии Института экологии и природопользования КФУ были предоставлены 125 кернов сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L., отобранных в 10 участках. По условию влагообеспеченности данные участки можно разделить на три типа местообитаний (таблица 1).

Таблица 1. – Условия влагообеспеченности местообитаний.

Идентификатор участка, ID	Описание	Влагообеспеченность
53	оз. Долгое, Раифский участок ВКГПБЗ	Высокая
63	кв. 25/30, Раифский участок ВКГПБЗ	Средняя
65	кв. 43, Сараловская часть ВКГПБЗ	Низкая
66	кв. 49, Сараловская часть ВКГПБЗ	Низкая
68	оз. Глухое, национальный парк Марий-Чодра	Низкая
74	долина р. Утка, Ульяновская обл.	Низкая
77	лесопарк Лебяжье, г. Казань	Низкая
106	болото Илюшкино Медведевский район, Республика Марий Эл	Высокая
109	болото Дачное, п. Старожильск, Республика Марий Эл	Высокая
132	Зеленодольский р-н, Республика Татарстан	Высокая

Данные о предоставленных кернах находятся в базе данных DENDROCHRON [4], структуру которой в этом исследовании потребовалось изменить для того, чтобы внести новые данные о годе начала роста дерева и камбиальный возраст. Данная информация необходима для построения РКР. Пример керна приведен на рисунке 1.



Рисунок 1. – Вид керна.

Зачастую информация о точном возрасте дерева отсутствует в силу разных причин (сложность отбора, поломка керна). В данном исследовании год начала роста был определен при помощи палетки, подобранной по толщине первых имеющихся на керне колец.

**Построение РКР.** В процессе исследования были рассмотрены различные методы построения РКР (локальная полиномиальная регрессия, скользящее среднее и др.) на данных по контрольному местообитанию озера Долгое Раифского участка ВКГПБЗ, т.к. здесь имелась самая большая выборка (42 керна) [5]. Все методы были реализованы с помощью функций и пакетов среды статистического программирования R [6]. В ходе данной части исследования было показано, что наилучшими свойствами для построения РКР обладает обобщенная регрессионная нелинейная модель (Generalized regression

model): для создания модели достаточно задать наименьшее необходимое количество узлов для описания закономерности роста, а также результирующая модель имеет наименьшее количество флуктуаций и шумов. В среде R она была реализована с помощью функции `gam` пакета `mgcv` [7].

На рисунке ниже показаны модели, полученные для остальных местообитаний региона (рис. 2).

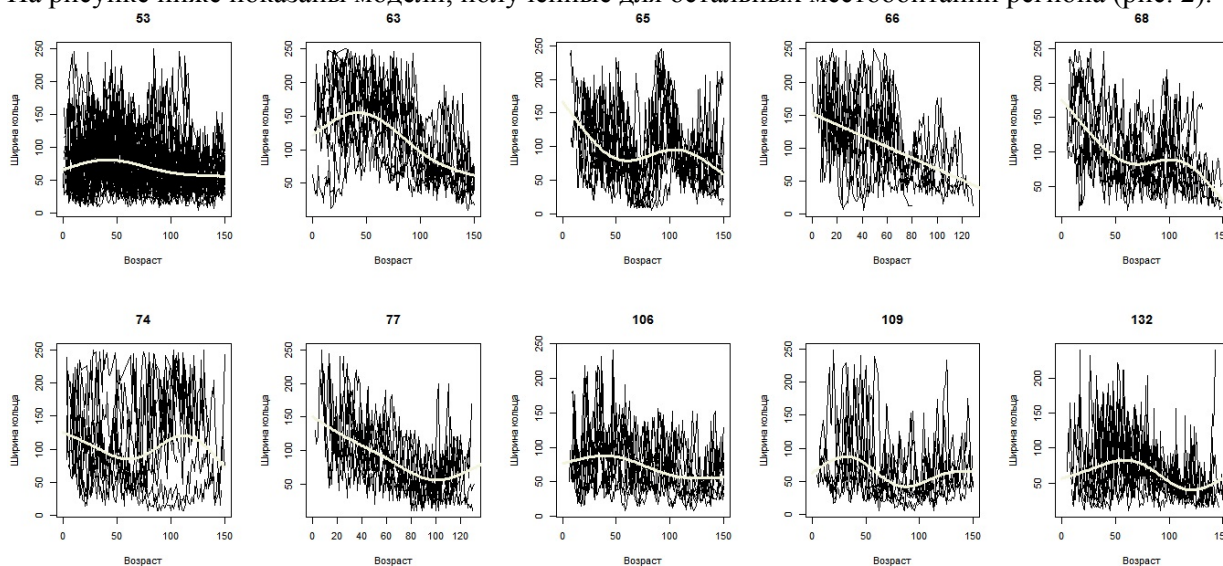


Рисунок 2. – Сравнение моделей РКР по разным местообитаниям. По оси абсцисс отложен камбиальный возраст каждого керна, по оси ординат – ширина колец в миллиметрах, умноженная на 100.

Все местообитания показали различный возраст достижения максимального прироста и различную его величину, что вероятно является индикатором условий среды. Предстоит оценить пределы вариации данных признаков, значимость их различия и более подробно рассмотреть причины, их вызывающие. Однако для размеров колец, характерных наиболее старым деревьям (150 лет) наблюдается малый разброс оценок, а ширина колец колеблется в небольшом диапазоне (0,75–0,85 мм). Данную закономерность можно связать с тем, что в зрелом возрастном состоянии деревья достаточно устойчивы к воздействиям условий среды и их рост в большей степени контролируется биологическими особенностями вида.

Рассмотренные методики построения региональных кривых роста могут быть далее использованы для подготовки данных о радиальном приросте деревьев и последующего анализа реакции деревьев на климат, различные внешние воздействия.

### Список литературы.

- 1) Тишин Д.В. Дендрозкология (методика древесно-кольцевого анализа). Казань: Казанский университет. 2011. 33 с.
- 2) Bontemps J-D., Esper J. Statistical modelling and RCS detrending methods provide similar estimates of long-term trend in radial growth of common beech in north-eastern France // *Dendrochronologia*. 2011. V.29. P.99–107.
- 3) Naurzbaev M.A., Hughes M., Vaganov E.A. Tree-ring growth curves as sources of climatic information // *Quaternary research*. 2004. V.62. P.126–133.
- 4) Тишин Д.В., Чижикова Н.А. DENDROCHON. Свидетельство о государственной регистрации №2013621269 от 26.09.2013.
- 5) Итоговая научно-образовательная конференция студентов Казанского федерального университета 2014 года: сборник статей: [в 6 т.] / Мин-во образования и науки; Казанский (Приволжский) федеральный ун-т. Казань: Изд.Казан. ун-т. 2014. Т.1: институт фундаментальной медицины и биологии, институт экологии и природопользования, институт геологии и нефтегазовых технологий, институт международных отношений истории и востоковедения. С.120–121.
- 6) R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria. 2014. <http://www.R-project.org/>. (Дата обращения: 01.05.2014).
- 7) Wood S.N. Fast stable direct fitting and smoothness selection for generalized additive models // *Journal of the Royal Statistical Society (B)*. 2008. V.70(3). P.495–518.

## ДИАГНОСТИКА НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ СТАРОПАХОТНОГО ГОРИЗОНТА В ЗАЛЕЖНЫХ ПОЧВАХ ПО ГИГРОСКОПИЧНОСТИ

*Низамова Д.Р.*

*Научный руководитель – профессор Шинкарев А.А.*

В XX столетии в России сформировались обширные площади залежных земель [1]. На этой территории сейчас активно протекает естественный процесс почвообразования под различными восстановительными сукцессиями, который следует рассматривать как важный фактор современной эволюции почв России. Проблема изучения залежных почв имеет множество теоретических и прикладных аспектов. В любом случае наиболее ответственным этапом всего комплекса исследовательских работ является отбор репрезентативных проб почв с учетом пространственной изменчивости их свойств в масштабах конкретного угодья. Игнорирование или даже недостаточный учет специфических особенностей этого этапа в пределе могут обесценить результаты последующих этапов исследований. При этом как в аспекте решения чисто фундаментальных проблем (эволюция залежных почв), так и в аспекте решения сугубо практических вопросов (определение системы мероприятий по повторному вовлечению залежных почв в культуру), безусловно, важной является корректная оценка нижней границы (мощности) старопахотного горизонта. В обычной практике она определяется на основании полевых морфологических описаний, допускающих субъективность восприятия и суждения при решающей роли опыта и наблюдательности исследователя. Поэтому специальный интерес представляют независимые аналитические и технически относительно несложные в исполнении подходы к диагностике нижней границы перемешанной вспашками части профиля.

подавляющее большинство залежных почв южно-таежной зоны и северной лесостепи восточной части Европейской России до распашки имело зрелый элювиально-иллювиально-дифференцированный профиль с полным набором характерных генетических горизонтов, при нормальной для данных ландшафтных условий их мощности. Дифференциации исходной почвообразующей породы на генетические горизонты происходила в периоды формирования преимущественных потоков влаги в результате транспорта ряда веществ из его верхней (элювиальной) части и аккумуляции этих же веществ или их доли в иллювиальной части. В свою очередь элювиально-иллювиальная дифференциация профиля в конечном итоге проявляется в его дифференциации по гранулометрическому составу (ГС) [2]. Следовательно, формирование старопахотного горизонта путем перемешивания и гомогенизации органогенных горизонтов с материалом нижележащих минеральных горизонтов при отвальной вспашке должно отражаться в резком изменении дисперсности твердых фаз на границе с ненарушенной обработкой частью профиля.

Хорошо известно, что при одинаковой влажности воздуха содержание гигроскопической влаги в почве зависит от ГС, минерального состава и содержания органического вещества (ОВ) [3]. Поэтому способность почвы удерживать прочносвязанную воду должна меняться на границе пахотного и подпахотного слоев. Взаимосвязь между ГС, ОВ и сорбционными свойствами твердых фаз почвы в отношении воды слишком сложна, чтобы однозначно приписывать поведение профильных кривых только изменению дисперсности частиц. Повышенная способность почвы удерживать прочносвязанную воду в верхних слоях может сильно зависеть и от содержания ОВ. Поэтому в каждом конкретном профиле будет достаточно сложно однозначно связать поведение кривых с глубиной старопахотного горизонта. Однако при диагностике глубины старопахотного горизонта по профильным кривым содержания гигроскопической влаги можно усилить полезный аналитический сигнал путем удаления из образцов ОВ, не вызывая изменений в структуре силикатных минеральных фаз. Проверенным временем способом селективного удаления ОВ перед гранулометрическим и минералогическим анализом почв является обработка  $H_2O_2$  [4].

Цель работы: обосновать возможность диагностики нижней границы старопахотного горизонта в залежной светло-серой лесной почве по гигроскопичности послонных образцов после селективного удаления из них ОВ окислительной деструкцией пероксидом водорода.

Объект исследования: залежная (70-75 лет) светло-серая лесная легкосуглинистая почва на желтобуром бескарбонатном делювиальном тяжелом суглинке. Участок расположен в Камско-Устьинском административном районе Республики Татарстан на очень пологом длинном склоне юго-восточной экспозиции. Залежная растительность представлена разнотравно-злаковым луговым фитоценозом, подвергавшимся ранее систематическому сенокосению, без признаков зарастания древесной растительностью [5]. Отбор образцов проводили в узлах гексагональной 7-ми точечной решетки с расстоя-

нием от центрального узла решетки до периферических – 20 м. Образцы отбирали послойно через каждые 5 см на глубину до 35 см, включая дернину, при помощи стального устройства коробчатого «П»-образного сечения с режущим краем в нижней части.

Предварительную пробоподготовку послойных почвенных образцов проводили согласно рекомендациям Международной организации по стандартизации [6]. Для удаления ОБ образцы в течение 15-20 дней подвергались многократной обработке  $H_2O_2$  (30%) при комнатной температуре. Последующие операции включали отделение осадка центрифугированием, его высушивание и гомогенизацию. Содержание гигроскопической влаги в послойных образцах до и после удаления ОБ определяли при фиксированном значении относительного давления паров воды (P/P0), проводя предварительную дегидратацию над насыщенным раствором  $Ca(NO_3)_2 \times 2H_2O$ , для которого P/P0=0,55. Обработку данных проводили с использованием пакета MS Excel. По критерию Шапиро-Уилка для уровня значимости  $\alpha=0,05$  измеренные значения содержания гигроскопической влаги характеризовались нормальным распределением во всех слоях 7-ми профилей, поэтому для оценки связи между показателями и их вариабельности использовали параметрические показатели.

Сравнение результатов определения содержания гумуса в послойных образцах до и после окислительной деструкции ОБ показало, что обработка пероксидом водорода практически полностью нивелирует профильную дифференциацию по величине показателя, за исключением самого верхнего слоя (таблица 1).

Таблица 1. – Влияние обработки  $H_2O_2$  на содержание гумуса в послойных образцах залежной почвы, % на а.с.п.

Глубина отбора, см	Номера профилей						
	1	2	3	4	5	6	7
	до обработки						
0-5	4,91	4,87	3,82	2,32	5,73	5,55	4,98
5-10	1,59	1,71	1,12	1,65	2,08	1,50	1,26
10-15	1,42	1,45	0,88	1,37	1,26	1,31	1,03
15-20	1,19	1,28	0,81	1,29	1,22	1,21	1,02
20-25	0,95	1,18	0,64	1,35	1,40	0,74	0,85
25-30	0,65	0,89	0,58	1,20	1,07	0,65	0,55
30-35	0,59	0,72	0,55	0,95	0,60	0,56	0,52
	после обработки						
0-5	0,58	0,77	0,57	1,09	1,14	0,83	0,58
5-10	0,25	0,21	0,18	0,31	0,25	0,21	0,25
10-15	0,28	0,26	0,22	0,27	0,29	0,26	0,28
15-20	0,24	0,26	0,20	0,25	0,29	0,24	0,24
20-25	0,18	0,27	0,20	0,26	0,22	0,22	0,18
25-30	0,18	0,18	0,19	0,21	0,22	0,21	0,18
30-35	0,21	0,20	0,21	0,18	0,20	0,19	0,21

Графический анализ 7-ми профильных распределений (рисунок 1А) свидетельствует, что расстояние от поверхности на котором фиксируется излом кривых в сторону увеличения содержания гигроскопической влаги, сильно варьирует. В одном из профилей (№ 3) он наблюдается уже ниже слоя 10-15 см, в трех профилях (№№ 1, 6 и 7) – ниже слоя 15-20 см, а в трех профилях (№№ 2, 4 и 5) перегиб на кривой отчетливо фиксируется только в слое 25-30 см.

Обработка послойных образцов  $H_2O_2$  приводит к снижению абсолютных значений содержания гигроскопической влаги, однако точки излома на кривых сохраняют свое положение. В верхней части каждого профиля значения показателя до перегиба кривой становятся практически одинаковыми (рисунок 1Б). Графический анализ профильных распределений для образцов, подвергнутых окислительной деструкции, позволяет сгруппировать значения показателя гигроскопичности в две совокупности – до перегиба на кривых (включая значения точек излома) и после перегиба. Результаты t-теста независимых выборок для профилей с повышенной и пониженной глубиной перегиба показывают значимую разницу в содержании гигроскопической влаги. Для профилей №№ 1, 3, 6 и 7 значение t-критерия Стьюдента составляет 10,21 при критическом значении  $t_{st}=2,06$ , а для профилей №№ 2, 4 и 5 значение  $t=3,40$  при критическом значении  $t_{st}=2,09$ .

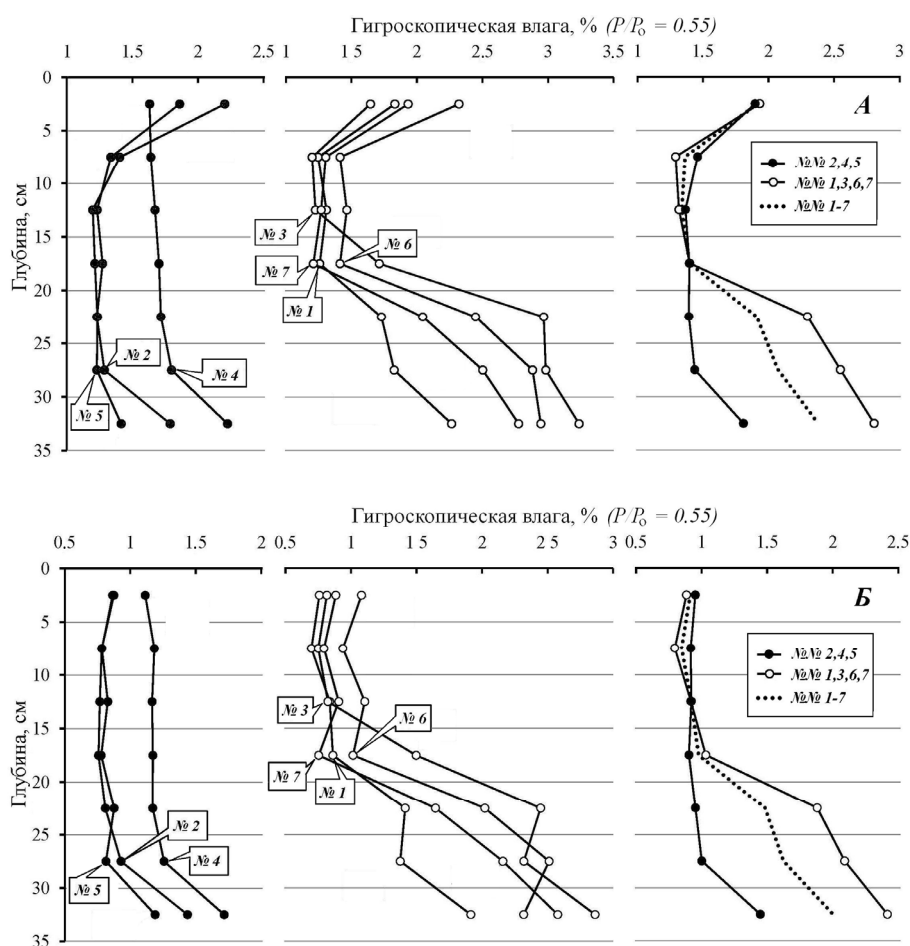


Рисунок 1. – Содержание гигроскопической влаги в образцах из верхней части профилей залежной почвы до (А) и после (Б) удаления органического вещества 30%  $H_2O_2$  как функция от глубины. Справа – средние профильные распределения.

Можно уверенно заключить, что перегибы на профильных кривых содержания гигроскопической влаги обусловлены изменением ГС (увеличением относительного содержания тонкодисперсных минеральных частиц) на границе старопашотного горизонта и не перемешанной вспашками частью профиля. Таким образом, на примере светло-серой лесной почвы экспериментально показана возможность объективной и надежной диагностики нижней границы старопашотного горизонта в залежных кислых сиаалитных профильно-дифференцированных почвах по изменению содержания гигроскопической влаги в послойных образцах после удаления из них ОВ обработкой пероксидом водорода. Используемый для диагностики показатель имеет ясный физический смысл и отражает изменение степени дисперсности минеральной части почвенной массы.

### Список литературы.

- 1) Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Т. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС. 2010. 416 с.
- 2) Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: Академический Проект. 2004. 432 с.
- 3) Манучаров А.С., Черноморченко Н.И., Харитонов Г.И. Удельная поверхность почв // Теории и методы физики почв. М.: «Гриф и К». 2007. С.130–165.
- 4) Pansu M., Gautheyrou J. Handbook of soil analysis. Mineralogical, organic and inorganic methods. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. 2006. 993 p.
- 5) Гиниятуллин К.Г., Мухаметгалиева Г.Я., Латыпова А.И. Применение различных подходов к репрезентативному пробоотбору при изучении гумусонакопления в залежных почвах // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2013. Т.155. Кн.3. С.208–220.
- 6) ISO 11464. 1994. Soil Quality–Pretreatment of samples for physico-chemical analysis. 11 p.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПЛАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ *DAPHNIA MAGNA* ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ

*Петрова В.М.*

*Научный руководитель – доцент кафедры прикладной экологии, к.г.н. Никитин О.В.*

Загрязнение водной среды является одной из наиболее актуальных экологических проблем. Для оценки степени антропогенного воздействия водной экосистемы наряду с методами химического анализа используют биотестирование как интегральный показатель токсического загрязнения среды.

Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций тест-объектов [Бубнов, 2007].

В качестве тест-объектов в водной токсикологии широко используют планктонных ветвистоусых ракообразных, в частности дафний [Чалова, 2007].

Большинство методов биотестирования с использованием дафний основывается на регистрации их смертности. Но еще до гибели тест-объектов токсиканты могут влиять на изменение их поведенческой активности. Под воздействием загрязняющих веществ у дафнии наблюдается либо резкое повышение двигательной активности, либо наоборот замедление. Таким образом, изучение плавательной активности дафний может позволить на ранней стадии определить токсичность воды.

Нами было высказано предположение, что оценить токсичность можно не только по изменению скорости плавания дафний, но и по форме ее траектории.

Была сформулирована гипотеза, что траектория плавания дафнии является фрактальной структурой, которая изменяется при внесении токсиканта.

Фрактал – математическое множество, обладающее свойством самоподобия, то есть однородности в различных шкалах измерения. Самоподобие является весьма общим свойством природных систем: бассейны крупных рек, пространственная структура колоний микроорганизмов и др. – обладают удивительной структурной универсальностью. Часто в этой связи говорят о фрактальности природных объектов.

В связи с вышесказанным, *цель данной работы* – оценить возможность использования фрактального анализа траектории плавания *Daphnia magna* для оценки токсичности.

Для достижения указанной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Освоить методику культивирования ветвистоусых ракообразных.
2. Доказать фрактальный характер плавания *Daphnia magna*.
3. Оценить изменения характера плавательной активности дафний при внесении токсиканта при помощи фрактального анализа.

Объектами исследования служили ракообразные *Daphnia magna*, выращиваемые в климатостате «В-4». Для культивирования дафний использовалась биологизированная вода из аквариума, кормом служили зеленые водоросли.

Регистрация траектории движения дафний осуществлялась при помощи прибора анализатор токсичности «ТгаскТох», реализующего алгоритмы компьютерного зрения. Обработка и анализ получаемых данных производился при помощи специализированной программы. Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

Единичная дафния при помощи микропипетки быстро и аккуратно переносится из маточной культуры в прозрачную пластиковую тестовую камеру с 25 мл культивационной воды, далее камера переносится в анализатор токсичности. В течение 30 мин. производится регистрация плавательной активности, так называемый «контроль».

Далее дафния переносится в другой контейнер с уже подготовленным раствором токсиканта. В наших экспериментах в качестве токсиканта использовался пестицид эсфенвалерат в концентрации 3 мкг/л. После чего камера снова помещается в анализатор токсичности и в течение следующих 30 мин. производится регистрация плавательной активности, так называемый «опыт».

Фрактальный характер движения дафний устанавливали с помощью метода подсчета клеток (*box-counting method*). Для этого определяли количество пересечений клеток разного масштаба траекторией дафнии. На основании этих данных строили график, в случае его линейности делали вывод о фрактальном характере движения [Shimizu et al., 2002].

Приближенную фрактальную размерность траектории движения дафний устанавливали по формуле [Shimizu et al., 2002]:  $FD = \ln(N') / [\ln(N') + \ln(D/L)]$ ,

где  $L$  – общая длина плавательной траектории,  $N$  – количество сегментов из которых состоит траектория,  $D$  – наибольшее расстояние между любыми двумя точками траектории (соответствует диаметру описанной окружности вокруг траектории).

Различия между выборками устанавливали при помощи непараметрического критерия Манна-Уитни. Статистическую обработку данных выполняли в программе Statistica 10.

С помощью метода подсчета клеток было установлено, что траектория плавания дафний действительно имеет фрактальный характер. Пример такой обработки можно увидеть на рисунке 2.

Фрактальная размерность составила 1,36, а фрактальная размерность траектории дафнии для этого же времени, рассчитанная по формуле получилась равной 1,38.

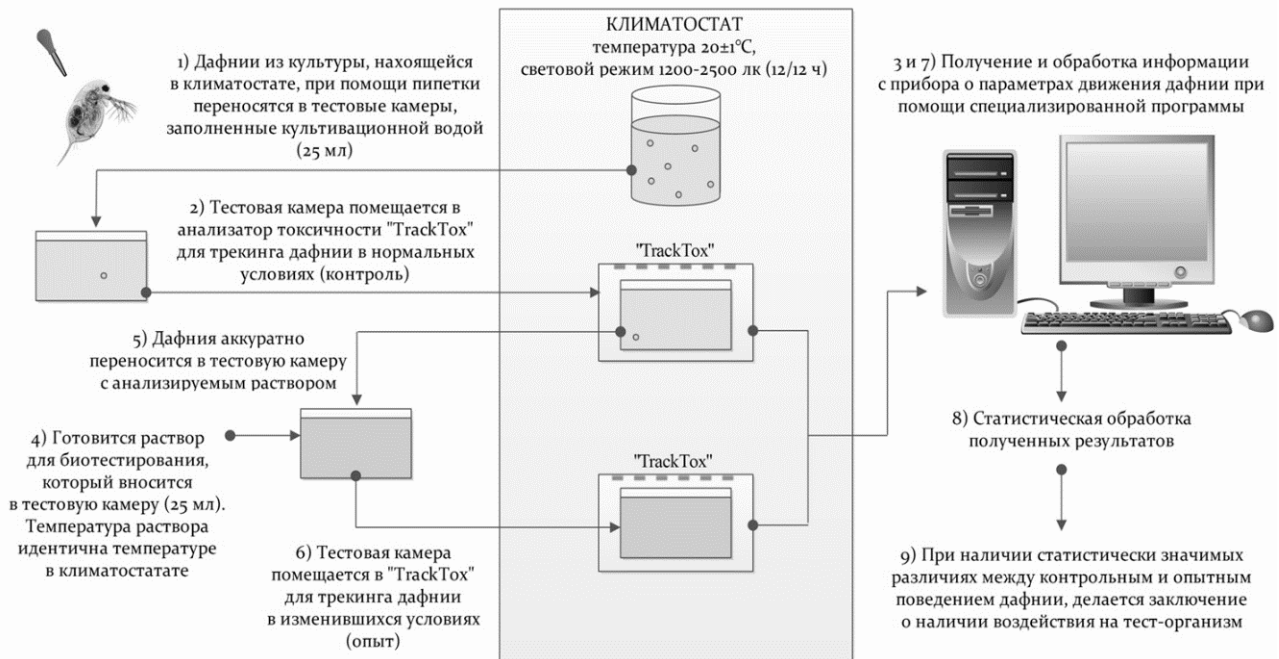


Рисунок 1. – Схема определения траектории движения дафний.

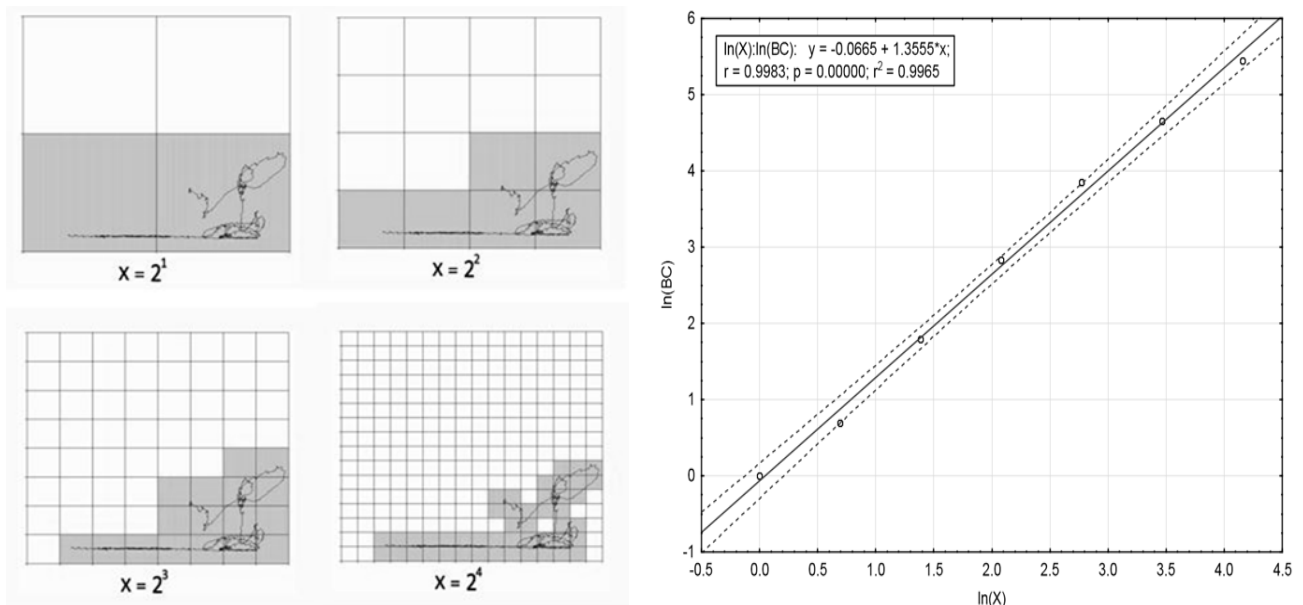


Рисунок 2. – Применение метода подсчета клеток для оценивания фрактальной размерности: пример траектории движения дафнии ( $t=60$  с) и количество пересекаемых клеток в зависимости от масштаба сетки (слева); уравнение регрессии по найденным параметрам:  $X$  – количество клеток на стороне сетки,  $BC$  – количество пересеченных клеток (справа).



На рисунке 3 можно видеть рассчитанные фрактальные размерности траекторий плавания дафний в сериях «контроль-опыт»:  $d_i-k$  – фрактальная размерность траектории  $i$ -ой дафнии в контроле ( $t=30$  мин);  $d_i-tx$  – фрактальная размерность траектории  $i$ -ой дафнии в опыте с эсфенвалератом ( $t=30$  мин). Звездочкой обозначены статистически значимые различия по  $U$ -критерию Манна-Уитни ( $P<0,05$ ).

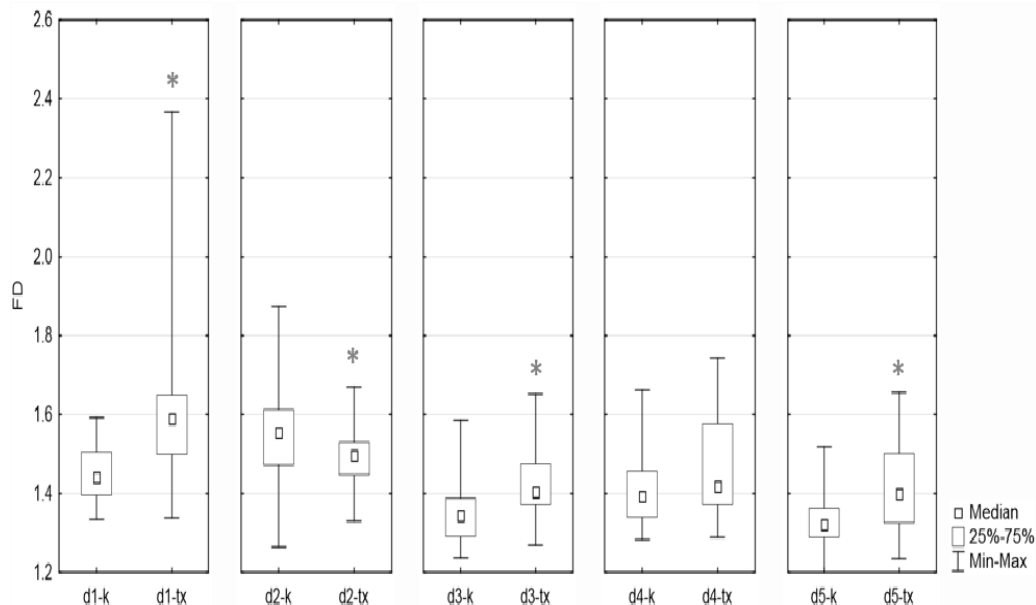


Рисунок 3. – Рассчитанные фрактальные размерности траекторий плавания дафний в сериях «контроль-опыт».

На рисунке 4 представлены сводные данные. Можно отметить, что полученные различия статистически значимы по  $U$ -критерию Манна-Уитни ( $P<0,05$ ).

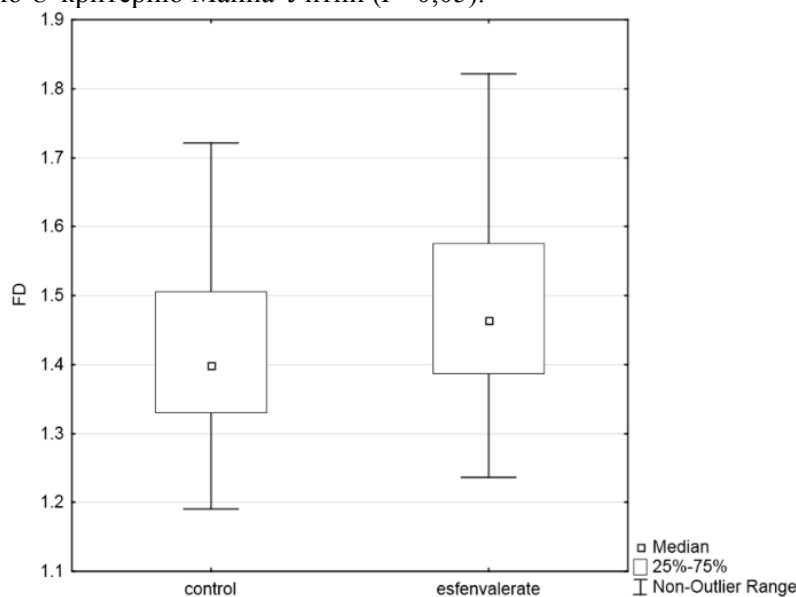


Рисунок 4. – Сводные рассчитанные фрактальные размерности траекторий плавания дафний: control – в контроле (N=5); esfenvalerate – в опыте с эсфенвалератом (N=5).

Таким образом, цель и задачи, поставленные в работе, выполнены. Нами показан фрактальный характер плавательной траектории *Daphnia magna* и продемонстрировано, что сложность траектории можно оценить при помощи величины фрактальной размерности.

При внесении дафний в среду с токсикантом – пестицидом эсфенвалератом в концентрации 0,003 мг/л, изменяется фрактальная размерность плавательной траектории, которая статистически значимо увеличивается. Это изменение можно использовать в качестве тест-реакции в водной токсикологии.

### Список литературы.

- 1) Бубнов А.Г. Биотестовый анализ–интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2007. С.5–59.
- 2) Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований. 2002. С.13–46.
- 3) Чалова И.В. Оценка качества природных и сточных вод методами биотестирования с использованием ветвистых ракообразных: научно-методическое издание. Рыбинск. 2007. С.5–16.
- 4) Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евстегнеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия». 2007. 288 с.
- 5) Hartmut Jurgens. Язык фракталов: статья // Scientific American–Издание на русском языке. №10. 1990. С.36–44.
- 6) Shimizu N., Ogino C., Kawanishi T., Hayashi Y. Fractal analysis of Daphnia motion for acute toxicity bioassay // Environmental Toxicology. 2002. V.17(5). P.441–448.

## ЦВЕТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ ГУМУСОВЫХ ГОРИЗОНТОВ ПОЧВ

*Плотникова В.С.*

*Научный руководитель – ассистент Валеева А.А.*

Цвет – качественная субъективная характеристика, возникающая в сознании человека при попадании на зрительные рецепторы излучения с длиной волны от 380 до 760 нм. Восприятие цвета определяется индивидуальностью человека, а также спектральным составом и контрастами с другими объектами.

Спектр состоит из основных семи цветов, каждый из которых имеет определенный диапазон длин волн, частот и энергию фотонов. Соответствие длины волны к цветовому ощущению может варьироваться, поэтому свет с одинаковой длиной волны может восприниматься как разные оттенки цвета. Для почвоведов цвет и оттенок почвы играют важнейшую роль. Зная окраску почвы, мы можем предположить его химический и морфологический состав, физические свойства и процессы, которые могли протекать в данном профиле. Следовательно, обойтись без способа точного описания цвета было бы не просто. Существуют основные приемы для описания цвета: цветовые модели, треугольник Захарова и шкала Манселла. Однако такие измерительные способы как треугольник Захарова менее пригодны для оценки цвета почв. Также большое влияние на определение цвета оказывают альтернативные пути, такие как, спектрометры и фотоаппараты. Возможность использовать цифровые фотоаппараты в качестве прибора способного измерить и получить оптическую информацию об объекте была отмечена российскими и зарубежными учеными. Таким образом, целью нашей работы является количественное определение цвета почв с помощью цифрового фотоаппарата.

Для определения окраски и цвета почв мы использовали образцы, отобранные на территории лесостепной зоны Республики Татарстан. Образцы были просушены и просеяны через сито диаметром отверстий 1 мм. Перед съемкой, чтобы поверхность образца почвы была равномерная и не создавала затенения, мы провели сглаживания микрорельефа, высыпая на черный лист бумаги воздушно-сухую навеску и накрывая ее стеклом. Для измерения цвета влажной почвы, образец, после сглаживания поверхности, смачивался несколькими каплями дистиллированной воды (только с одной стороны). Таким способом смачивания, мы исключили разные недочеты, связанные с неравномерным увлажнением. Далее этот образец фотографировался в равномерно увлажненном состоянии. Дополнительно, определялся цвет сухой и влажной почвы с помощью шкалы Манселла.

Существует несколько требований для проведения эксперимента по определению цвета образца. Первое требование – создания определенного освещения. Для съемки образцов в комнате должно отсутствовать дневное освещение. Единственным источником света была лампа D65, с цветовой температурой 6500 К, стоящая на высоте 60 см. Что бы над образцом почвы не образовывалась тень, фотоаппарат был закреплен на той же высоте, что и лампа. Второе требование – правильная калибровка фотоаппарата. Многие исследователи окраски использовали различные пути для калибровки: цветовые чипы, цветовые карточки и стандартные белые образцы [1,3,4]. Для корректной передачи цвета почвенного образца мы использовали цветовые мишени Color Checker от X-rite. Цветовая мишень – это матрица, состоящая из 24 разработанных на основе научных

исследований квадратов с большим спектром цветов [5]. Каждый цвет имеет свое описание в различных цветовых пространствах.

Настройка баланса белого на фотоаппарате проводили самостоятельно, используя белую мишень Color Checker с цветовой характеристикой RGB (242 242 242).

Мишень Color Checker использовалась нами в качестве эталона для подборки условий съемки и калибровки фотоаппарата Panasonic DMC-TZ3.

Съемка образца без мишени приводит к погрешностям цветопередачи. Это связано с коррекцией фотоаппарата в автоматическом режиме. Поэтому для правильности цветопередачи мы фотографировали образцы почв совместно с мишенью Color Checker. Такие же выводы были сделаны авторами работы по оценки гумусированности почв путем обработки цифровых изображений [1].

Количественный анализ цвета почвенных образцов в сухом и во влажном состоянии проводился с помощью «пипетки» в программы Photoshop. Наводя пипетку на середину снятого образца почвы, в палитре отображаются данные его цвета. Однако в программе по умолчанию отображает цвет одного пикселя. В нашей работе мы определяли цвет усредненной области размером 5x5 пикселя. Для такого усреднения необходимо на панели выбрать размер образца «среднее 5x5».

Для определения взаимосвязи цветовых параметров с данными содержания гумуса, составили две независимые выборки. Первая выборка является экспериментальной и состоящей из 34 сухих и влажных образцов почвы. При помощи экспериментальной выборки для количественного описания зависимостей были построены эмпирические уравнения регрессии. Вторая выборка, контрольная (n=5), служила для проверки эмпирических коэффициентов уравнения регрессии. Содержание гумуса было определено по методу И.В. Тюрина [2].

В таблице 1 представлены результаты определения цвета гумусовых горизонтов в цветовом пространстве RGB и по шкале Манселла.

Для определения статистической взаимосвязи цветовых параметров и величин содержания гумуса, сухих и влажных образцах почвы (n=34), был проведен корреляционный анализ. Результаты показаны в таблице 2. Сильная отрицательная корреляция была обнаружена между содержанием гумуса и некоторыми параметрами цвета почв, а именно R и G. В выборке с количеством сухих и влажных образцов 34 и содержанием гумуса от 1,26 до 9,18% коэффициент корреляции не превышал 0,78. Коэффициент корреляции становится выше и равен 0,85 при содержании гумуса от 1,26 до 6%.

Определение содержания гумуса по цвету почв проводилось при помощи регрессионного анализа. Так как коэффициент детерминации самым большим был у влажного образца синего компонента ( $r^2=70,8\%$ ), синий компонент был выбран в качестве независимой переменной. Коэффициент регрессии показывает, что при уменьшении синего компонента на 1%, содержание гумуса увеличивается на 0,18%. Уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$\text{Содержание гумуса (\%)} = 10,3972 - 0,17658 * B,$$

где B – значение синего компонента в цветовой модели RGB.

Результаты определения содержания гумуса контрольной выборки показаны в таблице 3. Во всех образцах разница между лабораторным методом определения гумуса и расчетным составляла от 0,12 до 1,02%.

С помощью цифрового фотоаппарата Panasonic DMC-TZ3 были получены количественные параметры цветового пространства RGB сухих и влажных образцов почв, которые позволяют получить достоверную информацию и провести статистическую обработку данных.

Результаты исследования показали, что в гумусовых горизонтах наблюдается сильная отрицательная корреляция цвета почв от содержания гумуса при его значениях до 6%. Для проверки мало- и среднегумусированных почв можно использовать уравнение регрессии содержания гумуса:

$$\text{Содержание гумуса (\%)} = 10,3972 - 0,17658 * B$$

Таблица 1. – Результаты определения цветовых параметров гумусовых горизонтов почв.

№ образца	Сухой образец				Влажный образец			
	R <sub>RGB</sub>	G <sub>RGB</sub>	B <sub>RGB</sub>	Значения цвета образца по шкале Манселла	R <sub>RGB</sub>	G <sub>RGB</sub>	B <sub>RGB</sub>	Значения цвета образца по шкале Манселла
8/13	123	108	92	10YR5/2	66	55	42	10YR2/1
8/14	160	132	116	10YR6/2	87	68	54	10YR4/2
6/20	130	110	87	10YR5/2	81	60	37	10YR3/2
7/45	132	112	88	10YR5/2	77	61	45	10YR3/2

№ образца	Сухой образец				Влажный образец			
	R <sub>RGB</sub>	G <sub>RGB</sub>	B <sub>RGB</sub>	Значения цвета образца по шкале Манселла	R <sub>RGB</sub>	G <sub>RGB</sub>	B <sub>RGB</sub>	Значения цвета образца по шкале Манселла
7/46	134	112	89	10YR5/2	79	61	42	10YR3/2
9/53	146	123	100	10YR5/3	76	57	47	10YR3/3
12/58	129	112	95	10YR5/2	71	54	39	10YR2/2
12/59	156	139	120	10YR6/2	76	60	44	10YR3/2
10/65	120	100	72	10YR4/2	58	50	34	10YR3/2
10/66	122	100	75	10YR4/3	64	50	37	7,5YR2,5/1
11/71	126	107	87	10YR5/3	73	60	43	10YR3/2
11/72	131	112	93	10YR5/4	74	59	43	10YR4/4
13/79	125	110	95	7,5YR5/2	66	56	37	10YR2/2
13/80	126	110	96	10YR4/2	67	55	44	10YR3/2
14/83	107	88	77	10YR3/1	38	40	32	10YR2/1
15/91	110	93	78	10YR3/1	45	43	30	10YR2/1
15/98	102	88	71	7,5YR4/1	44	41	34	10YR2/1
16/97	103	84	72	10YR3/2	42	37	32	10YR2/1
16/98	111	93	76	10YR4/2	42	39	30	10YR2/1
17/104	112	95	80	10YR3/1	44	41	33	10YR2/1
17/105	111	93	80	10YR3/2	43	40	31	2,5YR2,5/1
18/112	125	105	83	10YR5/3	70	52	37	10YR3/3
18/113	132	111	87	10YR5/3	76	57	39	10YR3/3
21/132	97	84	68	10YR4/1	44	41	34	10YR2/1
21/133	122	105	86	10YR5/2	55	48	37	10YR3/2
22/141	110	91	73	10YR3/2	54	47	39	10YR2/1
27/156	130	106	78	10YR4/3	64	50	36	10YR2/2
27/157	120	100	77	10YR4/3	70	60	36	10YR2/2
19/119	115	94	74	10YR4/2	53	44	32	2,5YR2,5/1
19/120	113	95	74	10YR4/2	60	51	36	10YR2/2
32/178	132	118	103	10YR5/2	69	57	40	10YR3/2
33/186	140	123	105	10YR5/2	73	61	43	10YR3/2
34/194	130	115	100	10YR5/2	64	53	38	10YR3/2
4/34	162	120	85	7,5YR6/6	115	70	36	7,5YR4/4

Таблица 2. – Корреляция между величинами содержания органического вещества в образцах и цветовыми параметрами почв.

Параметры цвета	Сухой образец				Влажный образец			
	г	р	г	р	г	р	г	р
	n=34		n=30		n=34		n=30	
R	-0,766	0,0000	-0,775	0,0000	-0,728	0,0000	-0,751	0,0000
G	-0,746	0,0000	-0,738	0,0000	-0,776	0,0000	-0,826	0,0000
B	-0,567	0,0005	-0,576	0,0009	-0,672	0,0000	-0,847	0,0000

Таблица 3. – Результаты контрольной выборки.

№ контрольной выборки	Значения B <sub>RGB</sub> во влажном образце	Содержание гумуса, %	
		Определение по Тюрину И.В.	Расчетное
1	37	3,72	3,86
2	39	4,53	3,51
3	43	2,92	2,8

4	37	4,05	3,86
5	36	3,72	4,04

### Список литературы.

- 1) Булыгин С.Ю., Бидолах Д.И., Лисецкий Ф.Н. Оценка гумусированности почв путем обработки их цифровых фотоизображений // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия естественные науки. 2011. №15. Т.16. С.154–159.
- 2) Копосов Г.Ф., Кулагина В.И. Валовый химический анализ. Часть 1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. Казань: Изд-во Казан. Гос. Университета. 1996. 36 с.
- 3) Yam K.L., Papadakis S.E. A simple digital imaging method for measuring and analyzing colour of food samples // Journal of Food Engineering. 2004. No.61. P.137–142.
- 4) Leon K., Mery D., Pedreschi F., Leon J. Color measurement in L\*a\*b\* units from RGB digital images // Food Research International. 2006. No.39. P.1084–1091.
- 5) Цветовые мишени Color Checker фирмы X-Rite [электронный ресурс] / Информация о спектрометрах компании X-Rite.–Режим доступа: <http://x-rite.com.ua/index.htm>. свободный.

## СОЗДАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ТАКСАЦИОННОГО ОПИСАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ РАЙФСКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА

*Сафронова С.А.*

*Научный руководитель – старший преподаватель Пилюгин А.Г.*

Базы данных в настоящее время являются незаменимым средством для работы с большими массивами данных, в том числе в области экологии и биологии. Одним из главных источников информации о состоянии окружающей среды являются данные геоботанических описаний, полученные на основе полевых исследований. В результате возникает проблема наличия большого количества информации, которую необходимо структурировать, чтобы она не вызывала сложностей при обработке. С этой целью создаются базы данных, позволяющие эффективно хранить и дополнять информацию, ускорить и упростить работу с большими массивами данных и обеспечить их сохранность от потери и порчи.

*Целью* данной работы было создание базы данных, содержащей таксационное описание растительности на территории участковых лесничеств.

*Для* достижения цели были поставлены следующие *задачи*:

1. Считать и упорядочить данные таксационных описаний из документа формата Microsoft Word путем написания программного кода.
2. Конвертировать упорядоченные данные в СУБД.
3. Разработать структуру базы данных.
4. Проверить правильность считанных данных с помощью статистических методов.

*Исходными материалами* для данной работы послужили данные лесотаксационного описания на территории Райфского участкового лесничества, полученные в рамках деятельности Казанского филиала ФГУП «РОСЛЕСИНФОРГ», инженерами-таксаторами: Масловым Н.В, Калимуллиным Р.Р. Документ состоит из 925 страниц, и содержит 10513 записей лесотаксационных описаний[1].

Таксационные описания содержат сведения о 176-ти кварталах лесничества по 24 параметрам: о видовом составе, типах леса, возрастной структуре и морфологии отдельных элементов древостоя, запасах растительных ресурсов, необходимых хозяйственных мероприятиях и т.д.

Документ формата Microsoft Word состоит из двух таблиц: первая содержит более подробную информацию по выделам, входящим в квартал, а вторая является ведомостью поквартальных итогов распределения общих запасов древесины.

В ходе работы была написана программа на языке Python 3.2, которая считывает данные исходного документа, предварительно переведенные из формата Word в формат \*.txt, структурирует их, и затем вновь записывает в текстовый файл.

Таким образом, после обработки документа программой, мы получили новый документ, где каждая строка состоит из набора дискретных переменных, соответствующих названиям столбцов. Более того, мы добились того, что новый документ чист от посторонней информации, необходимая информация из шапок (участковое лесничество, номер квартала, значимость) теперь находится в виде от-

дельной переменной в новом столбце, а недостающие в строках данные о выделе дублируются для каждого элемента леса из предыдущей строки.

Для создания базы данных была использована СУБД Access (2007-2010). Упорядоченный текстовый документ был импортирован в Access, где в соответствии с его содержанием была разработана структура соответствующей таблицы (прописаны имена и типы полей), которая представлена на рисунке 1.

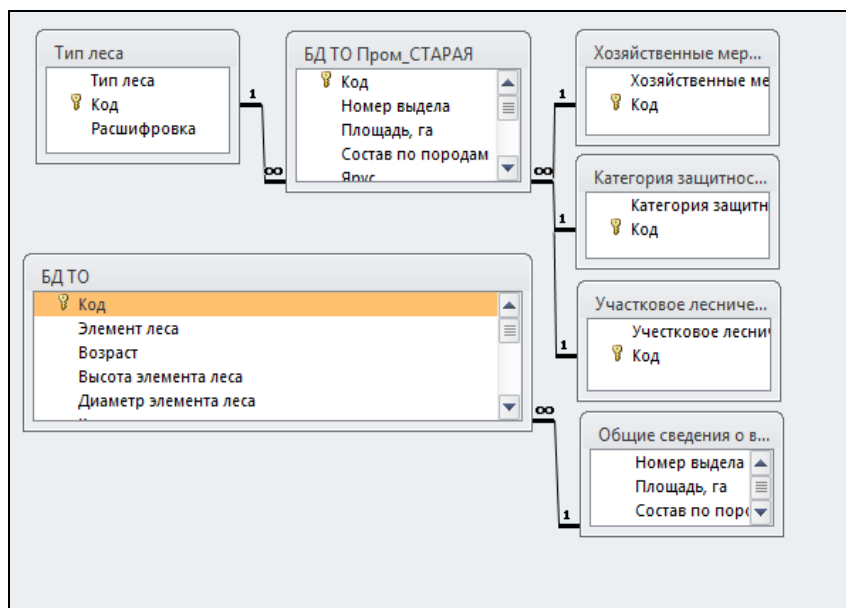


Рис.1. Структура базы данных.

Полученная таблица «БД ТО» состояла из 27 столбцов, и была разделена на 6 взаимосвязанных таблиц: «БД ТО» (общая таблица, содержащая подстановки значений других таблиц), «Общие сведения о выделе» (номер, площадь, состав), «Типы леса», «Хозяйственные мероприятия», «Категория защитности» и «Участковое лесничество».

На основе полученной БД, была выполнена проверка считанных данных с помощью статистических методов. В качестве выборок были взяты следующие значения:

1. Итоги запасов растительности по кварталам данные в таблице 2 (ведомость поквартальных итогов распределения общих запасов древесины).

2. Итоги запасов растительности, вычисленные как сумма запасов по выделам (считанные данные).

По итогам проверки различия между выборками статистически не значимы, данные можно считать достоверными.

Для удобства работы с полученной базой была создана главная кнопочная форма, с помощью которой можно легко изменять и добавлять записи в любую таблицу базы. Так же были прописаны ограничения на записи полей, поэтому при введении в форму некорректных данных приложение выдает ошибку, предлагая изменить значение поля.

### Список литературы.

1) Маслов Н.В., Калимуллин Р.Р. Таксационное описание. Книга 1. Казань. Казанский филиал ФГУП «РОСЛЕСИНФОРГ». 2013.

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ТЕХНОГЕННОЙ АВАРИИ НА ТРУБОПРОВОДЕ: ОТСЛЕЖИВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИЦ ПЯТНА ЗАГРЯЗНЕНИЯ

*Семенова Т.А.*

*Научный руководитель – доцент, к.ф-м.н. Костерина Е.А.*

*Актуальность работы.* В данной работе рассматривается задача нахождения границ пятна загрязнения, распространяющегося вглубь грунта. Решение данной задачи актуально в связи со все нарастающей антропогенной нагрузкой на окружающую среду, в частности, с увеличением объемов производства и, соответственно, с увеличением количества производств, трубопроводов и т.п. На подобных объектах может произойти авария, в результате которой загрязняющая жидкость попадет на поверхность грунта и будет просачиваться вглубь. Кроме того, может произойти утечка загрязняющей жидкости при транспортировке по трубопроводу или другим способом. Благодаря возможности моделировать распространение пятна загрязнения можно прогнозировать время, за которое пятно загрязнения достигнет какой-либо конкретной точки в грунте, а также насколько далеко распространится пятно.

Кроме того, необходимо отметить, что данная задача охватывает проблемы загрязнения таких важных для жизнедеятельности человека ресурсов как вода и почва.

Загрязнение подземных вод является острой проблемой в связи с их широко распространенным использованием в хозяйственных целях. Подземные воды также являются источником питания для поверхностных водных объектов, которые используются для обеспечения водой коммунальных систем, производств и т.п., а, кроме того, являются объектом рыбохозяйственного, рекреационного назначения и частью водных экосистем.

Проблема загрязнения почвы просачивающимися из технических конструкций загрязнителями является важной, поскольку почва – это сложная биокосная система, являющаяся частью экосистем и играющая важную роль в стабильности их функционирования. Так, почва содержит питательные вещества для растений, является местом обитания почвенной фауны и, кроме всего прочего, является основой сельского хозяйства. Нарушение естественного состояния почв грозит нарушением равновесия в экосистеме и серьезными последствиями как для животного и растительного мира, так и для хозяйственной деятельности и здоровья человека.

Из сказанного выше следует, что решение задачи моделирования распространения загрязнения в грунтах должно быть не только точным, но и оперативным, что достигается благодаря использованию компьютерного моделирования.

Объектом исследования является распространение загрязнителя в пористой среде.

Целью исследования являются оценка скорости распространения и отслеживание формы пятна загрязнения.

Следует отметить сложность задачи нахождения границ пятна загрязнения в связи с тем, что стандартные пакеты программ не решают задач с неизвестной границей, вследствие чего возникает необходимость построения модели для каждого отдельного случая.

*Свойства пористой среды и загрязняющей жидкости.*

Одной из характеристик пористой среды является ее пористость  $m$ , равная отношению объема, занятого порами в выделенном элементе среды, к общему объему элемента. Пористость одинакова для геометрически подобных сред и не характеризует размеров пор [1].

Также одной из основных характеристик пористой среды является степень насыщения. Степень насыщения, или водонасыщенность, представляет собой отношение объема воды в грунте к общему объему пор. Величина степени насыщения равна нулю в сухом и единице в водонасыщенном грунте независимо от его пористости [2]. Водонасыщенность зависит от гидрогеологического режима, минерального состава, характера порового пространства, количества пор и т.д.

Кроме того, важной характеристикой пористой среды является ее проницаемость. Проницаемость пористой среды – способность горных пород пропускать через себя жидкости и газы при гидростатических давлениях; мера фильтрационной проводимости трещиновато-пористых сред [3].

Кроме характеристик пористой среды также учитываются характеристики самой жидкости: плотность  $\rho$  и вязкость  $\mu$ .

Плотность – количество массы единице объема. Плотность соединений зависит от массы атомов, входящих в их состав, от температуры и давления. При повышении температуры плотность соедине-

ний понижается за счет увеличения объема. При повышении давления она увеличивается благодаря уменьшению объема.

Вязкость – свойство текучих тел оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой [4].

Вязкость в свою очередь зависит от плотности, так как она обусловлена межмолекулярным взаимодействием.

*Математическая модель.*

Рассматривается ситуация, когда в лежащей на земле трубе образуется прилегающая к земле трещина и через нее происходит утечка загрязняющей жидкости. В результате в грунте образуется пятно загрязнения (рисунок 1).

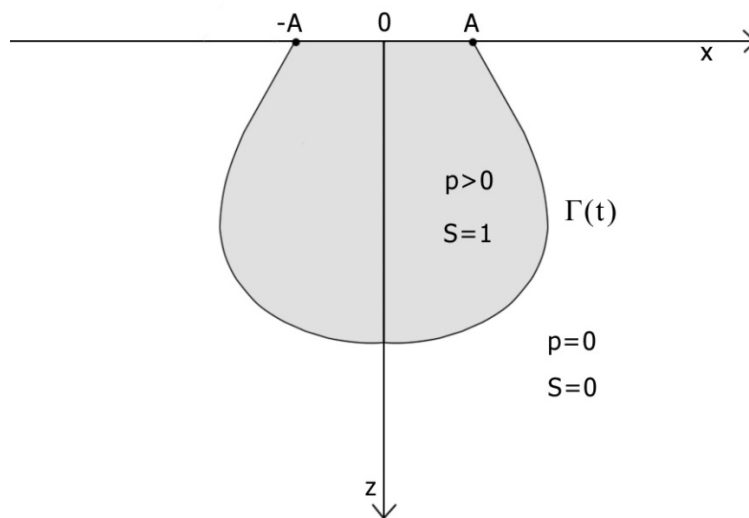


Рисунок 1. – Схема модельной ситуации.

Отрезок  $[-A, A]$  соответствует трещине в трубе, через которую вытекает жидкость. Предполагается, что внутри пятна грунт полностью насыщен, вне пятна насыщенность равна нулю. Внутри пятна давление больше нуля, что определяет движение жидкости. Вне пятна давление равно нулю. Граница пятна  $\Gamma(t)$  изменяет свое положение со временем.

В качестве основы для математической модели взято уравнение баланса массы жидкости (уравнение неразрывности):  $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{v}) = 0$ ,

где  $\rho$  – плотность жидкости,  $t$  – время,  $v$  – скорость течения жидкости.

В рассматриваемой задаче жидкость предполагается несжимаемой (т.е.  $\rho = \text{const}$ ), и уравнение неразрывности принимает вид:  $\text{div} \vec{v} = 0$ .

Поскольку предполагается, что грунт, входящий в пятно загрязнения, полностью насыщен, т.е.  $S=1$ , добавим к уравнению нулевое слагаемое  $m \frac{\partial S}{\partial t}$  и получим:  $m \frac{\partial S}{\partial t} + \text{div} \vec{v} = 0$ .

В модели приняты следующие граничные условия и ограничения:

1) давление на отрезке оси  $x$ , соответствующем трещине в трубе, принимается равным давлению в трубе;

2) условие материальности границы  $\Gamma(t)$ ;

3) течение поперек оси симметрии отсутствует;

4) в начальный момент времени пятно загрязнения отсутствует;

5) для области внутри пятна для последующих моментов времени давление неотрицательно.

В модели скорость фильтрации задается законом Дарси. Для описания уплотнения грунта с глубиной вводится модельный закон  $a(z)$  – в направлении оси  $x$ , и  $b(z)$  – в направлении оси  $z$ .

С учетом граничных условий задача принимает следующий вид:



$$\begin{cases} m \frac{\partial S}{\partial t} + \operatorname{div} \mathbf{v} = 0, & (x, z) \in \Omega, t > 0; \\ p = p_0 & x \in [0, A], z = 0, t > 0; \\ \begin{cases} p = 0 \\ u = \frac{V_x}{m} \end{cases} & (x, z) \in \Gamma(t), t > 0; \\ V_x = 0 & x = 0, t > 0; \\ p \geq 0 & (x, z) \in \Omega, t > 0; \\ S = 0; p = 0 & (x, z) \in \Omega, t = 0, \end{cases}$$

$$v_x(x, z, t) = -\frac{k_1^2 a(z) \partial p(x, z, t)}{\mu \partial x},$$

$$v_z(x, z, t) = -\frac{k_1^2 b(z) \left( \frac{\partial p(x, z, t)}{\partial z} - \rho g \right)}{\mu},$$

$$a(z) = b(z) = \left( 1 - \frac{z}{2L} \right)^2.$$

Для формулирования задачи в фиксированной области помещаем искомую загрязненную область в прямоугольник, размеры которого достаточны для того, чтобы пятно никогда не достигло границ прямоугольника. Размеры прямоугольника определяются шириной  $L_x$  и глубиной  $L_z$ . Обозначим полученный прямоугольник  $Q$ . Для него производятся следующие преобразования:

$$p(x, z, t) \rightarrow p(x, z, t);$$

$$\Gamma(t) \rightarrow \zeta(x, z, t).$$

Введенная для фиксированной области функция  $\zeta(x, z, t)$  представляет собой функцию Хевисайда. Функция Хевисайда – кусочно-постоянная функция, равная нулю для отрицательных значений аргумента и единице – для неотрицательных. Для пятна загрязнения  $\zeta(x, z, t) = 1$ , для остальной области  $\zeta(x, z, t) = 0$ . Далее считаем функцию  $\zeta(x, z, t)$  многозначной, допуская, что на границе пятна (где  $p = 0$ ) функция  $\zeta(x, z, t)$  может принимать любое значение от 0 до 1.

Таким образом, получаем постановку задачи в фиксированной области [5]:

$$\begin{cases} m \frac{\partial \zeta}{\partial t} - k \frac{\partial}{\partial x} \left( a(z) \frac{\partial p}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left( b(z) \left[ \frac{\partial p}{\partial z} - \zeta \right] \right) = 0 & (x, z, t) \in Q, t > 0; \\ p = p_0 & x \in [0, A], z = 0, t > 0; \\ v_x = -k a(z) \frac{\partial p}{\partial x} = 0 & x = 0, z \in [0, L_z]; \\ \zeta(p(x, z, t)) \in H(p) \text{ при почти всех } (x, z, t) \in Q; \\ p \geq 0 & (x, z, t) \in \bar{Q}; \\ p = 0, \zeta = 0 & x \in [0, L_x], z \in [0, L_z], t = 0; \\ p = 0, \zeta = 0 & x \in [0, L_x], z = L_z, t > 0; \\ p = 0, \zeta = 0 & x = L_x, z \in [0, L_z], t > 0. \end{cases}$$

Аппроксимируем задачу неявной разностной схемой.

Для фиксированного момента времени методом сумматорных тождеств получим сеточную задачу, представляющую собой систему нелинейных уравнений относительно неизвестных  $p_{ij}$  и  $\zeta_{ij}$  – значений искомых функций  $p$  и  $\zeta$  в точке сетки с номером  $[i, j]$  в рассматриваемый момент времени [5].

Для решения сеточной задачи на каждом временном слое применялся итерационный метод Зейделя [6]. Программа для реализации метода решения написана на языке программирования C++ [7].

В ходе проведенного вычислительного эксперимента были получены следующие результаты. Значения давления, закономерно уменьшающиеся от поверхности вглубь грунта, и граница пятна загрязнения, представленная на рисунке 2.

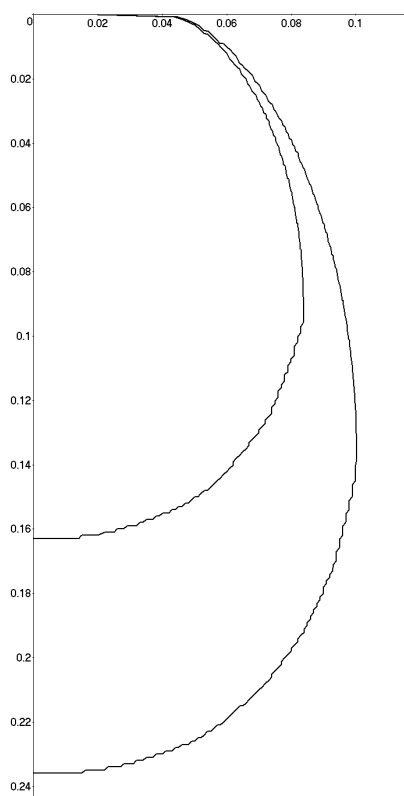


Рисунок 2. – Границы пятна загрязнения для третьего и пятого временных слоев.

### Список литературы.

- 1) Баренблатт Г.И. Движение жидкостей и газов в природных пластах / Г.И. Баренблатт, В.Н. Ентов, В.М. Рыжик. М.: Недраб. 1984. 211 с.
- 2) Бэр Я. Физико-математические основы фильтрации воды / Я. Бэр, Д. Заславски, С. Ирмей; пер. с англ. В.В. Данилова и А.А. Шарбатяна. М.: Мир. 1971. 452 с.
- 3) Горная энциклопедия / под ред. Е.А. Козловского. М.: Советская энциклопедия. 1984–1991.
- 4) Физический энциклопедический словарь / под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия. 1983.
- 5) Костерина Е.А. Численное определение границы пятна углеводородного загрязнения при утечке его из трубопровода // Материалы Восьмой Всероссийской конференции «Сеточные методы для краевых задач и приложения», посвященной 80-летию со дня рождения А.Д. Ляшко. Казань: Казанский университет. 2010. С.303–306.
- 6) Самарский А.А. Численные методы: Учебное пособие для вузов / А.А. Самарский, А.В. Гулин. М: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит.. 1989. 432 с.
- 7) Шилдт Г.С базовый курс, 3-е издание: пер. с англ. / Г. Шилдт. М.: Вильямс. 620 с.

## АМИНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ УСТОЙЧИВОГО К ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ИЛИСТОЙ ФРАКЦИИ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ

*Тарасова Е.В.*

*Научный руководитель – профессор Шинкарев А.А.*

Биохимическая деструкция органического вещества почв (ОВ) в значительной степени является окислительным процессом, поэтому к перспективным химическим процедурам для препаративного отделения инертного ОВ от менее устойчивых фракций органических компонентов, относят обработку почв окислителями, например,  $H_2O_2$ ,  $Na_2S_2O_8$  и  $NaOCl$  [1, 2].

Результаты детальных исследований ОВ связанного глинистыми минералами с лабильной кристаллической решеткой в устойчивой к окислительной деструкции форме впервые появились в печа-

ти в 1995-1996 гг. [3, 4]. Объектами исследования была глинистая фракция сподосоли Новой Зеландии. Принималось, что обработка  $H_2O_2$  удаляет ОВ с поверхностей глинистых кристаллитов, не затрагивая межслоевые пространства. Для характеристики ОВ использовали пиролизическую масс-спектрометрию с метилированием и ЯМР-спектроскопию. Анализ пиролизатов показал наличие моно- и дикарбоновых кислот, алканов, алкенов, *n*-алкилмоноэфиров и N-содержащих соединений.

Позже появилась серия работ, связанных с исследованием пулов ОВ в почвах, в которых для исследования инертного ОВ в почвах и выделенной из них фракции с размером частиц <20 мкм использованы пиролизическая масс-спектрометрия, ЯМР-спектроскопия и ИК-Фурье-спектрометрия [1,5,6]. Было показано, что устойчивое к окислению ОВ обогащено алифатическими соединениями и часто – N-содержащими соединениями. В ряде упомянутых работ для отделения от минеральной матрицы органических компонентов устойчивых к окислительной деструкции использована обработка растворами HF. Было обнаружено [6], что обработка почвенных образцов 10% HF приводит к переводу в раствор до 96-97% углерода и азота из ОВ, устойчивого к окислению NaOCl. Состав растворимых органических компонентов не изучался.

Цель работы – анализ аминокислотного состава продуктов кислотного гидролиза устойчивого к окислительной деструкции ОВ илистой фракции лесостепных почв, сформировавшихся на исходно вертикально однородных почвообразующих породах.

В качестве исходных объектов использованы профильные образцы темно-серой лесной легкоглинистой почвы на желто-бурых карбонатных легких глинах (Алексеевский район Республики Татарстан) и чернозема выщелоченного среднемошного тучного легкоглинистого на желто-бурых делювиальных карбонатных легких глинах (Камско-Устьинский район Республики Татарстан). Исходная вертикальная однородность почвообразующих пород показана по отношениям концентраций Ti, Zr и Y [7].

В экспериментах с окислительной деструкцией последовательность операций включала обработку образцов 0,1 моль/л раствором  $CH_3COOH$ , отмывку их деионизованной водой, многократную обработку в течение 30-40 дней 30%  $H_2O_2$  при комнатной температуре, отделение фракции частиц со стоксовым эквивалентным диаметром <2,5 мкм (после расчетной седиментации в столбе жидкости), ее высушивание и гомогенизацию. Проводили несколько повторных обработок 30%  $H_2O_2$  отдельных препаратов фракции <2,5 мкм, каждый раз после высушивания обработанной пробы.

Для сравнительных исследований из профильных образцов лесостепных почв выделяли фракцию <2,5 мкм методом отмучивания из устойчивой суспензии полученной после обработки 1 моль/л  $CH_3COOH$  и ультразвуком при частоте 22 Гц без обработки 30%  $H_2O_2$ .

Кислотный гидролиз илистой фракции проводили 6 моль/л HCl при 110°C в течение 24 ч. Определение аминокислотного состава проводили на ВЭЖХ «Flexar» (Perkin Elmer, США) с обратно-фазной колонкой Brownlee Analytical C18 и УФ-детектором настроенным на длину волны 254 нм. Обработку результатов проводили с помощью программы «Chromera».

Определение углерода органических соединений проводили на CHN анализаторе «PE 2400 Series II» (Perkin Elmer).

Обработку данных проводили с использованием MS Excel.

Остаточное содержание органического углерода во фракции <2,5 мкм после 30%  $H_2O_2$  составило от 0,28% (в слое 140-150 см гор. С темно-серой лесной почвы) до 1,54% (в слое 4-10 см гор. А1 выщелоченного чернозема). Оно показывает сильную прямую корреляционную связь с содержанием органического углерода в исходных образцах и закономерно уменьшается с глубиной по профилю. Для лесостепных почв это явление было обнаружено ранее и обсуждалось в печати [8].

В гидролизатах инертного ОВ илистой фракции лесостепных почв обнаружены типичные белковые аминокислоты. Группировка аминокислот в кислые, основные и нейтральные показала, что в составе инертного ОВ практически отсутствуют кислые аминокислоты. Основная часть аминокислот представлена нейтральными. В составе нейтральных аминокислот преобладают аминокислоты не несущие парциальных зарядов и не сольватирующиеся водой (гидрофобные).

По критерию Шапиро-Уилка для уровня значимости  $\alpha=0.05$  экспериментально измеренные значения содержания групп аминокислот в препаратах илистой фракции, выделенных до и после окислительной деструкции ОВ, характеризовались нормальным распределением, поэтому для оценки различий между ними использовали параметрические показатели. Результаты *t*-теста оценки различий величин средних двух несвязных и неравных по численности выборок, которые распределены по нормальному закону, показали, что в темно-серой лесной почве для содержания всех групп аминокислот (рисунок 1) окислительная деструкция ОВ приводит к значимым различиям. Для основных аминокислот значение *t*-критерия Стьюдента составляет 2,51; для кислых – 8,50; для гидрофильных – 6,99;

для гидрофобных – 6,12; для нейтральных – 7,11; при критическом значении  $t_{st}=2,23$ .

По сравнению с препаратами фракции  $<2,5$  мкм, выделенными из профильных образцов темно-серой лесной почвы без обработки  $H_2O_2$ , в групповом составе аминокислот инертного ОВ содержится больше основных (в 1,21 раза), гидрофобных (в 1,19 раза) и нейтральных аминокислот (в 1,13 раза). В то же время, в групповом составе аминокислот инертного ОВ меньше кислых и гидрофильных аминокислот (в 5,71 и 1,27 раз, соответственно).

Практически аналогичная картина наблюдается в выщелоченном черноземе (рисунок 1). Результаты t-теста оценки различий величин средних показали, что в черноземе окислительная деструкция ОВ также приводит к различиям в относительном содержании групп аминокислот. Для кислых аминокислот значение t-критерия Стьюдента составляет 9,71; для гидрофильных аминокислот – 9,05; для гидрофильных аминокислот – 6,99; для гидрофобных аминокислот – 5,52; для нейтральных аминокислот – 4,66; при критическом значении  $t_{st}=2,26$ . Однако для относительного содержания основных аминокислот различие не значимо (значение t-критерия Стьюдента составляет только 0,90).

По сравнению с препаратами фракции  $<2,5$  мкм, выделенными из профильных образцов выщелоченного чернозема без обработки пероксидом водорода, в групповом составе аминокислот инертного ОВ содержится больше гидрофобных (в 1,21 раза) и нейтральных аминокислот (в 1,15 раза). Также, как и в темно-серой лесной почве, в групповом составе аминокислот инертного ОВ илистой фракции черноземной почвы меньше кислых и гидрофильных аминокислот (в 8,03 и 1,40 раз, соответственно).

Каких либо явных тенденций профильного изменения относительного содержания отдельных аминокислот не обнаруживается (таблица 1). Изменчивость может расцениваться как сильная и очень сильная. Вместе с тем, для групп аминокислот вариабельность существенно уменьшается и для гидрофильных, гидрофобных и нейтральных аминокислот становится слабой. Косвенно это может свидетельствовать о том, что на закономерности формирования аминокислотного состава ОВ устойчивого к окислительной деструкции влияют не столько индивидуальные свойства отдельных аминокислот, сколько физико-химические свойства присущие тем или иным группам аминокислот.

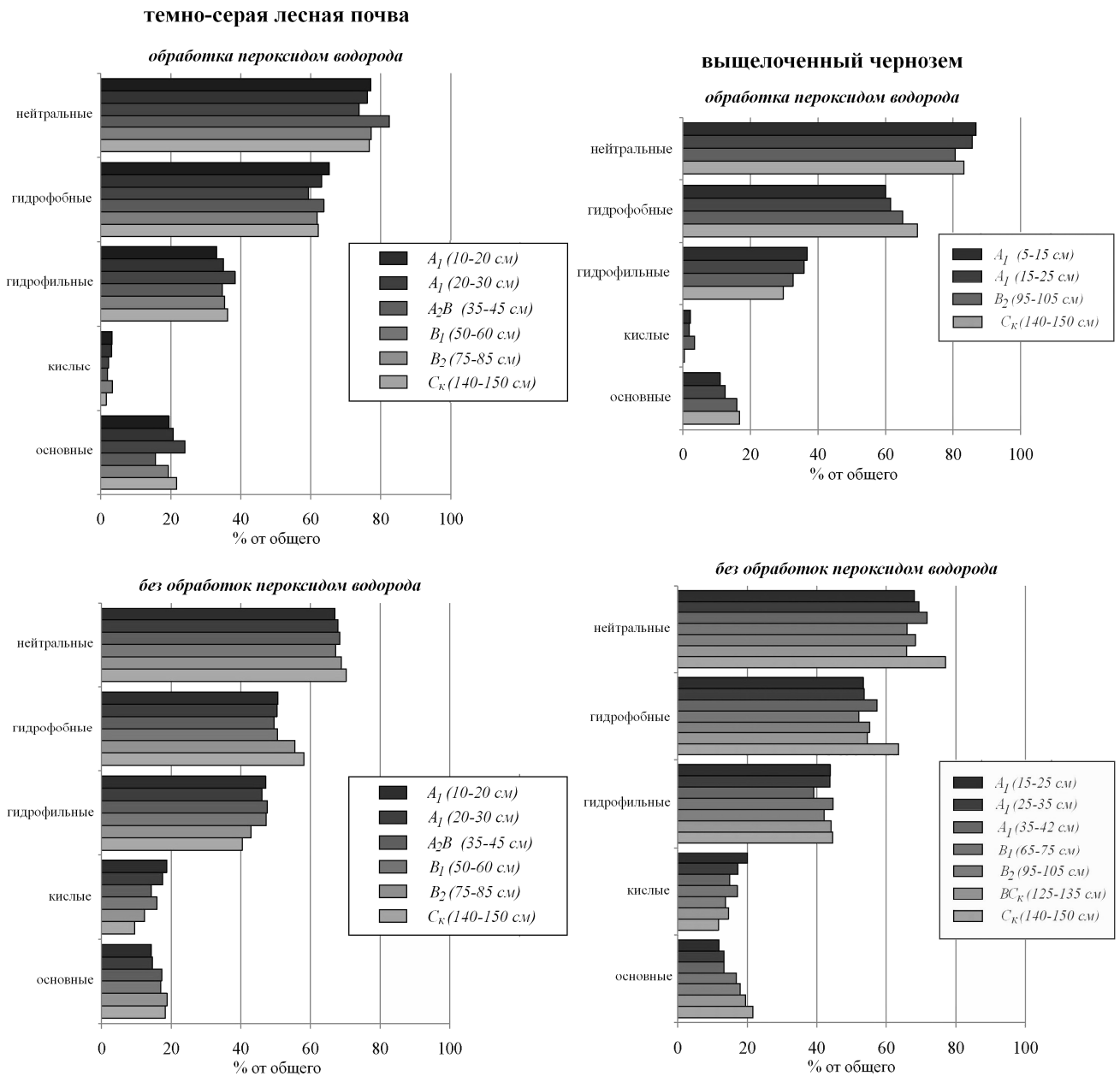


Рисунок 1. – Групповой состав аминокислот в кислотных гидролизатах илистой фракции лесостепных почв.

Наиболее очевидным результатом работы является то, что в составе аминокислот инертного ОВ илистой фракции лесостепных почв преобладают нейтральные и гидрофобные аминокислоты. Присутствие полипептидов в составе инертного ОВ представляется маловероятным. Реалистичные объяснения, имеющие ясный физический смысл, могут быть основаны на сорбции низкомолекулярных органических компонентов на поверхностях глинистых минералов с лабильной кристаллической решеткой. Определяющими становятся сродство молекул аминокислот к фазе водного раствора и сродство их к функциональным группам минеральных поверхностей. Белковые аминокислоты принято представлять общей формулой  $RCH(NH_2)COOH$  и различать по характеру боковой группировки (R). Наиболее растворимы аминокислоты, у которых группировка R представлена гидрофильными группами. Таким образом, в основе закономерностей определяющих особенности аминокислотного состава ОВ связанного тонкодисперсными минеральными фазами лесостепных почв в устойчивой к окислению форме лежит селективное связывание нейтральных и гидрофобных аминокислот, которое обусловлено физико-химическими причинами.

Таблица 1. – Аминокислотный состав инертного ОВ илистой фракции темно-серой лесной почвы, в мольных, %.

Аминокислота	Глубина образца, см						M	$\sigma$	V, %
	10–20	20–30	35–45	50–60	75–85	140–150			
<i>Lys</i>	6,61	4,12	4,57	4,83	6,42	4,03	5,10	1,14	22,36
<i>His</i>	7,88	9,90	14,09	11,62	7,64	3,77	9,15	3,58	39,07
<i>Arg</i>	5,05	6,72	5,37	5,25	5,27	5,62	5,55	0,60	10,86
Основные:	<b>19,54</b>	<b>20,73</b>	<b>24,03</b>	<b>21,70</b>	<b>19,33</b>	<b>13,42</b>	<b>19,79</b>	<b>3,56</b>	<b>17,98</b>
<i>Asp</i>	0,76	0,80	0,74	0,43	1,11	0,78	0,77	0,21	27,86
<i>Glu</i>	2,52	2,31	1,47	1,13	2,28	1,22	1,82	0,61	33,76
Кислые:	<b>3,27</b>	<b>3,11</b>	<b>2,21</b>	<b>1,56</b>	<b>3,38</b>	<b>2,00</b>	<b>2,59</b>	<b>0,76</b>	<b>29,51</b>
<i>Tre</i>	2,76	4,50	4,29	4,04	2,42	4,90	3,82	1,00	26,19
<i>Ser</i>	7,56	6,73	7,83	8,98	10,26	15,27	9,44	3,11	32,93
Гидрофильные:	<b>33,14</b>	<b>35,07</b>	<b>38,35</b>	<b>36,27</b>	<b>35,39</b>	<b>35,60</b>	<b>35,64</b>	<b>1,70</b>	<b>4,76</b>
<i>Ala+Pro</i>	23,35	23,57	19,93	20,15	18,65	20,83	21,08	1,98	9,38
<i>Leu</i>	9,92	9,86	12,48	12,11	10,66	7,15	10,37	1,92	18,50
<i>Phe</i>	3,95	3,48	2,73	3,55	3,10	2,56	3,23	0,53	16,42
<i>Gly</i>	14,45	12,67	12,89	13,50	17,36	17,16	14,67	2,10	14,31
<i>Ile</i>	5,06	4,71	3,98	4,50	4,30	4,07	4,44	0,41	9,21
<i>Val</i>	8,59	8,77	7,38	8,30	7,73	4,97	7,62	1,40	18,41
Гидрофобные:	<b>65,32</b>	<b>63,08</b>	<b>59,38</b>	<b>62,12</b>	<b>61,80</b>	<b>56,74</b>	<b>61,41</b>	<b>2,99</b>	<b>4,87</b>
<i>Tyr</i>	1,54	1,85	2,26	1,61	2,81	7,68	2,96	2,36	79,79
Нейтральные:	<b>77,19</b>	<b>76,16</b>	<b>73,76</b>	<b>76,74</b>	<b>77,29</b>	<b>84,60</b>	<b>77,62</b>	<b>3,65</b>	<b>4,71</b>

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 14-04-01599-а.

#### Список литературы.

- 1) Eusterhues K., Rumpel C., Kögel-Knabner I. Stabilization of soil organic matter isolated via oxidative degradation // Org. Geochem. 2005. V.36. P.1567–1575.
- 2) Siregar A., Kleber M., Mikutta R., Jahn R. Sodium hypochlorite oxidation reduces soil organic matter concentrations without affecting inorganic soil constituents // Europ. J. Soil Sci. 2005. V.56. P.481–490.
- 3) Righi D., Diné H., Schulten H.-R., Schnitzer M. Characterization of clay-organic-matter complexes resistant to oxidation by peroxide // Europ. J. Soil Sci. 1995. Vol.46. P.423–429.
- 4) Schulten H.R., Leinweber P., Theng B.K.G. Characterization of organic matter in an interlayer clay-organic-complex from soil by pyrolysis methylation-mass spectrometry // Geoderma. 1996. V.69. P.105–118.
- 5) Leifeld J., Kögel-Knabner I. Organic carbon and nitrogen in fine soil fractions after treatment with hydrogen peroxide // Soil. Biol. Biochem. 2002. Vol.33. P.2155–2158.
- 6) Mikutta R., Kleber M., Torn M.S., Jahn R. Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance? // Biogeochemistry. 2006. Vol.77. P.25–56.
- 7) Шинкарев А.А., Корнилова А.Г., Лыгина Т.З., Гиниятуллин К.Г., Гильмутдинов Р.Р. Использование элементного анализа для оценки исходной вертикальной однородности почвообразующей породы // Уч.зап.Казанского государственного ун-та. Естеств. науки. 2010. Т.152. Кн.4. С.78–91.
- 8) Гиниятуллин К.Г., Шинкарев (мл.) А.А., Шинкарев А.А., Кринари Г.А., Лыгина Т.З., Губайдуллина А.М., Корнилова А.Г., Мельников Л.В. Необратимая фиксация органических компонентов в лабильных промежутках как механизм кинетической стабилизации глино-органических структур // Почвоведение. 2012. №11. С.1211–1225.

## РЕЖИМ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*Хайдаршин Т.Н.*

*Научный руководитель – доцент К.М. Шанталинский*

Циркуляция атмосферы является неотъемлемой частью формирования климата нашей планеты, что в свою очередь оказывает огромное влияние на окружающую среду, на хозяйственную и социальную деятельность человека. Учет циркуляционных факторов является неотъемлемой частью анализа и прогноза погоды. Циркуляционный режим необходимо учитывать во всех современных строительных проектах. В особенности факторы циркуляции атмосферы значительно влияют на переносы различных примесей и аэрозолей в атмосфере. Наиболее зависимым от ветрового и циркуляционного режимов транспортом является авиация. Именно этот транспорт наиболее чувствителен к изменениям скорости и направления ветра.

Целью работы является исследование циркуляционного режима атмосферы и его изменения на территории Европейской части РФ (ЕТР).

В ходе выполнения данной работы решались следующие задачи:

- сопоставление данных аэрологического зондирования и данных реанализа, и последующее заполнение пропусков рядах данных аэрологического зондирования;
- изучение и построение полей ветра на стандартных изобарических поверхностях; выявление особенностей полей ветра и тенденций их изменения на исследуемой территории.

Исходные данные представляют собой массивы данных аэрологического зондирования с восемнадцати станций, равномерно распределенных по исследуемой территории. Данные представлены в виде рядов среднемесячных значений зональной ( $u$ ) и меридиональной ( $v$ ) компонент ветра на стандартных изобарических поверхностях 850, 700 и 500 гПа. Для сравнения были выбраны данные реанализа NCEP/NCAR-1 по зональной и меридиональной составляющей скоростей ветра. [Kistler R. 2001] Для исследования были выбраны зимний (декабрь, январь и февраль) и летний (июнь, июль и август) сезоны. Изучалась динамика составляющих скорости ветра за сорок лет (с 1970 по 2010 гг.)

Пропуски в рядах данных аэрологического зондирования заполнялись с помощью данных реанализа. Для этого рассчитывались коэффициенты корреляции ( $r$ ) между компонентами скорости ветра, которые представлены в таблице 1. Они представляют из себя средние значения коэффициента корреляции на стандартных уровнях 850, 700 и 50 гПа в зимний и летний сезоны. Полученные результаты позволяют утверждать, что связь рядов данных аэрологического зондирования и данных реанализа высока и заполнение пропусков в рядах радиозондирования по данным реанализа обосновано.

Таблица 1. – Средний коэффициент корреляции для различных сезонов и уровней.

Показатели коэффициента корреляции				
Сезон	Зима		Лето	
Уровень	$u$	$v$	$u$	$v$
850	0,90	0,92	0,91	0,90
700	0,89	0,92	0,92	0,91
500	0,90	0,91	0,92	0,92

В ходе исследования выяснилось, что наибольшие значения зональной компоненты наблюдаются на Среднем Урале. Наименьшие значения зональной составляющей отмечаются на юге ЕТР. Зимой значения зональной компоненты значительно выше, чем летом. Распределение меридиональной компоненты в различные сезоны отличается, так например зимой на исследуемой территории меридиональная составляющая распределена широтно, то есть в северной части преобладают отрицательные (северные) значения и по мере уменьшения широты они становятся положительными. Летом в восточной части ЕТР преобладает северное направление (отрицательное значение компоненты), к западу происходит смена знака меридиональной компоненты (преобладание южного направления).

Расчитывался параметр эллиптичности  $L$ , характеризующий насколько распределение векторов ветра отличается от кругового. При круговом рассеянии ( $L=1$ ) средние квадратические отклонения обоих компонент скорости ветра равны ( $\sigma_x=\sigma_y$ ) и коэффициенте корреляции между ними  $r=0$ .

[Гутерман, 1965, с.243] Расчеты параметра эллиптичности  $L$  показали, что для центральных регионов ЕТР эта величина составляет: 0,90 – зимой, 0,97 – летом, на уровне 700 – 0,87 – зимой и 0,98 – летом, на уровне 500 гПа – 0,81 – зимой, 0,99 – летом. Т.е. летом распределение ближе к круговому.

Для характеристики устойчивости в ходе работы также рассчитывался параметр  $q$ , который представляет собой отношение модуля среднего результирующего вектора к средней скалярной скорости ветра. Данный параметр варьируется от 0 до 1. Нулевые значения  $q$  характеризуют условия, когда все направления ветров равновероятны. При  $q=1$ , наоборот преобладает лишь одно направление.[Гутерман, 1965, с.243] Среднее значение параметра устойчивости  $q$  на Европейской территории России: 0,94 – зимой, 0,91 – летом. Наибольшие значения этого параметра отмечены в восточной части ЕТР (Средний и Южный Урал), наименьшие значения в северо-западных и южных районах. Таким образом атмосферная циркуляция наиболее устойчива зимой, нежели летом.

Было проведено сглаживание временных рядов с помощью метода «скользящего среднего» с шириной окна  $n=5$ .

Выявленная таким образом долговременная тенденция в многолетнем ходе компонент скорости ветра в исследуемом регионе различна. По этому признаку на исследуемой территории можно выделить три части: северную – это северные и северо-западные регионы ЕТР, южную – центральная и южная часть ЕТР и юго-восточную – восточная часть Поволжья, Средний и Южный Урал. На рисунке 1. изображена динамика обеих компонент и результирующей скорости ветра в северной части региона. В зимний сезон заметно ослабление зональной и меридиональной компонент, с чем связано и уменьшение результирующей скорости ветра. В летний период заметно усиление зональной составляющей, за чем соответственно следует увеличение результирующей скорости, так как меридиональная компонента осталась практически неизменной.

В юго-восточной части Европейской территории России тенденция несколько другая, что видно на рисунке 2. Как летом, так и зимой происходит увеличение модулей зональной и меридиональной составляющих. Увеличивается также и значение северных ветров. В оба сезона за сорок лет заметно (приблизительно на 0,5 м/с) увеличилась результирующая скорость ветра.

В южной части ЕТР наибольшие изменения произошли зимой. Зональная компонента увеличилась на 2 м/с, что в сумме с незначительным увеличением меридиональной составляющей дало значительное увеличение результирующей скорости на 3 м/с. Летом же значительных изменений не наблюдалось. Имеет место снижение результирующей скорости в результате уменьшения меридиональной компоненты.

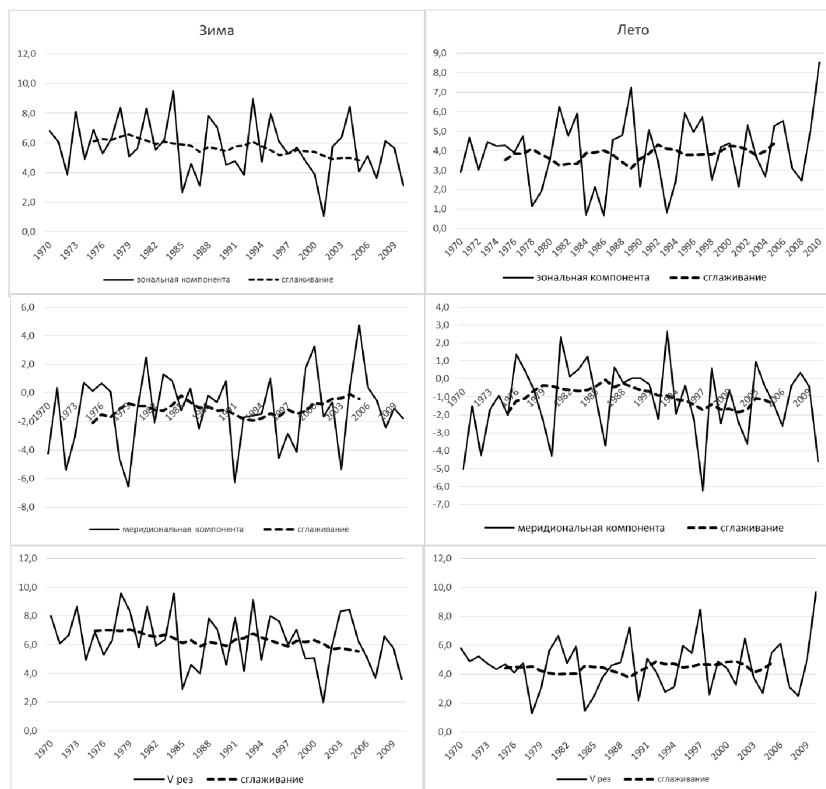


Рисунок 1. – Изменение составляющих скорости и результирующей скорости ветра в северной части ЕТР (м/с). Зима и лето.



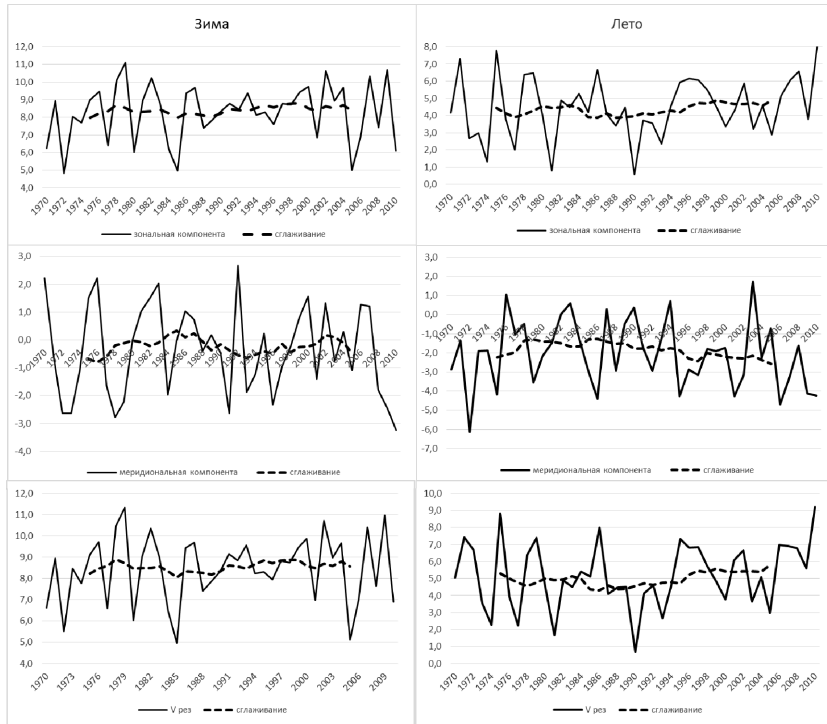


Рисунок 2. – Изменение составляющих скорости и результирующей скорости ветра в юго-восточной части ЕТР (м/с). Зима и лето.

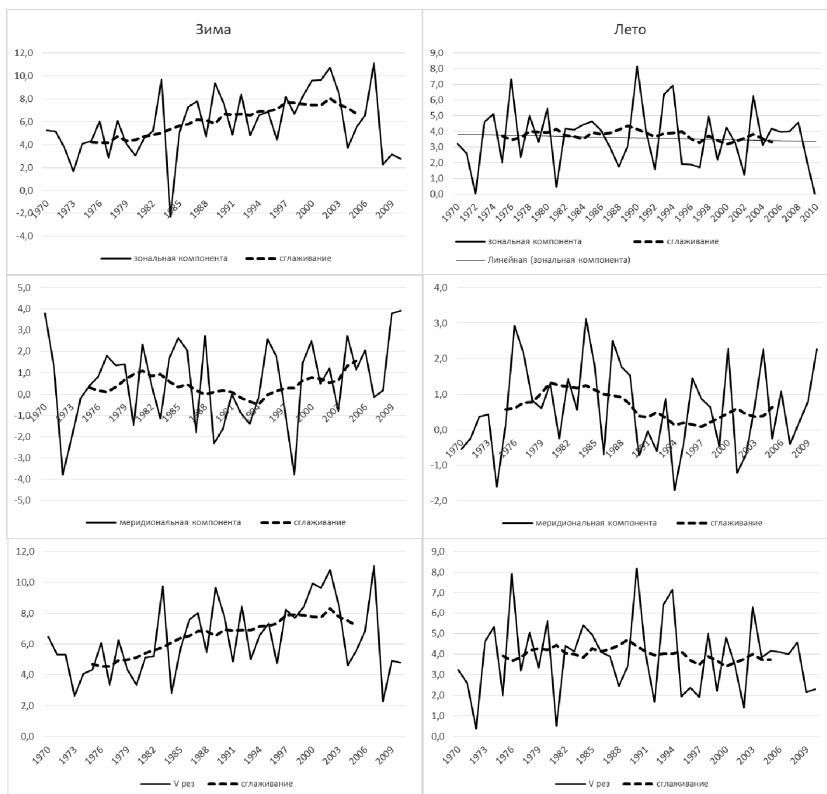


Рисунок 3. – Изменение составляющих скорости и результирующей скорости ветра в южной части ЕТР (м/с). Зима и лето.

В результате можно сделать следующие выводы:

- высокие показатели коэффициента корреляции (среднее значение  $r=0,91$ ) позволяют судить о высокой связанности рядов данных аэрологического зондирования и данных реанализа. Это в свою очередь позволяет заполнять пропуски в массивах данных с помощью данных реанализа;
- на территории ЕТР в холодный период преобладает западный перенос ( $u_{cp}=5,9$  м/с,  $v_{cp}=0,2$  м/с), летом же в восточной части ЕТР наблюдается заметное усиление меридиональной составляющей, в следствие чего учащаются северо-западные направления ветра ( $u_{cp}=2,3$  м/с,  $v_{cp}=1,6$  м/с), при этом зональные составляющие на востоке и западе отличаются незначительно (2,4 м/с и 2,5 м/с);
- анализ параметра эллиптичности показал, в частности, что зимой эллиптичность наиболее выражена, особенно на верхних уровнях. Летом рассеяние близко к круговому;
- параметр устойчивости  $q$  имеет высокие значения, характерные для исследуемого района, 0,94 – зимой и 0,91 – летом;
- установлено, что за исследуемый период в северной и юго-восточной частях несколько усилился западный перенос (в среднем на 0,6 м/с) в летний период, притом меридиональная компонента практически не изменилась. Зимой для северной части характерно ослабление обеих составляющих скорости ветра, в следствие чего также ослабла результирующая скорость ветра. В юго-восточной части результирующий ветер возрос на 1 м/с. Наибольшее изменение претерпели компоненты скорости ветра в южной части в зимний период. Здесь на 2 м/с увеличился западный перенос, что внесло большой вклад в изменение результирующей скорости. Летом изменения незначительны.

#### Список литературы.

- 1) Kistler R. et al 2001. the NCEP/NCR 50-year reanalysis project; monthly means CD-ROM and documentation. Bulletin of the American Meteorological Society. 82. P.247–268.
- 2) Гутерман И.Г. Распределение ветра над северным полушарием // Гидрометеорологическое издательство. Ленинград. 1965. С.243.
- 3) Интернет-ресурс: Overview of the Integrated Global Radiosonde Archive <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/igra/igra-overview.pdf> (дата обращения: 5.09.14).

## ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В КАЗАНИ В 20–21 СТОЛЕТИЯХ

*Храмова Д.Н.*

*Научный руководитель – доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой метеорологии, климатологии и экологии атмосферы, Переведенцев Ю. П.*

В современный период наблюдаются значительные изменения климата особенно с 1976 г., когда началась его активная фаза потепления. При этом изменения происходят как в глобальном, так и в региональном масштабах. Согласно [9], территория России существенно более чувствительна к воздействию на климат, чем Северное полушарие и земной шар в целом. Так, размах аномалий среднегодовых температур РФ достигает 3-4°C, в то время как в среднем для земного шара он порядка 1,0-1,5°C. С уменьшением территории эти изменения еще более заметны.

Целью настоящей статьи является исследование периодов с экстремальными температурами (низкими или высокими) в холодный период в Казани по данным метеорологических наблюдений с 1900 по 2014 гг. Эти кратковременные периоды называют волнами холода, если среднесуточная температура оказывается ниже -20°C или волнами тепла, если среднесуточная температура выше 0°C. Для практических исследований наибольший интерес представляют следующие характеристики этих волн: их интенсивность, продолжительность и распределение внутри холодного сезона

Следует отметить, что в последнее столетие особенно с 1970-х гг. в Казани наблюдается устойчивое повышение зимних температур за исключением 1950-1960-х гг. [3], что естественно отразилось на динамике волн холода и тепла. Доказательством этому могут служить данные рис. 1-2, на которых представлено распределение волн холода и тепла, рассчитанных по десятилетиям (декадам). Первая декада охватывает период с 1900 по 1910 гг., вторая с 1911 по 1920 гг. и т.д. Всего рассмотрено 11 декад (последняя декада с 2001 по 2010 гг.). Как видно из рис. 1-2, наблюдается значительное сокра-

щение количества волн холода и в то же время рост волн тепла. Безусловно, это свидетельствует о потеплении климата в Казани за последнее столетие, ослаблении его континентальности и росте неустойчивости погоды. Действительно в последние годы в зимние месяцы на улицах часто появляются лужи из-за дождей и оттепелей, что было редкостью в начале XX столетия.

Изменения температуры воздуха в период волн холода и тепла представлены в табл. 3-4.

Так из таблицы 3 видно, что наибольшая повторяемость отрицательных среднесуточных температур для волн холода находится в градации от  $-22,0$  до  $-23,9^{\circ}\text{C}$ , а наибольшая повторяемость положительных среднесуточных температур для волн тепла находится в градации от  $0,1$  до  $0,9^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 1. – Распределение количества волн холода в зимний период по декадам.



Рисунок 2. – Распределение количества волн тепла в зимний период по декадам.

Таблица 3. – Повторяемость отрицательных среднесуточных температур во время волн холода, %.

Период наблюдений	Градации температур, $^{\circ}\text{C}$			
	$-20,0 - (-21,9)$	$-22,0 - (-23,9)$	$-24,0 - (-25,9)$	$\leq -26,0$
1901-1930 гг.	9	51	23	17
1931-1960 гг.	14	30	28	28
1961-1990 гг.	19	33	30	30
1991-2014 гг.	11	47	11	32
1981-2010 гг.	17	42	13	29

Таблица 4. – Повторяемость положительных среднесуточных температур во время оттепелей, %.

Период наблюдений	Градации температур, °С			
	0,1-1,9	2,0-3,9	4,0-5,9	≥6
1901-1930 гг.	67	26	4	2
1931-1960 гг.	57	32	11	0
1961-1990 гг.	64	33	3	0
1991-2014 гг.	53	35	12	0
1981-2010 гг.	61	32	6	0

Продолжительность волн холода и тепла измеряется в днях (рис.5-6). Наибольшее количество случаев для волн холода – 92 наблюдается с продолжительностью в три дня, для волн тепла также с продолжительностью в три дня – 94 случая. Максимум продолжительности волн холода – 16 дней наблюдался один раз в январе 1969 года, это был самый холодный январь за весь период, интенсивность волны холода составила  $-25,4$  °С. Максимум продолжительности волн тепла в днях – 23 наблюдался 2 раза в ноябре в 1923 году с интенсивностью температуры  $4,1$ °С и в 2013 году с интенсивностью  $4,6$ °С.



Рисунок 5. – Продолжительность волн холода в днях с 1900 по 2014 гг.

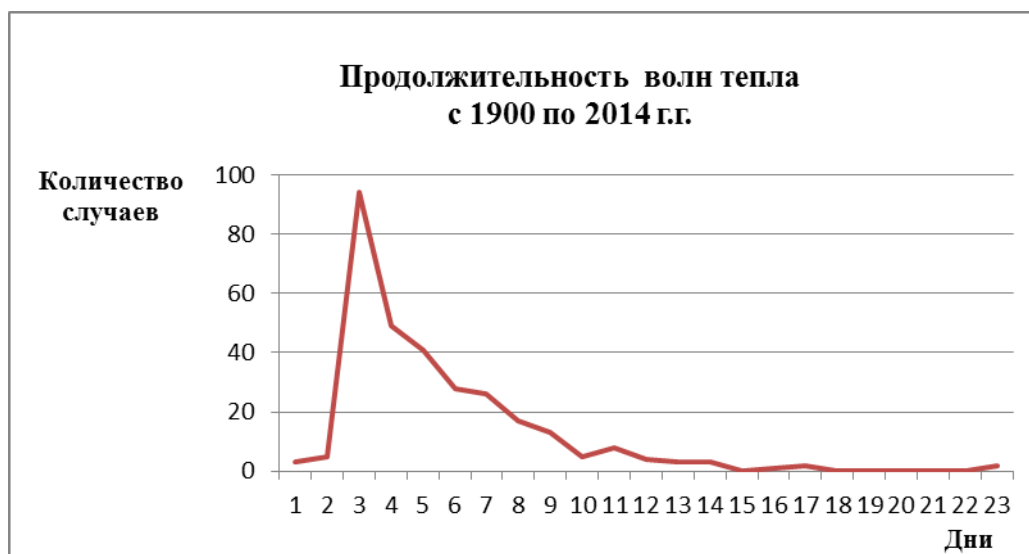


Рисунок 6. – Продолжительность волн тепла в днях с 1900 по 2014 гг.

**Выводы:**

1. Продолжительность волн холода (ВХ) меняется в диапазоне 1-11 суток. Наиболее часто возникают ВХ с продолжительностью в 3 суток. Продолжительность волн тепла (ВТ) также составляет в большинстве случаев 3 суток.

2. Анализ волн холода в зимний период по 10-летиям показывает, что наибольшее их количество зафиксировано в 3-ю декаду с 1921 по 1930 гг. (24 случая), а наименьшее в 10-ю с 1991 по 2000 гг. (8 случаев). В целом наблюдается уменьшение волн холода к концу XX и началу XXI столетий. Одновременно наблюдается тенденция увеличения числа случаев с оттепелью (волнами тепла).

3. Результаты данного исследования соответствуют выводам публикаций [3], [4], [9], [11].

**Список литературы.**

- 1) Чирков Ю.И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 296 с.
- 2) Логинов В.Ф. Изменения климата Беларуси и их последствия. Минск. «Тонпих». 2003. 330 с.
- 3) Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Шафикова Р.Б. Климат Казани и его изменения в современный период. Казань: Изд-во Каз. ун-та. 2006. 216 с.
- 4) Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Аухадеев Т.Р., Гимранова А.Б. Климатические ресурсы как фактор возобновляемых источников энергии. Институт экологии и природопользования. Казанский федеральный университет.
- 5) Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. и др. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Науч. ред. М.А. Верещагин. Казань: Казан. ун-т. 2013. 274 с.
- 6) Дроздов О.А. Климатология. Санкт-Петербург. Гидрометеиздат. 1991. 506 с.
- 7) Хромов С.Н., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат. 1965. 455 с.
- 8) Хандожко Л.А. Метеорологическое обеспечение народного хозяйства. Л.: Гидрометеиздат. 1981. 231 с.
- 9) Груда Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД». 2012 г. 194 с.
- 10) Пьянков С.В. Опасные гидрометеорологические явления: режим, мониторинг, прогноз. Пермь, Пермский государственный научно-исследовательский университет. 2014. 296 с.
- 11) Переведенцев Ю.П., Гимранова А.Б., Шарипова М.М., Аухадеев Т.Р. Современные изменения климатических характеристик отопительного периода в Казани // Ученые записки Казанского университета. Том 156. Кн.4. Естественные науки. 2014.

## **ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА В XIX–XXI ВЕКАХ**

*Шайхулмарданова Л.В.*

*Научный руководитель – к.г.н., доцент Гурьянов В.В.*

В последние десятилетия климат земли стремительно меняется – происходит глобальное потепление, в связи с чем увеличивается количество природных катастроф (аномальная жара, наводнения). Такая ситуация вызывает необходимость принятия экономических и политических решений по адаптации территории к климатическим изменениям.

Цель работы: исследование тенденций изменения температуры воздуха в 19-20 столетиях и их прогноз на 21 столетие на территории Приволжского Федерального Округа (ПФО) с использованием последнего поколения ансамбля климатических моделей CMIP5. Модели ансамбля CMIP5 широко используется во всем мире для исследования климата прошлого и его прогноза на будущее до 2300 года. Но для территории ПФО такие исследования, включая прогноз климата выполняется впервые.

CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project-Phase 5) – проект сравнения климатических моделей. Основу этого проекта составляют расчеты климата XX в. при заданных в соответствии с данными наблюдений концентрациях парниковых газов и аэрозолей, а также сценарные расчеты климата XXI в. для новой группы сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему Земли. В сравнении с предыдущими проектами в CMIP5 улучшена качество самих моделей за счет использования более надежных параметризаций, так и полнота описания климатообразующих факторов. Всего в проекте приняло участие более пяти десятков моделей, разработанных в разных исследовательских центрах мира.

В качестве исходных данных для исследования климата послужили результаты расчетов приземной температуры воздуха по моделям INMCM4, CESM1-CAM5, HadGEM2-AO ансамбля CMIP5 (данные получены из портала ESGF.) Результаты модельных расчетов представлены двумя массивами данных: исторические (1850-2005 гг.) и прогностические (2006-2100 гг.) с учетом сценария rcp4.5. Сценарий rcp4.5 означает такое увеличение концентрации углекислого газа к 2100 г. при котором приход радиации на поверхность составит  $4,5 \text{ Вт/м}^2$ .

Выбор моделей, обусловлен авторитетом и научным вкладом, разработавшим их коллективов в исследовании климата:

- **INMCM4** – Российская модель, разработана в Институте Вычислительной Математики. В модели разрешение составляет  $2 \times 1,5^\circ$  по долготе и по широте и 21 уровень до высоты около 30 км.
- **CESM1-CAM5** – (объединенная модель системы атмосфера – Земля) центр моделирования NSF-DOE-NCAR (Национальный научный фонд, Министерство энергетики, Национальный центр атмосферных исследований), страна США. Разрешение модели CESM-CAM5 –  $1,25 \times 0,9375^\circ$  по долготе и по широте.
- **HadGEM2-AO (NIMR /KMA)** – центром моделирования является Национальный Институт Метеорологических Исследований / Корейское метеорологическое управление. Разрешение модели  $1,875 \times 1,241^\circ$  по долготе и по широте.

На основе модельных расчетов были построены графики средней годовой и средних месячных (январь и июль) температур воздуха и ее тренды. Ряды данных представляют собой средневзвешенные по территории ПФО и по всем моделям значения за период 1850-2100 гг.

Историческом периоде температура воздуха меняется не равномерно, наблюдались периоды потепления и похолодания. В целом эти колебания соответствуют фактическим данным. За этот промежуток времени первое похолодание наблюдалось с 1870-х до 1910-х гг., а второе в середине 20-го столетия. Сравнивая эти два периода, можно сказать, что во втором периоде температура меняется интенсивнее, особенно зимней период. Зимой скорость изменения температуры составляет  $-1,1^\circ\text{C}/10$  лет. После каждого похолодания следовали более интенсивные потепления. Первое потепление продолжалось с 1910-х по 1940-х гг. и скорость изменения средней годовой температуры составила  $0,2^\circ\text{C}/10$  лет, а второе началось с конца 70-х годов ( $0,46^\circ\text{C}/10$  лет), которое все еще продолжается. Современное потепление происходит более интенсивно, что скорость изменения температуры воздуха два раза превышает первого периода. Это связано вкладом антропогенного роста содержания парниковых газов в атмосфере. К 2020-м г. тенденция роста температуры воздуха замедлится до  $0,1^\circ\text{C}/10$  лет. А уже начиная с 2050-х г. скорость изменения температуры достигнет до состояния насыщения, и будет меняться в пределах достигнутых высоких значений. В конце столетия скорость изменение средней годовой температуры воздуха составляет  $0,16^\circ\text{C}/10$  лет.

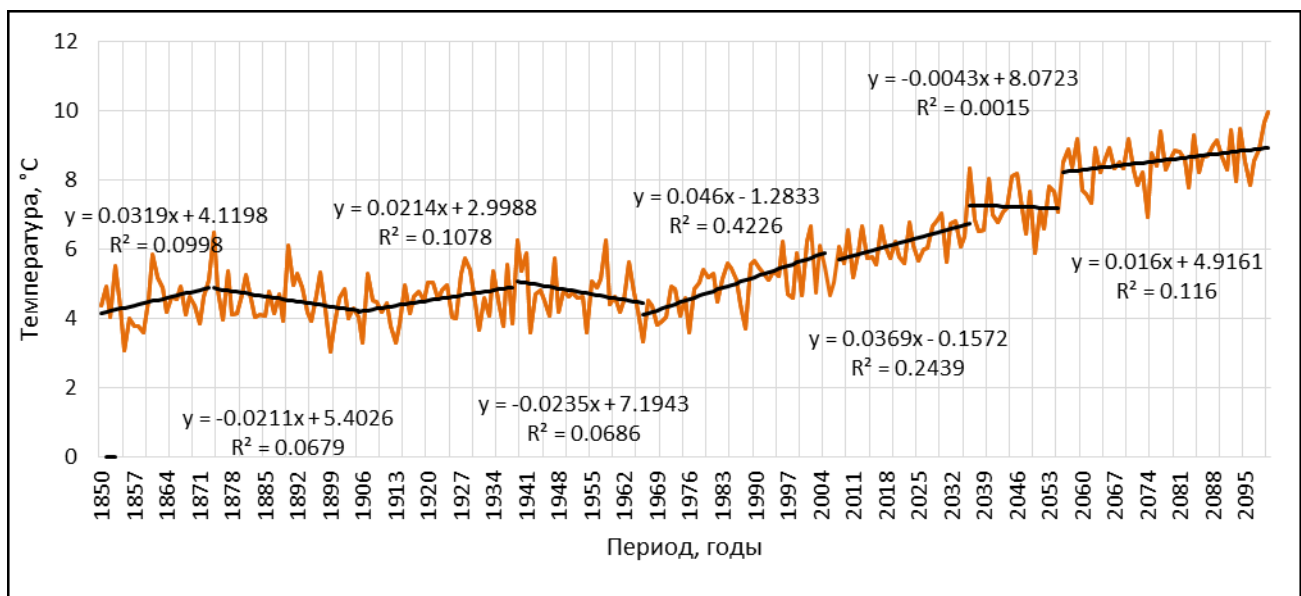


Рисунок 1. – Средняя годовая температура воздуха и ее тренды, осредненная по территории ПФО и по всем моделям за период 1850-2100 гг.

Рассмотрим сезонные распределения температуры воздуха. Историческом периоде прослеживается такая же тенденция, что и в годовом ходе. Для зимнего сезона характерны высокие значения тренда, чем для летнего. Как выше было сказано, потепление началось в конце XX века, и особенно сильный рост наблюдается зимой. Зимой скорость изменения скорости температуры составляет  $1,1^{\circ}\text{C}/10$  лет, а летом почти три раза меньше  $0,39^{\circ}\text{C}/10$  лет. В теплый период рост температуры воздуха замедлится к началу 2020 г., а уже к 2070 г. тенденция температуры составит  $0,006^{\circ}\text{C}/10$  лет. А зимой наблюдается другая картина. Рост температуры воздуха продолжается до 2060-х годов и даже наблюдается некоторое увеличение значения тренда. Скорость изменения температуры воздуха к 2050 годам составит  $1,8^{\circ}\text{C}/10$  лет.

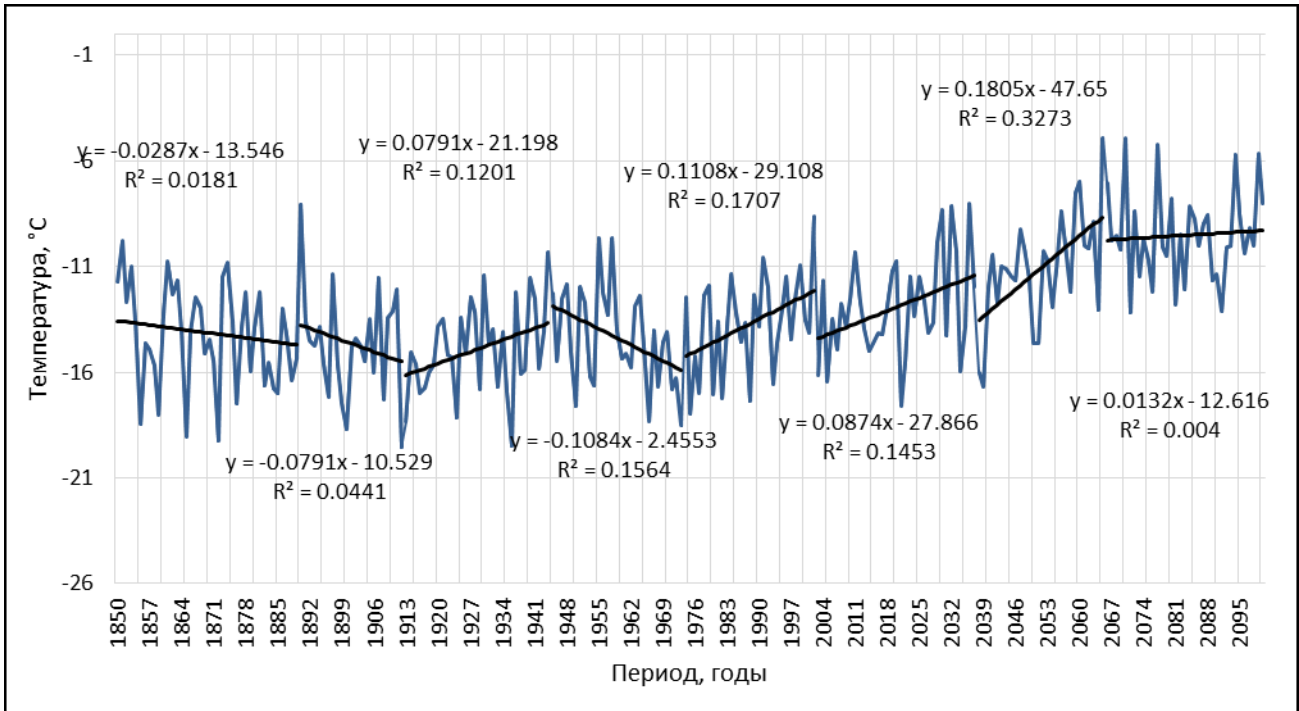


Рисунок 2. – Средняя месячная температура воздуха и ее тренды, осредненная по территории ПФО и по всем моделям за январь, период 1850-2100 гг.

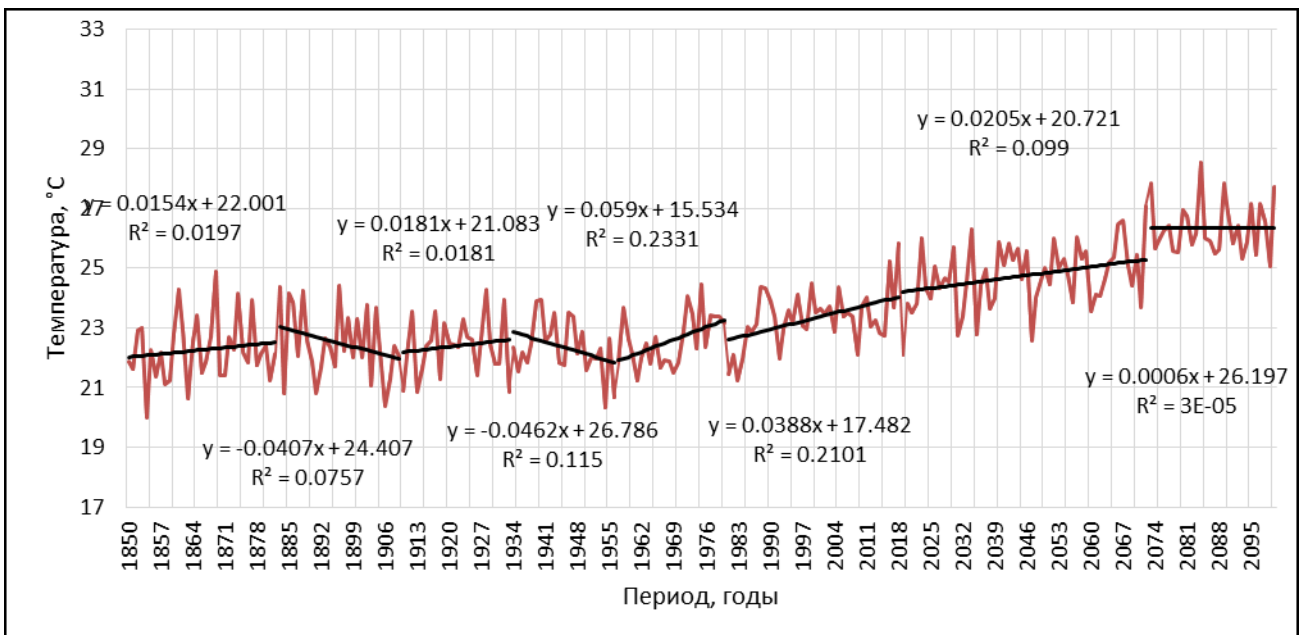


Рисунок 3. – Средняя месячная температура воздуха и ее тренды, осредненная по территории ПФО и по всем моделям за июль, период 1850-2100 гг.

В таблице 1 представлены аномалии температуры воздуха за разные периоды. По этим результатам можно судить, какая модель показывает более высокую температуру, а какая низкую. Период похолодания 1940-1977 гг. лучше улавливается моделью INMCM4, значение аномалии составляет  $-0,01^{\circ}\text{C}$ . А модель CESM1-CAM5 в этот период показывает более высокое значение аномалии  $+0,117^{\circ}\text{C}$ . В XXI веке ожидается сильное отклонение температуры воздуха от средней температуры воздуха за 1961-1990 гг. Особенно сильный рост показывает модели HadGEM2-AO и CESM1-CAM5. По модели INMCM4 резких изменений температуры воздуха не ожидается. Аномалия температуры составляет всего лишь  $0,806^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 1. – Отклонение средней годовой температуры воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ) от климатической нормы (1961-1990 гг.) для различных моделей.

Модели	Период			
	1905-1940 гг.	1941-1977 гг.	1978-2005 гг.	2051-2100 гг.
INMCM4	-0,441	-0,01	0,056	0,806
HadGEM2-AO	0,523	0,027	1,14	2,758
CESM1-CAM5	-0,028	0,117	0,947	2,398

#### Заключение:

Выполненное исследование показывает, что различные модели с разной точностью воспроизводят температуру воздуха за прошедший и будущий периоды.

Установлено, что наименьшее расхождение между моделями наблюдается при прогнозе температуры воздуха в период относительного похолодания климата (1941-1977 гг.).

В XXI веке ожидается заметное потепление климата, в основном за счет смягчения температурного режима холодное время года. А в летний сезон рост температуры воздуха менее выражен.

Более высокую температуру воздуха воспроизводит модель HadGEM2-AO, а более низкую – модель INMCM4. Так, превышение положительной аномалии температуры воздуха рассчитанное по модели HadGEM2-AO более чем в три раза превосходит аномалии температуры модели INMCM4 во второй половине XXI века.

#### Список литературы.

- 1) Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М: Росгидромет. 2014. 59 с.
- 2) Оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Изменения климата Т.1. М: Росгидромет. 2008. 228 с.
- 3) Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М. Особенности проявления современного глобального потепления климата в различных регионах Северного полушария в последние десятилетия // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле. 2008. Вып.2. 3–14 с.
- 4) Шерстюков Б.Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск: ГУ ВНИИГМИ-МЦД. 2008.



# ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА УЗБЕКИСТАНА

*Аитов Т.Р.*

*Научный руководитель – к. х. н. Фахретдинов П.С.*

*История развития нефтяной промышленности Узбекистана.* Природными богатствами, в том числе и нефтью, земля Узбекистана известна с древнейших времен. Еще древнегреческий историк и философ Плутарх, описывая поход Александра Македонского в Индию через Среднюю Азию в первом тысячелетии до нашей эры, отмечал, что в ряде мест по течению реки Оксус (Амударья) была обнаружена темная жидкость, выступавшая на поверхность земли подобно маслу. Имеются сведения, что и на землях Кокандского ханства было много нефтяных «ключей». Известны были выходы нефти, например, в урочищах Майлисаея недалеко от Андижана. Источники тех времен сообщают: только в Ферганской долине в 1870-1872 гг. выявлено и учтено более 200 нефтяных «родников». Эти сведения, разумеется, пробуждали интерес промышленников, искавших выгодные возможности получения больших прибылей. Однако начало нефтедобычи на территории Узбекистана восходит к 80-м годам XIX века. Как описывают газеты тех лет, в 1880-1883 гг. в урочище Камышбаши на участке Лякан (Ферганская область) были заложены четыре разведочные скважины. Ствол буровой закреплялся деревянными трубами, составленными из 10 планок и скрепленными 2-3 обручами, на глубину до 2 метров. Ниже ствол не скреплялся, поэтому его стенки часто обрушались. Это значительно затрудняло работы по бурению, тем более что проходка велась ударным способом. По некоторым данным, из этих скважин так и не получили нефти, скважины были заложены без предварительного обоснования и бурились неглубоко. По другим сведениям, первые скважины давали от 5 до 12 т нефти в сутки. Как бы то ни было, но первым предпринимателем, начавшим промышленную разработку нефти в Ферганской долине, стал Д. П. Петров. В 1885 г., купив с торгов несколько нефтеносных участков, он в районе Шорсу близ Коканда пробурил вручную две скважины. Из них способом тартания (с помощью длинного ведра с клапаном внизу) двое рабочих извлекали 400-500 кг нефти в сутки. Добытую нефть Петров перегонял на собственном заводике на керосин, который на арбах и верблюдах отправляли в Ташкент, Андижан, Коканд на хлопкоочистительные заводы, маслобойни и продавали населению для использования в быту. Бурение нефтяных скважин в тот период велось только ручным способом, требовало большого физического труда и много времени. Годовая добыча нефти составляла 100-130 т. Так зарождалась в Узбекистане совершенно новая промышленность – нефтяная, которая с годами росла и развивалась [1].

*Обзор нефтегазовой отрасли.* Нефтегазовая промышленность – ведущая отрасль экономики Узбекистана. В нынешнее время Узбекистан является «чистым» добытчиком нефти. Узбекская нефтяная промышленность занимается производством нефтяных продуктов, а также экспортом и импортом в различные республики и страны. Недра Республики Узбекистана обладают большими запасами углеводородного сырья. Около 60% территории республики являются потенциальными на нефть и газ. Месторождения нефти разведаны в Каракалпакской автономной республике и шести административных областях: Кашкадарьинской, Бухарской, Сурхандарьинской, Наманганской, Андижанской и Ферганской. Основной объем запасов сосредоточен в Кашкадарьинской области, прежде всего, в пределах крупнейшего в стране месторождения Кокдумалак, на которое приходится примерно 70% добычи нефти в стране. В пяти нефтегазоносных регионах Узбекистана открыты 211 месторождений углеводородного сырья. Из них 108 – газовых и газоконденсатных, 103 – нефтегазовых, нефтегазоконденсатных и нефтяных. Более 50% месторождений находятся в разработке, 35% подготовлены к освоению, на остальных продолжаются разведочные работы. Узбекистан в настоящее время занимает 8 место в мире по добыче природного газа. Прогнозные перспективные ресурсы углеводородов на 1 января 2005 г. составляли по газу – более 5 трлн. м<sup>3</sup>, нефти – более 800 млн. т, конденсата – около 360 млн. т. Доказанные запасы нефти в Узбекистане составляют около 530 млн. т, природного газа – более 3 трлн. м<sup>3</sup>. По данным 2009 г., объем производства нефти составил более 9 тыс. тонн в сутки, а на 2008 – более 11 тыс. т в сутки. Надо отметить, что в Узбекистане разработана стратегическая программа геологоразведочных работ на нефть и газ, рассчитанная на период 2005–2020 гг, которая

предусматривает прирост переработки углеводородов за этот период в объеме более 1 миллиарда тонн условного топлива. В том числе планируется за 15 лет обеспечить прирост запасов газа в объеме более 1 триллиона м<sup>3</sup>, нефти – более 69 миллиона т и конденсата – более 65 млн.т. При этом, основная доля прироста запасов газа приходится на Устюртский регион. Здесь они будут увеличены до 579 миллиарда м<sup>3</sup> или около 54%. Пока Узбекистан не имеет хорошо развитую внутреннюю нефтепроводную систему. Есть только один магистральный нефтепровод, пересекающий территорию страны [2].

*Добыча.* Объем годовой добычи углеводородного сырья в Узбекистане составляет около 86 млн. тонн условного топлива. С 1991г. её уровень возрос более чем на 60%. На долю добываемых в стране нефти и газа приходится 96% первичных энергоресурсов, обеспечивающих потребность экономики Узбекистана. В 2011 году в Узбекистане было добыто около 4 млн. т нефтяного сырья, что почти на 8 % ниже уровня 2008 года. В структуре добываемого нефтяного сырья прослеживается тенденция к увеличению доли газового конденсата, составившей в 2011 году более 47%. Добычу нефти в стране осуществляет АК «Узнефтегаздобыча», входящая в состав НХК «Узбекнефтегаз». Основной объем добычи обеспечивается за счет разработки месторождений юго-западного Узбекистана (Кокдумалак, Шуртан, Южная Тандирча и др.). Кроме того, на территории страны насчитывается более 500 небольших объектов нефтедобычи со средним дебитом 1–2 т нефти в сутки. В 2011 году НХК «Узбекнефтегаз» подготовлена к поисковому бурению 21 структура. В глубокое поисково-разведочное бурение введено 10 площадей, завершено строительством 36 поисково-разведочных скважин. Открыты 7 месторождений (Шеркент, Сагиртау, Дарахтли, Ойдин, Рубойи, Каратепа и месторождение вязкой нефти и природных битумов Дасманага). Переданы в опытно-промышленную эксплуатацию 13 поисково-разведочных скважин. Завершен подсчет и пересчет запасов месторождений Кушимча, Чегаракум, Матонат, Феруза, Восточный Хартум, Хартум, Сардоб, Бостон, Марказий Авваль, Лялмикар. Силами иностранных компаний в 2011 году были подготовлены к поисковому бурению 8 структур, в глубокое поисково-разведочное бурение введены 4 площади, закончены строительством 10 скважин. Компанией CNPC Silk Road Group LLC открыто месторождение Шаркий Алат. Разработка приграничного месторождения Кокдумалак (свыше 50% запасов сосредоточено на территории Туркменистана) ведется в соответствии с межправительственным Соглашением между Узбекистаном и Туркменистаном, подписанным в марте 1997 года. Согласно условиям Соглашения, до 2012 года часть добытой нефти должна была безвозмездно поставляться на Сейдинский НПЗ в Туркменистане. В 2004 году НХК «Узбекнефтегаз» и китайская CNPC подписали рамочное Соглашение о развитии сотрудничества в нефтегазовом комплексе Узбекистана. В рамках реализации Соглашения предусматривалось создание совместного предприятия CNPC и НХК «Узбекнефтегаз» по разработке месторождений с трудноизвлекаемыми запасами жидких углеводородов. В мае 2005 года компании создали СП UzCNPC Petroleum по проведению геологоразведочных работ и разработке нефтяных месторождений. В 2008 году компании подписали Соглашение о создании на паритетных началах СП «Мингбулакнефть» с целью доразведки и разработки месторождения Минбулак в Наманганской области Узбекистана. В 2011 году в Узбекистане было произведено более 1 млн. т. бензинов, более 1 млн. т дизельного топлива, около 330 тыс. т керосина, около 260 тыс. т СУГ и 260 тыс. т масел и смазок. 52% потребляемых в стране нефтепродуктов используется в сфере транспорта, 16% – в сельском хозяйстве, 13% – в электроэнергетике, 5% – в промышленности [3].

*Избаскентское нефтяное месторождение.* Расположено в восточной части Ферганской долины на северном борту депрессии. В геологическом строении Избаскентского нефтяного месторождения принимают участие мезо-кайнозойские отложения, сложенные в антиклинальную складку, почти широтного простирания. Складка асимметричная с крутым северным крылом 40° и пологим южным 20°. Южное крыло складки пересечено сбросом с амплитудой около 20 м. В пределах контура нефтеносности длина складки около 10 км и ширина меньше 1 км. Во вскрытом разрезе до меловых отложений установлены залежи нефти в III, V, VII и X горизонтах палеогена. В V, VII и X горизонтах на глубине 2400 м вскрыты залежи нефти с относительно большими запасами. Мощность этих пластов соответственно – 15, 30 и 15 м. Разведочные скважины эксплуатируются фонтанным способом при водонапорном режиме с большим дебитом. В III горизонте, залегающем на глубине 2050 м, контур нефтеносности значительно больше, чем в других горизонтах, но дебиты скважин значительно ниже, мощность пласта 20 м. Нефти всех горизонтов легкие, с удельным весом около 0,850, почти бессернистые (содержание серы около 0,2%), парафинистые 8–7% [4].

*Южный Аламышик.* Нефтяное месторождение, расположенное в восточной части Ферганской долины на южном борту депрессии. В геологическом строении площади месторождения Южный Аламышик принимают участие отложения мезокайнозойского возраста. Залежи нефти связаны с анти-

клинальной складкой северо-восточного простирания. Размеры складки 7x1,5 км. Складка асимметрична северное крыло пологое (10–12°), южное крутое (25–35°). Вдоль оси по южному крылу проходит взброс с амплитудой 30 м. Палеогеновые отложения, слагающие складку, размыты до верхов мела в осевой части антиклинали и прикрыты мощным плащом неогеновых отложений (бактрийский ярус). Залежи нефти, сохранившиеся на северном крыле складки в III, V, VI и VII горизонтах морского палеогена, запечатаны бактрийскими отложениями, залежь нефти в XX горизонте нижнего мела занимает небольшое поле в купольной части складки. Пласты в палеогеновых отложениях (III, V, VI и VII) разрабатывались при режиме растворенного газа. XX пласт вскрыт несколькими скважинами, которые эксплуатируются при водонапорном режиме. Нефть месторождения Южный Аламышик палеогеновых отложений бессернистая (0,15–0,20%), парафинистая (10–11%). Нефть меловых отложений значительно легче палеогеновой [4].

*Андижанское месторождение.* Расположено в восточной части Ферганской долины республики Узбекистан. Приурочено к крупной антиклинальной складке Северо-Восточного – Юго-Западного простирания, принадлежащей к восточной группе складок Ферганской депрессии. Складка в длину около 30 км, в ширину – до 3,5 км. На ее своде обнажаются слои массагетского яруса, а крылья сложены породами бактрийского яруса неогена. Складка асимметрична: на пологом северо-западном крыле углы падения 10–15°, на крутом юго-восточном до 50° и более. В присводовой части юго-восточного крыла проходит продольный разрыв – надвиг с амплитудой смещения 500–600 м. Свод и северо-западное крыло складки надвинуты на юго-восточное крыло. Прослеживается ряд поперечных сбросов, с амплитудой 100–200 м, расчленяющих складку на 4 блока. В геологическом строении Андижанского нефтяного месторождения участвуют отложения неогена и палеогена. Промышленно-нефтеносными являлись (по местной номенклатуре) I (бактрийский ярус), III (сумсарский ярус), IV (риштанский ярус), V и VI (туркестанский ярус) и VII (алайский ярус), однако серьезное промышленное значение имели III, V и особенно VII горизонты. К Северо-Востоку от Андижанской складки располагается Шариханская структура, представляющая продолжение Андижанской структуры, выступающее из-под плоскости надвига, кососекущего переклиналиное погружение основной складки. С Шариханской структурой также связана промышленная нефтеносность. Андижанское нефтяное месторождение вступило в разработку и эксплуатацию в 1937 году и в 1944–1945 годах являлось наиболее крупным в Ферганской долине [4].

*Палванташ.* Газо-нефтяное месторождение, расположенное в восточной части Ферганской долины, вблизи посёлка Палванташ, Мархаматского района на берегу Южного Ферганского канала. В геологическом строении принимают участие меловые, третичные и четвертичные отложения, образующие брахиантиклинальную складку, длиной 15 км, шириной 6 км. На своде складки обнажаются отложения нижней части тогапской свиты бактрийского яруса неогена. На северо-западном пологом крыле слои бактрийского яруса имеют углы падения 5–6°, а на крутом юго-восточном крыле достигают 15–20°. В отложениях палеогена углы падения возрастают соответственно до 20–25° и 50–60°. По крутому юго-восточному крылу складки проходит продольное нарушение – крутопадающий надвиг или взброс, по которому свод и пологое северо-западное крыло надвинуты на крутое юго-восточное. По отложениям палеогена свод складки значительно сужается по сравнению со сводом в слоях бактрийского яруса. Промышленная нефтегазоносность связана с отложениями палеогена и верхнего мела. В палеогене выделяются III, IV, V, VI, VII и VIII нефтяные пласты. Основными являются V и VII высокопродуктивные горизонты залегающие на глубинах 650–800 м. Начальные дебиты скважин VII горизонта достигали 70–80 тонн нефти в сутки. Для нефтяных пластов, находящихся в эксплуатации характерно наличие газовых шапок. В верхнемеловых отложениях открыты залежи газа (XIII и XIV горизонты). Месторождение Палванташ вступило в разработку и эксплуатацию в 1943 году. В 1945–1950 годах по добыче нефти оно являлось ведущим в Ферганской долине, давая более 1000 т/сутки [4].

*Импорт нефти.* Узбекистан не производит достаточно нефти для удовлетворения внутренних потребностей, несмотря на существование нескольких коммерческих месторождений и двух нефтеперерабатывающих заводов, которые не могут эффективно управлять переменным качеством нефти или нефти с высоким содержанием серы. Существует постоянная необходимость в смазочных материалах [5].

С 2003 года Узбекистан импортирует нефть с месторождения Кумколь в Южном Казахстане для переработки на Ферганском НПЗ. В 2011 году с месторождения Кумколь компанией «Тургай Петролеум» в адрес Ферганского НПЗ было поставлено 0,4 млн. т нефти (в 2010 году – 0,5 млн. т). Поставки осуществляются железнодорожным транспортом. Прогнозируется, что в связи с сокращением соб-

ственной добычи, а также с перенаправлением нефти месторождения Кумколь на Павлодарский НПЗ, Узбекистан будет наращивать импорт нефти, в первую очередь, из Туркменистана и России [3].

*Переработка нефти.* Нефтегазовая отрасль Узбекистана обладает собственной перерабатывающей базой. Переработка нефтяного сырья ведется на трех крупных НПЗ суммарной мощностью по первичной переработке более 11 млн. т в год, в т.ч.:

- Ферганский НПЗ – топливно-масляного профиля мощностью более 5 млн. т в год;
- Алты-Арыкский НПЗ – топливно-масляного профиля – более 3 млн. т в год;
- Бухарский НПЗ – топливного профиля – более 2 млн. т в год.

Добычаемый газ перерабатывают на двух заводах: Мубарекский ГПЗ, Шуртанский ГПЗ.

### Список литературы.

- 1) Интернет-ресурс: «Жахон»–история нефтедобычи Узбекистана в фактах и цифрах. (2002). ЦентрАзия. <http://www.centrasia.ru/newsA.php?st=1022791920> (Дата обращения: 15.10.2014).
- 2) Интернет-ресурс: Основные показатели. (2014). Uzbekneftegaz. <http://www.ung.uz/ru/business/indicators> (Дата обращения: 20.10.2014).
- 3) Интернет-ресурс: Нефтяная промышленность Узбекистана. ЦДУ ТЭК. <http://www.cdu.ru/articles/detail.php?ID=309596> (Дата обращения: 20.10.2014).
- 4) Интернет-ресурс: Нефтяники месторождения. <http://www.neftyaniki.ru/oilfields/asia/uzbekistan/29> (Дата обращения: 01.11.2014).
- 5) Интернет-ресурс: Нефть Узбекистана. (2011). Природные богатства. <http://www.oilngases.ru/geologiya/neft-uzbekistana.html> (Дата обращения: 15.11.2014).

## ПЕРСПЕКТИВЫ И ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СЛАНЦЕВОЙ НЕФТИ И ГАЗА

*Алиев Ф.А.*

*Научный руководитель – к.х.н. Фахретдинов П.С.*

Чтобы хорошо освоить сланцевую нефть нам необходимо вспомнить теорию органического происхождения нефти: процесс преобразования органики за счет воздействия ряд физико-химических реакций: гниения, окисления, давление и температурного воздействия которые происходит миллионы лет. В результате этого процесса органические вещества преобразуются в «кероген». При определении физических свойств, таких как проницаемость, вязкость и другие, керогенные вещества могут мигрировать, как правило, карбонаты, что мы называем дренируемое часть резервуара. Это дренируемое часть не большая. Иначе говоря, это – обычные месторождения. А есть еще и не дренируемая часть, то есть там внутри есть нефть, которая вышла из этой органики и попадает в обычные месторождения, но поскольку температура упала в течении миллиона лет, эти трещины и поры слились. Там есть нефть, но изъять ее обычными способами невозможно. Необходимо создавать либо искусственные трещины, либо нагреть.

*Перспективы сланцевых углеводородов.* Впервые США удалось начать промышленную разработку сланцевых УВ. Все началось с принятием федерального закона с целью безопасности энергетических ресурсов в 1980 г. [1]. Для компаний, разрабатывающих сланцевые углеводороды, был введен в действие налоговый кредит. Первые результаты уже были видны на примере самого известного месторождения сланцевого газа, месторождения Barnett. В 1986 г. там впервые была использована технология ГРП (Гидро Разрыв Пласта), а в 1992 году пробурена первая горизонтальная скважина. Огромный рост добычи сланцевого газа, на который в 2012 г. пришлось 39% добычи природного газа в США, привёл к снижению внутренних цен на газ до 2\$/1000 куб. футов (или около 70\$/1000 м<sup>3</sup>) [2]. Доктор К. Брендон утверждает, что после падение добычи с 1980-ых годов перспективы сланцевых нефтей все выше и за очень маленький период, после 2020 г., когда нехватка традиционных ресурсов нефти почувствуется, добыча сланцевой нефти и газа приобретет революционный характер [3].

Если обратиться в статистику, то действительно можно оценить рост запасов сланцевых углеводородов. Технический извлекаемые и при этом доказанные запасы сланцевой нефти в 2011 г. было 32 млрд баррелей, а в 2013 г. оценивались 345 млрд баррелей. С другой стороны запасы сланцевого газа в 2011 г. составлял 6,622 триллион куб. футов, а в 2013 г. увеличилось на 10%, что составлял 7,299 триллион куб. футов [4]. Объем запасов нетрадиционных ресурсов в мире превосходит традиционные запасы. В США 59% американского газа добывается из нетрадиционных источников, из них 23% приходится на сланцевый газ, а к 2035 г. 45% природного газа будет добывать из сланцев [5].

Как показывает МЭА (Международное энергетическое агентство) США впервые с 1949 года стали чистым экспортером нефтепродуктов. По добыче газа США обошли Россию еще в 2009 г., став главным мировым производителем. С 2005 г. добыча газа в США выросла на 18% и это благодаря сланцевому газу. На США и Россию приходится 37,7% мировой добычи газа [6]. Этот феномен послужил западу говорить о так называемой «Сланцевой революции газа» и вызвал большой интерес у других стран. В особенности те государства, которые сильно зависимы от импорта природного газа, такие как США, Китай, Украина, ЕС и другие. Но именно эти страны обладают значительными запасами сланцевого газа, что кардинально изменяет мировой рынок природного газа. Чтобы осуществить эти кардинальные изменения в мировом рынке, необходим целый ряд факторов: технологии, доступность инвестиции, спрос на энергоресурсы, цена на рынке нефти, инфраструктура и т.д.

*Технология.* Очевидно, что промышленная добыча сланцевого газа возможна лишь благодаря технологиям. В отличие от традиционного, сланцевый газ добывается следующим образом; сначала осуществляется бурение вертикальных скважин до глубины, существенно превышающей глубину добычи традиционного газа. Затем производится бурение горизонтальных скважин длиной 2-3 км. Горизонтальное бурение осуществляется за счёт инновационной технологии сейсмического моделирования 3D GEO, предполагающей проведение геологических исследований вместе с компьютерной обработкой данных. При бурении горизонтальной скважины необходимо строго соблюдать технологию, например, выбор правильного угла бурения, который должен соответствовать углу наклона сланцевого пласта. Кроме того, скважина должна пролегать непосредственно в толще сланцевого пласта на достаточном расстоянии от его границ. В ходе горизонтального бурения в шахту под большим давлением закачиваются вода (или специальный гель, состоящий из воды и растительного полимера из бобовых), песок и химические реагенты [7]. Вся эта масса разрушает перегородки газовых коллекторов, цементирует образовавшиеся в стенках шахты трещины и способствует выходу газа на поверхность. Постепенно такой метод добычи перешел в нефтяную индустрию из газовой и заключается в бурении наклонно направленных скважин и применении мультисадиийного гидроразрыва пласта (ГРП). Суть технологии ГРП заключается в увеличении открытой проточной части продуктивного пласта и соединении этой области со скважиной, путем создания путей с высокой проницаемостью.

*Проблемы добычи сланцевых углеводородов.* Первая проблема сланцевых УВ – это себестоимость нефти, что является намного раз дороже чем добыча традиционной нефти. Другая проблема в высоких темпах падения дебитов пробуренных скважин. С одной стороны метод гидроразрыва пласта или «Фрекинг» связан с большим риском, который может оказать губительное воздействие на состояние окружающей среды и здоровье людей. Метод гидроразрыва заключается в бурении скважины длиной до 4000 м под землей в сланцевой породе. Затем в нее под большим давлением закачивают смеси воды, песка и химикатов. Под их воздействием образуются трещины и высвобождаются природный газ [8]. Сегодня представители добывающей промышленности хотят вести добычу сланцевого газа таким способом в Европе и на Украине. Почему это опасно? Во-первых, для гидроразрыва потребуется огромное количество воды, для каждой скважины 19.000.000 литров воды. Такое количество воды хватило бы для обеспечения нужд тысячи жителей страны в течение одного года. Во-вторых, в процессе каждого гидроразрыва под землю закачивается от 80-300 т токсичных химикатов, включая летучие органические соединения и нефтепродукты. Если сюда добавить радиоактивные элементы и тяжелые металлы, которые высвобождаясь из земли, попадает на поверхность, то токсичные отходы могут стать серьезной угрозой для здоровья людей, а особенно для местных жителей [9]. Потому что часть этих отходов испаряется, преобразуясь во взвешенные в воздухе канцерогены, другая часть хранится в отстойниках или утилизируются. Но большинство сооружений по очистке отработанной воды с химикатами не имеют нужного оборудования для работы с токсичными смесями. Таким образом, тяжелые металлы и большая часть токсичных отходов просто остаются под землей. Просачивание, разливы, неисправности оборудования и человеческий фактор увеличивает риск того, что в процессе гидроразрыва будут заражены запасы чистой питьевой воды, что является самым важным и ценным ресурсом для жизни человечество [10].

*Выводы.* «Сланцевая революция» на рынке газа США оказала серьезное влияние на основные регионы мира. Основной эффект от «сланцевой революции» на энергетические рынки (падение импорта газа в США, снижение цен на газ в США и на уголь по всему миру) уже достигнут. Сланцевый газ является сильно рассеянным полезным ископаемым. Его добыча, как уже отмечалось, отличается наиболее мощным воздействием на окружающую среду, а затраты на освоение месторождений заметно превышают уровень инвестиций в традиционные газовые ресурсы. Тем не менее, отвергать перспективы добычи газа из сланцев в средне- и долгосрочной перспективе нет оснований. Широкое

распространение газовых месторождений с огромными потенциальными запасами в этом типе осадочных пород – установленный наукой и практикой факт. Трудно извлекаемые ресурсы – это дополнение, но не альтернатива богатым залежам природного газа.

### Список литературы.

- 1) Назаров А. Сланцевый газ: Революция в Северной Америке, ограниченное влияние на остальной мир //Нефтяное Хозяйство 2013. Т.59 (22–23). С.5075–5083. DOI:10.1016.
- 2) Shellenberger M., Nordhaus T., Trembath A., Jenkins J. Where the shale gas revolution came from. //Breakthrough Institute. 2012. May.
- 3) Интернет-ресурс: Golden age of gas (2012). In International Energy Agency. <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/#d.en.26099> (Дата обращения: 25.10.2014).
- 4) Интернет-ресурс: Energy Information Administration. (2013). Today in energy. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=13491&src=Natural-b2>. (Дата обращения: 25.10.2014).
- 5) Интернет-ресурс: International Energy Agency. (2012). Gas Production Prospects, World Energy Outlook. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/world-energy-outlook-2012.html> (Дата обращения: 30.10.2014).
- 6) Интернет-ресурс: International Energy Agency. (2010). Oil Shales, World Energy Outlook. <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weo2010.pdf> (Дата обращения: 01.11.2014).
- 7) Интернет-ресурс: Meyer R. (2012). Heavy oil and natural bitumen resources in geological basins of the world, U.S. Geological Survey Open-File Report. <http://pubs.usgs.gov/of/2007/1084/> (Дата обращения: 01.11.2014).
- 8) Интернет-ресурс: Способы добычи сланцевой нефти. (2014). In Forex., [http://forexaw.com/TERMs/Raw\\_materials/Energy/11272\\_Сланцевая\\_нефть\\_Shale\\_oil\\_это](http://forexaw.com/TERMs/Raw_materials/Energy/11272_Сланцевая_нефть_Shale_oil_это) (Дата обращения: 15.10.2014).
- 9) Соловьянов А. Экологические последствия разработки месторождений сланцевого газа //Зеленая книга 2014. С.1–60.
- 10) Brendow K. Global Oil Shale Issues and Perspectives. *Oil Shale*. 2003. V.20 (1). 0208–189X.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПОИСКА УГЛЕВОДОРОДОВ В РИФОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

**Бокова Н.В.**

*Научный руководитель – к.г.-м.н., старший преподаватель Нугманова Е.В.*

Полевые сейсморазведочные работы по технологии микросейсмических исследований [1] (МСИ) включали комплекс работ, состоящий из топографо-геодезических, опытных и собственно полевых наблюдений МСИ. На площади X объем выполненных работ составил 119 физических точек наблюдений. Регистрация микросейсмических сигналов выполнялась с использованием широкополосных сейсмоприемников с записью трех компонент микросейсмического поля. Запись сейсмических колебаний проводилась в диапазоне от 0.1 до 20 Гц, в течение 20 часов.

Методика обработки экспериментальных данных в методе МСИ включала 4 этапа [1]: а) оценку качества экспериментального материала; б) получение чистого сигнала; в) построение спектров мощности, спектров дисперсии; г) расчёт атрибутов микросейсмического волнового поля (МСВП).

Для оценки качества спектра используется спектрограмма сигнала, отражающая наличие полезного шума и шума-помех и тем самым показывает необходимость применения математических методов с целью выделения чистого (полезного) сигнала.

В основу моделирования была положена модель возбуждающего воздействия в качестве аддитивного дискретного гауссового белого шума, действующего непрерывно по времени, причем источник данного воздействия формирует плоскую волну на нижней поверхности самого глубокого слоя.

Для проведения численного моделирования и расчета прогнозных частот была использована скоростная характеристика разреза по скважине смежной площади, расположенной в 4 км от площади исследования, в которой проведены работы ВСП.

Численная модель включала в себя три нефтегазоносных комплекса: 1) НГК-I – это верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс, включающий карбонатные отложения франского, фаменско-

го и турнейского ярусов. 2) НГК-II – ниже-средневизейский терригенный комплекс. Данный комплекс объединяет терригенные породы визейского яруса: радаевские, бобриковские и тульские. 3) НГК-III – это верейский терригенно-карбонатный комплекс, образованный пластами В3, В4. Выбор глубины заложения НГК основывался на результатах опробования скважин 1, 2 и 3. Можно наблюдать высокую сходимость реального спектра и численной модели.

Следует отметить, что особенностью Жуковской площади является то, что в близрасположенных друг к другу скважинах наблюдается перекрытие НГК-I и НГК-II. Так в скважинах 2 и 3 на глубинах 1504-1536 и 1532-1552 м опробованы терригенные отложения визея, а в скважине 1 в интервале глубин 1521-1562 м были опробованы карбонаты турнея. Отсюда следует невозможность разделения этих двух комплексов на исследуемой площади.

Расчет прогнозных частот показал, что первая мода для всех НГК находится ниже 1 Гц, что затрудняет ее выделение. Вторая мода для НГК-I+II соответствует частоте 2,2 – 2,6 Гц, для НГК-III 3-3,2 Гц. Третья мода для НГК-I+II соответствует частоте 3,7-4,3 Гц, НГК-III 5,1-5,5 Гц. Четвертая мода НГК-I+II соответствует частоте 5,3-6,2 Гц, для НГК-III 7,2-7,4 Гц. В диапазоне частот 5-6 Гц наблюдается перекрытие 3 и 4 мод от НГК-I+II и НГК-III.

Следующим этапом интерпретации являлся анализ спектров в районе пробуренных скважин. Можно отметить высокую сходимость спектров между собой и с результатами моделирования. Так на спектре со скважины 2 мы наблюдаем максимальное увеличение амплитуды на частоте 3 Гц, соответствующей НГК- III по сравнению со спектрами с других скважин, где согласно результатам опробования верейские отложения водоносны. На спектрах всех скважин наблюдается аномалия на 2,5 Гц, соответствующая НГК- I+II.

Далее был проведен анализ всех трех компонент на каждом пикете наблюдения. Для Жуковской площади характерен корреляционный характер поведения всех трех компонент регистрируемого сигнала, что свидетельствует об отсутствии зон разуплотнения в верхней части разреза.

Построение карт энергии и дисперсии осуществлялось в узких целевых интервалах частот. Для построения карты энергии НГК-I+II использовался частотный диапазон 2–2,5 Гц, соответствующий второй моде. На карте энергии можно наблюдать обширные аномалии повышенных значений на северном куполе Северо-Судановской структуры и локальные аномалии в южной части южного купола. Аномалия в районе точек МСИ 46-39 совпадает с рекомендуемой к бурению скважиной ранее выполненными исследованиями. Карта дисперсии хорошо коррелирует с картой энергии, что свидетельствует об устойчивости аномалий энергии.

Для НГК-III была построена карта в частотном диапазоне 2,7-3,2 Гц. За нефтеперспективный уровень амплитуды энергии брался уровень со скважины 2, в которой опробование выявило нефтенасыщенные карбонаты верея в интервале глубин 1093,6-1105,2 м. В скважинах 1 и 3 отложения верея водоносны. Карта энергии по НГК-III отражает локальное проявление повышенных значений энергии в окрестности скважины 2. На куполах Северо-Судановской структуры аномалии соответствующие верейским отложениям отсутствуют.

На разрезах энергии МСВП хорошо проявляется тонкослоистая структура спектров, отражающая аномальные области повышенной энергии соответствующие разным модам и частотным диапазонам. Дополнительным критерием в оценке нефтеперспективности изучаемой площади выступал параметр когерентности, который является мерой схожести спектра дисперсии на скважине-эталоне с остальными спектрами на площади. В качестве спектра-эталона был выбран спектр скважины 608, поскольку в этой скважине присутствуют все три НГК. Карта когерентности отражает степень схожести спектров в точках наблюдения со спектром на скважине 608. Высокими значениями когерентности характеризуются пикеты наблюдения 62, 63, 73, 76, 86 на северном куполе Северо-Судановской структуры. И пикеты наблюдения 44, 46, 79, 80 в центральной и южной частях второго купола Северо-Судановской структуры.

По результатам комплексного анализа карт энергий, дисперсий и когерентности были выделены прогнозные контура нефтеперспективности:

– Контур 1 приурочен к северному куполу Северо-Судановской структуры. Контур нефтеперспективности несколько шире самого купола и выходит за границы юго-западной периклинали структуры. Площадь нефтеперспективного объекта 1 составляет 0,87 км<sup>2</sup>. Контур выделен по высоким значениям энергии в частотном диапазоне 2-2,5 Гц и высоким значениям когерентности и отражает перспективы всех трех НГК.

– Второй нефтеперспективный контур захватывает центральную и южную части южного купола Северо-Судановской структуры. Площадь нефтеперспективного объекта 2 составляет 0,9 км<sup>2</sup>. Контур

выделен по высоким значениям энергии в частотном диапазоне 2-2,5 Гц и высоким значениям когерентности и отражает перспективы всех трех НГК.

– Третий возможно нефтеперспективный контур приурочен к северной периклинали южного купола Северо-Судановской структуры. Он выделен исключительно по высоким значениям когерентности, поэтому отнесен к категории возможно перспективных. Площадь возможно нефтеперспективного объекта 3 составляет 0,23 км<sup>2</sup>.

В качестве местоположения скважин для последующего бурения по данным МСИ рекомендуем пикет 74 на северном куполе Северо-Судановской структуры и пикет 46 на южном куполе Северо-Судановской структуры.

### Список литературы.

1) Ириняков Е.Н., Михайлов С.А., Хабибуллин И.Р. Способ поиска углеводородов // Патент на изобретение RUS 2179326 20.04.2010.

## МАГНЕТИТОВЫЕ ЧАСТИЦЫ В ОСАДОЧНЫХ ПОРОДАХ ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА (НА ПРИМЕРЕ РАЗРЕЗА УСОЛКА)

*Глухов М.С.*

*Научный руководитель – профессор Сунгатуллин Р.Х.*

В связи с широким внедрением микронзондового анализа у отечественных исследователей сильно возрос интерес к редким для осадочных пород металлическим микрочастицам размером до 1 мкм. Генезис подобных частиц вызывает споры в научном сообществе. Среди основных гипотез рассматривают природные земные (эндогенная активность [1, 2], гидротермальные и флюидные эманации в осадочных толщах [3]), космические (метеоритная бомбардировка и импактные процессы) и техногенные процессы.

Статья посвящена морфологическому описанию и анализу химического состава магнетитовых микросфер и каплевидных образований, извлеченных из каменноугольных отложений разреза Усолка, расположенного в южной части Предуральского прогиба. Разрез относится к флишевым образованиям и сложен серией отложений (от среднего карбона до нижней перми) карбонатно-глинисто-кремнистого состава с прослоями вулканических туфов. Он характеризуется непрерывностью седиментации, хорошей обнаженностью, обилием конодонтовой фауны [4, 5]. Мощность изученного нами разреза составила 12 метров; исследовано 70 проб, в 20-ти пробах обнаружены микросферы в количестве от 1-2 до 20 и более штук.

Главными химическими элементами микросфер являются железо и кислород (таблица 1). Отсюда, минеральный состав микрочастиц очень примитивен и включает агрегат магнетита (преобладает) и вюститита; возможно, присутствует и небольшая доля самородного железа. Сопоставление содержаний кислорода и железа в магнетитовых микрочастицах разреза Усолка и из палеозойских пород Прикаспийской впадины выявило общие направления их трендов, что свидетельствует о едином генезисе данных образований: произошедших при импактных событиях, и при абляции метеоритов [6].

В микросферах разреза Усолка равномерно распределено незначительное количество марганца; в единичных образцах содержатся хром и никель. В микросферах отсутствует титан, что подтверждает их внеземную природу, в незначительном количестве присутствуют петрогенные элементы (Si, Al, Ca, K), указывающее на их формирование в результате абляции каменных метеоритов [7, 8, 9]. На химических диаграммах микросферы Усолки занимают область внеземных образований и, в частности, поле углистых хондритов. В единичных случаях образцы имеют оплавленную поверхность с бороздами-трещинами, которые выполнены железистым никелем Ni<sub>3</sub>Fe – аваруитом, что также свидетельствует о космогенности микрочастиц.

Сравнение химического состава микросфер и каплевидных образований говорит об их общем происхождении. Морфологические отличия микросфер и капель, возможно, являются свидетельством разной скорости остывания расплавленного вещества и разного времени нахождения частиц в воздушной или водной среде.

Из микросфер изготовлены полированные шлифы для изучения их внутреннего строения. Наряду с цельными магнетитовыми шариками с доменной структурой, встречаются полые микросферы с магнетитовой коркой толщиной до ½ радиуса [10].



Проведенное нами исследование по распределению магнетитовых микросфер в разрезе Усолка может указывать на наличие в данном районе локальной космической бомбардировки метеоритами на границе московского и касимовского веков. Подобные явления известны в геологической истории и, наряду с земными процессами, могут отражаться на изотопном составе углерода [11, 12, 13].

Таблица 1. – Состав микросфер в касимовских отложениях разреза Усолка.

Образец	Диаметр, мкм	Элементы, весовые %									
		Fe	O	Mn	Cr	Al	Si	Ca	Na	Cl	Прочие
12,5	200	76,31	22,64	0,28	-	0,14	0,40	0,08	-	-	Zn-0,02; Mg-0,11
9,8	100	75,81	22,77	-	0,08	0,19	0,41	0,09	0,27	0,08	P-0,09; S-0,07; K-0,14
8,5-1	190	76,17	22,65	0,34	0,14	0,28	0,34	0,08	-	-	-
8,5-2	120	76,95	22,39	0,13	-	-	0,19	0,04	0,18	0,05	Ni-0,07
8,5-4	95	74,36	23,23	0,68	-	0,57	1,01	0,12	-	-	V-0,03
8,35-1	150	76,66	22,52	-	-	0,10	0,24	-	0,19	0,03	S-0,04; Zr-0,22
8,35-2	120	74,42	23,05	0,64	0,04	0,33	0,90	0,09	0,17	0,09	Cu-0,14; Mg-0,11
8,35-3	190	76,26	22,55	0,35	0,08	0,19	0,27	0,07	0,16	0,07	-
8,35-4	150	75,98	22,63	-	-	0,13	0,26	0,16	0,30	0,18	P-0,19; K-0,18
8,35-6	135	76,10	22,75	-	-	0,20	0,55	0,03	-	-	Zn-0,25; Mg-0,11
8,35-7	125	76,99	22,51	-	-	0,17	0,19	-	-	-	Mg-0,13
8,35-9	135	76,00	22,68	-	-	0,11	0,30	0,21	0,15	0,09	P-0,10; S-0,04; Sc-0,07; K-0,13; Mg-0,13

Примечание: прочерк – не обнаружено

Проанализировав данные, мы обратили внимание на большое количество находок микросфер в местах отрицательных изотопных аномалий углерода. Всего в Предуральском прогибе выделено 3 аномалии, которые характеризуются периодичностью около 18 млн. лет [Гончаров, 2003, т. 80, № 11, с. 1002-1012]. По астрономическим данным подобная периодичность характерна для пересечения Солнцем плоскости Галактики, выпадений наиболее крупных космических тел. Вместе с вышеуказанными химическими и минералогическими параметрами микросферы разреза Усолка, с большой вероятностью можно отнести к объектам космического происхождения.

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что изученные магнетитовые микросферы образовались либо в космических объектах, либо в земной атмосфере при полете и разбрызгивании метеоритного тела или при импактном событии. Локальная космическая бомбардировка метеоритами на границе московского и касимовского веков, возможно, повлияла на климат и состав стабильных изотопов. Периодические космические бомбардировки Земли связаны с движением Солнечной системы в Галактике. Поэтому нахождение магнетитовых частиц в осадочных толщах, независимо от их генезиса, может выступить новым инструментом для повышения детальности расчленения и точности сопоставления разрезов, привести к пересмотру моделей биотических кризисов, помочь при поисках стратифицируемых полезных ископаемых.

#### Список литературы.

- 1) Астахова Н.В., Колесник О.Н., Съедин В.Т. Рудная минерализация в вулканических породах подводных возвышенностей Японского моря // Геохимия. 2014. №2. С.158–177.

- 2) Голева Р.В., Луговская И.Г., Мельников М.Е. О генезисе «космических шариков» в железомарганцевых рудах Мирового океана // Отечественная геология. 2014. №1. С.55–61.
- 3) Енгальчев С.Ю. Признаки проявления эндогенных процессов в верхнедевонских отложениях на северо-западе Московской синеклизы и их минерагеническое значение // Вестник Воронежского государственного университета. Серия Геология. 2013. №1. С.75–88.
- 4) Глухов М.С., Сунгатуллин Р.Х. Магнетитовые микросферы из каменноугольных пород разреза усолка Материалы IV Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, 16–20 февраля 2015 г., Санкт-Петербург, ФГУП «ВСЕГЕИ». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ. 2015. С.227–230.
- 5) Sungatullina G.M., Sungatullin R.Kh., Davydov V.I., Shilovsky O.P., Zakirov M.I., Gareev B.I., Batalin G.A., Statsenko E.O. Results of the research of the Kasimovian rocks of the Usolka section, South Ural // Proceeding of Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting «Carboniferous and Permian Earth systems, stratigraphic events, biotic evolution, sedimentary basins and resources» (October, 20–23 2014). Kazan. 2014. P.91–92.
- 6) Сунгатуллин Р.Х., Сунгатуллина Г.М., Глухов М.С., Осин Ю.Н., Воробьев В.В. Возможности использования космических микросфер при корреляции нефтегазоносных отложений // Нефтяное хозяйство. 2015. С.16–19.
- 7) Адушкин В.В., Попель С.И. Мелкодисперсные частицы в природных и техногенных геосистемах // Физика Земли. 2012. №3. С.81–92.
- 8) Грачев А.Ф., Корчагин О.А., Цельмович В.А., Коллманн Х.А. Космическая пыль и микрометеориты в переходном слое глин на границе мела и палеогена в разрезе Гамс (Восточные Альпы): морфология и состав // Физика Земли. 2008. №7. С.42–57.
- 9) Finkelman R.B. Magnetic particles extracted from manganese nodules: suggested origin from stony and iron meteorites // Science. 1970. V.167. P.982–984.
- 10) Глухов М.С., Генезис магнетитовых микрочастиц Прикаспийской впадины. Итоговая научно-образовательная конференция студентов Казанского федерального университета 2014 года: сборник статей: [в 6 т.] / Мин-во образования и науки; Казанский (Приволжский) федеральный ун-т.–Казань: Изд. Казан. ун-т. 2014. Т.1. С.133–136.
- 11) Бараш М.С. Причины и первопричины массовых вымираний биоты в фанерозое // ДАН. 2012. Т.445. №4. С.424–427.
- 12) Gallia M.T., Jadoul F., Bernasconi S.M., Weissert H. Anomalies in global carbon cycling and extinction at the Triassic/Jurassic boundary: evidence from a marine C-isotope record // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2005. V.216. P.203–214.
- 13) Nelson S.T., Ritter S.M. A large carbon isotope anomaly at the Carboniferous–Permian boundary: the Usolka River section of Russia // Permian. 1999. V.33. P.19–21.
- 14) Гончаров Г.Н., Орлов В.В. Глобальные повторяющиеся события в истории Земли и движение Солнца в Галактике // Астрономический журнал. 2003. Т.80. №11. С.1002–1012.

## **СМОЛИСТО-АСФАЛЬТЕНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА НЕФТИ**

***Жаксылыков Е.А.***

*Научный руководитель – к.х.н. Фахретдинов П.С.*

Асфальто-смолистая часть нефтей представляет собой вещество темного цвета, которое частично растворяется в бензине. Растворившаяся часть – асфальтены. Они обладают способностью набухать в растворителях, а затем переходить в раствор. Растворимость асфальтенов в смолисто-углеродных системах возрастает с уменьшением концентрации легких УВ и увеличением концентрации ароматических углеводородов. Смола не растворяется в бензине и является полярным веществом с относительной молекулярной массой 500-1200. В них содержатся основное количество кислородных, сернистых и азотистых соединений нефти. Асфальто-смолистые вещества и другие полярные компоненты являются поверхностно-активными соединениями нефти и природными стабилизаторами водонефтяных эмульсий [1].

*Смоло-асфальтеновые вещества.* Смолисто-асфальтовые вещества – сложная смесь наиболее высокомолекулярных компонентов нефти, содержание которых достигает 10-50% масс. В высококонцентрированном виде смолисто-асфальтовые вещества находятся в природе в виде природных битумов. Смолисто-асфальтовые вещества представляют собой гетероорганические соединения гибрид-

ной структуры, включающие в состав молекул азот, серу, кислород и некоторые металлы (Fe, Mg, V, Ni и др.). На долю углеводородной части смолисто-асфальтовых веществ приходится 80-95% всей молекулы.

*Смолы.* Смолы представляют собой очень вязкие малоподвижные жидкости, а иногда и твёрдые аморфные вещества от тёмно-коричневого до бурого цвета. Плотность их близка к 1,1 г/мл, молекулярная масса от 600 до 1000.

Состав и свойства нефтяных смол зависят от химической природы нефти. Несмотря на различную природу нефтей различных месторождений, содержание углерода и водорода в смолах колеблется в сравнительно узких пределах (в % масс.) С – от 79 до 87, Н – от 9-11. В смолах нефтей различных месторождений неодинаковое количество гетероатомов. Так, содержание кислорода колеблется от 1 до 7% масс., серы от десятых долей процента до 7-10%. В некоторых смолах содержится азот (до 2%).

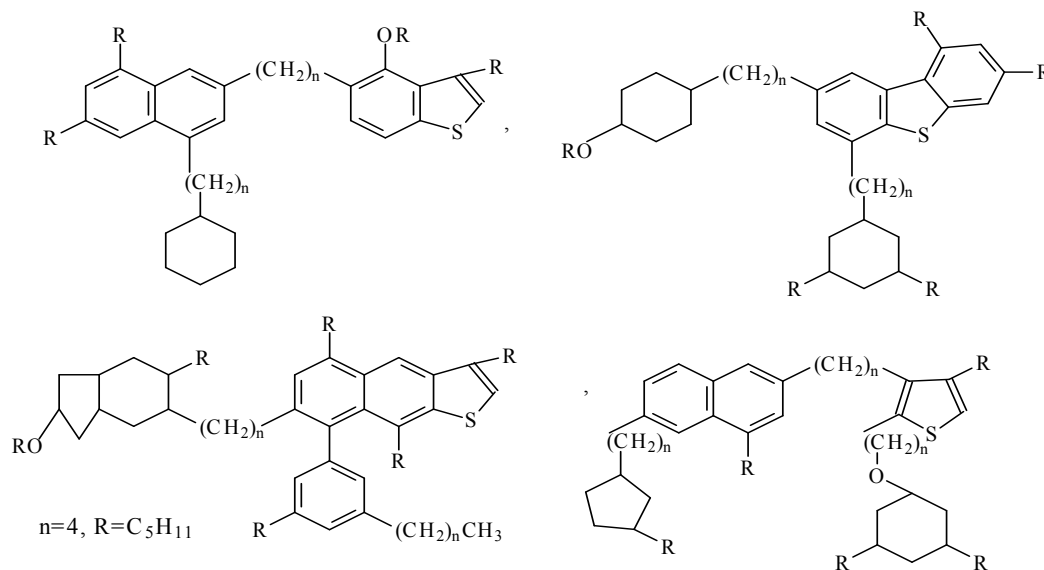


Рисунок 1. – Строение молекул смол по Сергиенко С.Р.

Смолы составляют от 70 до 90% всех гетероорганических соединений нефти. Они богаче водородом, чем асфальтены, на 1-2%. Большую часть смол составляют нейтральные вещества. Кислотные продукты представлены главным образом асфальтеновыми кислотами.

Основными структурными элементами молекулы нефтяных смол являются конденсированные циклические системы, в состав которых входят ароматические, циклоалкановые и гетероциклические кольца, соединённые между собой короткими алифатическими мостиками и имеющие по несколько алифатических, реже циклических заместителей в цикле. По Сергиенко С.Р. [2], строение молекул смол можно представить одной из следующих формул (рисунок 1). Смолы легко сульфидуются, переходя в раствор серной кислоты. На этом основан сернокислотный способ очистки топлив и масел. Смолистые вещества образуют комплексы с хлоридами металлов, фосфорной кислотой.

*Асфальтены.* Асфальтены представляют собой твёрдые аморфные вещества, плотность их выше 1,14, молекулярная масса от 2000 до 4000. Асфальтены, выделенные из сырых нефтей, хорошо растворяются в сероуглероде, хлороформе, бензоле, циклогексане и других органических растворителях, но не растворяются в низших алкановых углеводородах. Асфальтены отличаются от смол из того же источника повышенным содержанием углерода и металлов и пониженной долей водорода, более значительными размерами полиароматических ядер, а также меньшей средней длиной крупных алифатических заместителей и меньшим числом ациклических фрагментов, непосредственно конденсированных с ароматическими ядрами (рисунок 2).

В 1961 г. Йен предложил так называемую пачечную модель строения асфальтенов. В соответствии с моделью Йена на основе данных рентгеновской дифракции асфальтены имеют кристаллическую структуру и представляют собой пачечные структуры диаметром 0,9-1,7 нм из 4-5 слоев, отстоящих друг от друга на 0,36 нм (рисунок 3) [3]. При определенных условиях суммарное действие межмолекулярных сил приводит к стэкинг-взаимодействию между ареновыми фрагментами, карбоксильными и аминогруппами в молекулах асфальтенов, что обеспечивает формирование их пачечной кристаллоподобной структуры [4]. Однако данные малоуглового рентгеновского рассеяния свидетельствуют,

что такие кристаллиты составляют не более 3-4% от массы асфальтенов. Имеются данные, подтверждающие образование жидкокристаллической фазы лиотропного типа в нефтяных асфальтенах. Показано, что в формировании жидкокристаллических структур участвуют области поликонденсированной ароматики и боковые алкильные заместители (рисунок 3) [5].

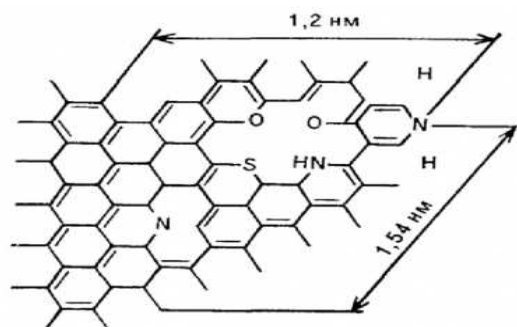


Рисунок 2. – Модель полядерной структуры монослоя асфальтенов.



Рисунок 3. – а) Пачечная модель; б) Жидкокристаллическая структура (Ганеева).

*Разделение сырой нефти на насыщенные углеводороды, ароматические соединения, смолы и асфальтены методом фракционирования SARA. (Saturates aromatics resins asphaltenes).* В этом методе асфальтены отделяются от других углеводородных компонентов путем добавления н-алкана, например, н-гептана или пропана. Затем оставшиеся компоненты, называемые мальтенами, разделяются путем пропускания их смеси через хроматографическую колонку с адсорбентом. Каждый из компонентов выделяется посредством его вымывания (элюирования) различными растворителями. Насыщенные углеводороды элюируются н-алканами. В данном случае насыщенность означает, что молекула содержит максимально возможное число атомов водорода без двойных или тройных связей между ними и атомами углерода. Насыщенные углеводороды также называются алканами. Самую простую в добываемой нефти обычно считается такую молекулу имеет метан ( $\text{CH}_4$ ). Молекулы ароматических соединений включают одно или несколько колец из шести атомов углерода и шести атомов водорода. Простейшим ароматическим соединением является бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ). Смолы образуют класс веществ, отличаемых по характеристикам растворимости и в этом аналогичны асфальтенам: смолы представляют собой нелетучий полярный компонент сырой нефти, растворимый в н-алканах, но нерастворимый в жидком пропане [6].

*Метод измерения формирования отложений, в приборе OSDC.* Для исследования тенденции к образованию отложений органических твердых веществ в реальных гидро-динамических условиях учеными Oilphase-DBR был разработан прибор для изучения образования отложений органических твердых веществ и борьбы с ним Organic Solids Deposition and Control [7].

В приборе OSDC используется относительно небольшой объем флюида-150  $\text{см}^3$ , и прибор может работать при давлениях до 103,4 МПа; температурах до 200 С и числах Рейнольдса до 500 000. Этот прибор может имитировать условия добычи – температуру, давление, состав флюида, тип поверхности и либо число Рейнольдса, либо скорость сдвига у стенки скважины. Благодаря тщательно сконструированным и изготовленным цилиндрическим вставкам прибор OSDC способен также моделировать шероховатость внутренней поверхности труб. Эти ключевые параметры можно точно и независимо контролировать, что позволяет проводить испытания по образованию отложений в широком диапазоне условий.

Прибор OSDC часто применяют для изучения влияния химических ингибиторов на способность асфальтенов выпадать из раствора и образовывать твердые отложения. Химическая обработка является одним из самых распространенных методов предотвращения этого явления в эксплуатационной колонне и проведения восстановительных мер.

Борьба с АСПО предусматривает проведение работ по предупреждению образования отложений и их удалению. Существует несколько наиболее известных и активно применяемых в нефтедобывающей промышленности методов борьбы с АСПО. Но многообразие условий разработки месторождений и различие характеристик добываемой продукции часто требует индивидуального подхода и даже разработки новых технологий.

Химические методы базируются на дозировании в добываемую продукцию химических соединений, уменьшающих, а иногда и полностью предотвращающих образование отложений. В основе действия ингибиторов парафиноотложений лежат адсорбционные процессы, происходящие на границе раздела между жидкой фазой и поверхностью металла трубы [8]. Химические реагенты подразделяются на смачивающие, модификаторы, депрессаторы и диспергаторы [9].

Для иллюстрации использования химических реагентов можно привести данные, приведенные в работе [10], по одному из ингибиторов, испытанного для нефти Мексиканского залива на эффективность предотвращения образования отложений асфальтенов при пластовой температуре и давлении близком к давлению насыщения. Предполагалось, что в пробе товарной нефти этот ингибитор в концентрации  $200 \text{ млн}^{-1}$  предотвратит образование отложений асфальтенов. Однако, сравнение экспериментальных данных по испытаниям обработанной и необработанной нефти на приборе OSDC показали, что образование отложений асфальтенов на его стенках происходит без добавки ( $12 \text{ мг/час}$ ) и с добавкой ингибитора ( $7 \text{ мг/час}$ ) [10].

После каждого испытания твердая фаза, осевшая на стенке, собиралась и анализировалась для определения содержания асфальтенов с использованием горячего  $\text{H}$ -гептана. Анализ показал, что предлагаемый ингибитор не способен полностью предотвратить образование отложений асфальтенов на стенке, хотя он снизил скорость этого процесса примерно на 40%.

Ключевым фактором в получении точной оценки осаждения и образования отложений асфальтенов в газированных нефтях является качество образца пластовой жидкости. Для исследований асфальтенов, равно как и для других процедур анализа флюидов, крайне важно, чтобы проба была действительно репрезентативным образцом пластового флюида и чтобы она сохранялась в пластовых условиях во время доставки в лабораторию. Любой метод отбора проб, не обеспечивающий сохранения однофазности пробы, может стать причиной существенных ошибок при дальнейшем анализе, особенно при анализе асфальтенов [10].

Асфальто-смолистые соединения богаты углеродом, но бедны водородом и могут содержать также кислород, серу, азот и некоторые металлы. Содержание их в сырых нефтях колеблется от 1 до 30% и более. Тяжелые высоко ароматизированные нефти характеризуются обычно большим содержанием асфальто-смолистых соединений.

Асфальто-смолистые соединения значительно ухудшают качество нефтепродуктов. Асфальто-смолистые соединения в очень большой степени ухудшают вязкостно-температурные свойства масла. Согласно экспериментальным данным, при повышенном содержании смол усиливается коррозионная агрессивность масла.

### Список литературы.

- 1) Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. М.: Техника. 2001. 384 с.
- 2) Сергиенко С.Р. Высокмолекулярные соединения нефти. Москва: Гостоптехиздат. 1959.
- 3) Сафиева Р.З. Химия нефти и газа. Нефтяные дисперсные системы: состав и свойства (часть 1): Учебное пособие. М.: РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. 2004. 112 с.
- 4) Сюняев З.И., Сафиева Р.З., Сюняев Р.З. Нефтяные дисперсные системы. М.: «Химия». 1990. 224 с.
- 5) Шуткова С.А. Исследование надмолекулярной структуры наночастиц нефтяных асфальтенов // Башкирский химический журнал. 2012. Т.19. №4. С.220–226.
- 6) Mullins O.C, Sheu E.Y, Hammami A, Marshall A.G. Asphaltenes, Heavy Oils and Petroelomics. New York City: Springer. 2007.
- 7) Zougari M, Jacobs S, Ratulowski J, Hammami A, Broze G, Flannery M, Stankiewicz A and Karan K. Novel Organic Solids Deposition and Control Device for Live-Oils: Design and Applications. // Energy & Fuels V.20. №4 (July 2006). P.1656–1663.
- 8) Ибрагимов Г.З., Сорокин В.А., Хисамутдинов Н.И. Химические реагенты для добычи нефти: Справочник рабочего. М.: Недра. 1986. 240 с.
- 9) Голонский П.П., Борьба с парафином при добыче нефти. М.: Гостоптехиздат. 1960. 88 с.
- 10) Асфальтены: проблемы и перспективы // Нефтегазовое обозрение. 2007. №2.

## МИНЕРАЛЬНЫЕ ПИТЬЕВЫЕ ВОДЫ ЛЕНИНОГОРСКОГО И АЛЬМЕТЬЕВСКОГО РАЙОНОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Зарипов М.С.*

*Научный руководитель – профессор Сунгатуллин Р.Х.*

Вода сама по себе не имеет питательной ценности, но она – самое важное и необходимое полезное ископаемое, неперенная составляющая часть всего живого на Земле. К минеральным природным питьевым водам относят воды, добытые из водоносных горизонтов, защищённых от антропогенного воздействия, сохраняющих естественный химический состав, а при повышенной минерализации или при повышенном содержании биологически активных компонентов оказывающие лечебно-профилактическое действие.

В зависимости от общей минерализации минеральные воды изменяются от пресных (минерализация до 1 г/дм<sup>3</sup> включительно) до высокоминерализованных (10-15 г/дм<sup>3</sup>). По ионному составу различаются несколько классов вод: гидрокарбонатные (щелочные), сульфатные, хлоридные, магниевые, кальциевые, натриевые [1].

Цель работы заключалась в характеристике минеральных вод юго-востока Республики Татарстан (на примере Альметьевского и Лениногорского районов) с определением их практического применения. Данные районы были выбраны как перспективные на основе фондовых геологических отчетов ОАО «Татнефть» и ООО «Татарстангеология». Материалы проанализированы с учетом требований нового нормативного документа [1], который действует в Российской Федерации с 2012 г.

На изученной территории наиболее распространены минеральные воды в пермских (биармийских и приуральских) стратонах, на долю которых приходится более 80% всех проявлений, в том числе более половины приурочены к казанским отложениям [2]. Минерализация вод анализируемых районов изменяется от 0,48 до 9,84 г/дм<sup>3</sup>, что соответствует пресным, слабо- и среднеминерализованным водам.

Распределение основных компонентов на треугольниках Ферре показало, что здесь можно обнаружить многие группы минеральных питьевых вод по ГОСТ Р 54316–2011. Из анализа совместного соотношения катионного и анионного состава минеральных вод самыми распространенными в Альметьевском районе являются следующие наименования [2]: хлоридная магниевое-кальциевая (14% всех минеральных вод района), хлоридная кальциевое-натриевая (7%), хлоридная натриево-кальциевая (7%), хлоридная кальциевая (5,6%), сульфатная магниевое-кальциевая (4,2%). На долю оставшихся наименований приходится 62,2%. Для Лениногорского района можно выделить следующие наименования минеральных вод: хлоридная магниевое-кальциевая (12,3%), сульфатная магниевое-кальциевая (7%), гидрокарбонатно-хлоридная натриево-магниевое-кальциевая (5,3%), хлоридная магниевое-натриево-кальциевая (5,3%), сульфатная натриево-магниевое-кальциевая (5,3%). На долю оставшихся наименований приходится 64,8%.

На территории Лениногорского района расположен санаторий-профилакторий «Бакирово», использующий подземные минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые воды XIII группы [1], а в Альметьевском – санаторий-профилакторий «Ян» с лечебно-столовыми водами XI группы. Данные группы вод можно отнести к эталонным для юго-востока Республики Татарстан. Также встречаются другие группы и типы вод, которые можно рассматривать как отличные или уникальные (рисунок 1).

Для Альметьевского района это следующие типы (рисунок 2):

- Железноводский тип, VIII группа (сульфатно-гидрокарбонатная натриевая).
- Нагутский тип, I группа (гидрокарбонатно-натриевая, содержащая органические вещества).
- Казанский тип, XII группа (сульфатная магниевое-кальциевая).

Эти типы вод назначаются как лечебно-столовые и показаны к применению при заболеваниях пищевода, хроническом гастрите, язвенной болезни желудка, болезнях печени и поджелудочной железы.

В Лениногорском районе выявлены следующие уникальные типы (рисунок 2):

- Старорусский тип, XXVII группа (гидрокарбонатно-хлоридная магниевое-натриево-кальциевая).
- Ергенинский тип, XXI группа (сульфатно-хлоридная натриево-кальциевая, содержащая органические вещества).
- Карачинский тип, XXV группа (гидрокарбонатно-хлоридная натриевая).

Воды назначаются как лечебно-столовые, показаны к применению при заболеваниях пищевода, хроническом гастрите с пониженной секреторной функцией желудка, болезни обмена веществ и мочевыводящих путей [1].

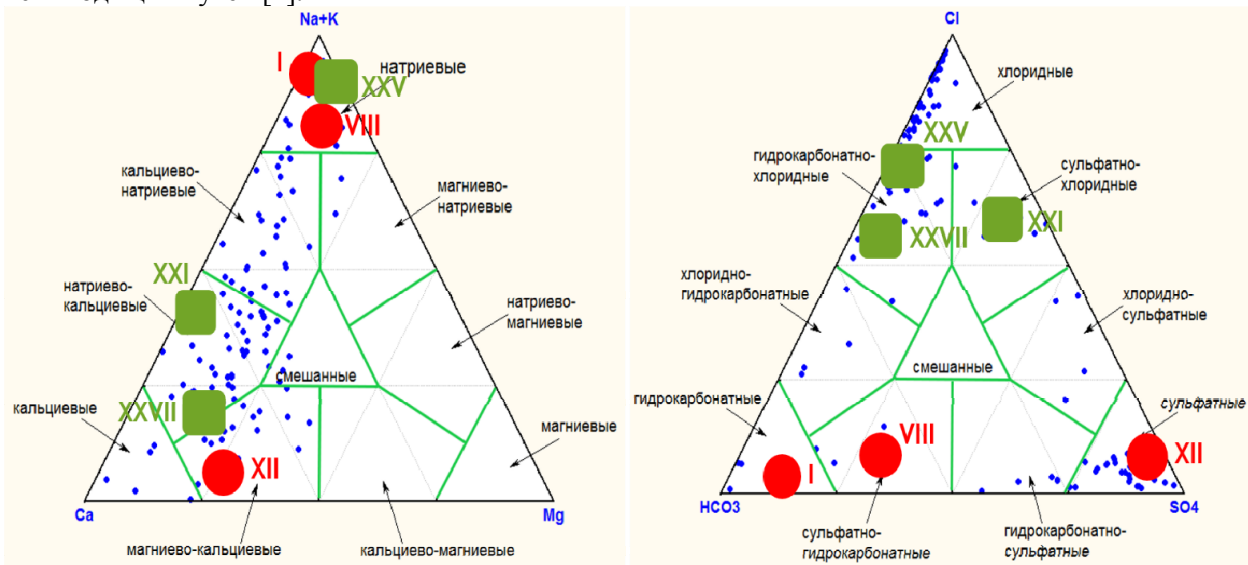


Рисунок 1. – Диаграммы распределения анионов и катионов в минеральных питьевых водах Альметьевского и Лениногорского районов: Кружки – группа и тип вод Альметьевского района (I – Нагутский, VIII – Железноводский, XII – Казанский), квадратики – группа и тип вод Лениногорского района (XXI – Ергенинский, XXV – Карачинский, XXVII – Старорусский).

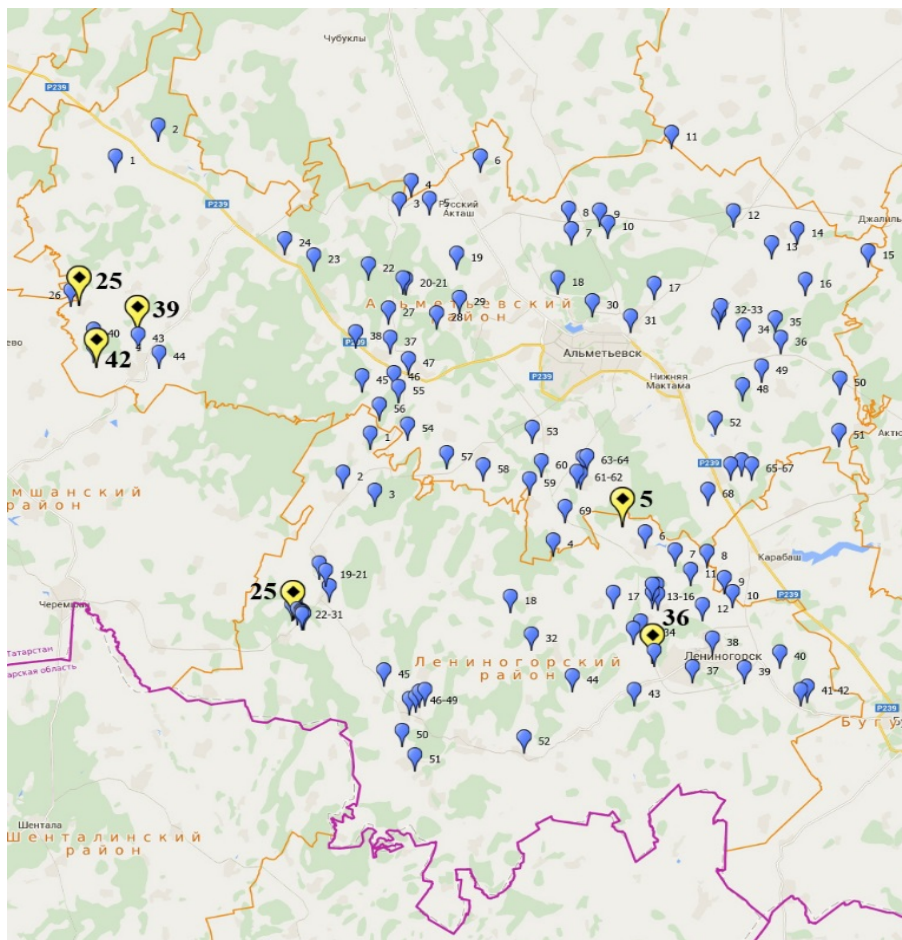


Рисунок 2. – Распространение уникальных типов минеральных питьевых вод по районам. Альметьевский район: 25 – Железноводский тип, 42 – Нагутский тип, 39 – Казанский тип. Лениногорский район: 5 – Старорусский тип, 25 – Ергенинский тип, 36 – Карачинский тип.

Выводы.

Территории Лениногорского и Альметьевского районов наиболее перспективны среди районов РТ на обнаружение минеральных питьевых вод.

Минеральные питьевые лечебно-столовые воды, пригодные для промышленного розлива, преимущественно, встречаются в пермских стратонах. Преобладающая часть минеральных вод по анионному составу относится к хлоридным и сульфатным, а по катионному составу – натриевым и кальциевым.

Самыми распространенными типами лечебно-столовых вод являются: Иркутский, Калининградский, Краинский, Кашинский и Московский.

Выделены новые типы минеральных вод (Железноводский, Нагутский, Казанский, Старорусский, Ергенинский, Карачинский), которые требуют дальнейшего специального изучения.

На основе полученных данных можно прогнозировать развитие санаторно-курортных учреждений и создание заводов розлива минеральных вод в данных районах.

### Список литературы.

- 1) ГОСТ Р 54316–2011. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. М. 2011. 41 с.
- 2) Сунгатуллин Р.Х. Минеральные питьевые воды Республики Татарстан // Ученые записки Казанского университета. 2010. С.10–14.

## МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЕСКОВ ПРИБРЕЖНЫХ ЗОН КАМЧАТКИ

*Ибрагимов Э.А.*

*Научный руководитель – доцент Ситдикова Л.М.*

Статья посвящена комплексному изучению черных песков, отобранных на побережье Халактырского пляжа (Восточное побережье Камчатского полуострова). Цель данной работы заключалась в комплексном изучении минерального состава отобранных песков, а также на основании полученных данных, сделать вывод о целесообразности разработки черных песков. Для выяснения поставленных вопросов были задействованы следующие минералого-петрографические методы изучения: отбор монофракций под бинокуляром, оптико-микроскопическое изучение песков (микроскоп Leica), исследование рентгенофазовым методом (ДРОН – 3М), исследование песков радиоактивным методом (УМФ-2000).

Месторождение черных песков расположено на юге восточного побережья Камчатского полуострова в Авачинском заливе в 12 км восточнее Петропавловска-Камчатского. Береговая линия Халактырского месторождения имеет протяженность 35 км и достигает 500 м в ширину.

С точки зрения тектонического районирования, данная территория принадлежит к Коряко-Камчатской аккреационно-коллизонной активно окраинной области.

Исследуемый регион приурочен к Восточно-Камчатской зоне, конкретно, к южной зоне вулканических нагорий. По геологическому строению данный регион сложен меловыми, палеоген-неогеновыми породами, частично перекрытыми четвертичными отложениями, представленными на равнинах и в межгорных депрессиях аллювиальными, аллювиально-пролювиальными, делювиальными, ледниковыми и вулканогенными отложениями.

Халактырское месторождение относится к молодым: залежи чёрных песков начали формироваться на побережье в позднем голоцене, данный процесс накопления продолжается и в настоящее время. Мощность черных песков достигает 20 м.

По своему происхождению, темноцветные пляжи являются аллювиальными образованиями и связаны с деятельностью как палео рек, так и ныне существующих, таких как Таёнка, Половинка, Сухая Речка, Котельникова, стекающих с вулканов Авачинской группы (Авачинский, Козельский Корякский) параллельно смывая и измельчая в песок магматические породы основного состава (оливиновые базальты).

Следует отметить немаловажную роль океана в формировании россыпей. В ходе постоянных смен палеодинамических режимов, периодического перемывания прибойной полосы происходил вынос легкой фракции и отложение рудной, более тяжелой. Выносу песка в океан также способствуют регулярные, с периодичностью в 60 лет, цунами.



Микроскопическое исследование песка проводилось в несколько этапов: отбор монофракций под бинокляром с целью разделения фракции на рудную часть и нерудную для дальнейшего подробного изучения каждой фракции в отдельности: изучение особенностей минерального состава рудной и нерудной фракций с использованием микроскопа Leica.

На рисунке 1 представлена исходная фракция черных песков в проходящем свете. Выделяется рудоносная часть (темные) и прозрачные просвечивающие минералы, представленные кварцем, оливином (прозрачные и зеленые).

В ходе выделения монофракций, было установлено, что рудная компонента песка превосходит светлую в процентном соотношении 80:20.

Микроизучение позволило установить минеральный состав светлой части песков (просвечивающих в проходящем свете микроскопа). Были определены ведущие компоненты светлой части песков: кварц, альбит, в меньшем количестве содержится: мусковит, оливины.

Для установления более точного состава черных песков был проведен рентгенофазовый анализ, было установлено, что пески обогащены магнетитом (с примесью оксида ванадия ( $V_2O_5$ ), ильменитом, пиритом. Данные минералы устанавливаются по характерным пикам, соответствующим указанным минералам. Также были подтверждены результаты минералогического состава оптико-микроскопической съемки светлой компоненты песков. Результаты РФА-анализа представлены на рисунках 2 и 3.

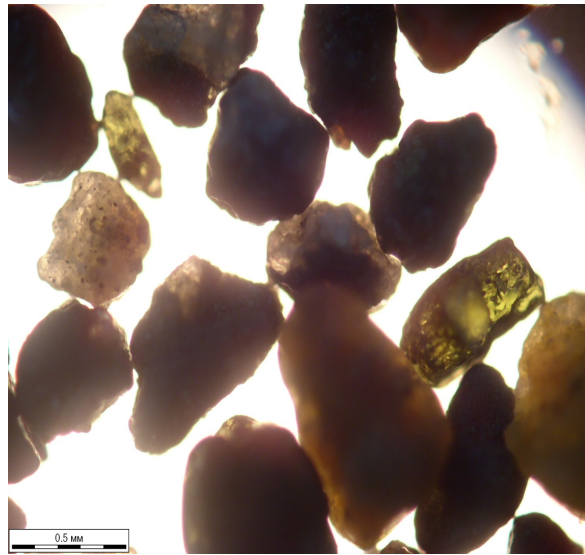


Рисунок 1. – Исходная фракция черных песков.

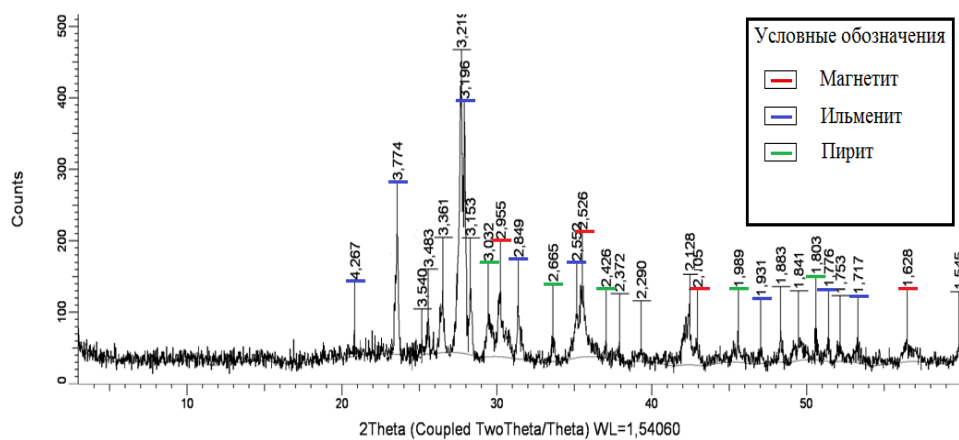


Рисунок 2. – Результаты РФА рудной минерализации.

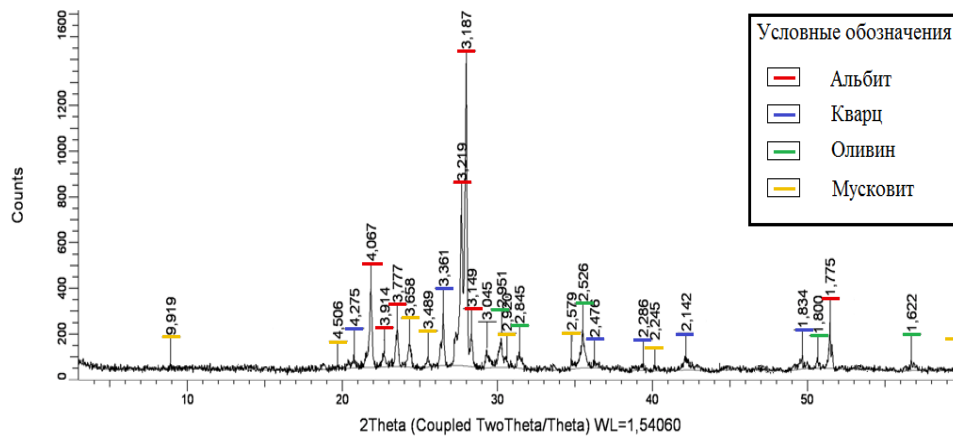


Рисунок 3. – Результаты РФА нерудной фракции.

Анализ литературных данных о радиационной активности некоторых типов изверженных пород, а также черных песков прибрежных зон других регионов вызвала необходимость изучения удельной радиоактивности песчаных фракций Халактырского месторождения. Однако, сравнивая с литературными данными, а также изучением черных песков штата Керала, Индия, проведенных мною лично, не было выявлено аномально высоких значений основных радиоактивных элементов (таблица 1).

По данным проведенных анализов, можно сделать вывод о том, что исследуемые черные пески является потенциальной рудой на титан и железо. Но является ли Халактырское месторождение рентабельным?

В 50-70-х гг. прошлого века группы ученых-геологов под начальством Грейскопа, Кобылкина, Радченко оценили запасы концентрата титаномагнетитового сырья в 7 млн. тонн. Как показали дальнейшие расчеты, несмотря на востребованность титаносодержащих руд, как на внутреннем, так и на международном рынке содержание рудной компоненты оказалось слишком низким для промышленного извлечения. Чтобы получить одну тонну концентрата, приходилось бы перерабатывать двенадцать тонн песка, что уже при малочисленности запасов и отсутствия должной инфраструктуры поднимало себестоимость извлекаемой руды до не окупаемого состояния, несмотря на то, что, Халактырское месторождение является единственным из найденных рудопроявлений титана на Камчатке (рисунок 4) [1]. Тем не менее, в данный момент происходит процесс привлечения инвесторов для строительства комбината по безотходной переработке титаномагнетитовых песков Халактырского месторождения [2].

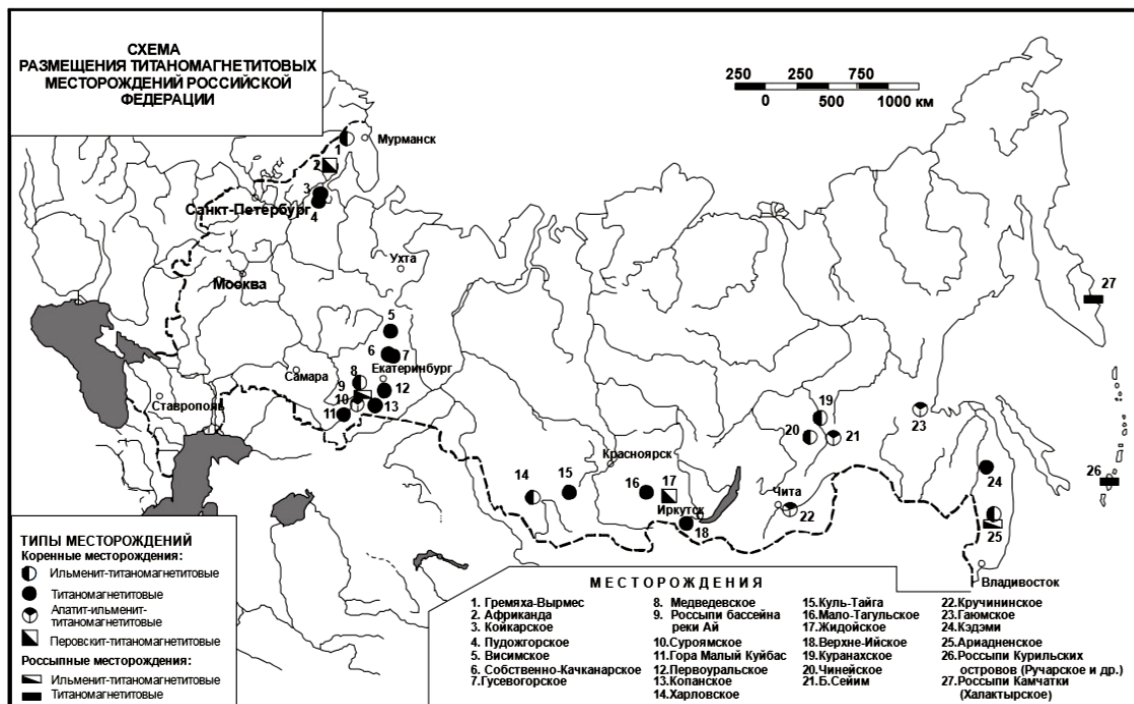


Рисунок 4. – Схема размещения титаномагнетитовых месторождений Российской Федерации [1].

Таблица 1. – Удельная радиоактивность исходной фракции песков.

Химический элемент	Cs-137	K-40	Ra-226	Th-232
Удельная радиоактивность, (Бк/г)	5,42	149	8,5	4,1

Подводя итоги проделанных минералогических изысканий, была полностью изучены отобранные черные пески, установлен их минеральный состав, а также доказано наличие рудной компоненты песка. Обогащенность песков такими востребованными металлами, как титан, железо и ванадий, при малых запасах месторождения, требует дальнейших специальных исследований по прогнозированию и выявлению рудопроявлений аналогичного генезиса на Камчатке и Курильских островах.

#### Список литературы.

- 1) Быховский Л.З., Пахомов Ф.П., Турлова М.А. Минерально-сырьевая база и перспективы комплексного использования титаномагнетитовых и ильменитовых магматогенных месторождений России // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. С.210–211.
- 2) Интернет-ресурс: Правительство Камчатского края, Паспорт Инвестиционного проекта №А1208013 Организация безотходной переработки титаномагнетитовых песков Халактырского месторождения. [http://www.kamchatka.gov.ru/print.php?cont=oiv\\_din&mcont=inv\\_info&menu=4&menu2=0&id=200&inv\\_id=13](http://www.kamchatka.gov.ru/print.php?cont=oiv_din&mcont=inv_info&menu=4&menu2=0&id=200&inv_id=13) (Дата обращения: 28.04.2015).

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ, НЕФТЕНОСНОСТЬ И ФАЦИАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛАСТА АС 12 ЗАПАДНО-КАМЫНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Калимуллин А.М.*

*Научный руководитель – профессор Нурғалиева Н.Г.*

Изучение нижнемеловых отложений юго-западной части Сургутского свода является актуальным из-за сложности геологического строения этого района. Несмотря на то, что его геология активно изучалась с 1960-х гг. прошлого века, расчленение и корреляция отложений нижнего мела остается не до конца решенной проблемой из-за большого количества немых и некоррелируемых толщ. Решение задач расчленения и корреляции таких объектов требует комплексирования различных методов, используемых в изучении пластов осадочных горных пород [1].

Цель исследования – создание геологического модели рассматриваемого пласта и прогноз зон развития коллекторов. Объектом исследования являются отложения пласта АС12 Западно-Камынского месторождения (Ханты-Мансийский автономный округ, Тюменская область).

Фациальный анализ отложений в настоящее время широко применяется в нефтегазовой геологии, как в начале изучения территории, так и на этапе промышленного освоения залежей и месторождения. Генетический подход, включающий восстановление древних обстановок осадконакопления, необходим для выявления характера взаимосвязи отдельных частей геосистемы между собой [2]. Появляется возможность формализовать свойства геологического пространства и выявить последовательность изменений.

Обобщение материалов керна, ГИС и сейсмических данных позволило выявить, что формирование группы пластов АС12 происходило на палеошельфе (ундаформа) и его склоне (клиноформа), в пределах которых накапливались песчано- алевритовые отложения мелководно- морского комплекса (рис. 1). Представлены они трендами песчаных аккумулятивных тел субмеридианального простирания. В разрезе они имеют косослоистое строение. Образование интервалов предполагает их формирование зерновыми течениями, транспортирующими значительные объемы осадка через подводные русловые системы. В перерывах между поступлением песчано- алевритового материала накапливались различные толщи тонкозернистых отложений мелководья и морские среднеглубоководные отложения.

*Каналы турбидитовых потоков* сложены мелко- и тонко-мелкозернистыми песчаниками с однородной косослойчатой текстурой. Осаждение песчаного материала происходило из высокоплотност-

ных мутьевых потоков. Песчаники каналов турбидитовых потоков являются лучшими коллекторами для фаций глубоководного склона.

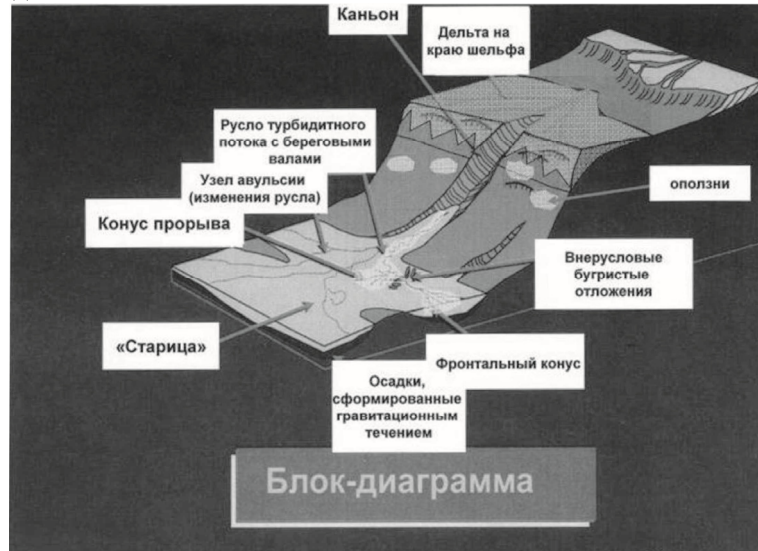


Рисунок 1. – Модель образования группы пластов AC12.

*Прирусловые валы турбидитовых потоков* сложены переслаиваниями песчаника тонкозернистого с однородной текстурой и аргиллита с горизонтальной слойчатостью, алевролитами с субгоризонтальной слойчатостью. Осадки прирусловых валов формируются в периоды, когда мутьевые течения выходят за пределы канала турбидитового потока на межрусловое пространство глубоководного склона, теряют скорость и отлагают влекомый ими песчаный материал на узкой полосе вдоль канала.

*Межрусловое пространство* характеризуется осадками, сформированными в спокойных условиях на глубоководных частях склона. Они сложены аргиллитами с горизонтальной слойчатостью, прослоями алевролитов и единичными прослоями песчаника тонкозернистого

Концептуальная седиментологическая модель турбидитовых отложений, Боума, 1962г.

Керна скв.3872, пласт AC12

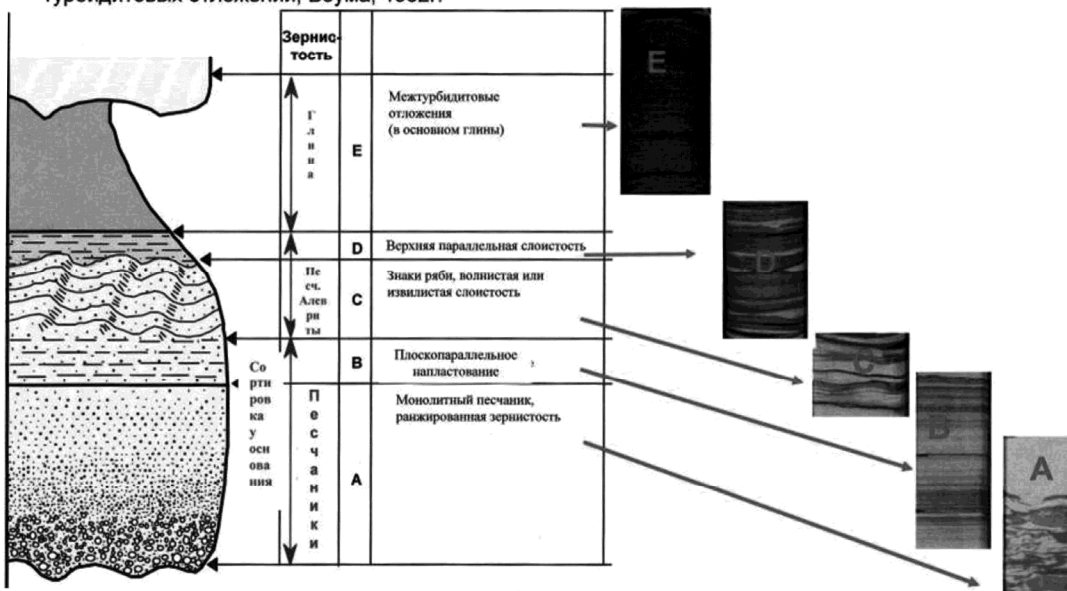


Рисунок 2. – Концептуальная седиментологическая модель турбидитных отложений.

На основе текстурно-структурных особенностей для песчаника и переслаивания песчаника с аргиллитом, характеризующих различную интенсивность осадконакопления, выделены несколько литофаций. Для детализации использованы результаты седиментологической модели турбидитовых отложений по Боума (рис.2).

Отложения подводных конусов выноса (турбидиты) формировались в пределах террас глубокого шельфа и склона бассейна за счет транспортировки и последующего отложения осадков мутьевыми или суспензионными потоками по системам подводных каньонов. В процессе формирования этих

осадочных тел происходило чередование коротких периодов интенсивного поступления материала из более мелководных областей с продолжительными периодами пелагического осадконакопления, включающего и приостановки карбонатной седиментации. Сочетание перечисленных факторов приводило к образованию разнопорядковой цикличности отложений.

В соответствии с седиментологической моделью турбидитного потока от точки образования потока к его конечной части происходит уменьшение размеров зерен и частоты встречаемости обломочного карбоната песчаной (обломочные известняки) и алевритовой (шламовые известняки) размерности [3].

Для анализа была использована информация керна (интервал 2767,1-2779,2 м вынос керна 12,15 м). КERN демонстрирует закономерность Боума. При выпадении отдельных элементов общая последовательность сохраняется. В соответствии с этой последовательностью нижний элемент цикла (А) отвечает основанию потока. Отложения этого слоя представлен монолитным песчаником с градационной или массивной текстурой, залегающими на размытой поверхности слоя, завершающего предыдущий цикл. В отличие от слоя С, для которого характерна косая слоистость, отложения слоя В образованы осадками плоского потока – слоистыми песчано-алевритовыми отложениями. Песчано-алевритовая часть последовательности заканчивается слоем D – тонкослоистым алевритом. Завершающий элемент последовательности – слой E – представлен тонким суспензией и сложен пелитовым материалом. В данном случае пласт представлен всеми пятью элементами последовательности, что доказывает образование рассматриваемого пласта турбидитными потоками (рис. 2) [4].

При изучении распространения различных фаций и прогноза их коллекторских свойств в межскважинном пространстве более надежные результаты были получены при совместном использовании каротажа с данными сейсморазведки. Для количественного прогнозирования свойств в межскважинном пространстве на основе каротажных и сейсмических данных был применен статистический анализ.

При анализе сейсмических данных можно выявить русла, конуса выноса, фации продвижения береговой линии и многие другие седиментационные формы. Внутреннее строение сейсмического комплекса может быть столь же информативны, как и его границы. В данном случае особенно важны амплитуда и выдержанность отражающих горизонтов. Для рассматриваемого пласта выделено несколько характерных рисунков сейсмических отражений – верхняя клиноформа, фондоформа и нижняя фондоформа. Разнообразие обстановок осадконакоплений объясняется вариациями скорости осаднения материала и глубины дна. Как мы видим, на представленном рисунке 3, отложения палеошельфа характеризуется параллельностью отражения.

Также реконструкция фациальных условий осадконакоплений проводилась по электрометрическим моделям фаций В.С. Муромцева [3]. К данной работе были взяты каротажные диаграммы из 11 скважин пласта АС12, и проанализированы формы и составляющие элементы аномалии ПС. Учитывая электрометрические модели Муромцева, выделены три зоны обстановок осадконакопления, упомянутых выше. Как показано на рисунке, цвета сопоставляются с условиями формирования продуктивных толщ на палеошельфе.

Использование сейсмических данных, керновых исследований в комплексе с детальным изучением каротажным диаграмм позволило сделать вывод об особенностях формирования пород коллекторов пласта АС12. Образование рассматриваемых пластов происходило в условиях лавинной седиментации, связанной с регрессией моря. Отложения характеризуется сложным неоднородным строением, как по площади, так и по разрезу. Продуктивные толщи развиты неравномерно, в виде отдельных самостоятельных песчано-алевритовых тел, имеющих субмеридианальное простирание. Литологически породы представлены неравномерным тонкослоистым переслаиванием аргиллитов, мелкозернистых песчаников и алевролитов. Основные песчаные тела отмечаются в западной части месторождения на Туманной и Северо-Камынской площадях. Поступление терригенного материала происходило с востока и юго-востока.

Западная часть месторождения, расположенная в зоне клиноформы, сложена переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Мощность прослоев песчаников чаще от 8 м., редко до 20 м.

Слоистость пологонаклонная, горизонтальная, участками нарушена следами оползания и смятия осадков. Песчаники серые, с буроватым оттенком за счет сидерита мелко-рассеянного и нефтенасыщения, мелкозернистые, алевролитовые с карбонатно-глинистым цементом и с примесью карбонатов.

Для восточной части месторождения, которая расположена на бровке палеошельфа, характерно наличие более мощных прослоев песчаников от 1 до 25 м. Песчаники мелкозернистые с хорошей сортировкой обломочного материала, цемент глинистый с примесью карбонатного материала, встре-

чаются слойки и обломки темно-серых аргиллитов. В породах наблюдается наклонная слоистость под углом 45 градусов и следы жизнедеятельности роющих организмов.

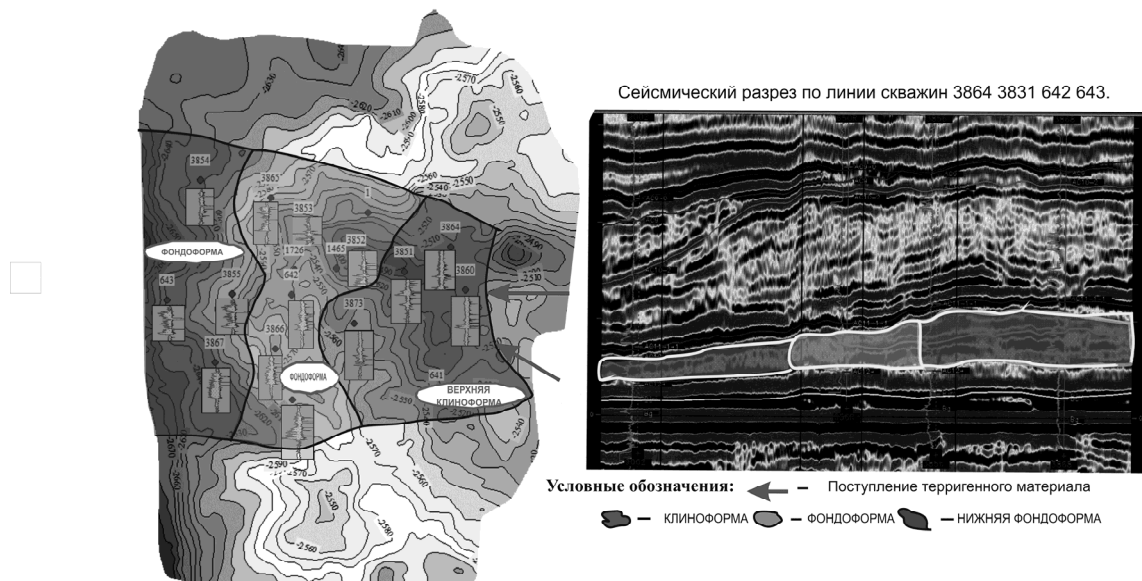


Рисунок 3. – Сопоставление фациальной карты с сейсмическим разрезом.

Для отложений Западно-Камынского месторождения (пласт АС12) отмечается ряд характерных особенностей состава, строения и условий осадконакопления:

1. По данным ГИС (ГК и ПС) и сеймики отложения пластов АС12 имеют классическое клиноформное строение, характерное для глубоководных отложений. Основные обстановки осадконакопления: шельф (вдольбереговые бары, приливно-отливные дельты, отложения берегового склона), склон (турбидиты) и подножья склона.
2. По данным ГИС и керн по литологическому составу отложения пластов группы АС12 неоднородны и представлены неравномерным, часто тонкослоистым, переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов.
3. Наиболее благоприятные зоны коллекторов связаны с руслами турбидитных потоков и отложениями шельфа (вдольбереговые бары, приливно-отливные дельты, отложения берегового склона).
4. Отложения глубоководных конусов выноса характеризуются многоярусным строением, имеют большие толщины (до 30 м), с низкими фильтрационными свойствами, что является фактором, осложняющим разработку.

Таким образом, фациально-седиментологические условия формирования пластов группы АС12 обусловили достаточно высокую расчлененность разреза и сложную морфологию коллекторов внутри песчано-алевритовых тел.

### Список литературы.

- 1) Иванова М.М., Дементьев Л.Ф., Чоловский И.П. Нефтегазопромысловая геология и геологические основы разработки месторождений нефти и газа. М.: Недра. 1985. 422 с.
- 2) Биншток М.М. Геологическое строение неокома Среднего Приобья в связи с поисками литологических залежей нефти // Автореф. дис. канд. г.-м. наук. Тюмень: ТИИ. 1978. 16 с.
- 3) Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел–литологических ловушек нефти и газа. Л.: Недра. 1984. 260 с.
- 4) Bouma, Arnold H. Sedimentology of some Flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation. Elsevier. 1962. 168 p.

## РЕЗУЛЬТАТЫ СОЛЯНО-КИСЛОТНЫХ ОБРАБОТОК БАШКИРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЗАЛЕЖИ 6 БЛОКА АРХАНГЕЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НЕФТИ

*Лихачева Ю.В.*

*Научный руководитель – доцент Батырбаева Р.А.*

В административном отношении Архангельское нефтяное месторождение расположено на землях Новшешминского района Республики Татарстан. Рассматриваемый 6-ой блок находится в северной части месторождения.

В геологическом строении месторождения принимают участие докембрийские, девонские, каменноугольные, пермские, неогеновые и четвертичные отложения. Общая толщина осадочных образований составляет в среднем 1800 м.

В тектоническом отношении Архангельское месторождение приурочено к западному склону Альметьевского выступа Южно-Татарского свода. К востоку от него находятся Нагорное месторождение и далее к северо-востоку и югу – Уратьминское, Соколкинское, Краснооктябрьское, Северное и другие разрабатываемые месторождения западного склона Южно-Татарского свода.

Продуктивными на месторождении являются терригенные отложения бобриковского и тульского горизонтов, карбонатные коллекторы турнейского и башкирского ярусов, алексинского, верейского и каширского горизонтов. Всего выявлено 95 залежей нефти, которые имеют различные размеры и этажи нефтеносности. Объектом изучения являются отложения башкирского яруса.

Отложения башкирского яруса залегают на размытой поверхности серпуховских образований на средней глубине 780 м и представлены двумя карбонатными пачками.

Общая толщина башкирских отложений колеблется от 25 до 60,0 м. Представлены они, в основном, органогенными известняками, реже органогенно-детритовыми, и тонкозернистыми известняками.

Покрышкой для башкирского продуктивного комплекса служит пачка аргиллитов, залегающая в подошве верейского горизонта со средней толщиной 3,4 м.

Общая нефтенасыщенная толщина продуктивных отложений варьирует от 3,8 до 62,4 м, эффективная нефтенасыщенная составляет в среднем 12,1 м. Коэффициент песчаности, соответственно, составил в среднем 0,518, расчлененности – 6,28, что указывает на высокую неоднородность разреза.

Башкирские отложения являются регионально нефтеносными, что обусловлено наличием среди них биокластово-зоогенных известняков порового типа (по структурно-генетической классификации известняков). Породы коллекторы на изучаемой территории представлены в основном известняками желтовато-серыми, с многочисленными стилолитовыми швами, с отдельными прослоями известняков темно-коричневых, пористых, трещиноватых, кавернозных, пропитанных нефтью.

Месторождение находится на поздней стадии разработки, поэтому необходимо применение различных геолого-технических мероприятий, для увеличения коэффициента нефтеизвлечения. Одним из таких методов является соляно-кислотная обработка. Существует множество видов СКО. Я рассматриваю метод воздействия на пласт поверхностно-активным кислотным составом – или сокращённо ПАКС.

Геологические требования к скважинам и фактические значения сведены в таблицу, из анализа которой следует, что в целом скважины для проведения ПАКС подобраны верно.

Для проведения метода перфорировались разные части пласта, поэтому все скважины можно разбить на 2 группы: с лучшими и худшими показателями эффективности применения метода ПАКС. Перфорация проводилась в кровле пластов коллекторов; другая перфорация затрагивала плотные породы, что видно из приведённого геологического профиля.

Для оценки эффективности применения метода ПАКС были построены соответствующие графики и сделан прогноз продолжительности эффекта. В скважине с высокими показателями пластового давления, с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами, с высокими показателями приёмистости за счёт осложнения породы стилолитовыми швами, наблюдается продолжительный эффект от соляно-кислотной обработки.

Также был построен график оценки эффективности метода ПАКС в скважине с пониженным пластовым давлением и ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами (плотные породы). Стилолитовый шов в данном образце заполнен глинистым веществом. Эффект соляно-кислотных обработок в таких скважинах держится обычно не более 24 месяцев.

Таблица 1. – Геологические требования к скважинам.

Геологические требования к применению метода ПАКС	Номер скважины									
	7820	7812	7810	4628	7801	7802	4608	7815	7829	7848
Пластовое давление (<3 Мпа)	3,8	3,7	9,0	5,2	5,9	2,7	3,0	4,1	6,6	5,4
Давление забойное	2,9	2,5	3,2	2,6	2,6	0,6	0,9	3,6	3,7	1,5
Дебит жидкости (м <sup>3</sup> /сут)	3	2	3,5	3	1,3	2,1	3,5	2,1	1,2	1,1
Дебит нефти (т/сут)	2,5	1,7	3,1	2	1	1,9	2,8	1,7	1,0	1,0
Коэффициент проницаемости (10 <sup>-3</sup> мкм <sup>2</sup> )	132	132	132	177	132	132	132	132	132	132
Обводненность <60%	10	10	10	24	13	5	12	10	6	5
Приемистость порово-трещиноватого пласта (м <sup>3</sup> /сут)	210	261	353	186	123	125	270	194	145	153
Метров до водоносного горизонта (>4 м)	5,6	9,0	14,4	15,2	6,9	18,6	14	7,8	10,2	9,2
Герметичность эксплуатационной колонны	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Герметичность цементного кольца	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

**Схематический геологический профиль по линии скважин  
Архангельского месторождения**

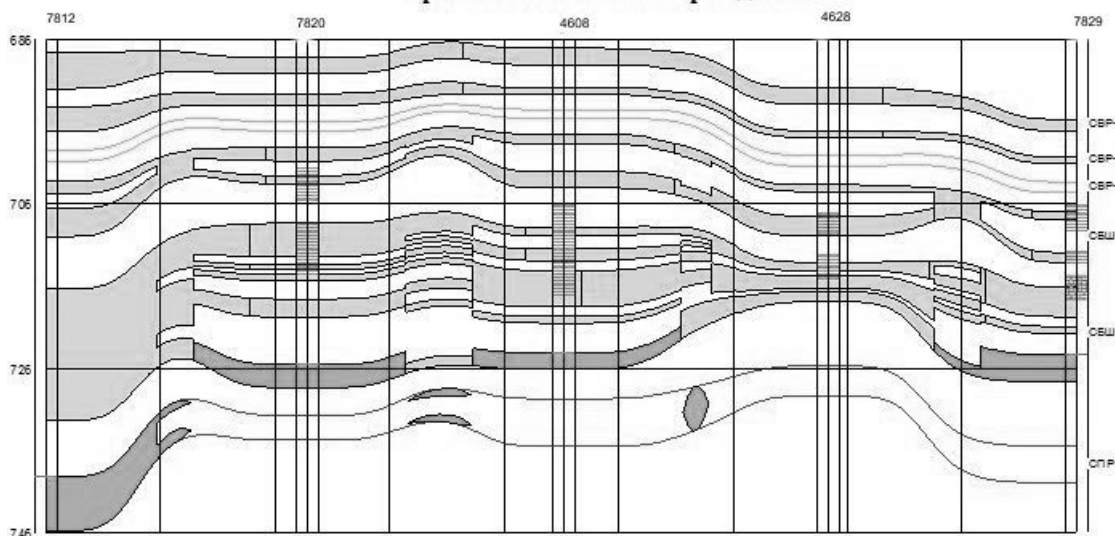


Рисунок 1. – Схематический геологический профиль.



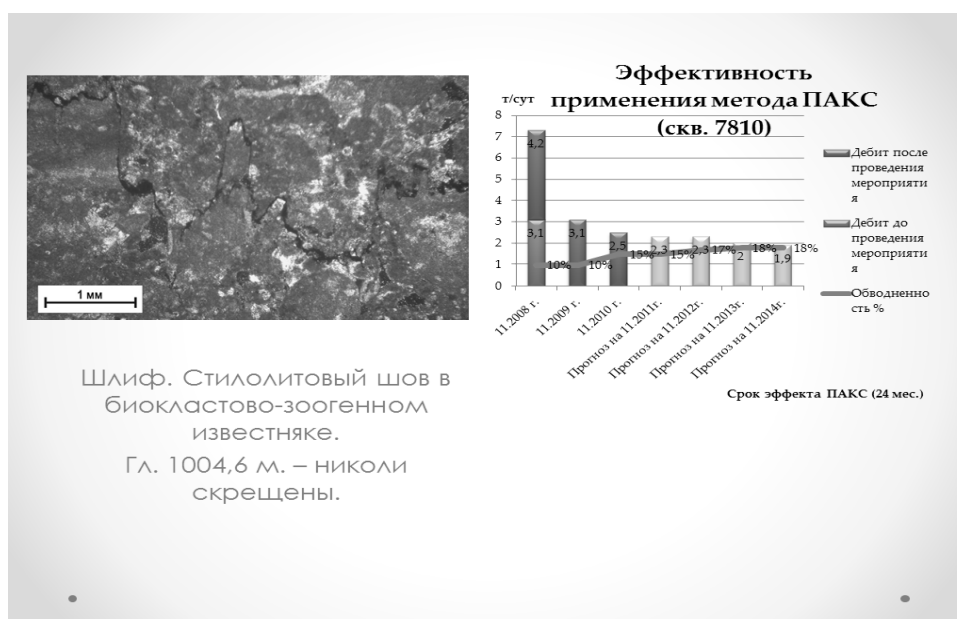


Рисунок 2. – Обоснование результатов исследования в скважине с продолжительным эффектом.

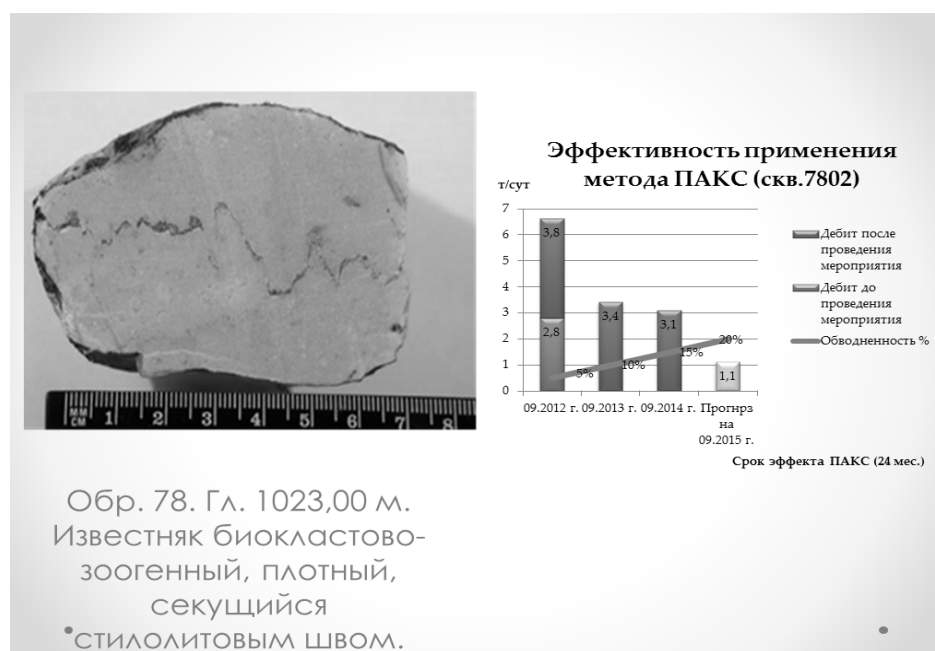


Рисунок 3. – Обоснование результатов исследования в скважине с менее продолжительным эффектом.

Таким образом, можно сделать следующие предварительные выводы, что на эффективность метода влияет то, какая часть пласта перфорирована. Прежде чем применить метод, нужно подобрать интервалы перфорации, охватывающие лучшую часть пласта-коллектора.

### Список литературы.

- 1) Отчёт тематической партии по Архангельскому месторождению нефти 2011г.
- 2) Муслимов Р.Х. Нефтеотдача: прошлое, настоящее, будущее (оптимизация добычи, максимизация КИН): учебное пособие. Казань: Изд-во «Фэн» Академия наук РТ. 2014. 750 с.ил.
- 3) Морозов В.П., Королев Э.А., Кольчугин А.Н. Карбонатные породы визейского, серпуховского и башкирского ярусов нижнего и среднего карбона. Казань: ПФ Гарт. 2008. 182 с.

## РАННЕКАМЕННОУГОЛЬНЫЕ КОНОДОНТЫ МЕЛЕКЕССКОЙ ВПАДИНЫ (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

*Мифтахутдинова Д.Н.*

*Научный руководитель – доцент Сунгатуллина Г.М.*

В Республике Татарстан одной из важных проблем, стоящих перед геологами, добывающими нефть, является определение возраста нефтеносных отложений девона и карбона. Для решения подобных задач с середины прошлого века во всем мире активно используются конодонты – животные, населявшие моря и океаны с кембрия по триас. Они очень быстро эволюционировали, имеют мелкие размеры (1-2 мм), встречаются в большом количестве экземпляров, хорошо сохраняются во всех типах пород морского генезиса и не разрушаются при метаморфизме. Благодаря вышеперечисленным достоинствам, конодонты стали непревзойденным инструментом, используемым геологами для расчленения и корреляции нефтеносных отложений. Однако раннекаменноугольные конодонты в Татарстане, несмотря на их значительный стратиграфический потенциал, слабо изучены, поэтому исследование данной группы фауны представляется весьма актуальным.

Целью работы явилось исследование конодонтов из скважины Грозненская 1192, расположенной в Мелекесской впадине (рис. 1). С помощью различных методов электронной и световой микроскопии были изучены изменения окраски конодонтов, внутреннее строение отдельных конодонтовых элементов и проанализированы стадии роста платформенных, листовидных и стержневых конодонтов.

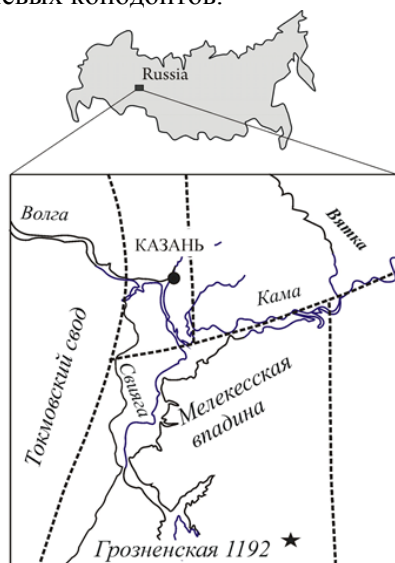


Рисунок 1. – Скважина Грозненская 1192.



Рисунок 2. – Желто-коричневая окраска конодонтов, х 100, скв. Грозненская, гл. 1235 м.

**Окраска конодонтов.** Они состоят из фосфата кальция с небольшим количеством рассеянного органического вещества, в результате обугливания которого конодонты могут менять окраску от светло-янтарного до темно-коричневого и даже черного цвета. Это свойство помогает использовать их при поисках нефтяных и газовых месторождений. В изученных образцах все конодонты имеют желто-коричневый цвет (рис. 2), это говорит об отсутствии в геологическом прошлом на породы температурных воздействий, которые могли бы повлиять на окраску.

Внутреннее строение конодонтовых элементов изучено с помощью световой микроскопии в проходящем свете и ультрафиолетовом излучении. На рисунке 3 видно, что зубчики стержневых элементов очень глубоко уходят в основание стержня.

Исследование стадий роста платформенных, листовидных и стержневых конодонтов показало, что он происходит по-разному. Так, платформенные конодонты растут по направлению от центра, равномерно, фиксируя стадии роста в виде концентрических линий нарастания (рис. 4, 5).

Предполагают, что они, также, как кольца деревьев, отвечают времени жизни конодонтового животного.

У листовидных конодонтов по мере роста стержня происходит постепенное наращивание слоев по направлению от плоскости симметрии, приводящие к его утолщению (он становится многослойным) (рис.6).

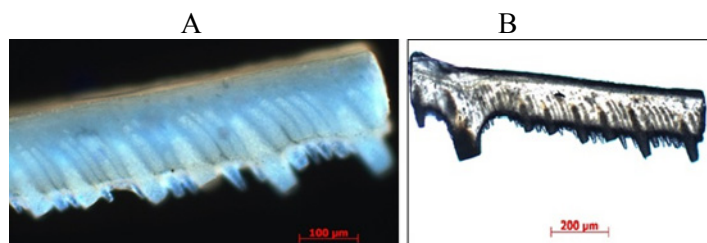


Рисунок 3. – «Корневая» система зубчиков стержневых конодонтов (А – в ультрафиолетовом свете, В – в проходящем свете), скв. Грозненская, гл. 1235 м.

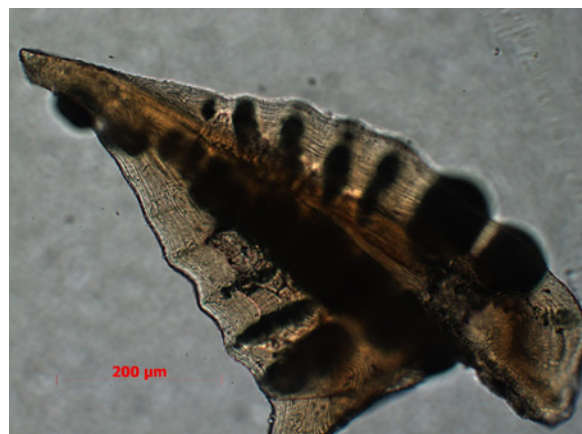


Рисунок 4. – Линии нарастания платформенного конодонта, х 90, скв. Грозненская, гл. 1235 м.

Рост конических и стержневых конодонтов может происходить двумя путями: а) также как у листовидных у основания утолщается стержень, и рост зубчиков осуществляется в радиальном направлении от их центральной оси, и зубчики имеют в поперечном сечении овальную форму (рис.6). Иногда происходит закручивание вдоль главной оси зубчика.

б) стержень относительно узкий, его рост вширь постепенно замедляется, а зубчики начинают расти в стороны по направлению от плоскости симметрии конодонта, «обрастая» своеобразным шлейфом (рис.7).

Первый вид роста наблюдается у стержневидных конодонтов, несущих большое количество зубчиков разного размера, а также у конических форм; второй вид – у стержневых конодонтов с крупными и редкими зубчиками.

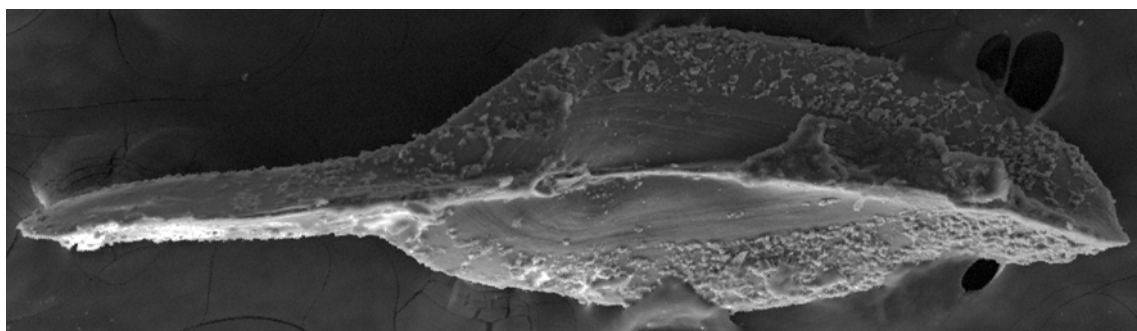


Рисунок 5. – Вид со стороны базальной полости, видны линии нарастания платформенного конодонта, х 90, скв. Грозненская, гл. 1235 м.

Также в результате проведенного исследования проведено изучение стратиграфического распространения конодонтов в нижнекаменноугольных отложениях Мелекесской впадины. На глубине 1235 м, найдены конодонты вида *Neopolygnatus communis* (Branson et Mehl). На глубине 1226,4 – конодонты представлены *Pseudopolygnatus triangula* (Voges). А на глубине 1213,95 м встречены только рамиформные элементы конодонтового аппарата, которые слабо эволюционировали и не имеют стратиграфического значения. В целом, комплекс является типичным для гумеровского-малевского горизонтов турнейского яруса (зоны *sulcata-duplicata*). [1].

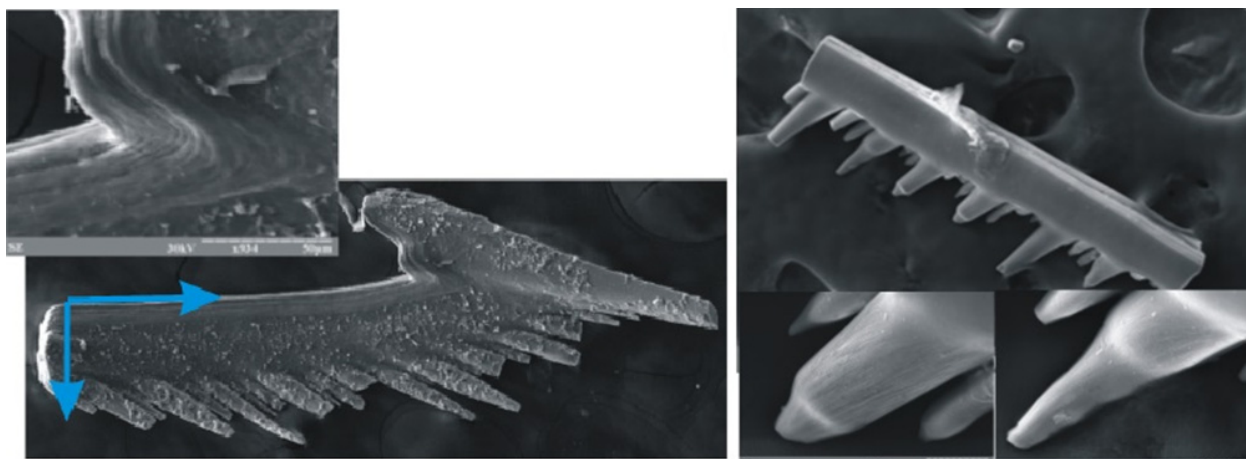


Рисунок 6. – Стадии роста конодонтов: а) листовидного элемента, внизу x 90,верху – x 200 , стрелками показана плоскость симметрии; б) стержневого элемента,верху x 90, внизу слева – x 1400, справа – x 1200.

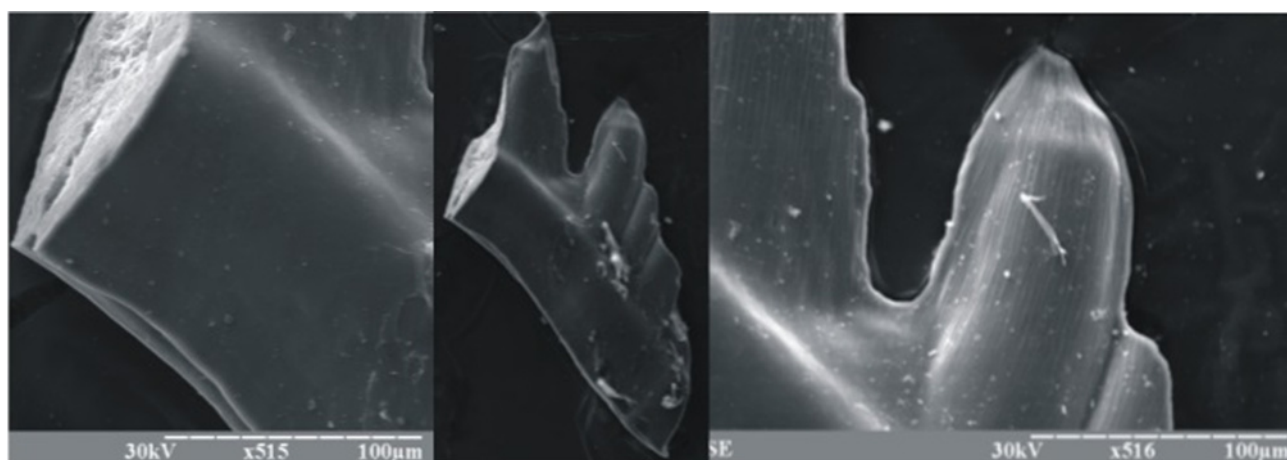


Рисунок 7. – Направление роста стержневого конодонта, в центре x 90, остальные – x 515.

### Список литературы.

- 1) Барсков И.С., Воронцова Т.Н., Кононова Л.И., Кузьмин А.В. Определитель конодонтов девона и нижнего карбона. МГУ. 1991. С.179.

## ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ АНАЛИЗ МИКРОСЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕДЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА.

*Мустафин Р.Н.*

*Научный руководитель – к.г.-м.н., старший преподаватель Нугманов И.И.*

Целью работы является определение объективных параметров трещины гидроразрыва (длина, высота, асимметрия, азимут) и анализ динамического развития системы трещин в процессе проведения многостадийного гидроразрыва пласта [1] В работе представлено решение задачи локализации трёхмерных координат источников микросейсмической эмиссии, а также методы постобработки результатов с использованием инструментов пространственной статистики геоинформационных систем.

Наземный микросейсмический мониторинг относится к группе методов диагностики дальней зоны гидроразрыва пласта (ГРП). Технологическая схема проведения микросейсмического мониторинга сводится к расстановки трехкомпонентных сейсмических датчиков на поверхности земли по определенной схеме. Схема расстановки является масштабируемой в зависимости от стадийности и типа (кислотный, пропантовый) ГРП, с инвариантным закреплением опорных датчиков над горизонтальной проекцией интервала перфорации каждой стадии. Обработка сигналов микросейсмической эмис-

сии, зарегистрированных антенной (группа наземных датчиков), осуществляется в модуле SmartFrac Control (авторская разработка на базе MatLab). Для фиксации местоположения источников используется относительное время вступления сейсмических волн. Задержки определяются с использованием корреляционных функций. Координаты источников микросейсмических событий определяются методом решения обратной кинематической задачи.

На этапе пост-обработки координаты источников микросейсмической эмиссии преобразуются в класс пространственных объектов геоинформационных систем (использована ГИС ArcGIS v 10.3 ESRI). Используя инструменты геообработки Spatial Statistics и средства 3D визуализации ГИС получен детальный ход событий при развитии каждой стадии ГРП [2]. Установлены критерии, определяющие надежность, пространственно-временную устойчивость регистрируемых микросейсмических событий, отождествляемых с системой трещин. Для ряда операций многостадийного ГРП на месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции выявлены как сходимость параметров трещины разрыва по результатам микросейсмического мониторинга и аналитического дизайна ГРП, так существенное отличие. Последнее обстоятельство требует внесение изменений в существующие модели ГРП, что, несомненно, приведет к переоценки потенциала скважины, в которой проведен ГРП. Также выявлены существенные отличия в характере развития магистральных и опережающих трещин для кислотного и пропантового ГРП. Сопоставление результатов мониторинга ГРП (азимута простираения минимального горизонтального напряжения), проведенных в различных геодинамических обстановках с региональным полем тектонических напряжений показал хорошую сходимость и согласованность. Развитие системы опережающих трещин, расщепление магистральной трещины для ряда скважин с многостадийным ГРП указывает на наклонный характер образующихся трещин.

Новизна работы заключается в использовании нового инструментария ГИС ArcGIS для создания куба «пространство-время» из массива источников микросейсмической эмиссии. События куба в последующем проанализированы на предмет выявления «Горячих точек» (Hot spot analysis), как меры пространственной автокорреляции по атрибуту интенсивности сигнала. Массив событий с статистически значимым трендом распределения преобразован в трехмерный объект, отождествляемый с плоскостью трещины разрыва, что позволило получить объективные параметры трещины – азимут, длину, высоту, асимметрию.

### Список литературы.

- 1) Экономидес М., Олини Р., Валько П. Унифицированный дизайн гидроразрыва пласта: от теории к практике. Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий. 2007. 236 с.
- 2) Andy Mithell. The ESRI Guide to GIS Analysis. Volume 2: Spatial Measurements & Statistics. ESRI Press. Redlands, California. 2009. 238 p.

## ВОЗМОЖНОСТИ 1D МОДЕЛИРОВАНИЯ PETROMOD НА ПРИМЕРЕ ЮГА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Назмутдинов А.М.*

*Научный руководитель – заместитель директора ЦДОМКиМ ИГиНГТ КФУ Платов Б.В.*

В условиях потребности мировой экономики в нефтегазовых ресурсах, оценка углеводородного потенциала и прогноз нефтегазоносности являются приоритетными задачами для поддержания уровня добычи нефти и газа на должном уровне.

Цель исследований: Оценить возможность созревания органического вещества на территории Республики Татарстана на основании моделирования УВ систем.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

Исследование процессов осадконакопления, восстановление палеоклимата, палеоуровня моря, литолого-фациальное моделирование разреза, анализ и обобщение основных литотипов разреза, выделение в разрезе основных нефтематеринских толщ, исследование процесса созревания органического вещества в нефтематеринской породе.

Прогноз термобарических условий формирования и сохранения залежей УВ может быть использован как при проектировании поисковых и разведочных скважин, так и для создания уточненных геологических моделей месторождений с целью подсчета запасов УВ и проектирования разработки.

*PetroMod* – программный продукт для моделирования нефтегазоносных систем, комбинирующий данные по скважинам и геологические представления, для создания модели нефтегазоносного бас-

сейна. Программный продукт PetroMod позволяет определить историю генерации углеводородов данной области интереса в масштабе геологического времени.

Моделирование позволяет геологу сформулировать четкую последовательность гипотез, помогающих оценить как перспективность нефтеносности, так и саму нефть (типы пород, их погребение, термическую историю, качество материнской породы).

Моделирование является инструментом поисково-разведочных работ на нефть. При моделировании обеспечивается интеграция всех данных, увязанных между собой.

Входные данные можно разделить на следующие категории:

1. Входные данные:

а) стратиграфия,

б) абсолютная отметка кровли / подошвы слоя [м],

в) мощность слоя [м],

г) время отложения [млн. лет],

д) литология,

е) элемент УВ системы (материнская порода, порода-коллектор, порода-покрышка),

ж) содержание общего органического углерода (ТОС) [%],

з) водородный индекс (HI) [мг УВ/г ТОС]. Характеризует фациально-генетические типы исходного ОВ (доля водорода),

и) кинетика – отражает кинетические особенности материнских пород.

2. Граничные условия:

а) тепловой поток (HF) – количество теплоты, проходящее от поверхности фундамента через осадочный чехол бассейна в течение геологического времени [мВт/м<sup>2</sup>],

б) температура поверхности раздела седиментационной воды (SWIT) – температура поверхности контакта между осадком и водой в течение геологического времени [°C],

в) уровень палеовод (PWD) – глубина воды в бассейне во время седиментации в течение геологического времени (положительные числа указывают на подводную седиментацию; отрицательные – на надводную [м]).

Целью построения одномерных моделей являлось проследить закономерности изменений PVT условий и степени их влияния на процессы генерации УВ.

После предварительного подсчета модели, по формулам и функциям заложенным в PetroMod, геолог получает схему образования осадочного чехла (рисунок 1) с рассчитанными значениями температур, давления, коэффициента пористости, на каждый отрезок геологического времени.

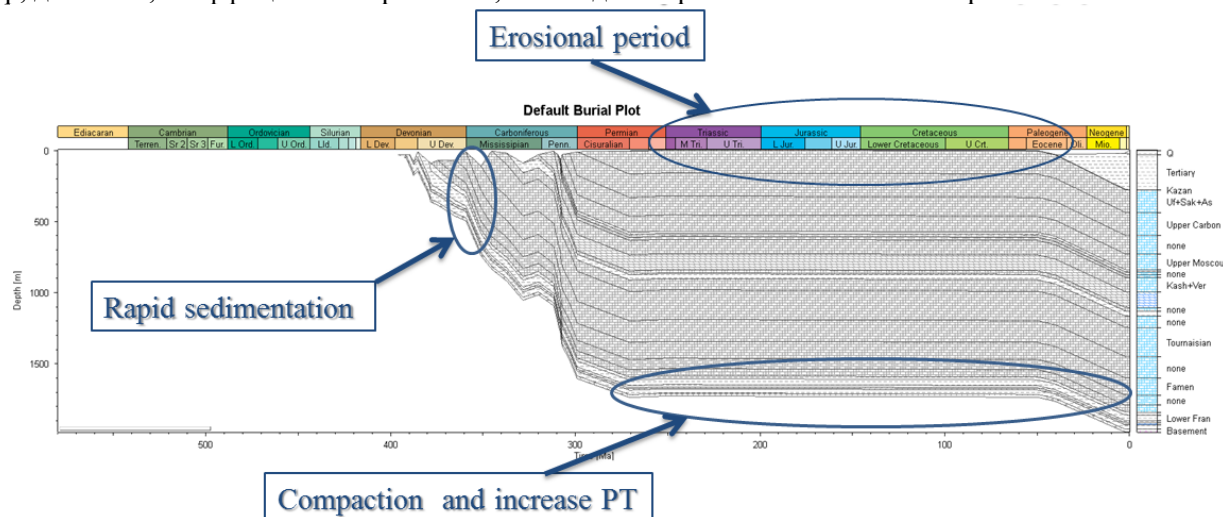


Рисунок 1. – Схема образования осадочного чехла по скважине № 23 Алпаровской площади.

Для построения одномерной модели южной части РТ использовались дела скважин (Алпаровская площадь скважина № 23, Алькеевская площадь скважина № 22, Билярская площадь скважина № 88).

Также для успешного моделирования применялась следующая функция PetroMod: Auto-SWIT – задание температур на поверхности осадконакопления на каждый момент геологического времени, исходя из палеогеографических исследований.

В результате проделанной работы были получены модели отображающие историю осадконакопления в регионе с возможностью анализировать не только текущий геологический разрез, но и на любой момент времени в прошлом.

В результате проведенных исследований были получены модели коэффициента трансформации Алпаровской, Алькеевской и Билярской площадей (рисунок 2-4).

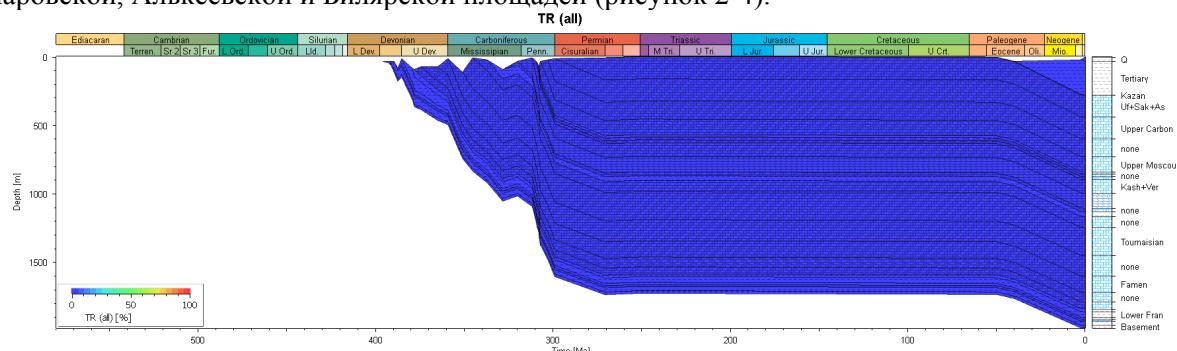


Рисунок 2. – Коэффициент трансформации, по скважине № 23 Алпаровской площади.

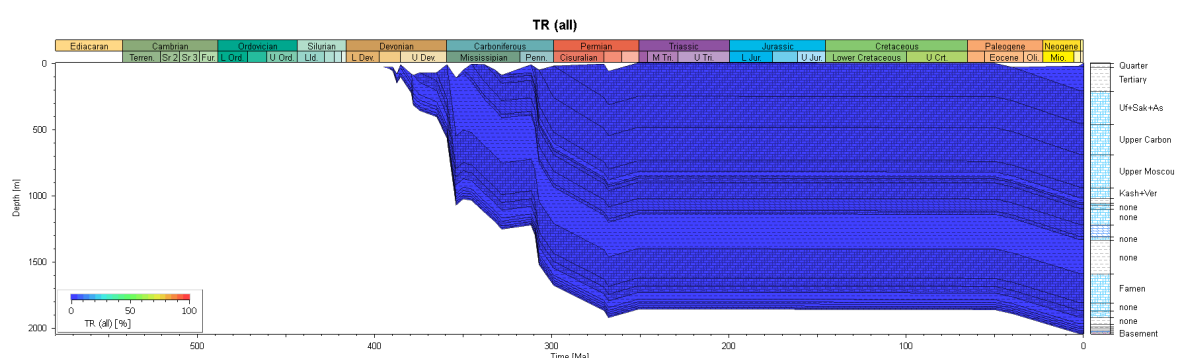


Рисунок 3. – Коэффициент трансформации, по скважине № 22 Алькеевской площади.

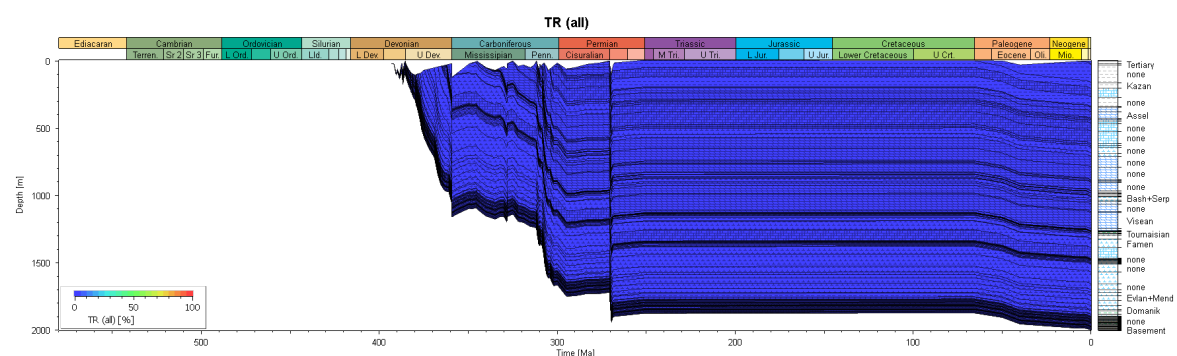


Рисунок 4. – Коэффициент трансформации, по скважине № 88 Билярской площади.

В результате проделанной нами работы мы получили прогноз температурного режима, и определения коэффициента трансформации для южной части территории РТ. Из этих построений видно, что данные разрезы практически не вступили в главную зону нефтеобразования. На сегодняшний день породы девона и карбона лежат в потенциальной зоне генерации.

#### *Благодарность*

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю Б.В. Платову за постановку задач и конструктивную помощь на протяжении всего периода совместной работы.

#### **Список литературы.**

- 1) Геология Татарстана: Стратиграфия и тектоника. М.: ГЕОС. 2003. 410 с.
- 2) Игнатъев В.И. Формирование Волго-Уральской антеклизы в пермский период. Изд. Казанского университета. 1976. 256 с.

## РАННЕАПТСКИЙ АНОКСИЧЕСКИЙ СОБЫТИЙНЫЙ ЭПИЗОД И ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ НА РУССКОЙ ПЛИТЕ И В СРЕДНЕМ КАСПИИ

*Павлова О.В.*

*Научный руководитель – доцент Зорина С.О.*

Проблема идентификации, прослеживания и генезиса океанских аноксических событий (Oceanic Anoxic Events – ОАЕ) в морских осадочных разрезах – одна из фундаментальных проблем в науках о Земле, находящаяся на стыке стратиграфии, палеоклиматологии, палеонтологии, геохимии осадочных пород и палеогеографии.

Следы ОАЕ фиксируются по всему миру примерно на одних и тех же стратиграфических рубежах. По данным О.Л. Савельевой [1], следы одного и того же аноксического события обнаруживаются, например, в разрезах Европы, Северной Америки, северной Африки, Тибета, Японии, в скважинах глубоководного бурения в океанах и, следовательно, помогают в сопоставлении этих разрезов. Наибольшей концентрацией таких событий характеризуется средняя часть мелового периода.

Сведения о количестве меловых ОАЕ отличаются у разных авторов. Выделяются следующие события: поздневаланжинское, позднеготеривское, ОАЕ-1а (конец раннего апта), позднеаптское, ОАЕ-1b (три уровня в позднем апте-раннем альбе), ОАЕ-1с (начало позднего альба), ОАЕ-1d (конец позднего альба), среднесеноманское событие, ОАЕ-2 (граница сеномана и турона) и ОАЕ-3 (время с апта по турон, выделяющееся концентрацией аноксических событий). Наиболее отчетливо глобально проявлены и хорошо изучены уровни ОАЕ-1а и ОАЕ-2.

По данным Х.Дженкинса [3], причинами ОАЕ являются фазы активизация гигантских магматических провинций, последствиями которых были климатические колебания, апвеллинг глубинных вод, вспышка биопродуктивности, аноксия и, как следствие, - повышенные концентрации органического вещества (ОВ) [1, 2].

Благоприятные для накопления ОВ морские обстановки в раннем мелу возникали глобально. Так, раннеаптская толща битуминозных сланцев и глин, известная на Русской плите достаточно давно, ассоциируется с ОАЕ-1а. Толща, мощностью 3-10 м протягивается от Окско-Цнинского вала на севере до широты г. Саратова на юге [4].

В работах ряда исследователей [3-5] изучены битуминозные раннеаптские слои в разрезах Федоровский Створ, Татарские Шатрашаны, Климовка и Тагай (рис. 1). Максимальные мощности толщи углеродистых сланцев (до 10,5 м) отмечаются в районе г. Хвалынска (разрез Федоровский Створ) и уменьшаются как в южном, так и в северном направлениях. При движении на юг, по направлению к г. Саратову, битуминозные отложения все больше обогащаются алевритовым и песчаным материалом, выклиниваясь в зонах накопления прибрежных осадков. При движении на север, к гг. Ульяновск и Сенгилей они становятся все более тонкозернистыми, «пелагическими», что отражается и на составе фауны аммонитов [4]. Рассматриваемая толща битуминозных сланцев относится к раннеаптской аммонитовой зоне *Deshayesites volgensis* [2, 4, 5].

В Среднем Каспии по данным бурения (скважина Нурсултан-1) также установлены углеродистые толщи раннего апта (устные сообщения Сунгатуллиной Г.М., Хайдарова И.Д., 2014). Они с размывом залегают на породах барремского яруса, представлены глинами черными, безызвесковистыми, аргиллитоподобными, листоватыми, плотными, с пониженной размокаемостью в воде. В них встречаются радиолярии плохой сохранности в виде пиритовых ядер. Присутствуют многочисленные аптские фораминиферы.



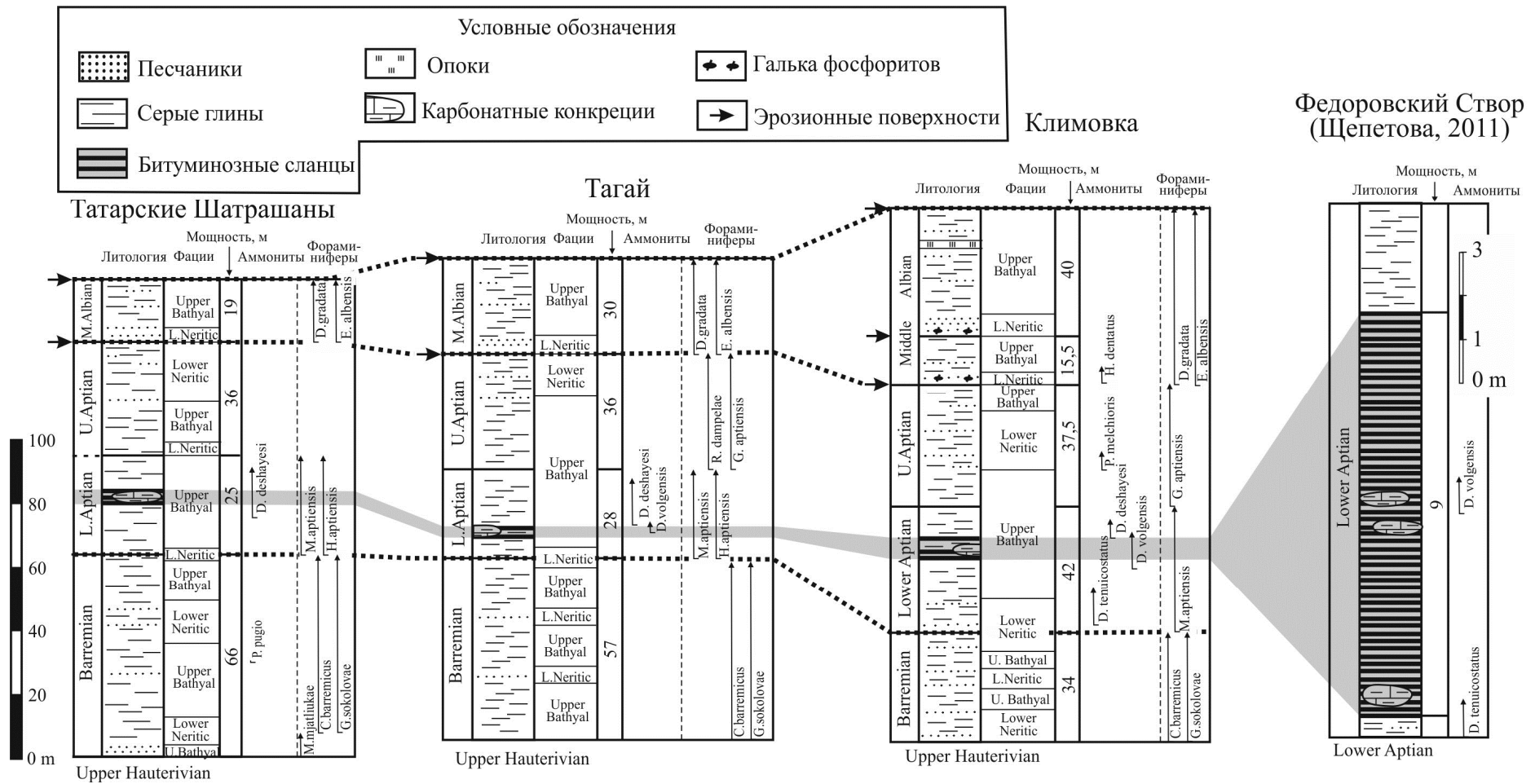


Рисунок 1. – Корреляция нижнемеловых разрезов северо-восточной (скважина у с.Татарские Шатрашаны), центральной (скважина у с.Тагай), восточной части Ульяновско-Саратовского прогиба (скважина у с.Климовка) и обнажения у с.Федоровский Створ (Щепетова, 2011) по раннеаптским битуминозным сланцам и глинам (ОАЕ-1а).

Предполагается (Сунгатуллина Г.М., Хайдаров И.Д., 2014), что аптские слои накапливались на дне нормально солёного моря, широко сообщавшегося с океаном или являвшегося его окраиной. После барремского похолодания климат медленно, но неуклонно теплел с ухудшением газового режима вод и сероводородным заражением, что приводило к тотальному вымиранию бентоса. Дефицит кислорода в морской воде проявлялся и в ином варианте – в её перенасыщении углекислотой и полном растворении кальцитовых скелетов организмов. Морской бассейн с нормальной солёностью вод сохранился на территории Среднего Каспия и в начале поздне меловой эпохи (устное сообщение Хайдарова И.Д., 2014).

По данным Сунгатуллиной Г.М. и Хайдарова И.Д. (2014) фораминиферы, обнаруженные в нижнемеловых отложениях скважины Нурсултан-1, позволяют провести корреляцию нижнего мела Среднего Каспия с другими территориями: Прикаспийской впадиной и востоком Русской плиты. Остракоды в разрезе скважины представлены видами в целом типичными для нижнемеловых отложений Тетиса. В целом обилие фауны фораминифер и остракод в изученных отложениях указывает на то, что в раннем мелу Средний Каспий представлял собой мелководный тёплый морской бассейн нормальной солёности. Небольшое углубление бассейна отмечено в аптском веке.

Таким образом, вполне очевидно предположить, что раннеаптский аноксический эпизод ОАЕ 1а проявлен на востоке Русской плиты и в Среднем Каспии в виде высокоуглеродистых прослоев.

Стратиграфическое значение аноксических событий состоит в синхронности их проявления по всему земному шару. Раннеаптский аноксический эпизод позволяет провести синхронную межрегиональную корреляцию, решив, тем самым, одну из основных задач стратиграфии.

Работа является вкладом в проект ЮНЕСКО – Международного союза наук о Земле IGCP – 609 «Ухудшение климата и условий обитания во время фаз потепления: Причины и последствия короткопериодных колебаний уровня моря в Меловом периоде».

#### Список литературы.

- 1) Савельева О.Л. Меловые океанские аноксические события: обзор современных представлений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010 №1. Вып.15. С.45–55.
- 2) Гаврилов Ю.О., Щепетова Е.Е., Барабошкин Е.Ю., Щербинина Е.А. Аноксический раннемеловой бассейн Русской плиты: седиментология и геохимия // Литология и полезные ископаемые. 2002. №4. С.359–380.
- 3) Jenkyns H.C. Geochemistry of oceanic anoxic events // Geochemistry. Geophysics. Geosystems 2010.V.11. Is. 3. DOI: 10.1029/2009GC002788.
- 4) Щепетова Е.В. Седиментология и геохимия углеродистых толщ верхней юры и нижнего мела Русской плиты. Автореферат кандидатской дис. М.: ГИН РАН. 2011. 33 с.
- 5) Zorina S.O. Eustatic, tectonic, and climatic signatures in the Lower Cretaceous siliciclastic succession on the Eastern Russian Platform // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2014. V.412. P.91–98.

## РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Пьянкова А.С.*

*Научный руководитель – доцент Мусин Р.Х.*

Лаишевский район Республики Татарстан площадью 2094 км<sup>2</sup> расположен несколько южнее г. Казани. Расположение и природные условия этого района делают его одним из наиболее популярных мест для коттеджной застройки. Ресурсный потенциал пресных подземных вод Лаишевского района значительный. В его пределах разведаны два крупных месторождения питьевых подземных вод – Столбищенское и Лаишевское с суммарными запасами около 400 тыс. м<sup>3</sup>/сут [1].

Цель работы – выявление перспектив питьевого водоснабжения за счет подземных вод застраиваемого коттеджного поселка «Ясная поляна». Этот поселок расположен в 15 км южнее Казани, на окраине лесного массива на небольшом удалении от пос. Габишево.

Общая площадь занимаемой территории комплекса составляет 300 га. Вся территория разбита на 400 земельных участков, площадью от 0,002 до 1 га. Комплекс обеспечен развитой автономной разветвленной инфраструктурой. Потребность в воде для питьевого водоснабжения составляет 615 м<sup>3</sup>/сут.

Современные представления о геологическом строении и гидрогеологических условиях района базируются на материалах предварительной разведки Столбищенского месторождения (Поляков С.И., Подателева И.А., 2001 г.).

Район работ находится в пределах крупной тектонической структуры первого порядка Волжско-Камской антеклизы, на южной окраине Казанско-Кировского прогиба – структуры второго порядка и целиком располагается на поверхности высоких террас р. Волги.

Зона преимущественного распространения пресных подземных вод охватывает лишь верхнюю часть разреза осадочного чехла, включая четвертичные аллювиальные и элювиально-делювиальные отложения, аллювиальные отложения плиоцена и пермские отложения казанского яруса, представленные терригенно-карбонатными образованиями. В многослойной толще пород различных по своим водно-физическим свойствам сформировался ряд связанных между собой водоносных горизонтов и комплексов, принадлежащих к Камско-Вятскому артезианскому бассейну:

- водоносный неоген-четвертичный аллювиальный комплекс (ВК- $N_2$ -Q);
- водоносный верхнеказанский терригенно-карбонатный комплекс (ВК- $P_2kz_2$ );
- водоносный нижнеказанский терригенно-карбонатный комплекс (ВК- $P_2kz_1$ );
- водоносный сакмарский сульфатно-карбонатный комплекс (ВК- $P_1s$ ).

Выделенные гидростратиграфические подразделения по составу воды являются пресными гидрокарбонатными магниево-кальцевыми, кроме водоносного сакмарского сульфатно-карбонатного комплекса здесь состав вод – гидрокарбонатно-сульфатный, либо сульфатный магниево-кальцевый, натриево-кальцевый, кальцевый. Водоносные горизонты находятся в зоне активного водообмена. Движение подземных потоков в этой зоне находится под дренирующим влиянием Куйбышевского водохранилища. Питание подземных вод в рассматриваемом блоке осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и последовательных нисходящих перетоков из верхних горизонтов в нижние.

Возможность водоотбора в количестве  $615 \text{ м}^3/\text{сут}$  определялась методом численного моделирования геофильтрации. Такое моделирование в настоящее время является основным методом исследований при решении сложных научно-практических задач [2; 3].

Геофильтрационная модель участка составлялась в программе «Modflow», состоящей на вооружении геологической службы США и являющейся важнейшим компонентом пакета PMWIN (Processing Modflow).

Площадь моделируемой области составляет  $87,17 \text{ км}^2$ , территория поделена на 34869 блоков, размером  $50 \times 50 \text{ м}$ , что составляет 177 блок по оси Y и 197 блоков по оси X. Западная граница проведена по гидроизогипсе 54 м, восточная граница модели проведена по гидроизогипсе 58 м (это граничные условия первого рода в виде  $H=\text{const}$ ). Северная и южная границы геофильтрационной модели проведены по линиям тока подземных вод (это границы II рода в виде  $Q=\text{const}$ ,  $Q=0$ ).

В вертикальном разрезе было выделено 4 расчетных слоя: 1-Q; 2- ( $P_2kz_2 + P_2kz_1$ ) +  $N_2$ ; 3- $P_1s_2 + N_2$ ; 4- $P_1s_1$ . Кровлей первого слоя является рельеф, он был оцифрован по топографической карте с помощью инструмента «Digitizer». Подошва первого слоя была оцифрована по эрозионной карте донеогеновых отложений. Все остальные слои имеют горизонтальное залегание.

Хотя участок находится в пределах Столбищенского месторождения пресных подземных вод, достоверных параметров по коэффициентам фильтрации немного. Поэтому инфильтрационное питание и коэффициенты фильтрации определялись методом подбора (решения обратных задач). Модель калибровалась таким образом, чтобы она соответствовала нашим природным условиям. Значения подбирались следующим образом, повышая инфильтрационное питание повышались и коэффициенты фильтрации, иначе образовывался водораздел подземных вод. Было проведено множество расчетов, оптимальные значения представлены в таблице 1 при инфильтрационном питании  $0.000135 \text{ мм/сут}$ , что составляет 10% от годовой нормы осадков.

По полученным данным построены карты равных напоров (рис. 1). Линии напоров совпадают с линиями напоров на гидрогеологической карте, следовательно, модель построена правильно и близка к природным условиям участка.

На исследуемой территории расположено 17 существующих водозаборных скважин с производительностью  $80 \text{ м}^3/\text{сут}$ , которые были смоделированы на второй расчетный слой. Для каждой скважины получены данные напоров в модели, которые в последующем сравнивались с реальными данными, привезенными с производственной практики из «Казаньгеология». Напоры в модели отличаются от реальных значений в интервале плюс-минус 0,5 м. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 1. – Основные параметры геофильтрационной модели.

№ слоя	Индекс слоя	Гидродинамический тип	Коэффициент фильтрации				А.о. кровли	А.о. подошвы
			Горизонтальный		Вертикальный			
1	Q	Безнапорный	12,5		5		120	40
2	$(P_2 k z_2 + P_2 k z_1) + N_2$	Напорно-безнапорный с варьирующей водопроводимостью	18,5	15,5	1,5	5	40	-20
3	$P_1 s_2 + N_2$	Напорно-безнапорный с варьирующей водопроводимостью	5	4	1,1	1	-20	-40
4	$P_1 s_1$	Напорный	3		0,1		-40	-70

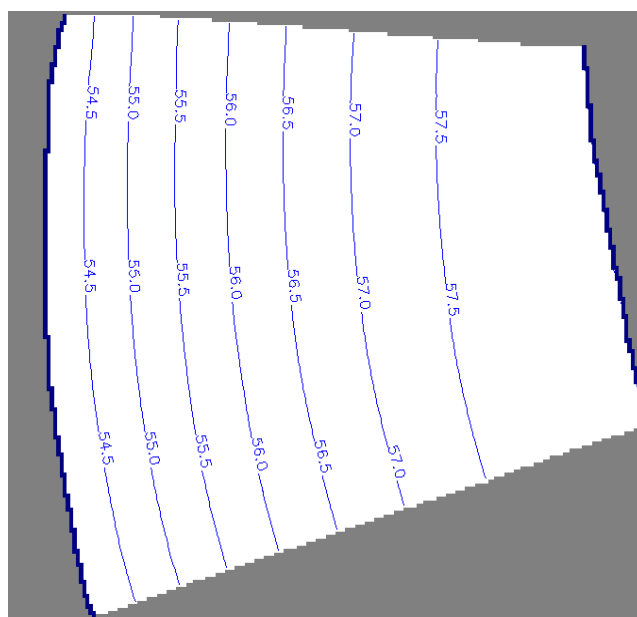


Рисунок 1. – Карта равных напоров второго модельного слоя.

Таблица 2. – Сопоставление модельных напоров с реальными

№ скважины	Реальные напоры, м	Напоры в модели, м	№ скважины	Реальные напоры, м	Напоры в модели, м
908	53	54,10	ОАО «СЗМН»	56	56,45
949	55	55,41	675	55,5	57,05
1094	55	55,49	1098	56	56,84
944	56	55,77	913	54	54,16
942	56	56,22	948	55	55,48
940	55,5	55,97	679	55	55,88
671	57	56,55	906	54	54,61
1058	56,28	56,53	674	56	56,80
1079	57	56,80			

Также была смоделирована новая водозаборная скважина, водоотбор осуществляется со второго расчетного слоя, который является субнапорным водоносным горизонтом. Для определения максимальной производительности скважины нужно помнить, что при откачке воды нельзя понижать уровень вод ниже его середины. Приняв свой водозабор за действующий, то по данным Столбищенского месторождения пресных подземных вод, уровень вод в скважине нельзя понижать ниже 14 м, иначе произойдет осушение. Напор подземных вод в блоке со скважиной перед откачкой равен 56,20 м. При откачке по расчетам, напор в скважине должен быть равен 42,2 м. Максимальный водоотбор скважины определяем путем подбора значений производительности скважины, ориентируясь на по-

казания напора в блоке со скважиной и учитывая понижение напора в центре блока скважины с помощью формулы:  $\Delta H = \frac{Q}{T} \left( \frac{1}{2\pi} \ln \frac{G}{Rc} - \frac{1}{n} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{n} \right)$ , где Q-максимальный водоотбор, T-водопроницаемость, G-размер блока, n-количество блоков вокруг скважины, Rc-радиус скважины (100 мм). Водопроницаемость находим по формуле:  $T = km_{кз} = 647 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Следовательно, если  $Q = 11250 \text{ м}^3/\text{сут}$ , то  $H_{скв} = 43,88 - (11250/647,1 * 0,11) = 42 \text{ м}$ .

При работе скважины с требуемой производительностью  $615 \text{ м}^3/\text{сут}$  влияние, оказывающее на другие водозаборные скважины минимальное, понижение составляет 0,1-0,2 м (рис 2).

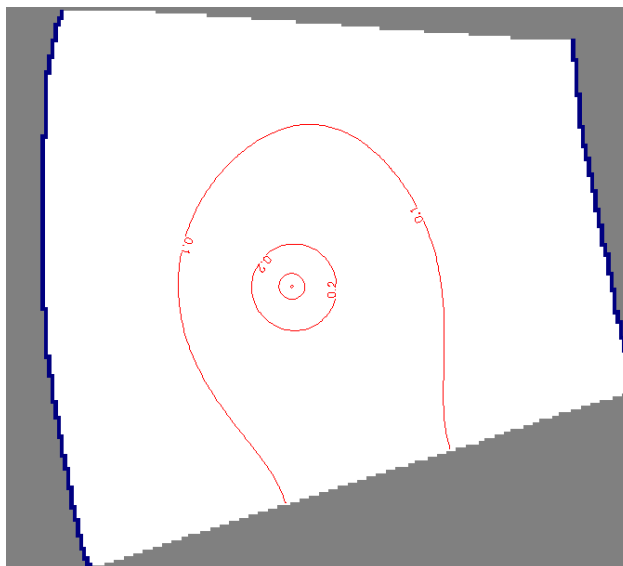


Рисунок 2. – Карта понижений.

#### Водно-балансовые характеристики:

Величина естественных ресурсов подземных вод составляет  $9842 \text{ м}^3/\text{сут}$  складывается из:

- динамические ресурсы, обеспечивающиеся в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков в размере  $8385 \text{ м}^3/\text{сут}$ ;
- приток воды с восточной границы в модель составляет  $1456 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

Из модели вода перетекает в сторону западной границе в объеме  $7119 \text{ м}^3/\text{сут}$ , скважины откачивают  $2725 \text{ м}^3/\text{сут}$ .

#### Список литературы.

- 1) Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2005 году. С. 488.
- 2) Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации. М.: Недра. 1988. С. 362.
- 3) Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации. М.: Недра. 1976. С. 348.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ МЕТОДОМ КОМПЕНСИРУЮЩИХ НАГРУЗОК

*Усманов Р.М.*

*Научный руководитель – доцент Латыпов А.И.*

Помимо основных свойств некоторые грунты обладают особенностями, характерными не для всех. Одним из таких свойств является набухание. Один из показателей набухания – давление набухания ( $P_{sw}$ ) – давление на образец грунта, возникающее при замачивании жидкостью и обжатии в условиях, исключающих возможность бокового расширения, при котором деформации набухания или сжатия грунта равны нулю. Из-за сложности и большой стоимости испытаний давление набухания определяется редко. Для определения этого параметра по ГОСТу необходимо испытать партию

идентичных образцов, вырезаемых из одного монолита грунта, путем обжатия их давлением и последующего водонасыщения [1]. В данной работе сравниваются результаты полученные двумя альтернативными методами. Один из которых также указан в ГОСТе – метод компенсирующих нагрузок. Второй - метод свободного набухания с последующим задавливанием. Для отбора образцов был выбран Килемарский район Республики Мари-Эл в 6,5 км юго-восточнее п. Килемары, на юго-восточной окраине д. Широкундыш.

### **Методики проведения исследований**

#### *Метод компенсирующих нагрузок*

Для определения зависимости набухания грунтов от нагрузки и давления набухания испытывают образец, передавая на него давление необходимое для компенсации давления набухания возникшего за одну ступень. Испытание продолжают до условной стабилизации грунта.

1) Часть образца с помощью вкладыша – шаблона выдавливают из рабочего кольца и срезают ножом так, чтобы высота оставшегося образца была не менее 10 мм.

2) Образец грунта в рабочем кольце покрывают с двух сторон фильтрами и помещают при определении набухания под нагрузкой – в компрессионный прибор.

3) Затем проводят следующие операции:

- регулируют механизм нагружения образца в компрессионном приборе;
- устанавливают устройства для измерения вертикальных деформаций образцов;
- записывают начальные показания устройств.

4) После нагружения образцов грунта в компрессионных приборах их выдерживают до условной стабилизации деформаций, после чего образцы замачивают, залив жидкость в поддон.

5) После замачивания образцов в компрессионных приборах регистрируют деформации через 5; 10; 30; 60 мин, далее через 2 ч в течение рабочего дня, а затем в начале и конце рабочего дня до достижения условной стабилизации деформаций.

6) За критерий условной стабилизации деформаций свободного набухания грунтов или деформаций набухания под нагрузкой при данной ступени давления в компрессионных приборах следует принимать деформацию не более 0,01 мм за 16 ч.

7) После завершения набухания образца необходимо слить жидкость из прибора, кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить, провести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце и определить влажность грунта [1].

#### *Метод свободного набухания с последующим задавливанием*

Для определения зависимости набухания грунтов от нагрузки и давления набухания испытывают образец, в 2 стадии. В первую стадию образец набухает в свободном состоянии до условной стабилизации грунта. Во второй стадии на образец подается постепенная нагрузка с увеличением до возвращения образца до первоначального объема.

Первая часть испытания полностью повторяет метод компенсирующих нагрузок, за исключением нагрузки, здесь образец набухает в свободном состоянии без нагрузки

1) После, на образец подается постепенная нагрузка с увеличением до возвращения образца до первоначального объема, то есть эта стадия компрессионной нагрузки.

2) После завершения набухания образца необходимо слить жидкость из прибора, кольцо с влажным грунтом (без фильтров) взвесить, провести контрольное измерение высоты образца грунта в кольце и определить влажность грунта.

Таблица 1. – Результаты испытаний.

Метод свободного набухания, МПа	Метод компенсирующих нагрузок, МПа
0,13	0,03
0,04	0,02
0,12	0,03
	0,02
	0,04
	0,03

Исследование показало расхождение в результатах, сделанных разными методами.

Расхождение, скорее всего, связано с тем, что образцы испытанные вторым методом кроме воды переходного типа приобретают связанную воду, для отжатия которой требуется приложение большей нагрузки.

### Список литературы.

- 1) ГОСТ 12248–2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. М.:Стандартинформ. 2011. 82 с.
- 2) ГОСТ 5180–84 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.:Стандартинформ. 1985. 23 с.
- 3) ГОСТ 25100–95 «Классификация грунтов». М.:Стандартинформ. 1995. 35 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСЕКТОРНОГО ЗОНДА ИМПУЛЬСНОГО НЕЙТРОН – НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОЛЛИМАЦИИ ДЕТЕКТОРОВ

*Хамиев М.М.*

*Научный руководитель – старший преподаватель Косарев В.Е., научный сотрудник Гончарова Г.С.*

В современное время вопрос разработки трудно-извлекаемых углеводородов при истощении крупных месторождений нефти и газа стал особо актуален. Одним из ведущих наиболее популярных и результативных методов добычи такого рода углеводородов стал гидроразрыв пласта (ГРП) [1] – метод, позволяющий извлекать сланцевый газ и многократно повышающий дебит добывающих скважин.

Несмотря на все преимущества, ГРП является очень дорогостоящим методом, поэтому требует тщательного проектирования и контроля. Целью нашей работы является моделирование аппаратуры ИННК для определения азимута трещины ГРП.

Многосекторный прибор был смоделирован как модифицированный зонд ИННК, содержащий несколько равноудаленных от оси прибора газонаполненных детекторов, изолированных друг от друга коллимацией. Это позволяет регистрировать нейтроны с определенных секторов породы, и определять азимут трещины гидроразрыва пласта. В данной работе приведены исследования по оценке качества коллимации детекторов.

Построение физической модели в нашем случае было невозможно вследствие высокой стоимости генератора нейтронов и детекторов. Однако для таких случаев в мировой практике широко распространен подход создания математических моделей эксперимента и численного моделирования. Самыми надежными и популярными программными средствами моделирования нейтронного взаимодействия являются программы MCNP и Geant4, основанные на методах Монте-Карло [2), 3)]. При выполнении вычислений в данной работе были использованы возможности программного пакета MCNP5.

На начальном этапе была создана модель породы известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) 5% пористости (поры во всех случаях заполнены пресной водой), в которой помещался прибор ИННК (рисунок 1). Известняк представлял собой цилиндр диаметром 120 см и высотой 200 см, в центре данного цилиндра породы, вдоль оси, располагается корпус зонда ИННК. Корпус прибора представляет собой стальную трубу, длиной 1200 мм, внешним диаметром 90 мм, с толщиной стенки 8 мм.

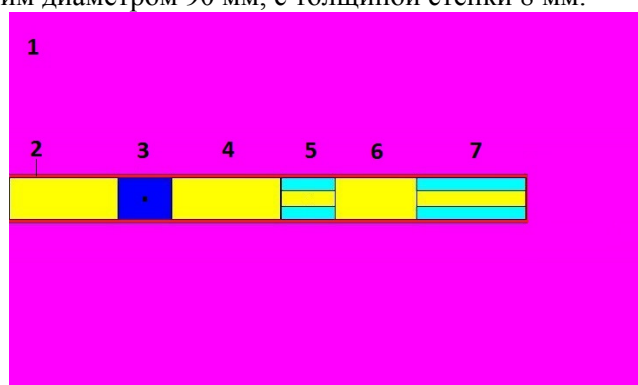


Рисунок 1. – Модель среды с аппаратурой ИННК: 1 – порода, 2 – корпус прибора, 3 – источник быстрых нейтронов, 4 – фильтр, 5 – блок детекторов ближнего зонда (БЗ 30см), 6 – фильтр, 7 – блок детекторов дальнего зонда (ДЗ 60см).

Прибор ИННК состоит из следующих конструктивных элементов:

1. Источник быстрых нейтронов, мощностью 14.1 МэВ.
2. Фильтр (защита) [4]) от прямого прохождения нейтронов от источника к детектору. Данная защита представляет собой капролоновый цилиндр, замедляющий быстрые нейтроны до тепловых. К торцу капролонового цилиндра, под блоком детекторов прижата круглая пластинка (толщиной 1 мм) из кадмия, которая поглощает тепловые нейтроны.
3. Блоки детекторов ближнего (30 см) и дальнего (60 см) зонда, конструкция которого будет описана более подробно.

Моделирование многосекторного зонда предполагает создание устройства, обеспечивающего регистрацию сигнала с определенного сектора породы. На рисунке 2 представлена модель блока детекторов равноудаленных от центра и прижатых к стенке прибора. Из-за ограниченности внутреннего диаметра корпуса прибора и размеров самих детекторов, удалось разместить не более 6 детекторов в ближнем и дальнем зондах.

В результате численных расчетов мы получили 12 спадов (по 6 с ближнего и дальнего зондов) количества нейтронов, зарегистрированных детекторами в зависимости от времени. Благодаря хорошей статистике (300 млн. нейтронов для одной модели), спады, зарегистрированные на 6 детекторах ближнего зонда равны между собой. Спады на детекторах дальнего зонда также равны между собой.

В связи с тем, что нейтроны могут легко проникать через корпус прибора и в соседние детекторы, на втором этапе была поставлена задача обеспечения селективной регистрации нейтронов с соответствующего сектора породы и создание модели установки, позволяющей оценить качество коллимации. На рисунке 3 представлена модель оценки качества коллимации. В вакууме находится цилиндр породы известняка ( $K_p=5\%$ , насыщен пресной водой) и блок детекторов ИННК. Высота цилиндра породы равна 80 см, радиус равен 36,6 см. Такой объем породы обеспечивает пространство для распространения нейтронов. Источник мощностью 14.1 МэВ находится в центре вышеописанного цилиндра породы. К цилиндру породы примыкает блок детекторов таким образом, что нейтронами облучается только один сектор блока. От источника до блока детекторов доходят как надтепловые, так и тепловые нейтроны, что важно для корректной оценки коллиматоров детектора. В центре блока детекторов размещен нейлон – для замедления нейтронов внутри каждого зонда.

Анализ оценки качества коллимации проводился следующим образом:

1. Имитируется запуск генератора нейтронов. Блок детекторов регистрирует тепловые нейтроны.
2. Количество нейтронов зарегистрированных на облучаемом детекторе принимается за 100%, количество нейтронов зарегистрированных на остальных детекторах оценивается в процентном соотношении относительно облучаемого детектора.

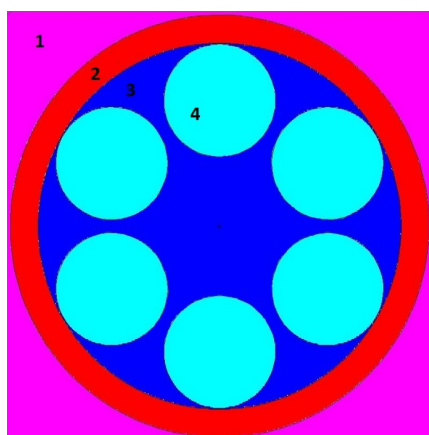


Рисунок 2. – Модель блока детекторов без коллимации: 1 – порода, 2 – корпус прибора, 3 – воздух, 4 – газонаполненный детектор.

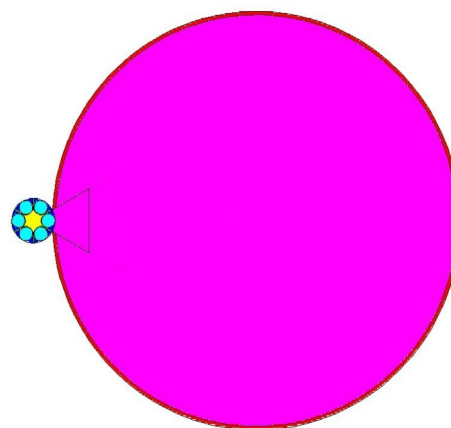


Рисунок 3. – Модель установки оценки качества коллимации многосекторного зонда ИННК (вид сверху).

На рисунке 4 показаны модели с разной коллимацией: а) детекторы полностью окружены кадмиевой пластиной, б) детекторы не полностью окружены кадмиевой пластиной.



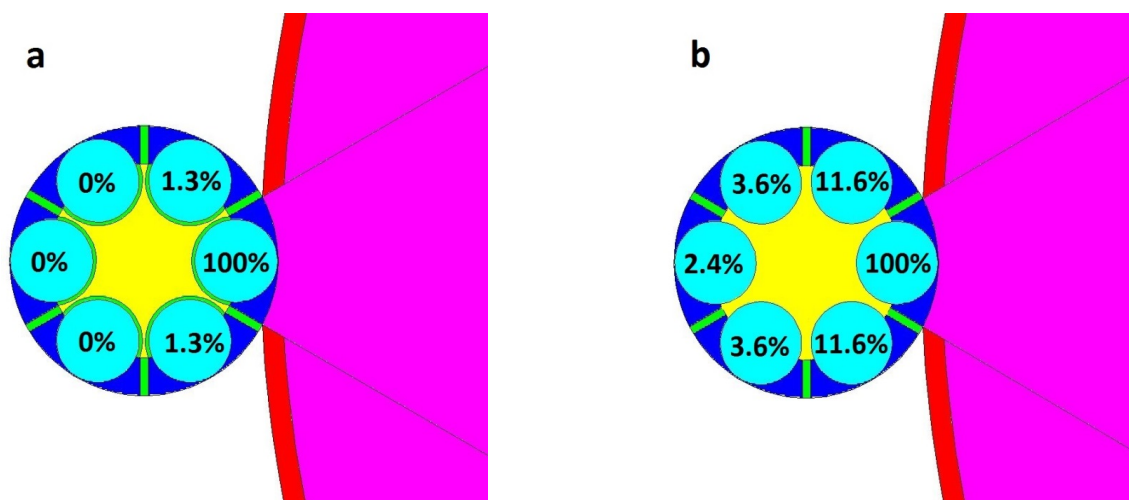


Рисунок 4. – Модель блока детекторов с коллимацией.

Из рисунка видно, что значение помехи связанной с несовершенством коллимации будет равно 2,6% и 32,8% на моделях а) и б) соответственно. Очевидно, при отсутствии кадмиевых пластин с внутренней стороны (модель б), помеха, связанная с качеством коллимации, в 13 раз выше. Этот эксперимент подтверждает необходимость оборачивания детекторов кадмием, чтобы исключить регистрацию нейтронов (вылетевших) из соседних секторов породы, прошедших через корпус прибора

Проведенное нами моделирование позволяет оценить качество коллимации детекторов в 6-ти секторном блоке и выбрать наиболее оптимальную конструкцию зонда с целью более точного определения азимута трещины ГРП многосекторной аппаратурой ИННК. При моделировании прибора, в частности ближнего и дальнего зонда, рекомендуется использование материалов и элементов коллимации, как показано на рисунке 5.

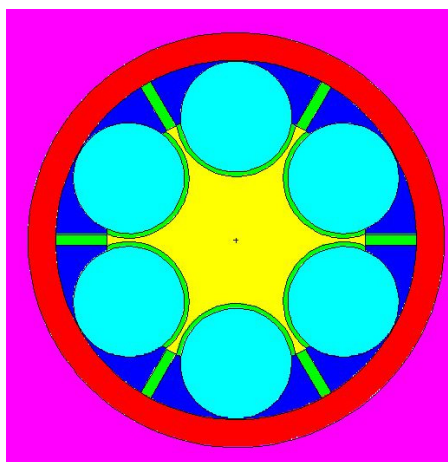


Рисунок 5. – Модель блока детекторов с коллимацией.

### Список литературы.

- 1) Jennings A.R., Enhanced Jr. P.E. Well Stimulation, Inc. Применение гидравлического разрыва пласта.
- 2) Интернет-ресурс: Введение в MCNP [http://ontology.mephi.ru/files/2010-11-05\\_19-31-59\\_MCNP\\_rus.pdf](http://ontology.mephi.ru/files/2010-11-05_19-31-59_MCNP_rus.pdf).
- 3) Интернет-ресурс: Geant4 URL: <http://geant4.web.cern.ch/geant4/> (дата обращения: 12.05.15).
- 4) Ракаев И.М., Косарев В.Е., Гончарова Г.С., Платов Б.В. Моделирование фильтров нейтронов для аппаратуры импульсного нейтронного каротажа методами Монте-Карло / Сборник статей «Материалы V Всероссийской студенческой научно-практической конференции (Пермь, 3–4 марта 2014)» Российская и мировая нефтегазовая экономика: проблемы и перспективы. Пермь 2014.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СЕРПЕНТИНИТОВ МИАССКОГО РАЙОНА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

*Хасанова А.Н.*

*Научный руководитель – ассистент Дусманов Е.Н.*

Данная работа посвящена изучению трех массивов ультрамафитов, расположенных в Миасском районе (Челябинская область). Массивы представляют собой линзо- и пластинообразные тела, ограниченные разрывными нарушениями. Сыростанский и Атлянский массивы характеризуются северо-восточным простиранием, Бишкильский – субмеридианальным. Ширина массивов достигает сотен метров, реже – до километра, протяженность Сыростанского массива составляет 2,5-3 км, Атлянского и Бишкильского – более 10 км.

Сыростанский массив ультрамафитов сложен преимущественно тальк-карбонатными породами, среди которых отмечаются ядра антигоритовых серпентинитов. Атлянский массив сложен в северной части серпентинитами антигоритового состава, в центральной части – хризотилоидными серпентинитами. Бишкильский массив сложен в различной степени выветрелыми серпентинитами преимущественно лизардит-хризотилоидного состава, реже, по литературным данным, отмечаются тальк-карбонатные породы.

В результате изучения петрографических шлифов оптико-микроскопическим методом серпентиниты были разделены на ряд групп по различным признакам, приведенным ниже.

Так, *по первичному составу* были выделены:

- 1) серпентиниты аподунитовые;
- 2) серпентиниты по ортопироксеновым дунитам;
- 3) серпентиниты по клинопироксенсодержащим ортопироксеновым дунитам;
- 4) серпентиниты по дунит-гарцбургитам;
- 5) серпентиниты апогарцбургитовые.

При реконструкции первичного состава ультрамафитов были использованы методика Б.Я. Меренкова [1] и «Количественно-минералогическая классификация гипербазитов» К.К. Золоева [2]. Выделенные разности первичных ультраосновных пород различаются между собой по количественному соотношению оливина, орто- и клинопироксенов. Так, для аподунитовых серпентинитов характерно отсутствие признаков пироксенов. Серпентиниты по ортопироксеновым дунитам выделяются по содержанию бастита (псевдоморфоза серпентина по ортопироксену) в количестве до 15%. В серпентинитах по клинопироксенсодержащим ортопироксеновым дунитам присутствует как бастит, так и реликтовый клинопироксен, суммарное количество которых не превышает 15%, причем преобладает бастит. Апогарцбургитовые серпентиниты определяются по относительно высокому содержанию бастита, которое может изменяться от 25 до 75%.

*По минеральному составу* выделяются следующие разности серпентинитов:

- 1) преимущественно хризотилоидные серпентиниты;
- 2) преимущественно антигоритовые серпентиниты;
- 3) преимущественно лизардитовые серпентиниты;
- 4) преимущественно хризотиловые серпентиниты.

Среди преимущественно *хризотилоидных* серпентинитов выделяются:

- лизардит-хризотилоидные;
- хризотил-лизардит-хризотилоидные;
- антигорит-лизардит-хризотилоидные.

В данной группе хризотилоид и лизардит образуют петельчатую структуру. Ядра ячеек сложены бесструктурным серпентином либо лизардитом секториального строения. Центральная часть шнуров сложена лизардитом, периферийная – хризотилоидом. Иногда бывает наоборот: центральная часть образована хризотилоидом, а периферийная – лизардитом. В осевых частях шнуров, сложенных лизардитом и хризотилоидом, иногда отмечается значительное содержание магнетита. В ряде случаев в зернах бастита присутствует выделение граната в количестве 30–40%.

Преимущественно *антигоритовые* серпентиниты представлены:

- собственно антигоритовыми серпентинитами;
- оталькованными и карбонатизированными антигоритовыми серпентинитами.

Антигорит характеризуется сноповидной структурой, нередко снопы образуют радиально-лучистые агрегаты. В ряде случаев снопики антигорита образуют скопления, в которых они ориентированы субпараллельно (1–3%). Вероятно, эти агрегаты образованы по баститу, так как в некоторых из них наблюдаются линейные параллельные скопления зерен магнетита. Нередко в таких серпентинитах бастит полностью замещен антигоритом, и его определение возможно только по линейным скоплениям зерен магнетита либо по субпараллельно расположенным лейстам антигорита.

Группа преимущественно *лизардитовых* серпентинитов представлена:

- хризотилоид-лизардитовыми серпентинитами;
- хризотил-хризотилоид-лизардитовыми серпентинитами.

Лизардит формирует либо петельчатую структуру, либо субпараллельно расположенные шнуры. К осевым частям шнуров лизардита часто приурочен магнетит, образующий удлиненные скопления в их центральных частях. Лизардит также встречается в виде конвертообразных (секториальных) ячеек. Хризотилоид встречается в ассоциации с лизардитом, выполняя центральные части ячеек и редкие шнурки. Хризотил образует вытянутые поперечноволоконистые прожилки. Прожилки хризотила пересекают ячейки лизардита, хризотилоида, а также зерна бастита. Магнетит приурочен также и к прожилкам хризотила, образуя пылеватые частицы или зерна более крупных размеров. Бастит образует округлые зерна изометричной формы. Некоторые зерна бастита замещены продуктами выветривания на 30–40%.

К преимущественно *хризотиловым* серпентинитам отнесены:

- опализированный лизардит-хризотиловый серпентинит;
- лизардит-хризотилоид-хризотиловый серпентинит.

Хризотил в таких серпентинитах образует решетчато-петельчатую структуру, причем петли по форме отличаются от лизардитовых и хризотилоидных петель. В данных серпентинитах отмечаются прожилки хризотил-асбеста, для экзоконтактов которых характерно зональное строение, описанное для одного из образцов и заключающееся в наличии следующих участков, следующих от центра к периферии: 1) прожилок хризотил-асбест; 2) зона развития магнетита в хризотила; 3) зона офитоподобного параллельноволокнистого хризотила; 4) полоса развития хризотилоида линзовидно-секториального; 5) хризотил гофрировано-секториальный с реликтами зерен оливина и клинопироксена.

В ходе изучения петрографических шлифов была установлена следующая *последовательность образования минералов* в ультрамафитах:

- 1) оливин, ортопироксен, клинопироксен, хромшпинелид, гранат(?);
- 2) лизардит (без магнетита), хризотилоид, бастит ( $\pm$ магнетит), хлорит, хроммагнетит;
- 3) антигорит, хризотил, лизардит (с магнетитом), хризотилоид, магнетит;
- 4) карбонаты, тальк;
- 5) продукты выветривания по оливину и клинопироксену, опал.

Данные массивы серпентинитов были выбраны не случайно – с каждым из них связаны проявления поделочных серпентинитов.

Поделочные серпентиниты Сыростанского массива сложены преимущественно антигоритом. Декоративность свойственна более выветрелым разностям, так как при этом светлые зерна карбоната, отвечающего по составу брейнериту (железистый магнезит, данные получены с помощью микронзондового анализа на растровом электронном микроскопе) частично замещаются гидроксидами железа, приобретая светло-коричневую окраску. Сам антигорит при этом становится более светлым.

Поделочные серпентиниты Атлянского массива в северной части представлены антигоритовыми разностями, в центральной – хризотилоидными. Антигоритовые серпентиниты имеют светло-зеленовато-желтую окраску с темно-серыми пятнами (бастит с магнетитом). В хризотилоидных серпентинитах пятнистая окраска обусловлена наличием темных зерен бастита с магнетитом на фоне зеленой массы хризотилоида. Менее выветрелые разности имеют более темную окраску.

Наибольшее разнообразие рисунков присуще поделочным серпентинитам Бишкильского массива. Данные серпентиниты имеют преимущественно хризотилоидный состав, реже отмечаются хризотиловые разности. Стоит отметить, что присутствующие в массиве серпентиниты лизардитового состава декоративными свойствами не обладают (характеризуются однородным темно-серым до черного с зеленоватым оттенком цветом). Имеющийся рисунок обусловлен наличием светлых выделений, представленных баститом, на фоне более темной массы, сложенной хризотилоидом с лизардитом и магнетитом. Также окраска обусловлена вторичными изменениями, в результате которых не только основная масса серпентина, но и зерна бастита приобрели более светлую окраску. Отдельно стоит

отметить светло-зелено-серые аподунитовые лизардит-хризотилитовые серпентиниты с овальными агрегатами опала размером 2–3 мм, имеющими коричневый цвет.

Данные серпентиниты характеризуются хорошей и отличной способностью к полировке, причем серпентиниты антигоритового состава принимают полировку, близкую к идеальной, в то время как серпентиниты хризотилоидного и хризотилового полируются хуже и с большим трудом.

В результате выполненной работы для ультрамафитов исследуемых массивов:

- реконструирован их первичный состав;
- установлен минеральный состав серпентинитов;
- определена общая последовательность минералообразования;
- сделаны выводы о зависимости декоративных свойств серпентинитов от первичного состава ультрамафитов, от минерального состава и от проявления последующих процессов преобразования серпентинитов, а именно – выветривания.

### **Список литературы.**

- 1) Меренков Б.Я. Реликтивно-псевдоморфные структуры ультраосновных пород и продуктов их изменения // Тр. ИГЕМ АН СССР. Москва. Изд-во АН СССР. 1957. Вып.17. С.57–84.
- 2) Золоев К.К. Химическая основа количественно-минералогической классификации альпинотипных гипербазитов // Докл. АН СССР. 1970. Т.192. №2. С.242–253.

## **ТЕОРИИ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ**

*Шавалиев Э. Д.*

*Научный руководитель – к.х.н. Фахретдинов П.С.*

Проблема происхождения нефти давно привлекает внимание исследователей – геологов и геохимиков. Образование углеводородов и других веществ, входящих в состав нефти и газа, и их изменения представляют собой ряд химических, а образование нефтегазовых залежей – ряд физических и физико-химических процессов. Всё это происходит на фоне процессов геологического развития, влияющих на образование и миграцию нефти и газа, и при том в аспекте геологического времени.

В сегодняшнее время существуют две доминирующие теории происхождения нефти биогенная и абиогенная теории.

### **Биогенная теория происхождения нефти.**

Одной из основных является осадочно-миграционная теория происхождения нефти. Согласно представленной Губкиным и позднее дополненной разными авторами теории, процесс образования нефти проходит несколько стадий [1, 2]:

1. Стадия осадконакопления – остатки живых организмов выпадают на дно водных бассейнов.
2. Биохимическая стадия – происходят процессы уплотнения, обезвоживания и биохимические процессы в условиях ограниченного доступа кислорода, в результате чего образуется «кероген» – нерастворимое органическое вещество.
3. Протокатагенез – опускание пласта органических остатков на глубину до 1,5-2 км, при медленном подъеме температуры и давления (катагенез – это изменение осадочных пород в условиях повышенных температур и давлений).
4. Мезокатагенез или главная фаза нефтеобразования – пласт органических остатков опускается на глубину до 3-4 км, при подъеме температуры до 150°C. Под воздействием температуры и давления «кероген» преобразуется в жидкие углеводороды, составляющие основу нефти. Далее происходит отгонка нефти за счет перепада давления и вынос в песчаные пласты-коллекторы, а по ним в ловушки.
5. Апокатагенез керогена или главная фаза газообразования – пласт органических остатков опускается на глубину более 4,5 километров, при подъеме температуры до 180-250°C. При этом происходит преобразование органического вещества уже не в нефть (т.е. жидкие углеводороды), а в метан (газ) [1, 2].

### **Нефтеобразование по О.Г. Сорохтину**

По О.Г. Сорохтину образование нефти объясняется возгонкой и термолизом биогенных веществ, затянутых вместе с океаническими осадками в зону субдукции, где проходит подвиг океанической литосферной плиты под континентальную. Осадки, попавшие в зазор между движущимися плитами, подвергаются воздействию интенсивного сжатия, повышенного давления и прогрева, поэтому в них

процессы диагенеза и катагенеза протекают значительно быстрее, чем в обычных условиях. Прежде, чем попасть в зону поддвига, океанические осадки ещё в условиях первичного залегания на дне проходят длительную стадию диагенеза в течение 100-150 миллионов лет. Одновременно происходит и некоторое преобразование органического вещества в сторону его созревания в микронефть. В зоне поддвига осадки с органическим веществом попадают в условия повышенного температурного режима. В зонах поддвига возникают природные перегонные кубы, где в сравнительно короткое геологическое время происходит трансформация рассеянного органического вещества в нефть за счёт жёсткого температурного режима [3, 4].

Океанические остатки, приходящие в зону поддвига, всегда насыщены поровыми и кристаллизационными водами, концентрация которых иногда достигает 50%. При разогреве эти воды превращаются в термальные флюиды с температурой до 400°C и давлением более 20 МПа. Флюиды будут стремиться уйти из-под зоны поддвига в область меньшего давления. На своём пути они неизбежно начнут выжимать, растворять и выносить капельно-жидкую нефть. Это тот самый фактор выноса микронефти из материнской породы. Именно перегретый водяной пар с избыточным давлением способен эффективно вытеснить рассеянную микронефть и осуществить процесс её миграции.

В предлагаемом механизме формирования месторождений нефти и газа мобилизация и миграция рассеянных углеводородов происходит за счёт активной промывки осадочных слоёв термальными водами. Они вовлекают образовавшиеся углеводороды в общий глубинный водонефтяной поток, направленный в сторону уменьшения давления, т.е. в сторону от зоны поддвига. Избыточное давление термальных вод поддерживается за счёт постоянной мобилизации и перегрева породных вод океанических осадков, а также вод, освобождающихся при дегидратации океанической коры в зоне субдукции [3, 4].

#### **Неорганическая теория.**

Во второй половине XIX в. в связи с развитием органической химии и со все более глубоким изучением компонентов нефти французскими (М. Бертло, Г. Биассон) и немецкими (С.Клоэц) химиками был выполнен ряд экспериментов по неорганическому синтезу сложных углеводородов. Эти эксперименты послужили основой для выдвижения нескольких гипотез минерального образования нефти в недрах Земли.

А также, наш великий российский ученый Менделеев, вывел гипотезу, что нефть образуется в глубоких недрах Земли в результате химических реакций с участием соединений углерода и водорода при высоких температурах. По мнению ученого, происходит реакция воды на углеродистые металлы (карбиды). Наличие карбидов в недрах Менделеев предполагал, опираясь на современные ему космогонические представления и на результаты исследования метеоритов [5].

В конце XIX в. была выдвинута концепция космического происхождения нефти и газа, в которой обращалось внимание на присутствие углеводородов в метеоритах и на неизбежность синтеза значительных количеств углеводородов на небесных телах, в особенности на ранних стадиях формирования планет, вследствие обилия в их составе водорода и углерода. Эти построения вскоре получили поддержку у химиков, причем в качестве дополнительного аргумента был использован факт обнаружения углеводородов в кометах и атмосферах «красных звезд». Предполагалось также, что синтез углеводородов на Земле не завершился на ранних этапах ее формирования, а продолжается в глубоких недрах и в настоящее время [6].

Эти идеи подводили базис под теорию глубинного образования нефти и газа. Стало возможным выделение двух типов дифференциации вещества Земли: напряженного (магматического) и ослабленного (эманационного, флюидного), а так же связать подъем глубинных углеводородов с глобальными тектоно-геохимическими процессами, сопровождающимися дегазацией. По мнению приверженцев неорганической теории газ не является продуктом дегазации нефти, а наоборот, накопление нефти в земной коре отходит на второй план на фоне колоссального процесса поднятия углеводородов из недр Земли [7]. Таким образом, образование залежей нефти и газа оказалось связанным с «газовым дыханием» Земли; также был показан парагенез углеводородов с другими глубинными газами (азотом, гелием), акцентировано внимание на связи нефти и газа с разрывами и участками крутого изгиба (флексурами) поверхности фундамента. На ряде примеров удалось показать, что залежи углеводородов и нефтепроявления в разрезе часто имеют вид вертикальной «трубы», связанной внизу с зонами дислокаций фундамента. Был впервые сформулирован вывод о сквозном характере нефтегазоносности разреза осадочных пород (присутствии нефти и газа в тех или иных концентрациях по всему стратиграфическому разрезу от пород фундамента до при поверхностных горизонтов) в каждом крупном продуктивном регионе [7].

#### **Аргументы за абиогенную теорию происхождения нефти**

### ***Дегазация Земли.***

Работами Ф.А. Летникова, А.А. Маракушева, Г.И. Войтова, В.Н. Ларина и др. доказано существование источников первичных доноров нефти и газа – водорода, углерода и метана в мантии и ядре Земли, обеспечивающих на Земле баланс запасов углеводорода [8].

По данным Б.М. Валяева в планетарном масштабе при ежегодном минимальном поступлении углеводородных газов ( $5 \times 10^{13}$  г/год) за 500 млн. лет к поверхности Земли вынесено углеводородов ( $2,5 \times 10^{22}$  г) во много тысяч раз больше прогнозных запасов нефти ( $2 \times 10^{17}$  г), нефтяных битумов ( $1 \times 10^{18}$  г) и горючих сланцев ( $5 \times 10^{18}$  г) вместе взятых [9].

Обнаружение глобальной сети разгрузки глубинных углеводородов в виде метановых «факелов» высотой до 600-1000 м над глубинными разломами на дне Марианской и Тонгалезкой впадин, Карибского и Красного морей, Калифорнийского залива, в других местах вдоль всей глобальной системы рифтов и трансформных разломов. Из ныне действующих подводных гидротерм с температурой 330-400°C, где на дне океана нет никаких осадочных пород, отобраны пробы гидротермальных нефтей. Обычными находками глубоководных проб являются образцы гидротермального каменного угля и жидкой гидротермальной нефти, обнаружены крупные промышленные залежи нефти (Калифорнийский залив и тихоокеанская впадина Эсканаба) [9].

### ***Месторождения углеводородов в фундаменте.***

Прямым доказательством абиогенного происхождения нефти является установление промышленной нефтегазоносности базальных континентальных отложений осадочного чехла и фундамента в пределах более чем 50 нефтегазоносных бассейнов Земли [10].

### ***Изотопный состав.***

Состав первичных флюидных включений, изученных в 227 образцах мантийных перидотитовых ксенолитов в щелочных базальтах, перидотитов из офиолитовых толщ, перидотитовых кумулятов, серпентинизированных тектонитов, базальтов, габбро и гранитов, отобранных в 50 регионах и разных частях мира, содержит метан ( $\text{CH}_4$ ), этан ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), пропан ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), бутан ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ), тяжелые алканы группы  $n\text{-C}_{14}$  –  $n\text{-C}_{33}$ , а из изопреноидного ряда – пристан и фитан [10].

### ***Не биологическое происхождение «биомаркеров».***

Факт, окончательно развеивающий доводы об органической природе «биометок» природных нефтей, приводит А.С.Эйгенсон: «ни в одной нефти не обнаружено хотя бы остатков железных и магниевых комплексов порфиринов, но только ванадиевые и никелевые». В то время как, «именно производные порфирина в виде магниевого комплекса входят в состав хлорофилла зеленых растений, а в виде комплекса двухвалентного железа – в состав гемоглобина и цитохрома» [10].

### ***Подпитка месторождений.***

Несопоставимость потенциала некоторых богатейших нефтегазоносных бассейнов мира, к результатам балансовых отчетов, оценивалась не разами, а порядками, что может говорить о физической невозможности осадочных пород месторождений производить и вмещать фактически добываемые объемы нефти и газа без мантийной подпитки [10].

### ***Углеводороды в Солнечной системе и галактике.***

Наличие огромного количества метана на Титане и в атмосферах Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна трактуется в качестве доказательства формирования углеводородов без живых организмов [10].

### ***Кругооборот углеродов.***

Давайте проследим путь, который проделывают углерод и его соединения в природе. Наиболее распространенным из таких соединений является диоксид углерода. Масса этого вещества в атмосфере оценивается астрономической цифрой 400 000 000 000 тонн! В процессе выветривания и фотосинтеза ежегодно из атмосферы поглощается более 800 000 000  $\text{CO}_2$  (углекислый газ). Если бы не было механизма кругооборота, то за несколько тысяч лет углерод полностью исчез бы из атмосферы, оказался «захороненным» в горных породах. По современным оценкам, масса диоксида углерода, «спрятанного» в горных породах, примерно в 500 раз превышает его запасы в атмосфере [12].

Еще одним переносчиком углерода является метан. Его в атмосфере тоже немало – около 5 000 000 000 тонн. Однако из атмосферы происходит утечка метана в стратосферу и далее в космическое пространство. Кроме того, метан расходуется и в результате фотохимических реакций. Продолжительность существования молекулы метана в атмосфере в среднем составляет 5 лет [12].

Следовательно, что бы пополнить его запасы, в атмосферу ежегодно должно поступать около 1 000 000 000 тонн метана из подземных запасов. И он, действительно, поступает в виде метанового испарения или, как говорил Вернадский, «газового дыхания Земли» [12].

И стало быть, в практических поисках нефти и газа надо использовать весь арсенал теорий и гипотез, которыми располагает современная наука, не ограничивать свой взгляд какими-то искусственными шорами. И тогда успех придет.

### Список литературы.

- 1) Губкин И.М. Учение о нефти. Редакционная коллегия: Трофимук А.А., Вассоевич Н.Б., Варенцов М.И., Наливкин В.Д., Бакиров А.А. Наука: издание третье. 1975. 384 с.
- 2) Вассоевич Н.Б. Теория осадочно-миграционного происхождения нефти. Известия АН СССР. 1967. №11. С.135–156.
- 3) Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: Изд-во МГУ. 2002. 506 с.
- 4) Сорохтин О.Г., Чилингар Д.В., Сорохтин Н.О. Теория развития Земли: происхождение, эволюция и трагическое будущее. РАН, РАЕН. Москва; Ижевск : Ин-т компьютерных исслед.. 2010. 751 с.
- 5) Менделеев Д.И. Нефтяная промышленность в Северо-Американском Штате Пенсильвании и на Кавказе. Академия наук СССР. 1949. 832 с.
- 6) Соколов Б.А., Мельников Ф.П. Доклады АН СССР. 1981. Т.261. №2. 471 с.
- 7) Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. ООО "Геоинформцентр". 2002. 250 с.
- 8) Маракушев А.А. Петрогенезис и рудообразование (геохимические аспекты). М.: Наука. 1979. 215 с.
- 9) Кучеров В.Г. Генезис углеводородов и образование залежей нефти и природного газа.// Научно-технический сборник «Вести газовой науки». 2013 г. С.253–258.
- 10) Эйгенсон А.С., Избранные труды. Уфа: ГУП ИНХП РБ. 2012. 614 с.
- 11) Гаврилов В.П. Геотектоника. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва. 2005. 368 с.
- 12) Вернадский В.И. Химическое строение Биосферы Земли и ее окружения. Москва. Наука. 2001. 376 с.

## ОСОБЕННОСТИ ДОРАЗВЕДКИ НЕБОЛЬШИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНО-ТАТАРСКОГО СВОДА НА ПРИМЕРЕ ЛЕТНЕГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Шамшеева Э.Э.*

*Научный руководитель – доцент, д. г.-м. н. Мухаметшин Р.З.*

### **История освоения небольших месторождений в Татарстане.**

Небольшие месторождения западного склона ЮТС начали осваивать с 1969 г. и для этого был создан НГДУ «Ямашнефть».

Данные месторождения характеризуются многопластовостью (на 1 месторождение приходится 10-15 залежей нефти, площадь нефтеносности их в плане совпадает), небольшими размерами и запасами менее 5-10 млн т., сравнительно низкой продуктивностью, а также значительной зональной и полойной неоднородностью пластов.

Вначале для доразведки месторождений предусматривалось бурение оценочных скважин с расстояниями между ними 1000-1500 м. По результатам бурения предполагалось выделить наиболее продуктивные участки.

Однако опыт показал, что принятый порядок бурения, полностью оправдавший себя на крупных месторождениях, здесь усугубляется значительной изменчивостью плана, из-за чего число непродуктивных скважин увеличивается за счет попавших в законтурную область (рис. 1).

Первоначальное представление о строении залежей значительно изменилось после их детального разбуривания. Это предопределило низкую эффективность оценочного и эксплуатационного бурения на месторождениях. Количество ликвидированных скважин составило около 35%. В связи с этим было принято решение уплотнить сетку структурных скважин, что привело к росту эффективности бурения и поисково-разведочных, и эксплуатационных скважин [1].

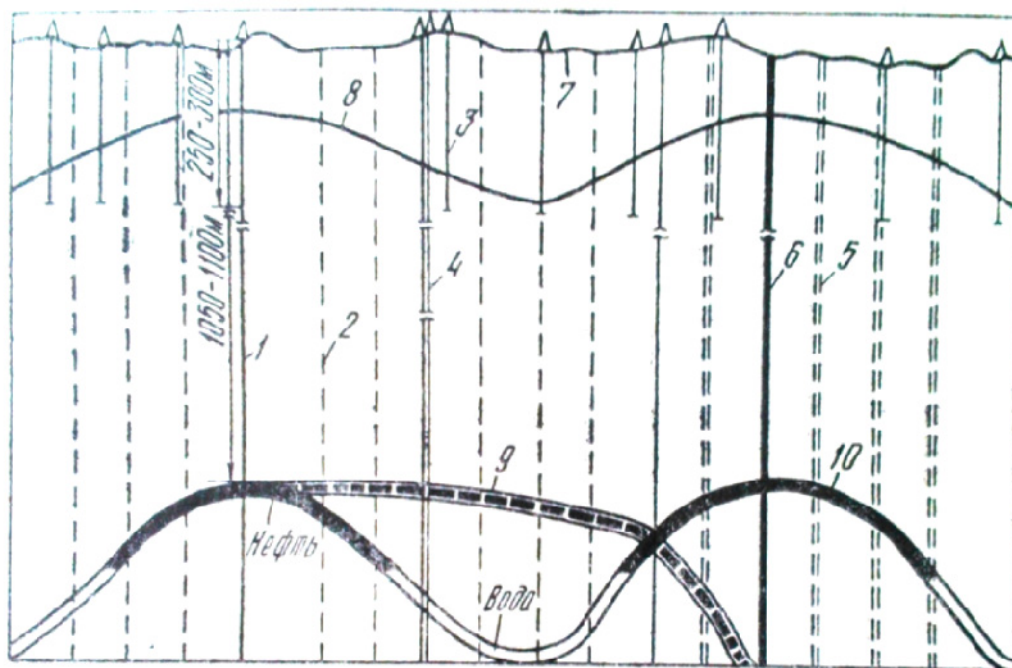


Рисунок 1. – Схематизированный профиль осадочной толщи для месторождений западного склона ЮТС и восточного борта Мелекесской впадины по Э.И. Сулейманову [1].

Скважины: 1 – разведочные пробуренные; 2 – эксплуатационные проектные; 3 – структурные; 4 – эксплуатационные пробуренные; 5 – эксплуатационные дополнительные; 6 – оценочные; 7 – дневная поверхность; 8 – поверхность ОМГ; 9 – поверхность продуктивного пласта, принятая при составлении технологической схемы разработки; 10 – уточненная поверхность

### Особенности ГРП на небольших месторождениях.

Сегодня структурные скважины не пользуются популярностью, они заменены более технологичной сейсморазведкой. Следует сказать, что недостаточная плотность сети сейсмопрофилей также не позволяет детализировать структурные планы по основным продуктивным горизонтам осадочного разреза. Пропускаются небольшие структуры (это как при ловле рыбы сетью с различным размером ячейки). Отсюда на лицо необходимость проведения сейсморазведочных работ (и разбуривания) в 2 этапа (с целью экономии средств и времени), что приводит к высокой эффективности эксплуатационного бурения за счет почти полной ликвидации бурения непродуктивных скважин.

На многообъектных, многозалежных структурах ранее применяемая сейсморазведка (1,5-2,5 пог.км/км<sup>2</sup>) не позволяет выделять мелкие структуры, а при детализации сейсмических работ (они выполняются на разрабатываемых месторождениях) позволяет выявлять и небольшие структуры. Для детализации структурного плана необходимо уплотнять 2D сетку профилей, либо проводить 3D сейсморазведку. Это необходимо для того, чтобы корректно оценить запасы нефти на месторождении. Примерами таких структур являются рассмотренные нами поднятия на Летнем месторождении. Ранее их пропускали при проведении как структурного бурения, так и первого этапа сейсморазведочных работ.

На сегодняшний день в пределах месторождения выявлено 6 структур, из них две опознаны уже на заключительной стадии ГРП в 2007 и 2011 гг. Детализация геологического строения была достигнута при плотности сейсмопрофилей 3,7-4,2 пог.км/км<sup>2</sup>.

Исследуемые нами структуры исследованы не до конца. На это указывает и тот факт, что многие показатели для наших эксплуатационных объектов были приняты по аналогии с месторождениями, которые даже не являются соседними, а значит, отличаются друг от друга существенно во многих ключевых моментах.

В 70-е гг. на заре освоения небольших месторождений данного района было принято решение Муслимовым Р.Х. и Ахмедзяновым Н.Г. использовать средние значения параметров при ПЗ для группы таких месторождений [2]. Такой подход используется и поныне, что не совсем корректно, поскольку значения подсчетных параметров испытывают заметные отклонения от средних по каждой залежи, что еще более усугубляет погрешности в оценке запасов. Как известно, от объема запасов зависит рекомендуемая ПСС.



Таблица 1. – Примеры вариаций подсчетных параметров по ряду месторождений.

Объект	Горизонт	Кп, %	Кн, %	Пересчетный коэффициент	Плотность нефти, г/см <sup>3</sup>
Республика Татарстан, месторождение 1					
Объект 1	C <sub>1</sub> bb	23	89	0,985	0,937
Объект 2		22	88	0,989	0,922
Объект 1	C <sub>2</sub> вр	14	71	0,976	0,935
Объект 2		15	74	0,977	0,928
Самарская область, месторождение 2					
Объект 1	А3, верейский	15	80	0,983	0,899
Объект 2		16	80	0,982	0,893
Объект 1	А4, башкирский	14	88	0,991	0,925
Объект 2		13	83	0,978	0,916
Объект 1	Б-2, бобриковский	23	91	0,980	0,914
Объект 2		24	92	0,967	0,908

Таблица 2. – Сопоставление пористости (%) по керну и ГИС (скважины с керном) месторождения

3

Горизонт (ярус)	По керну		По ГИС	
	Пористость, от - до	Пористость средняя	Пористость, от - до	Пористость средняя
Верейский	13,1–16,9	15,6	13,6–16,9	15,5
Бобриковский	21,1–25,6	23,9	21,6–26,5	24,4
Турнейский	10,2–14,7	12,0	10,0–14,3	11,3

На изучаемом нами Реперном поднятии Летнего месторождения на структурной карте по кровле пласта Сбр-3 выделено два купола, ВНК которых отличаются на 10 м, что не совсем корректно при ПЗ, так как обе залежи располагаются в одной структурной зоне. Скорее всего, следует уточнить ВНК в данной зоне.

Отобранный керн недостаточен для проведения нужного количества точных и высококачественных анализов для более детального изучения коллекторских свойств и флюидонасыщения пластов. Напомним, что керн отбирали только в бобриковско-радаевских и турнейских отложениях.

Количество пластовых проб нефти также мало для того чтобы дать более или менее точное заключение по физико-химическим свойствам флюидов. Для каширских отложений Листового поднятия и вовсе не отбиралась нефть для изучения. Плотность, вязкость, смачиваемость и коэффициенты вытеснения были приняты по аналогии с соседним месторождением, тогда как по каждой залежи они должны быть рассчитаны индивидуально.

В связи с этим желательно провести бурение двух поисковых опережающих эксплуатационных скважин в северной и южной части (по одной скважине) Реперного поднятия.

Сегодня для Республики Татарстан конкретно определены основные положения, определяющие стратегию и тактику геологоразведочных работ, характерные для большинства районов Волго-Уральской газоносной провинции с высокой стадией опоскованности недр [3]. Согласно данным Р.Х. Муслимова поздняя стадия освоения нефтяных ресурсов имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при определении стратегии ГРП:

1. Высокая разведанность недр является основным фактором, осложняющим геологоразведочные работы и обуславливающим закономерное снижение их эффективности.

2. На поздней стадии нефтепоисковых работ в платформенных областях со сравнительно небольшой мощностью осадочного чехла нефтеразведчики вынуждены ориентироваться на поиски небольших месторождений, приуроченных к локальным поднятиям или зонам выклинивания, а также ранее пропущенных мелких сложно построенных залежей на эксплуатируемых месторождениях. Ориентировка на поиски мелких, сложно построенных залежей требует применения более совершенных методов исследования, позволяющих с высокой точностью определять места заложения глубоких скважин.

3. На поздней стадии развития региона, как правило, приходится выходить с геологоразведочными работами в менее перспективные районы. Это обуславливается районированием территорий по степени перспектив нефтегазоносности и естественным первоочередным освоением более перспективных.

тивных площадей, что также снижает возможности подготовки новых запасов.

4. Со временем, по мере освоения региона, в подготавливаемых запасах увеличивается доля трудной задеваемых и уменьшается доля активных запасов нефти. Следовательно, снижается эффективность геологоразведочных работ.

Все изложенные факторы осложняют задачу подготовки новых запасов для обеспечения оптимальной добычи нефти.

Однако на этой стадии имеются большие возможности для повышения эффективности геологических исследований за счет совершенствования научного прогноза нефтеносности и методики ГРП. Стратегия расширенного воспроизводства запасов должна предусматривать проведение работ в трех направлениях:

- дальнейшее изучение и опоскование залежей нефти в традиционных объектах разведки (применительно к Татарстану – это отложения девона и карбона);
- геологическое изучение нефтегазоносности нетрадиционных объектов – глубокозалегающих пород кристаллического фундамента и рифей-вендских осадочных отложений, пермских битумов;
- проведение широкомасштабных работ по повышению нефтеизвлечения.

#### **Список литературы.**

- 1) Муслимов Р.Х., Сулейманов Э.И., Мочалов Е.Ю. Методика доразведки небольших месторождений Татарии // Нефтегазовая геология и геофизика. №10. 1976. С.17–21.
- 2) Муслимов Р.Х., Ахмедзянов Н.Г. Доразведка и подготовка к разработке небольших месторождений // Геология нефти и газа. №1. 1975. С.34–39.
- 3) Хисамов Р.С. и др. Геологоразведочные работы в регионах с высокой опоскованностью недр. Казань: «Фэн». 2010. С.229–262.

# ХИМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.М. БУТЛЕРОВА

## СЕКЦИЯ ХИМИЯ

### СТЕРЕОСЕЛЕКТИВНЫЙ СИНТЕЗ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АМФИФИЛЬНЫХ ТИАКАЛИКС[4]АРЕНОВ В КОНФИГУРАЦИИ 1,3-АЛЬТЕРНАТ

Галиева Ф.Б.

Научный руководитель – н.с., к.х.н. Муравьев А.А.

В последнее время важной задачей становится получение адаптивных биосенсоров [Gruber, Chem. Eur., 2013, Vol. 19, P. 438-448], однако фундаментальной проблемой их создания является установление корреляции структура-свойство на «мягких» поверхностях (везикулах и мицелах). Удобной системой для изучения данной закономерности является платформа каликсарена, в которую легко ввести гидрофобные и гидрофильные фрагменты [Morohashi, J. Am. Chem. Soc., 2006, P. 25; Iwamoto, J. Org. Chem., 1991, № 56, P. 4955-4962; Gutsche, Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2008, P. 276]. В частности, азид-алкиновое циклоприсоединение на основе каликсаренов позволяет получать пространственно предорганизованные молекулы с триазольными фрагментами, имеющие центры связывания переходных металлов [Lau, Chem. Soc. Rev., 2011, Vol. 40, P. 2848-2866]. В качестве таких центров перспективным является использование терпиридиновых заместителей, которые благодаря наличию трех электронодонорных атомов азота обладают высокой комплексообразующей способностью по отношению к катионам переходных металлов [Johansson, Synthesis, 2006, Vol. 15, P. 2585-2589; Ding, Inorg. Chem., 2008, Vol. 47, P. 5099-5106; Liu, Tetrahedron Letters, 2009, Vol. 50, P. 1303-1306; Sun, Journal of Coordination Chemistry, 2012, Vol. 65, No. 17, P. 3086-3097]. Особенный интерес представляют хелатные комплексы терпиридина с катионами лантанидов, проявляющие люминесцентные свойства, благодаря которым данные соединения нашли применение в качестве флуоресцентных маркеров различных биомолекул [Муравьев, Изв. А.Н., Сер. хим., 2014, № 1, С. 214-222].

В литературе известны примеры получения амфифильных каликсаренов, где использовали модификацию нижнего и верхнего обода [Kolusheva, J. Am. Chem. Soc., 2006, T. 128, №. 41, С. 13592-13598; Eggers, RSC Adv., 2012, V. 2, P. 6250-6257]. В связи с этим, интересным является подход, включающий в себя только функционализацию нижнего обода. Здесь можно выделить 2 направления: использование конфигурации *1,3-альтернат*, а также получение дизамещенных производных в конфигурации *конус*.

Таким образом, целью работы является получение самоорганизующихся высоколюминесцентных систем на основе тиакаликс[4]аренов. Для этого необходимо выполнение следующих задач: дизайн серии амфифильных тиакаликс[4]аренов, содержащих триазольные и терпиридиновые фрагменты, а также установление корреляции агрегация-люминесценция на полученных соединениях.

Для синтеза амфифильных тиакаликсаренов мы использовали как введение алкинильных фрагментов для азид-алкинового циклоприсоединения, так и последовательное введение гидрофобной части и функциональных заместителей с дальнейшим превращением в рецепторную группу.

Первым этапом получения тетразамещенных триазолов стал синтез алкиновых производных тиакаликс[4]арена (схема 1). Было проведено замещение нижнего обода исходного тиакаликс[4]арена по реакции Мицунобу [1]. Далее была проведена реакция диполярного циклоприсоединения с бутиновым производным тетразамещенного тиакаликс[4]арена в разных условиях. Было показано, что в си-

---

<sup>1</sup> Суспензию ТСА (1 экв.), ТРР (2.2 или 8 экв.) перемешивали при комнатной температуре в толуоле с добавлением 1-алкин-*n*-ола (*n*=3-6) (5 или 10 экв.) и DEAD (2.2 или 8 экв.) в течение 8 часов, после чего нагревали при температуре 40°C 8 часов. Удаляли растворитель, после промывки остатка метанолом выделяли целевой продукт. Для установления индивидуальности и структуры продуктов использовались следующие методы: элементный анализ, РФА, ИК-спектроскопия в твердой фазе, РСА, MALDI TOF масс-спектрометрия, одно- и двумерная ЯМР-спектроскопия в растворе.

стеме йодида меди(I) в ДМФА и триэтиламинe [2] реакция протекает с большей степенью конверсии, чем в случае  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{VcNa}$  в водном растворе ТГФ. В результате, оптимизировав условия, мы получили соединения **2**.

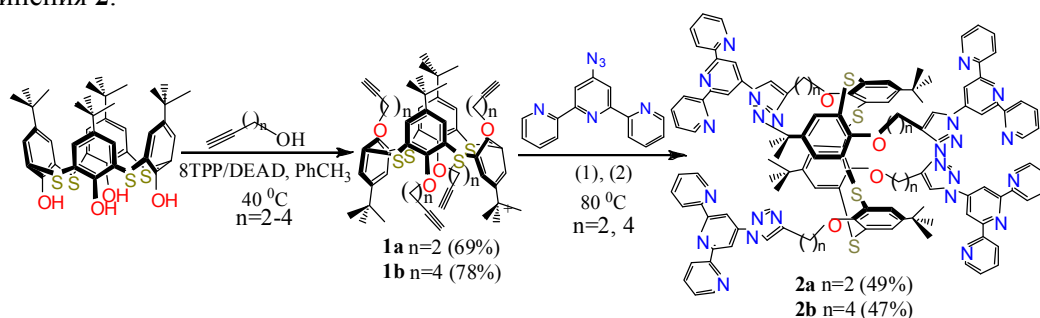


Схема 1.

Аналогичным образом были получены дизамещенные триазолы **4** (схема 2). Необходимо отметить, что при замещении нижнего обода пропаргилловым спиртом образовалась смесь конформеров. Анализ мультиплетности и числа сигналов протонов в ЯМР-спектре указывает на присутствие высокосимметричных конформеров, один из которых по данным ядерных эффектов Оверхаузера – конус **3a**. Для установления пространственной структуры минорного компонента были использованы результаты квантово-химических расчетов и эффектов Оверхаузера, которые доказали наличие взаимопревращающихся форм *1,2-альтернат-частичный конус 3a'*. Было показано, что с ростом температуры доля основного конформера конус снижается. Также для соединения **3b** были получены монокристаллы и определена их структура.

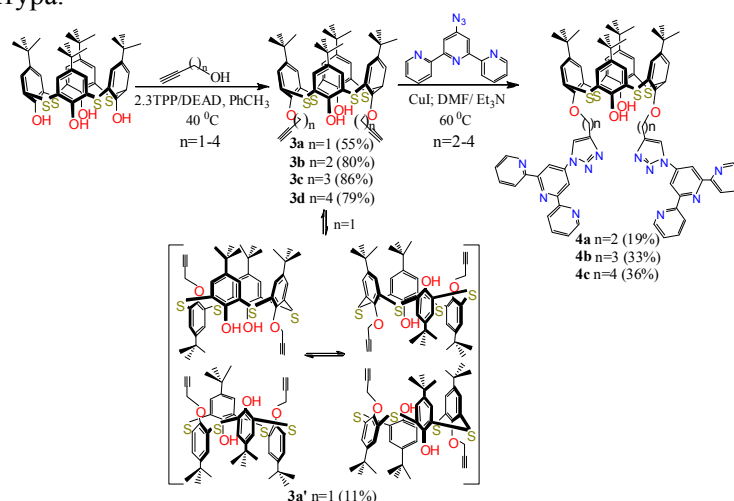


Схема 2.

Также были получены амфифильные триазолы **6a-c**, синтез которых в отличие от предыдущих подходов включает дополнительную стадию – введение длинноцепных фрагментов [3] (схема 3). В ходе синтеза триазол-терпиридилных производных предложен оптимальный способ очистки продукта от ионов меди путём их комплексообразования с трилоном-Б, использование которого более эффективно по сравнению с другими лигандами, о чем свидетельствуют данные рентгенофлуоресцентного анализа. Кроме того, были получены амфифильные тиакаликс[4]арены, содержащие окситерпиридиновые фрагменты **9** [4] (схема 3). Соединение **7** было получено по известной методике [Муравьев,

<sup>2</sup> Суспензию ТСА (1 экв.),  $\text{trun}_3$  (4 экв.) и  $\text{CuI}$  (5 экв.) перемешивали при 60°C в толуоле с добавлением  $\text{Et}_3\text{N}$  в течение 2-4 дней. Удаляли растворитель, остаток переносили в дихлорметан и экстрагировали в водную фазу с трилоном Б, после чего органическую фазу сушили и удаляли растворитель, после промывки остатка метанолом выделяли целевой продукт.

<sup>3</sup> Суспензию ТСА (1 экв.), TPP (4 экв.) перемешивали при комнатной температуре в толуоле с добавлением додеканола (10 экв.) и DEAD (4 экв.) в течение 3 дней. Удаляли растворитель, после промывки остатка метанолом выделяли целевой продукт.

<sup>4</sup> Суспензию ТСА (1 экв.),  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$  (6 экв.),  $\text{trun-OH}$  (2.2 экв.), перемешивали при температуре 100°C в ДМФА в течение 20 часов. Удаляли растворитель, после промывки остатка метанолом выделяли целевой продукт.

Дис., 2012, с. 152.] Низкая реакционная способность гидрокситерпиридина, а также гидролитическая неустойчивость дизамененных тиакаликсаренов не позволяет получить дизамененные продукты, поэтому нами был выбран подход, включающий в себя стадию введения длинноцепных фрагментов.

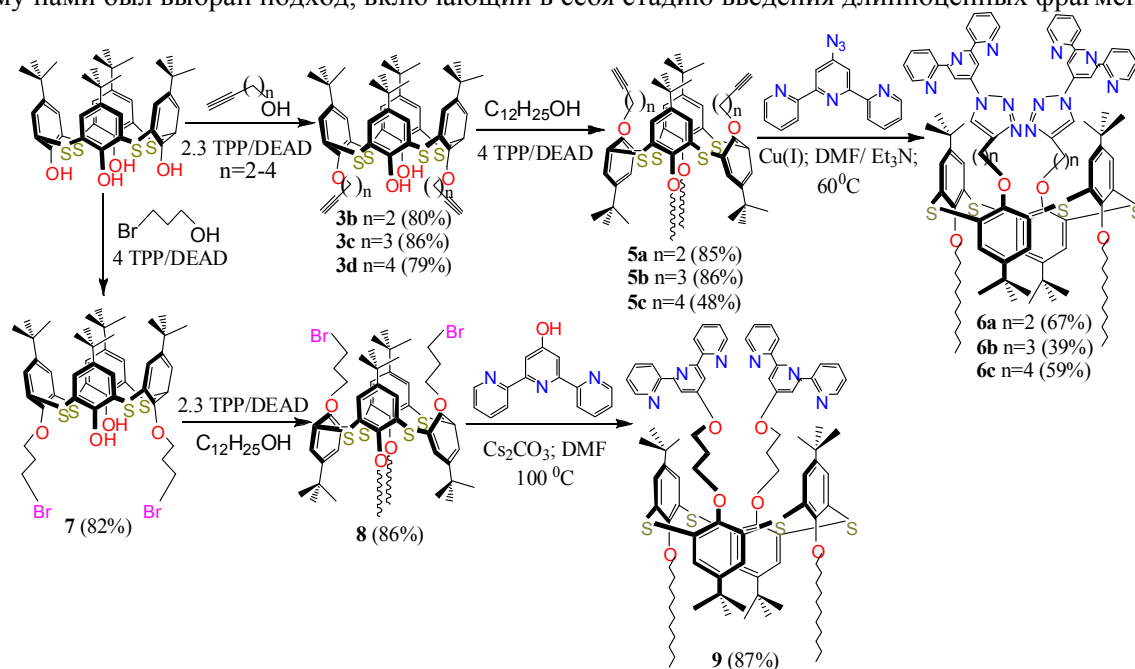
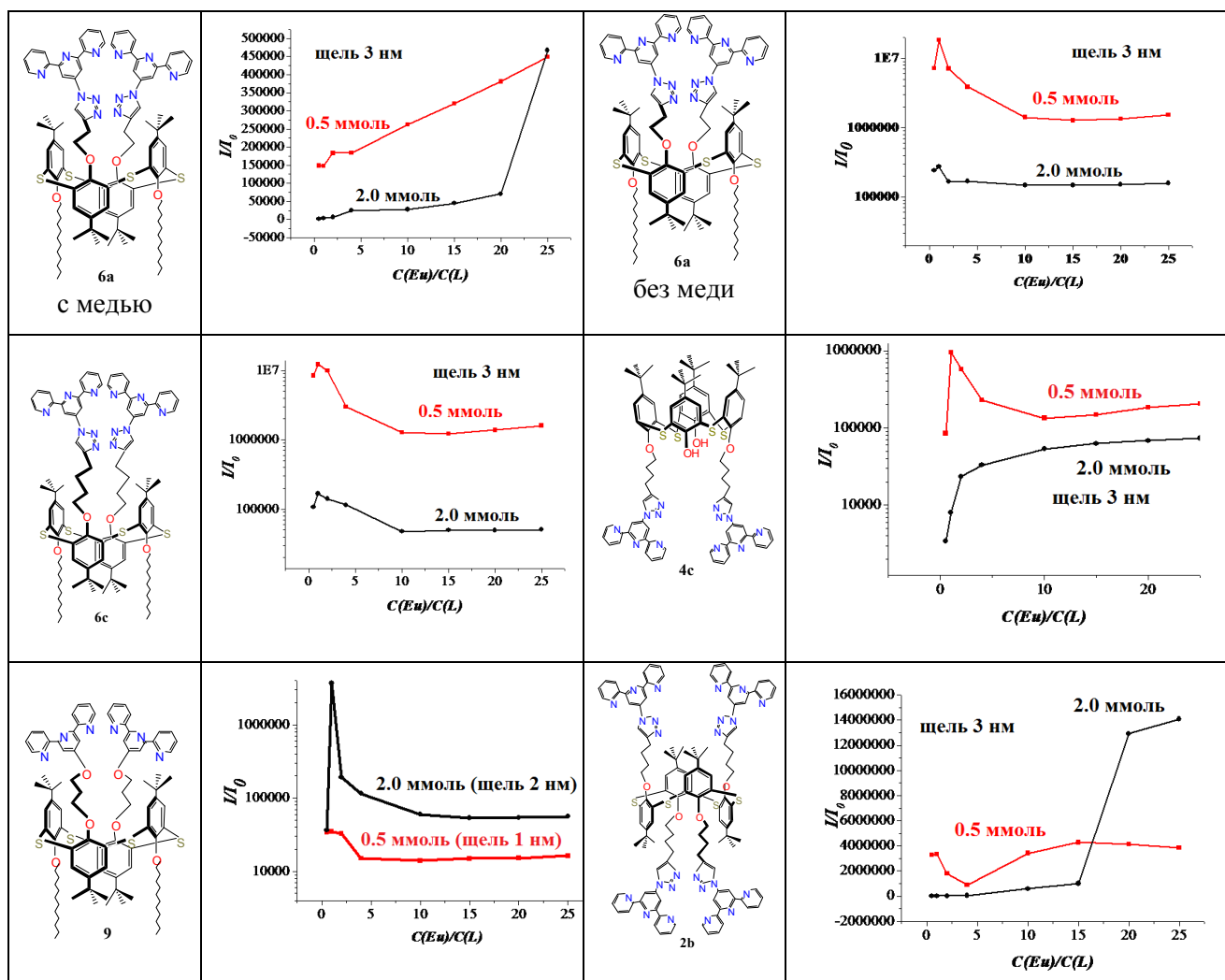


Схема 3.

Данные по люминесценции лантанидов с полученными соединениями представлены в табл. 1. Анализ результатов показал, что в случае тиакаликс[4]аренов **6a** со следовым содержанием меди наблюдалось наличие агрегации для 0.5 ммоль/л и ее отсутствие при больших концентрациях. Интенсивность люминесценции также уменьшалась с увеличением концентрации. Было отмечено, что после очистки от меди амфифильные продукты **6a** не образуют агрегаты, при этом поменялся и профиль графика люминесценции: максимум интенсивности при соотношении металл-лиганд 1:1 с дальнейшим спадом и выходом на плато. Такая же тенденция наблюдалась при увеличении длины спейсера в случае соединения **6c**. Замена триазольного фрагмента на атом кислорода **9** усиливает люминесценцию возможно вследствие наличия НЭП у атома кислорода, сопряженной с ароматической системой терпиридина, которая может принимать участие в переносе энергии между каликсареновой антенной и терпиридиновым комплексом, а также обуславливает появление агрегатов в районе 150 нм даже при коротком спейсере вследствие малого размера кислорода. При переходе от амфифильной платформы к дизамененным тиакаликсаренам **4c** интенсивность люминесценции уменьшается. На графике люминесценции также наблюдается максимум интенсивности, который соответствует образованию агрегатов при соотношении металл-лиганд 1:1, с дальнейшим спадом и выходом на плато. В то же время для тетразамененных тиакаликсаренов **2b** меняется график люминесценции: усиление интенсивности при добавлении лантанида с последующим насыщением. Высокое значение люминесценции может быть связано с большей возможностью агрегации, а также благодаря образованию металл-координационных структур, о чем также свидетельствует увеличение размеров агрегатов.

С помощью методики, включающей в себя 2-3 стадии, удалось получить серию амфифильных соединений, содержащих терпиридилльные и триазольные фрагменты. Были выявлены структурные факторы, влияющие на стереоселективное замещение нижнего обода тиакаликсарена для дизамененных производных при малом объеме заместителя: для тиакаликсаренов с пропиновыми фрагментами образуется смесь конформеров, соотношение которых меняется в зависимости от температуры. Было показано, что интенсивность люминесценции лантанидов зависит как от присутствия посторонних металлов, длины спейсера, концентрации амфифильного тиакаликс[4]арена, так и от соотношения металл-лиганд.

Таблица 1. – Зависимость люминесценции соединений 2b, 4с, 6a, 6с, 9 от соотношения металл-лиганд для разных концентраций лиганда.



Автор благодарит сотрудников лаборатории РС: м.н.с. А.Г. Стрельник, д.х.н. Ш.К. Латыпова за проведенные ЯМР-исследования, а также асп. Д.Р. Исламова, д.х.н. О.Н. Катаева за рентгеноструктурный анализ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 14-03-31909-мол\_а).

## РЕЦЕПТОРНЫЕ СВОЙСТВА И МОРФОЛОГИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК КОРТКОЦЕПНЫХ ОЛИГОПЕПТИДОВ

Губина Н.С.

Научный руководитель – доцент Зиганшин М.А.

Короткоцепные пептиды (2-4 аминокислотных остатка) в настоящее время активно изучаются благодаря своей способности к самоорганизации с образованием разнообразных структур: нанотрубки, нановолокна, наносферы, нанослои [Zelzer, 2010, p.3351].

Материалы на основе олигопептидов могут быть использованы при разработке мембран и ионных каналов [Görbitz, 2007, p.1022], в качестве противовирусных препаратов [Horne, 2005, p.5145], наноконтейнеров для хранения газов [Comotti, 2009, p.284], смарт-материалов [Wright, 2010, p.1025], для получения нанопроводов и наноконденсаторов [Ryu, 2010, p.159].

Ранее было установлено, что управлять самосборкой олигопептидов можно изменяя растворитель или концентрацию раствора [Li, 2007, p.285], pH или температуру [Lamm, 2005, p.16692]. Нанострук-

туры на основе олигопептидов могут быть получены на поверхности их аморфных пленок в результате взаимодействия с парами различных веществ [Ryu, 2008, p.3754]. При этом на вид наноструктур может оказывать влияние тип подложки, на которой происходит формирование наноструктур [Зиганшин, 2014, p. 53].

Следует отметить, что систематических исследований взаимосвязи между свойствами растворителя, используемого для насыщения аморфных пленок олигопептидов, типом подложки и формой образующихся наноструктур к настоящему времени не проводилось.

В связи с этим, целью настоящей работы было изучение морфологии и рецепторных свойств тонких пленок дипептида<sub>L</sub>-глицил-L-глицин (**GG**) и трипептида<sub>L</sub>-глицил-L-глицил-L-глицин (**GGG**) по отношению к парообразным органическим соединениям, относящимся к различным классам.

*Объекты исследования.* В качестве объектов настоящего исследования были использованы дипептид<sub>L</sub>-глицил-L-глицин (**GG**) и трипептид<sub>L</sub>-глицил-L-глицил-L-глицин (**GGG**). Органические растворители очищались непосредственно перед применением по стандартным методикам [Armarego, 2000 p. 760].

*Сенсорный анализ.* Для исследования рецепторных свойств олигопептидов в тонких пленках по отношению к парообразным органическим соединениям было использовано сенсорное устройство типа кварцевых микровесов на основе пьезоэлектрических резонаторов, как описано в работе [Yakimova, 2008, p.15569].

*Термический анализ.* Термическая стабильность олигопептидов была исследована методом совмещенной термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с помощью термоанализатора STA 449 C Jupiter (Netzsch, Германия), сопряженного с квадрупольным масс-спектрометром (МС) QMS 403 C Aeolos (Netzsch, Германия), как описано в работе [Yakimova, 2008, p.15569].

*Атомно-силовая микроскопия.* Морфология тонких пленок олигопептидов исследовалась с помощью сканирующего зондового микроскопа SolverP47 (НТ-МДТ, Россия) в полуконтактном режиме. Были использованы стандартные кремниевые кантилеверы [Ziganshin, 2012, p.209]. Пленки олигопептидов для АСМ эксперимента были нанесены на поверхность высокоориентированного пиролитического графита (ВОПГ) или слюды по той же методике, как и в QCM эксперименте.

Для определения состава продуктов насыщения тонких пленок олигопептидов парообразными «гостями» был использован метод микровзвешивания. Рассчитанные значения составов клатратов  $S$ , а также значения мольной рефракции  $MR_D$  изученных «гостей» приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Составы клатратов по данным сенсорного анализа.

№	Сорбат	$MR_D$ , см <sup>3</sup> /моль	$S$ , моль гостя/моль <b>GG</b>	$S$ , моль гостя/моль <b>GGG</b>
1	H <sub>2</sub> O	3,7	1,8	0,44
2	MeOH	8,2	0,54	0,15
3	MeCN	11,1	0,10	0,14
4	CH <sub>3</sub> NO <sub>2</sub>	12,5		0,18
5	EtOH	13,0	0,13	
6	EtCN	16,0	0,08	
7	CHCl <sub>3</sub>	21,3	0,08	0,13
8	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	24,2	0,10	
9	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	26,3		0,16

Было установлено, что сорбционная емкость дипептида **GG** по отношению к воде и метанолу больше емкости трипептида **GGG** (таблица 1). Для анализа соотношения типа «структура-свойство» были построены зависимости сорбционной емкости изученных олигопептидов от мольной рефракции изученных «гостей» (рисунок 1).

Числа на графиках соответствуют порядковому номеру соединения (таблицы 1). Было установлено, что наибольшей селективностью по размеру молекулы «гостя» обладает **GG**. При переходе от воды к метанолу размер молекулы «гостя» увеличивается в 2,2 раза, а сорбционная емкость **GG** уменьшается почти в 4 раза (рис. 1, таблица 1). Более крупные молекулы этим дипептидом практически не связываются. Увеличение молекулы **GG** на один аминокислотный остаток **G** приводит к снижению сорбционной емкости к метанолу и незначительному росту к другим изученным соединениям (рис. 1).

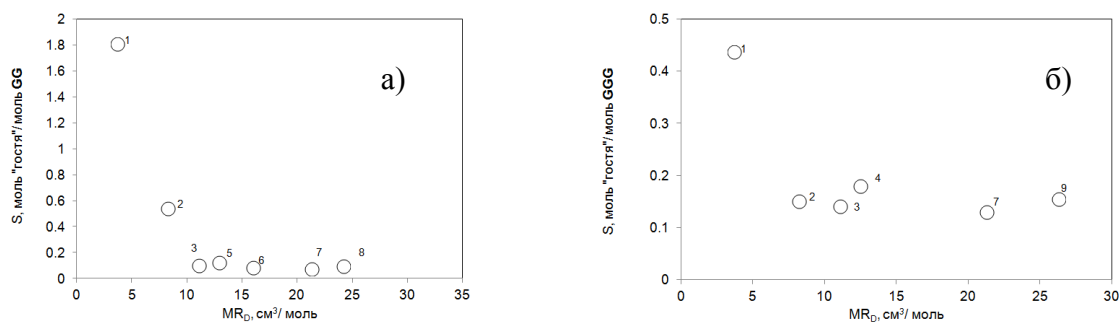


Рисунок 1. – Зависимость сорбционной емкости GG (а), GGG (б) от MRD «гостей».

*Термоанализ олигопептидов.* Результаты термического анализа порошков изученных олигопептидов представлены на рисунке 2. По данным ТГ/ДСК/МС анализа было установлено, что для **GGG** характерна наибольшая термическая стабильность (рис. 2б). Дипептид **GG** при температуре выше 230°C плавиться с разложением (рис. 2а). Трипептид **GGG** плавиться при температуре 249°C (рис. 2б). На кривых масс-спектрометрического сигнала в области разложения олигопептидов присутствуют сигналы воды ( $m/z=18$ ) и оксида углерода (IV) ( $m/z=44$ ). Полученные данные термического анализа позволяют утверждать, что нагревание тонких пленок олигопептидов до температуры 45°C при регенерации покрытий в сенсорах или получении пленки для АСМ не приведет к изменению их массы или химического состава.

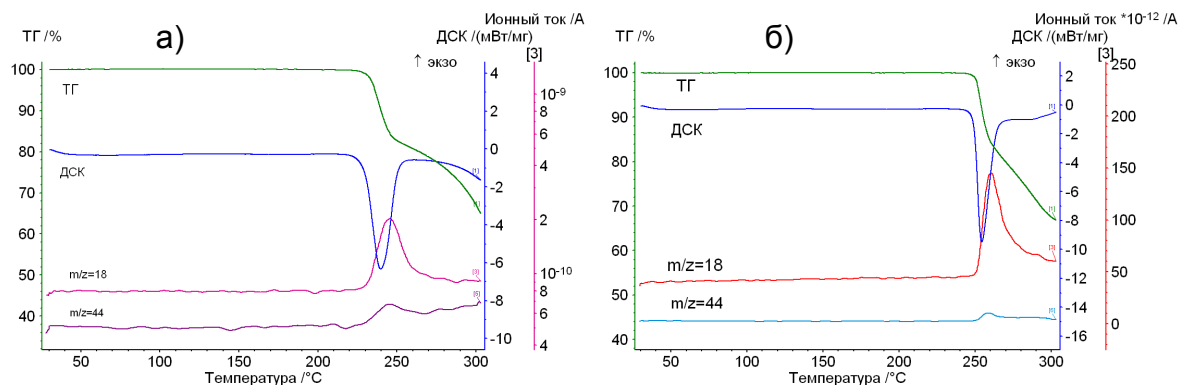


Рисунок 2. – Результаты термоанализа образцов олигопептидов: GG (а) и GGG (б).

*Морфология тонких пленок олигопептидов по данным АСМ.* В настоящей работе были получены АСМ изображения поверхности тонких пленок олигопептидов, нанесенных на высокоориентированный пиролитический графит (ВОПГ) или слюды (рис. 3, 4).

Поверхность ВОПГ гидрофобна, слюды – гидрофильна и может нести заряд.

Полученные в настоящей работе результаты АСМ позволяют, во-первых, оценить состояние тонкой пленки олигопептида на поверхности кварцевых микровесов, во-вторых, установить влияние подложки на морфологию. Было установлено, что при нанесении дипептида **GG** на поверхность ВОПГ образуется гладкая аморфная пленка (рис. 3а), разброс по высоте для скана 10×10 мкм не превышает 10 нм. При нанесении раствора **GG** в метаноле на поверхность слюды с последующей сушкой в потоке теплого воздуха образуется пленка, равномерно покрытая нанобъектами сферической формы диаметром от 200 до 3000 нм (рис. 3б). Разброс по высоте для скана 50×50 мкм составляет 80 нм.

Для трипептида **GGG** было установлено, что при использовании в качестве подложки ВОПГ образуется пленка, покрытая сложными кристаллическими объектами шириной 10-30 нм, длиной 100-400 нм (рис. 4а). Разброс по высоте для скана 5×5 мкм составляет 10 нм. Если в качестве подложки используется слюда, то образуется гладкая пленка (рис. 4б). Разброс по высоте по высоте для скана 10×10 мкм не превышает 10 нм.



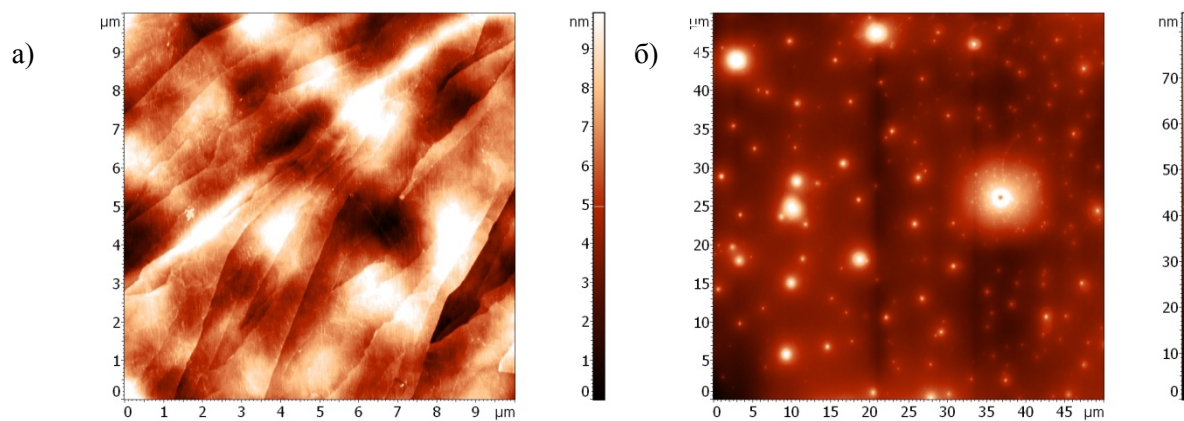


Рисунок 3. – АСМ изображения поверхности пленки дипептида GG, нанесенной из раствора в метаноле на ВОПГ (а) и слюду (б).

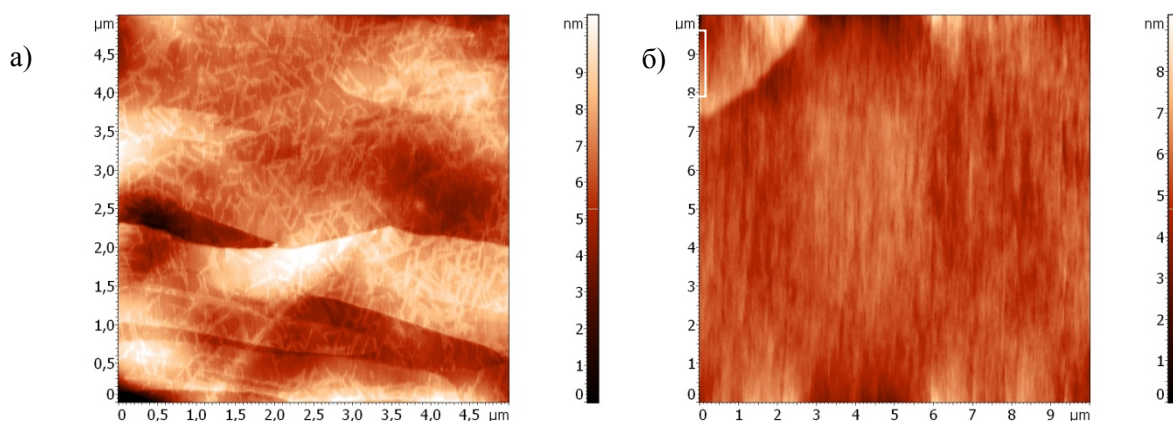


Рисунок 4. – АСМ изображения поверхности пленки трипептида GGG, нанесенной из раствора в метаноле на ВОПГ (а) и слюду (б).

Таким образом, в ходе работы выявлены простейшие соотношения типа «структура-свойство» для процессов связывания органических соединений пленками L-глицил-L-глицина и L-глицил-L-глицил-L-глицина. Показано, что все изученные олигопептиды проявляют селективность к воде, а с ростом размера молекулы «гостя» в общем случае наблюдается падение сорбционной емкости. Изучена термическая стабильность олигопептидов. Показано, что для L-глицил-L-глицил-L-глицина характерна более высокая термическая стабильность по сравнению с L-глицил-L-глицином. Впервые охарактеризована морфология тонких пленок L-глицил-L-глицина и L-глицил-L-глицил-L-глицина. Показано, что при использовании гидрофобной подложки в случае дипептида образуется гладкая и аморфная пленка, для трипептида характерно образование пленки, равномерно покрытой кристаллическими объектами.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.*

#### Список литературы.

- 1) Zelzer M., Uiljn R. Next-generation peptide nanomaterials: molecular networks, interfaces and supramolecular functionality // Chem. Soc. Rev. 2010. V.39. P.3351–3357.
- 2) Görbitz C.H. Microporous organic materials from hydrophobic dipeptides // Chem. Eur. J. 2007. V.13. P.1022–1031.
- 3) Horne W.S., Wiethoff C.M., Cui C., Wilcoxon K.M., Amarin M., Ghadiri M.R., Nemerow G.R. Antiviral cyclic D, L-a-peptides: Targeting a general biochemical pathway in virus infections // Bioorg. Med. Chem. 2005. V.13. P.5145–5153.
- 4) Comotti A., Bracco S., Distefano G., Sozzani P. Methane, carbon dioxide and hydrogen storage in nanoporous dipeptide-based materials // Chem. Commun. 2009. P.284–286.
- 5) Wright P.A. Opening the door to peptide-based porous solids // Science. 2010. V.329. P.1025–1026.

- 6) Ryu J., Kim S.-W., Kang K., Park C.B. Synthesis of diphenylalanine/cobalt oxide hybrid nanowires and their application to energy storage // *Acs Nano*. 2010. V.4. P.159–164.
- 7) Li H., Zhang F., Zhang Y., He J., Hu J. Organic solvents mediate self-assembly of GAV-9 peptide on mica surface // *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*. 2007. V.39. P.285–289.
- 8) Lamm M.S., Rajagopal K., Schneider J.P., Pochan D.J. Laminated Morphology of Nontwisting Beta-Sheet Fibrils Constructed Via Peptide Self-Assembly // *J. Am. Chem. Soc.* 2005. V.127. P.16692–16700.
- 9) Ryu J., Park C.B. High-temperature self-assembly of peptides into vertically well-aligned nanowires by aniline vapor // *Adv. Mater.* 2008. V.20. P.3754–3758.
- 10) Зиганшин М.А., Бикмухаметова А.А., Герасимов А.В., Горбачук В.В., Зиганшина С.А., Бухараев А.А. Влияние подложки и влажности воздуха на морфологию пленок дипептида L-лейцил-L-лейцин // *Физикохимия поверхности и защита материалов*. 2014. Т.50. С.53–58.
- 11) Armarego W.L.F., Perrin D.D. Purification of laboratory chemicals. Oxford: Butterworth. 2000. 760 p.
- 12) Yakimova L.S., Ziganshin M.A., Sidorov V.A., Kovalev V.V., Shokova E.A., Tafeenko V.A., Gorbachuk V.V. Molecular recognition of organic vapors by adamantlycalix[4]arene in QCM sensor using partial binding reversibility // *J. Phys. Chem. B*. 2008. V.112. P.15569–15575.
- 13) Ziganshin M.A., Efimova I.G., Gorbachuk V.V., Ziganshina S.A., Chuklanov A.P., Bukharaev A.A., Soldatov D.V. Interaction of L-leucyl-L-leucyl-L-leucine thin film with water and organic vapors: receptor properties and related morphology // *J. Peptide Sci.* 2012. V.18. P.209–214.

## РЕДКИЙ СЛУЧАЙ СОКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДИАСТЕРЕОМЕРОВ В РЯДУ БИС-ТИОЭФИРОВ 2(5Н)-ФУРАНОНА НА ОСНОВЕ 1,2 – ФЕНИЛЕНДИМЕТАНТИОЛА

*Заринова А.Р.*

*Научные руководители – н.с., Лодочникова О.А., доц. Курбангалиева А.Р.*

Для органической химии является известным факт, что соединения с двумя хиральными центрами, которые обладают одинаковым набором четырех заместителей, могут существовать в виде двух стереоизомерных форм, а именно – *мезо*- и хиральных диастереомеров. Как правило, смеси таких изомеров можно разделить с помощью таких классических методов, как колоночная хроматография или метод дробной перекристаллизации. Очень малая доля органических смесей диастереомеров ведёт себя по-другому – не разделяется ни одним из этих методов и образует при кристаллизации сокристалл двух диастереомерных форм.

Исторически первая работа, посвящённая анализу и подробному описанию явления сокристаллизации двух диастереомеров, опубликована группой немецких кристаллографов под руководством автора известной и широко используемой кристаллографической программы расшифровки и уточнения SHELX Джорджа Шелдрика. Им обнаружено явление сокристаллизации диастереомеров для двух известных лекарственных препаратов: Эмицина Е и Эмицина D. Расположение двух диастереомерных форм в кристалле строго упорядочено, чему соответствует наличие двух независимых молекул в кристалле [1]. В тоже время с кристаллографической точки зрения возможен второй вариант сосуществования двух диастереомерных форм в ячейке – одна независимая молекула с разупорядоченностью у одного из хиральных центров. Такой вариант реализуется в кристалле производного 1,4-дигидропиридина [2]. Следует отметить также работы казанских ученых, посвященных случаям сокристаллизации диастереомеров, различающихся конфигурацией атома фосфора или серы [3, 4].

Статистика по сокристаллизации двух диастереомерных форм приведена в достаточно свежем обзоре английских ученых-кристаллографов 2011 г. Так, поиск по всему массиву Кембриджского банка структурных данных (КБСД) привёл их к обнаружению всего 114 случаев совместной кристаллизации диастереомерных пар [5].

Предпосылкой для нашего собственного исследования явилось обнаружение факта сокристаллизации *мезо*- и хирального диастереомеров бис-тиоэфира 2(5Н)-фуранонового ряда с *орто*-замещенным бензольным кольцом в соединительном мостике. Заинтересовавшись этим фактом, было решено исследовать всю серию структурно-подобных бис-тиоэфиров на предмет воспроизводимости образования диастереомерных сокристаллов.

С этой целью в реакциях 5-метокси-, этокси- и хлорэтокси-3,4-дигалоген-2(5Н)-фуранонон **1-4** с *орто*-фенилендиметантиолом, проводимых при комнатной температуре в условиях основного катализа в инертной атмосфере, были получены новые бис-тиоэфиры **5-8**, в молекулах которых два γ-

лактонных цикла соединены посредством бензольного фрагмента по атомам углерода  $C^4$  (схема 1). Соединения **5-8** очищали методом колоночной хроматографии на силикагеле с последующей перекристаллизацией. Аналогичное соединение с гидроксильной группой в пятом положении лактонного цикла было получено при кислотном гидролизе *бис*-тиоэфира **5** (схема 1).

Во всех синтезах на каждом этапе разработки реакционной смеси проводился тщательный анализ спектров ЯМР в плане установления соотношения *мезо*- и хирального диастереомеров. Так, было обнаружено, что соотношение стереоизомеров в реакционной смеси составляет 1:1, которое сохраняется после очистки смеси методом колоночной хроматографии на силикагеле. Однако после проведения дробной перекристаллизации основной фракции происходило обогащение твердых образцов одним из диастереомеров.

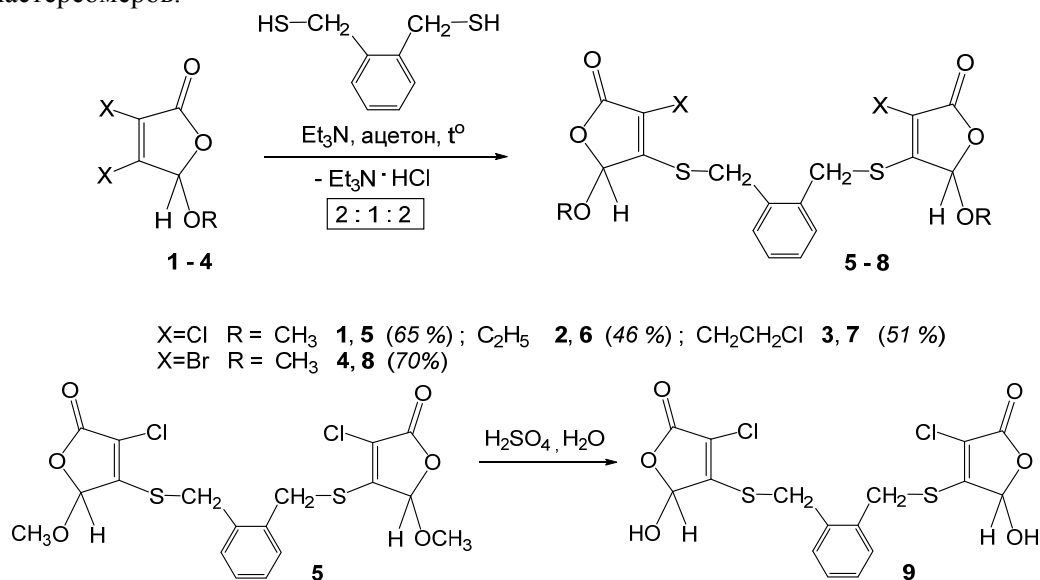


Схема 1 – Синтез *бис*-тиоэфиров 5-9.

Соотношение диастереомеров оценивали по интегральным интенсивностям двух синглетов от метиновых протонов у атома углерода  $C^5$   $\gamma$ -лактонного цикла в области около 6.0 м.д. в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$ .

Первым исследованным образцом был метокси-замещенный *бис*-тиоэфир фуранона **5**. После перекристаллизации мы получили одинакового вида кубические бесцветные кристаллы в виде призм, одна из которых была отобрана для рентгеноструктурного эксперимента (рис. 1).

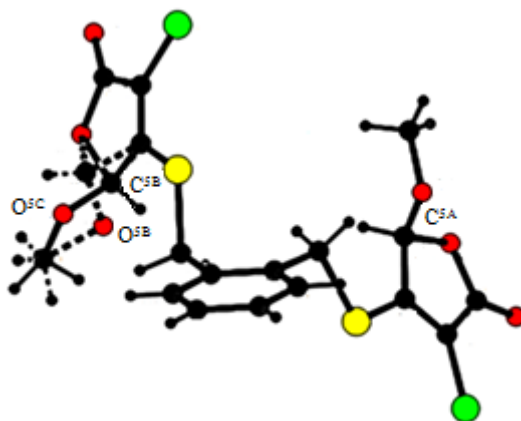


Рисунок 1. – Сокристалл диастереомеров *бис*-тиоэфира **5** (картина для диастереомеров **8** аналогична).

Структура соединения **5** расшифрована в centrosymmetric пространственной группе  $P2/n$  с одной независимой молекулой. Основной особенностью структуры является наличие разупорядоченности вокруг одного из хиральных центров  $C^{5B}$  – а именно, атом кислорода метокси-группы имеет два положения –  $O^{5B}$  и  $O^{5C}$  со сравнительной заселённостью этих положений 5:4. Расположение заместителей вокруг второго хирального центра молекулы  $C^{5A}$  строго упорядочено. Такая картина соответствует одновременному присутствию в ячейке обеих изомерных форм с некоторым преобладани-

ем *d,l*-изомера. Отметим тот факт, что для двух разных форм наблюдается общая конформация молекул – это трансoidalная конформация обоих соединительных мостиков (рис. 1).

Бромсодержащий *бис*-тиоэфир **8** образует изоструктурный хлорному аналогу **5** сокристаллизат диастереомеров. В кристалле вещество также представлено одной независимой группой, вокруг одного из хиральных центров наблюдается разупорядоченность, аналогичная хлорному аналогу. При этом обогащение *d,l* – диастереомером (2:1) несколько больше для бромсодержащего *бис*-тиоэфира **8**.

Далее нами была проведена попытка химической модификации молекулы *бис*-тиоэфира, чтобы добиться желаемого разделения диастереомеров на стадии кристаллизации за счет создания разветвленной системы водородных связей, которые могли оказаться разными для молекул обоих изомеров. С этой целью провели гидролиз соединения **5**, чтобы заменить метокси-группу на гидроксильную, способную к образованию прочных Н-связей. Оказалось, гидролиз идет тяжело и выход гидрокси-производного **9** очень низкий. Поэтому с целью предотвращения потери вещества на хроматографической колонке в данном случае мы отказались от этого метода, ограничившись проведением перекристаллизации. Тщательным перебором всей кристаллической массы, полученной после разработки реакционной смеси, удалось обнаружить несколько кристаллов отличной от общей массы огранки, а именно – пластины, одну из которых исследовали методом РСА.

Пластинчатый кристалл оказался кристаллогидратом соединения **9** состава 1:1. При этом в кристалле действительно наблюдалась система водородных связей, но она оказалась одинаковой для изомерных молекул. Вследствие этого для соединения **9** мы также получили сокристаллизат двух форм. Однако в данном случае соотношение диастереомеров качественно и количественно другое – существенно преобладает *мезо*-изомер с соотношением 8:1.

По сравнению с *бис*-тиоэфирами **5** и **8** в кристалле **9** наблюдается сложная система классических водородных связей с участием обеих гидроксильных групп молекулы **9** и молекулы воды: i) атом водорода гидроксильной группы неразупорядоченного лактонного фрагмента взаимодействует с атомом водорода ОН группы разупорядоченного фрагмента фуранона соседней молекулы ( $O^{5A}-H^{5A} \dots O^{5B}$ ); ii) гидроксильный атом водорода разупорядоченной части молекулы взаимодействует с атомом кислорода молекулы воды ( $O^{5B}-H^{5B} \dots O^{10}$ ); iii) атом кислорода молекулы воды взаимодействует с атомом кислорода карбонильной группы разупорядоченной части ( $O^{10}-H^{10} \dots O^2$ ). Сложная система водородных связей объединяет молекулы *бис*-тиоэфира **9** в слои (рис. 2).

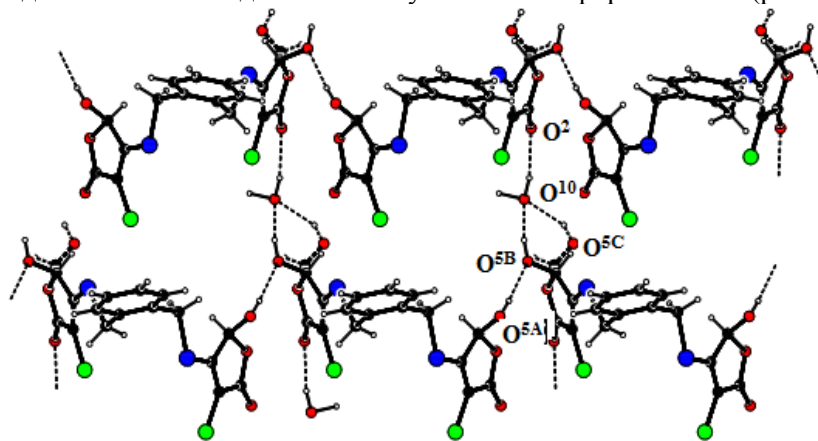


Рисунок 2. – Система водородных связей в кристалле *бис*-тиоэфира **9**.

Таким образом, для трех *бис*-тиоэфиров с малым объемом заместителей при хиральном центре  $C^5$  был обнаружен факт устойчивой сокристаллизации двух диастереомерных форм.

На следующем этапе были исследованы соединения с заместителями несколько большего размера при атоме углерода  $C^5$  – *бис*-тиоэфиры фуранона **6** и **7** с этокси- и хлорэтокси-группами. Оказалось, что в отличие от вышерассмотренных примеров данные соединения кристаллизуются отдельно, образуя механическую смесь кристаллов диастереомерных форм. Так, после проведения дробной перекристаллизации соединения **6** удалось получить кристаллы обоих стереоизомеров (рис. 3). Расшифровка пластинчатого кристалла *мезо*-формы, которую проводили в пространственной группе  $P-1$ , показала, что конформации соединительных серосодержащих мостиков различны: конформация одного соединительного мостика «*гош*», а второго – «*транс*». Молекулы *мезо*-формы в кристалле связаны  $S=O \dots Cl$ , и  $CH \dots O$  взаимодействиями.

Анализ кристалла хирального изомера, для которого характерна пространственная группа  $P2_1/c$ , выявил, что оба соединительных мостика находятся в «*транс*»-конформации. Как и в случае *мезо*-

формы в кристаллической структуре имеются  $\text{CH}\dots\text{O}$  взаимодействия, но  $\text{C}=\text{O}\dots\text{Cl}$  взаимодействий не наблюдается.

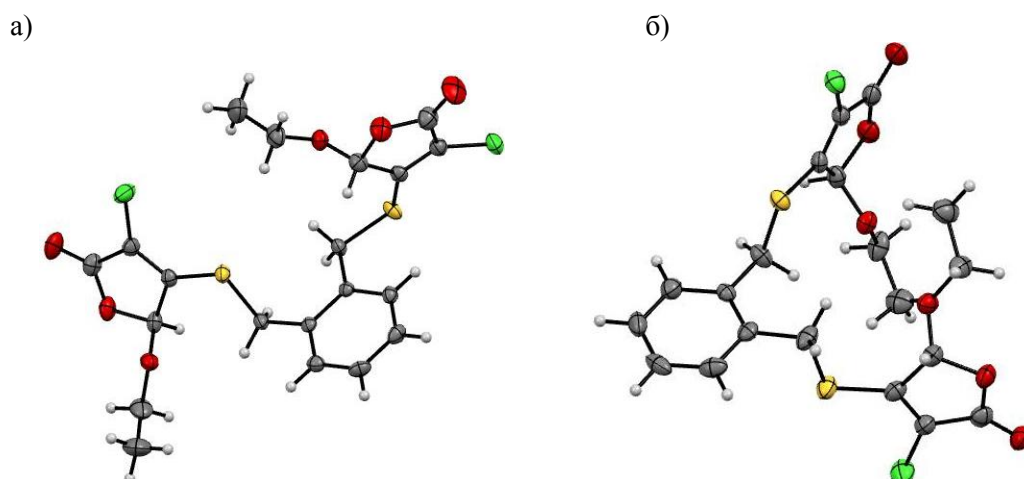


Рисунок 3. – Геометрия в кристалле а) мезо- и б) *d,l*-диастереомера бис-тиоэфира 6.

Кристаллы бис-тиоэфира 7 с хлорэтокси-заместителем представляли собой смесь пластин, не имеющих явно выраженной огранки. Отобранный для эксперимента кристалл по данным РСА оказался кристаллом индивидуального *d,l*-диастереомера, о чём свидетельствовало отсутствие разупорядоченности у обоих хиральных центров молекулы. Конформация соединительных мостиков – трансoidalная.

Таким образом, нами синтезирована и спектрально охарактеризована серия бис-тиоэфиров 2(5*H*)-фуранона, содержащих два  $\gamma$ -лактонных цикла, связанных посредством фрагмента 1,2-фенилендиметантиола по атомам углерода  $\text{C}^4$ . Исследование полученных монокристаллов методом РСА привело к обнаружению двух типов кристаллизации: к редкому случаю сокристаллизации диастереомерных смесей для бис-тиоэфиров, содержащих при пятом атоме углерода небольшие по объему метокси- или гидроксизаместители; и к обычной для органических соединений раздельной (или «конгломератоподобной») кристаллизации стереоизомеров, которая выявлена в случае этокси- и хлорэтоксипроизводных бис-тиоэфиров 2(5*H*)-фуранона.

### Список литературы.

- 1) Walker M., Pohl E., Herbst-Irmer R., Gerlitz M., Rohr J., Sheldrick G.M. Absolute configurations of Emycin D, E and F; mimicry of centrosymmetric space groups by mixtures of chiral stereoisomers // *Acta Cryst.* 1999. B.55. P.607–616.
- 2) Linden A., Gündüz M.G., Şimşek R., Şafak C. Cocrystals of diastereoisomers of 1,4-dihydropyridine derivatives // *Acta Cryst.* 2006. C.62. P.227–230.
- 3) Alfonsov V.A., Bredikhin A.A., Bredikhina Z.A., Eliseenkova R.M., Kataeva O.N., Litvinov I.A., Pudovik M.A. First examples of the cocrystallization of diastereomers of chiral phosphorus compounds // *Struct. Chem.* 2008. V.19. P.873–878.
- 4) Startseva V.A., Nikitina L.E., Lodochnikova O.A., Klimovitskii A.E., Aref'ev A.V., Artemova N.P., Bodrov A.V., Musin R.Z., Klimovitskii E.N. Study of "racemic compound-like" behaviour of diastereomeric mixture of pinanyl sulfoxides by X-ray diffraction, IR spectroscopy, and DFT calculations // *Phosphorus, Sulfur, and Silicon.* 2004. V.189. P.615–629.
- 5) Kelley S.P., Fábíán L., Brock C.P. Failures of fractional crystallization: ordered co-crystals of isomers and near isomers // *Acta Cryst.* 2011. B.67. P.79–93.

## 2,2'-ОКСИДИЭТАНТИОЛ В СИНТЕЗЕ НОВЫХ ТИОЭФИРОВ, БИС-ТИОЭФИРОВ И ТИАМАКРОЦИКЛОВ НА ОСНОВЕ 2(5H)-ФУРАНОНА

*Кузьмичева М.Ю.*

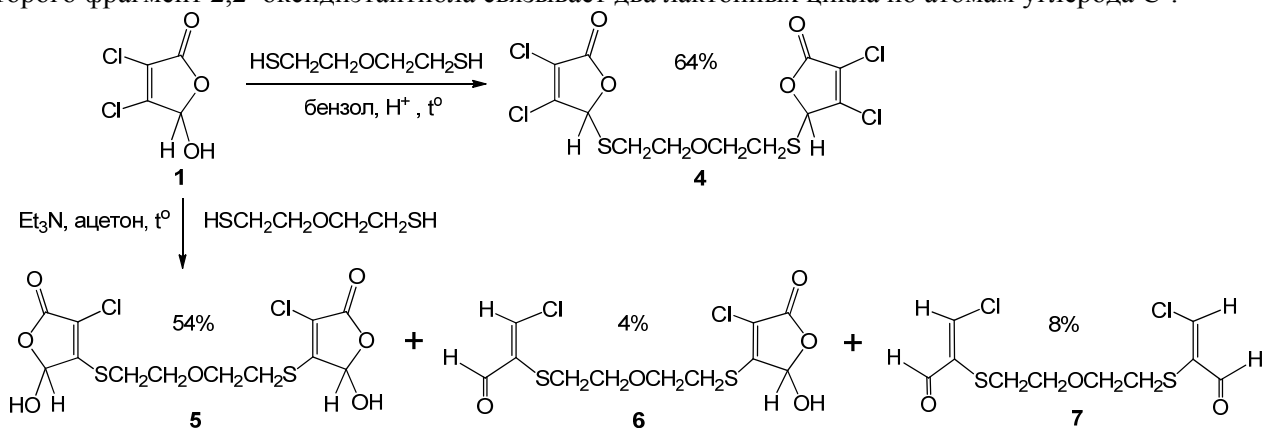
*Научные руководители – асп. Хоанг Тхи Лиен, доц., к.х.н. Курбангалиева А.Р.*

Данная работа выполнена в русле исследований в области синтеза, изучения строения и свойств серосодержащих производных пятичленного кислородсодержащего гетероцикла – 2(5H)-фуранона, фрагмент которого встречается в различных биологически активных молекулах как природного происхождения, так и синтетически полученных, проявляющих широкий спектр практически полезных свойств [1, 2].

Ранее в нашей исследовательской группе были изучены реакции 3,4-дихлор-2(5H)-фуранонов с ароматическими тиолами [3], 2-меркаптоуксусной кислотой [4], меркаптоэтанолам [5] и этан-1,2-дитиолом [6]. Интересно, что в реакциях с серосодержащим бинуклеофильным реагентом наблюдалось большое структурное многообразие продуктов тиолирования разного типа. Расширяя круг объектов и реагентов в данном направлении, целью настоящей работы явилось сравнительное изучение реакционной способности мукохлорной кислоты и ее 5-алкоксипроизводных по отношению к 2,2'-оксидиэтантиолу, а также разработка подходов к синтезу новых тиамacroциклических соединений, несущих фрагмент 2(5H)-фуранона.

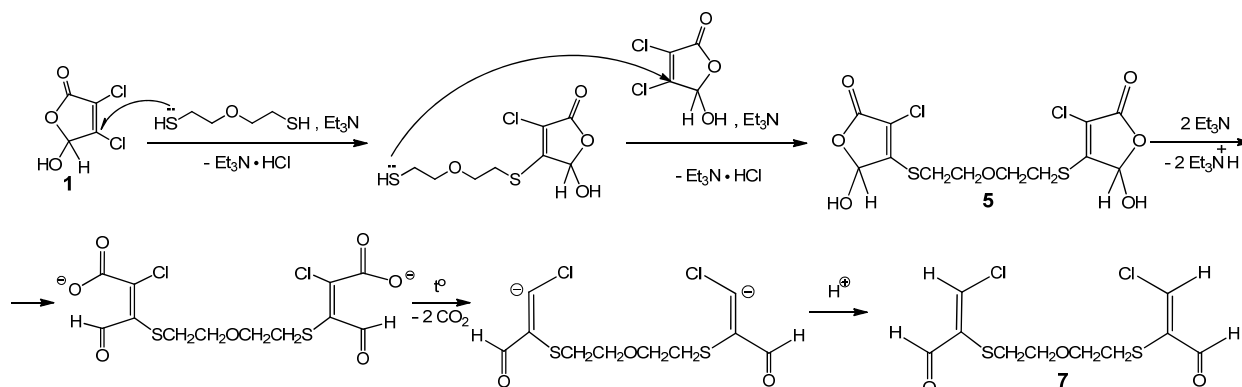
На первом этапе из мукохлорной кислоты **1** по известной методике были синтезированы 5-метокси- и 5-этокси-3,4-дихлор-2(5H)-фураноны **2** и **3** [7]. Реакции проводили при длительном кипячении фуранона **1** с метанолом или этанолом в присутствии каталитических количеств концентрированной серной кислоты и получили продукты **2** и **3** в виде вязких бесцветных жидкостей.

Нами показано, что при взаимодействии мукохлорной кислоты **1** с дитиолом в присутствии каталитических количеств концентрированной серной кислоты образуется бис-тиоэфир **4**, в молекуле которого фрагмент 2,2'-оксидиэтантиола связывает два лактонных цикла по атомам углерода C<sup>5</sup>:



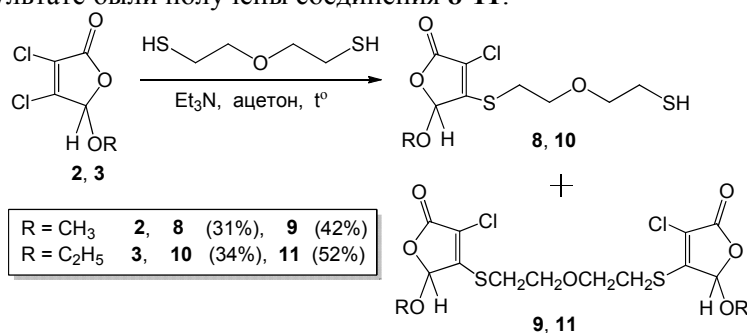
Гораздо сложнее протекает реакция фуранона **1** с 2,2'-оксидиэтантиолом в присутствии триэтиламина как основания. По данным методов ТСХ и спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H в реакционной смеси присутствуют несколько органических продуктов. Реакционную смесь разрабатывали методом колоночной хроматографии на силикагеле и собрали три основные фракции, из которых были выделены индивидуальные продукты **5-7**.

Преобладающим продуктом реакции явился ожидаемый бис-тиоэфир **5**, в молекуле которого фрагменты 3,4-дихлор-2(5H)-фуранонов связаны по атомам углерода C<sup>4</sup>. Интересно отметить, что минорные продукты обсуждаемой реакции, судя по спектральным характеристикам и данным масс-спектров высокого разрешения, содержат фрагменты пропеналя, что говорит о разрушении лактонного цикла, причем один из продуктов вообще не содержит лактонное кольцо, а во втором оно присутствует. Мы полагаем, что в основной среде могут протекать превращения, приведенные ниже, сопровождающиеся раскрытием пятичленного лактонного цикла с последующим декарбокислированием. В результате могут образоваться соединения **6** и **7**, аналоги которых в литературе не описаны:



В отличие от мукохлорной кислоты **1**, ее 5-алкоксипроизводные не способны к кольчато-цепной таутомерии и не могут существовать в виде ациклической формы (альдегидокислоты). Поэтому следовало ожидать, что в реакциях соединений **2** и **3** с 2,2'-оксидиэтантиолом в условиях основного катализа не будут образовываться ациклические продукты, подобные соединениям **6** и **7**.

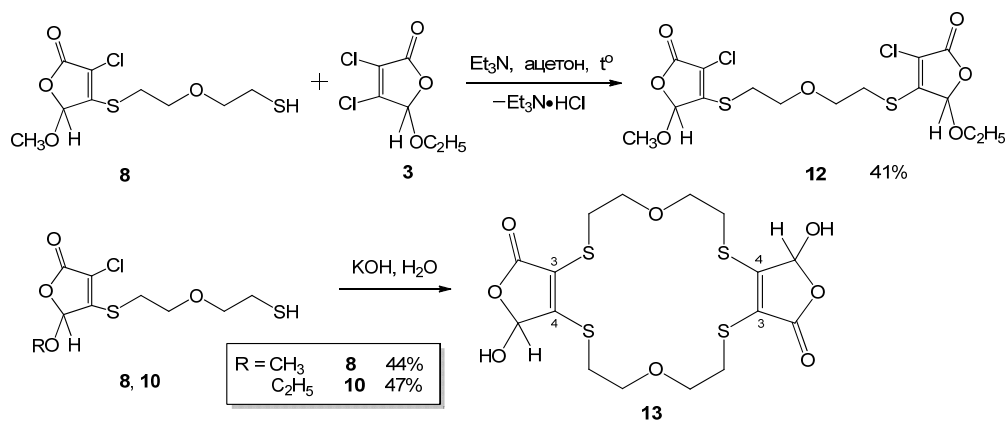
Реакции 5-алкоксипроизводных фуранона **2** и **3** с 2,2'-оксидиэтантиолом проводили при комнатной температуре в среде ацетона в присутствии триэтиламина как основания, при использовании соотношения всех реагентов равное 1:1:1. Контроль за окончанием реакции осуществляли методами ТСХ и спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H и наблюдали образование двух основных продуктов. Разработку реакционных смесей и выделение индивидуальных продуктов проводили методом колоночной хроматографии на силикагеле. В результате были получены соединения **8-11**:



Интересно отметить, что помимо ожидаемых продуктов – бис-тиоэфиров **9** и **11**, в данных реакциях образуются продукты монозамещения со свободной тиольной группой в боковой цепи – тиолы **8** и **10**. После очистки бис-тиоэфир **9** получен в твердом виде, а соединения **8**, **10**, **11** представляют собой маслообразные вещества.

Тиолы **8** и **10** привлекают большой интерес в плане их дальнейшего использования в качестве S-нуклеофилов. Нами проведены две интересные реакции с участием тиолов **8** и **10**. Во-первых, из тиола **8** и 5-этоксифуранона **3** в условиях основного катализа нами получен «смешанный» бис-тиоэфир **12**, в молекуле которого посредством фрагмента 2,2'-оксидиэтантиола связаны два лактонных цикла с разными алкоксизаместителями у атома углерода C<sup>5</sup>.

Во-вторых, обнаружено интересное превращение тиолов **8** и **10** в новый трициклический гетероцикл **13**, содержащий макроциклический фрагмент 1,7,10,16-тетратиа-18-крауна-6. Реакцию проводили при перемешивании тиолов **8** и **10** в водном растворе гидроксида калия при комнатной температуре в инертной атмосфере. При этом в обоих синтезах, когда в качестве исходного соединения использовали тиол **8** или тиол **10**, образовывался один и тот же макроциклический продукт **13**, который легко осаждался после подкисления реакционной смеси. Интересно отметить, что в молекуле тиаоксомакроцикла **13** фрагмент 2,2'-оксидиэтантиола связывает два γ-лактонных цикла по разным центрам – это атом углерода C<sup>3</sup> одного пятичленного цикла и атом углерода C<sup>4</sup> другого, что доказано методом РСА.



Для макроциклического соединения **13** нами были получены две кристаллические формы: кристалл **13a** (пространственная группа  $P2_1/n$ ), в котором вещество находится в индивидуальном виде, и кристалл **13b** (пространственная группа  $P-1$ ), представляющий собой кристаллосольват с ДМСО. В обоих случаях молекула основного соединения расположена на центре симметрии, кристаллографически независимой является половина молекулы. Конформация макроцикла различна для двух форм (рис. 1). Так, в кристалле **13a** реализуется более развернутая, то есть характеризующаяся большим количеством трансoidных звеньев конформация, в сравнении с кристаллом **13b**.

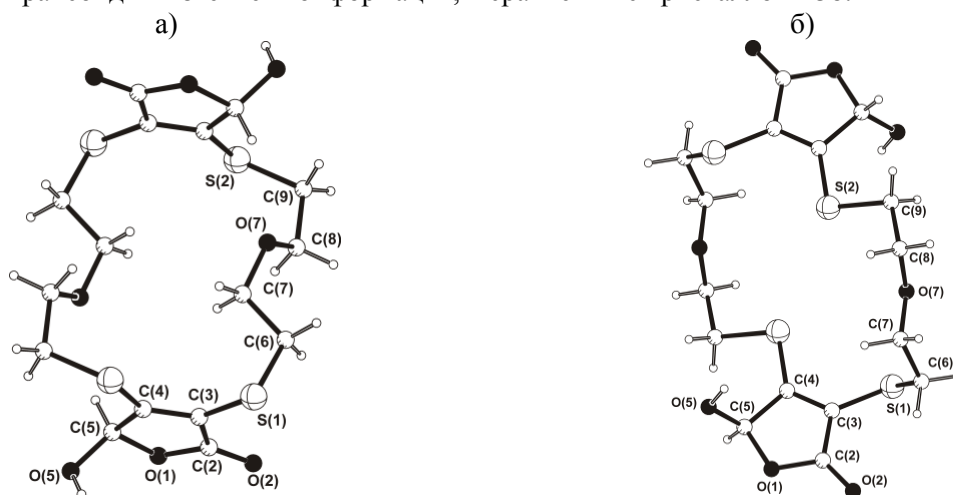


Рисунок 1. – Различная конформация макроцикла **13** в кристаллах а) **13a**, б) **13b**.

Различна также система водородных связей в кристаллах соединения **13**. Так, в кристалле **13a** макроциклические молекулы связаны друг с другом посредством водородных связей между гидроксильной и карбонильной группами (рис. 2), в то время как в кристалле **13b** каждая гидроксильная группа основного соединения образует водородную связь с атомом кислорода диметилсульфида (рис. 3).

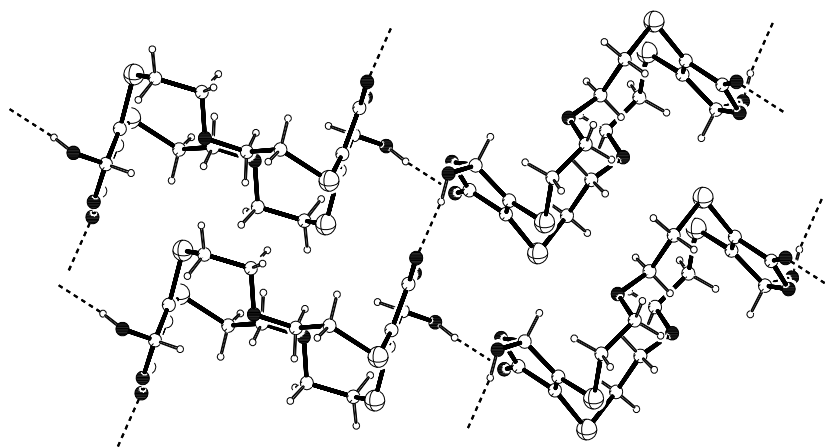


Рисунок 2. – Водородсвязанные слои молекул **13** в кристалле **13a**.



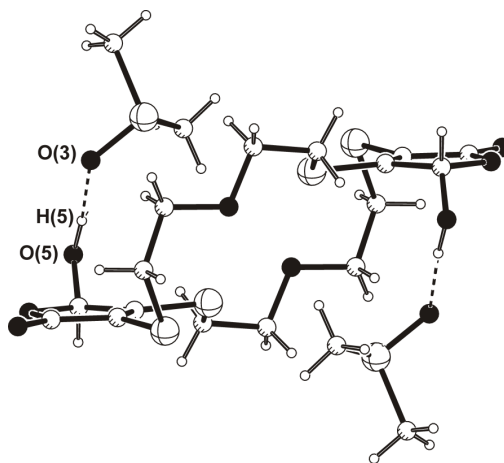


Рисунок 3. – Система водородных связей в кристалле 13б.

Структура всех новых синтезированных серосодержащих производных 2(5*H*)-фуранонового ряда **4-11** (бис-тиоэфиров, тиолов и первого тиамacroцикла, несущего ненасыщенный  $\gamma$ -лактонный фрагмент) доказана методами спектроскопии ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , масс-спектрометрии высокого разрешения.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.*

#### Список литературы.

- 1) Bellina F., Rossi R. Mucochloric and mucobromic acids: inexpensive, highly functionalised starting materials for the selective synthesis of variously substituted 2(5*H*)-furanone derivatives, sulfur- or nitrogen-containing heterocycles and stereodefined acyclic unsaturated dihalogenated compounds // *Curr. Org. Chem.* 2004. V.8. P.1089–1103.
- 2) Zhang J., Sarma K.D., Curran T.T. Recent progress in the chemistry of mucohalic acids: versatile building blocks in organic synthesis // *Synlett.* 2013. V.24. P.550–569.
- 3) Kurbangalieva A.R., Devyatova N.F., Bogdanov A.V., Berdnikov E.A., Mannafov T.G., Krivolapov D.B., Litvinov I.A. Synthesis of novel arylthio derivatives of mucochloric acid // *Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem.* 2007. V.182. №3. P.607–630.
- 4) Курбангалиева А.Р., Девятова Н.Ф., Косолапова Л.С., Лодочникова О.А., Бердников Е.А., Литвинов И.А., Чмутова Г.А. Реакции 2-меркаптоуксусной кислоты с мукохлорной кислотой и ее производными // *Изв. АН. Сер. хим.* 2009. №1. С.126–133.
- 5) Девятова Н.Ф., Косолапова Л.С., Курбангалиева А.Р., Бердников Е.А., Лодочникова О.А., Литвинов И.А., Чмутова Г.А. 2-Меркаптоэтанол в реакциях с мукохлорной кислотой и ее производными // *Журн. орган. химии.* 2008. Т.44. Вып.8. С.1237–1244.
- 6) Kurbangalieva A.R., Lodochnikova O.A., Devyatova N.F., Berdnikov E.A., Gnezdilov O.I., Litvinov I.A., Chmutova G.A. Structural diversity of interaction products of mucochloric acid and its derivatives with 1,2-ethanedithiol // *Tetrahedron.* 2010. V.66. P.9945–9953.
- 7) Mowry D.T. Mucochloric Acid. I. Reactions of the Pseudo Acid Group // *J. Am. Chem. Soc.* 1950. V.72. №6. P.2535–2537.

## ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И КАЛОРИМЕТРИЯ СГОРАНИЯ ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА ДРЕВЕСИНЫ

*Мусин Т.Р.*

*Научный руководитель – доцент Варфоломеев М.А.*

Лигнин, наряду с целлюлозой, является одним из наиболее распространенных природных органических полимеров. Он состоит из фенилпропановых структурных единиц, а также их метоксильных и гидроксильных производных. Содержание лигнина в древесине составляет 20-30%, что делает его потенциальным источником для получения ряда органических соединений. Он содержит как гидро-

фильные, так и гидрофобные группы, из-за трехмерной химической структуры лигнин демонстрирует более высокую сопротивляемость, чем другие природные полимеры [1, 2, 6].

Лигнин является отходом переработки растительного сырья. В зависимости от способа этой переработки можно получить различные виды лигнина: крафт лигнин, лигносульфонаты и органорастворимый лигнин. Они получают за счет применения различного химического и физического воздействия на древесину [1, 2].

Ежегодно в мире перерабатывается несколько миллиардов тонн растительного сырья, в котором содержится до 20% лигнина, переходящего в отходы производства. Следовательно, он является перспективным ресурсом в качестве вторичного сырья для различных видов промышленности. В настоящей работе мы остановили свое внимание на гидролизном лигнине, который получается в качестве отхода при производстве биоэтанола. Ежедневно вырабатывается около 60-80 тонн данного продукта, а в год эти показатели составляют порядка 25 000 тонн. Основными путями его утилизации является использование в качестве вторичного топлива, проведение пиролиза с целью получения ценных продуктов [2, 3, 4].

С целью оценки термических свойств и теплотворной способности гидролизного лигнина и продуктов его переработки нами были изучены образцы лигнина кислотного гидролиза хвойной древесины с Кировского биохимического завода. Исследовано термическое поведение лигнина с помощью метода совмещенного ТГ-ДСК анализа с масс-спектрометрическим детектором. Определена теплотворная способность лигнина методом калориметрии сгорания и сравнение ее с другими видами топлива (вторичный источник энергии). Проведены эксперименты по термодеструкции лигнина в инертной среде с помощью совмещенного ТГ-ДСК-МС анализатора. Выявлено количество стадий процесса термического воздействия и определение температурных диапазонов каждой стадии этого процесса. Оценены термодинамические и кинетические параметры термодеструкции. Проведен анализ состава газообразных продуктов термодеструкции лигнина с помощью масс-спектрометрии.

Эксперименты были выполнены на автоматическом калориметре сгорания ИКА С6000. Предварительно калориметр был откалиброван по теплоте сгорания бензойной кислоты. Процесс проводили в специальной калориметрической бомбе в избытке кислорода при 25 °С.

Термическая стабильность лигнина была изучена совмещенным методом термогравиметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии с помощью термоанализатора STA 449 С Jupiter (Netzsch, Германия). Для определения выделяющихся газообразных продуктов термодеструкции применяли квадрупольный масс-спектрометр QMS 403 С Aëolos (Netzsch, Германия), сопряженный с ТГ-ДСК анализатором. Газообразные продукты пиролиза анализировались на масс-спектрометрическом детекторе в диапазоне молекулярных масс 10-50 г/моль. Перед началом эксперимента образцы лигнина массой ~10 мг помещались в алюминиевые тигли с крышками, имеющими три отверстия, каждое 0,5 мм в диаметре. Все эксперименты проводили в динамической атмосфере аргона, в интервале температур 30-600°С, со скоростями нагрева 2, 5, 10, 15 и 20 К/мин.

Расчеты энергий активации основывались на данных с ДСК измерений при разных скоростях нагрева: 2 К/мин, 5 К/мин, 10 К/мин, 15 К/мин, 20 К/мин.

Вычисления проводились независимо для каждой стадии термодеструкции. Основываясь на рекомендациях ИСТАС [10], для проведения кинетических расчетов необходимо использовать минимум два разных метода. Нами были использованы три различных метода безмодельной кинетики: методы Озавы-Флинн-Уолла, Фридмана и Киссинджера. Безмодельные методики позволяют рассчитывать энергию активации без определения модели реакции, основываясь лишь на том, что реакция – первого порядка и что степень конверсии подчиняется зависимости от скорости нагрева по некоей модели  $f(\alpha)$ . Все расчеты проводились в программном обеспечении NETZSCH Thermokinetics, версии 3.1.

Тепловой эффект данного процесса составил 24,78 МДж/кг. Результат получен на основе 6 повторяющихся экспериментов.

На диаграмме 1 приведено сравнение теплотворной способности лигнина с традиционными видами топлива. Хорошо видно, что лигнин является существенно более хорошим топливом, чем древесина, немного уступает углю и заметно хуже мазута и дизельного топлива, однако он может быть использован в качестве топлива на тех предприятиях, где его получают в качестве отхода. Также его можно использовать в качестве топлива и в других местах, но это менее эффективно, чем получать из лигнина другие химические продукты с высокой добавочной стоимостью.

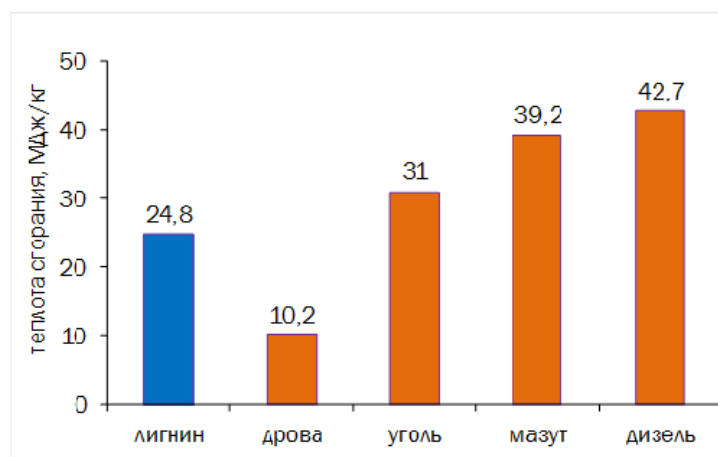


Диаграмма 1. – Сравнение теплоты сгорания лигнина с популярными видами топлива.

### ТГ-ДСК

На рисунке 1 показаны ТГ-ДСК кривые, а также масс-спектрометрические кривые выделяющихся газообразных веществ, а именно воды ( $m/z=18$ ) и углекислого газа ( $m/z=44$ ). Явных фазовых переходов не наблюдается. Образец гидролизного лигнина при нагревании до  $100^{\circ}\text{C}$  теряет примерно 2% массы. Дегидратация лигнина подтверждается на ДСК кривой в виде двух эндотермических пиков. Анализ отходящих газов показал, что в этом температурном интервале выделяется только вода. При температурах выше  $150^{\circ}\text{C}$  наблюдается постепенное уменьшение массы. Выше  $230^{\circ}\text{C}$  наблюдается резкое уменьшение массы образца, при этом выделяется несколько продуктов, в том числе вода и углекислый газ, которые были зафиксированы масс-спектрометром. Наибольшая степень разложения лигнина приходится на температуру  $400\text{--}450^{\circ}\text{C}$ . Стоит отметить, что плавления лигнина при этом не происходит.

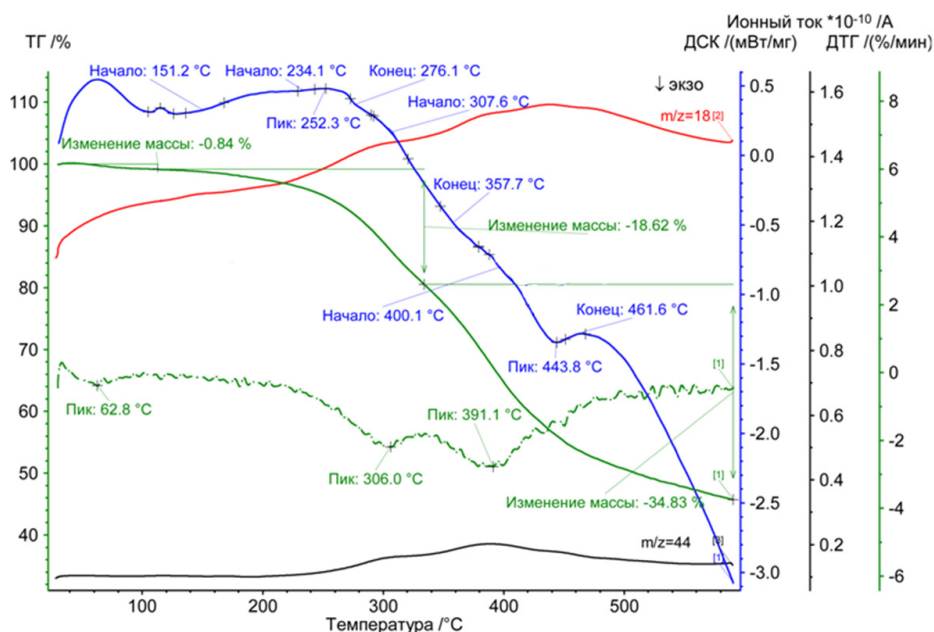


Рисунок 1. – ТГ-ДСК-МС анализ гидролизного лигнина.

На основе ТГ-ДСК анализа можно выделить три **основных** стадии процесса пиролиза. Первая стадия осуществляется в температурном диапазоне  $30\text{--}130^{\circ}\text{C}$ . Она, по-видимому, относится к выделению летучих примесей, а именно воды. Вторая стадия проходит в интервале температур  $130\text{--}330^{\circ}\text{C}$  и является эндотермической. Результаты масс-спектрометрического анализа говорят, что на этой стадии выделяются вода,  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ . После нее наступает третья стадия, в интервале от  $330^{\circ}\text{C}$  до  $530^{\circ}\text{C}$ , в ходе которой теплота уже выделяется.

На рисунке 2 представлены кривые потери массы, а также их производные по времени при пяти скоростях нагрева. На всех кривых мы наблюдаем три стадии процесса термодеструкции лигнина. Хорошо видно, что при увеличении скорости нагрева наблюдается смещение пика разложения лиг-

нина в сторону более высоких температур. Наибольшая площадь соответствует третьему пику на ДТГ кривых, следовательно, именно в этом температурном интервале происходит наибольшее разложение лигнина.

При изменении скорости нагрева меняется не только температура пиков, но и величина потери массы. При увеличении скорости нагрева потеря массы на второй стадии уменьшается, а на третьей стадии увеличивается.

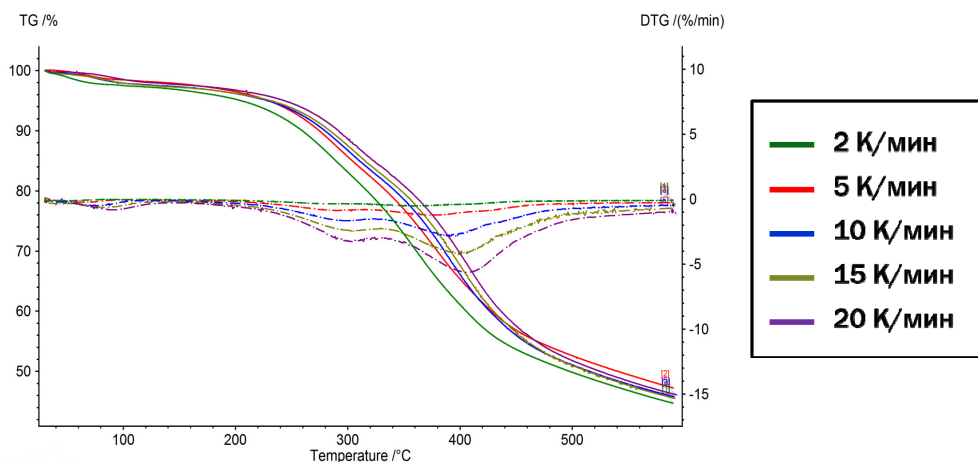


Рисунок 2. – ТГ и ДТГ анализ лигнина при разных скоростях нагрева.

ДСК-кривые лигнина (рисунок 3) также подтверждают, что процесс термодеструкции ступенчатый, состоящий из 3 стадий. В первую стадию происходит выделение летучих компонентов, которое сопровождается поглощением энергии (эндотермический эффект). В ходе второй стадии (130-330°C) происходит пиролиз лигнина и выделение продуктов этого процесса, все это тоже характеризуется эндотермическим эффектом. Финальная стадия пиролиза лигнина характеризуется большей потерей массы (более 30%) и экзоэффектом. Из-за высокой температуры механизм этой стадии является очень сложным, разрыв одних связей сопровождается образованием новых (рекомбинация).

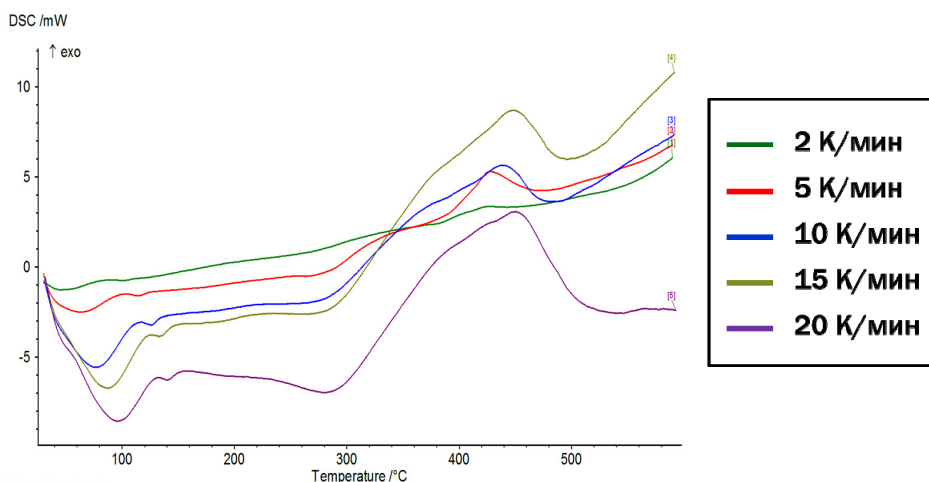


Рисунок 3. – ДСК кривые пиролиза лигнина.

Тепловой эффект первой стадии составляет около 105 Дж/г, второй пик около 90 Дж/г и наконец третий около – 110 Дж/г. Причем эти величины практически не зависят от скорости нагрева и остаются постоянными.

#### Масс-спектрометрический анализ

Основными веществами, выделяющимися при пиролизе, оказались простейшие углеводороды, что подтверждается наличием пиков  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_2\text{H}_6$ , воды и оксидов углерода. Первая стадия, которая проявляется и на кривых ТГА и на ДСК, сопровождается выделением воды. На второй стадии в температурном интервале 160-330°C выделяется в основном вода, также при температуре 250°C начинается выделение угарного и углекислого газа. На кривой углекислого газа имеется два максимума соответствующих температурам 380°C и 550°C. В свою очередь ионный ток угарного газа монотонно растет.

При температуре 440-450°C градусов наблюдается максимальный выход углеводородных фрагментов и метана. Данные кривые подтверждают, что термодеструкция лигнина – многостадийна, и на каждой стадии реализуются определенные химические процессы.

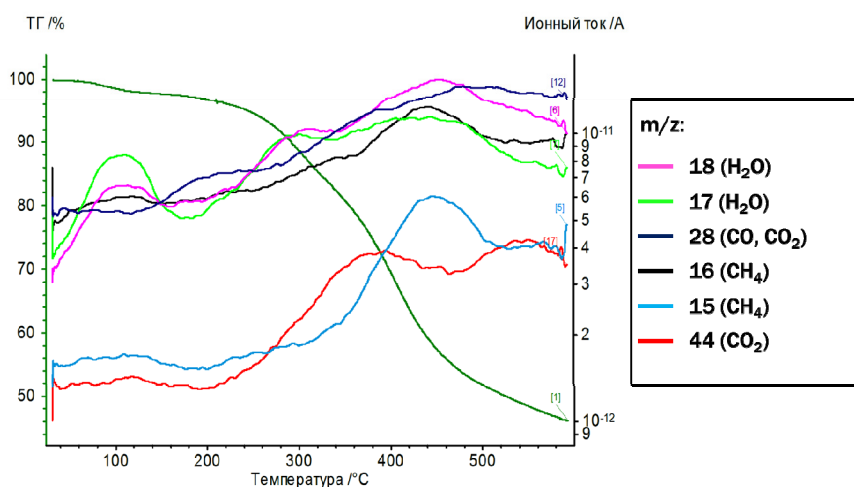


Рисунок 4. – Ионная термограмма термодеструкции лигнина.

### *Кинетика пиролиза*

Кинетический анализ термоллиза лигнина проводили независимо для каждой стадии процесса. Для расчета энергий активации процессов пиролиза использовалось три различных методики: Озавы-Флинн-Уолла, Фридмана и Киссинджера.

Поскольку первая стадия процесса в температурном интервале 30-160°C связана только с испарением летучих компонентов и при этом не происходит никаких химических превращений, кинетические расчеты проводились только для второй и третьей стадии термодеструкции лигнина.

Энергия активации второй стадии такова: для метода Озавы-Флинн-Уолла энергия активации составила  $241,0 \pm 8,4$  кДж/моль. Эти данные хорошо сходятся с методом Фридмана, по результатам которого энергия активации составила  $242,6 \pm 10,7$  кДж/моль. И метод Киссинджера, значение энергии активации –  $242,4 \pm 4,7$  кДж/моль.

Для третьей стадии, к удивлению, энергия активации обладает меньшим значением. По результатам метода Фридмана, энергия активации составила  $211,7 \pm 39,5$  кДж/моль. Для метода Озавы-Флинн-Уолла энергия активации составила  $210,6 \pm 32,0$  кДж/моль. По методу Киссинджера значение энергии активации равно  $216,3 \pm 9,8$  кДж/моль.

В ходе калориметрических измерений получено точное значение энтальпии сгорания гидролизного лигнина. Показано, что его теплотворная способность ниже, чем у древесного угля, мазута и дизельного топлива, но при этом она более чем в 2 раза выше, чем у обычной древесины.

Проведены исследования термодеструкции лигнина при различных скоростях нагрева с помощью ТГ-ДСК-МС анализа. Полученные данные показали, что в ходе термического воздействия на экспериментальных кривых наблюдается три основных процесса: испарение летучих примесей (дегидратация) и две стадии пиролиза. Термогравиметрические исследования показали, что на первой стадии потеря массы образца составляет около 2%, на второй стадии 14-20%, максимальная потеря массы наблюдается на третьей стадии 32-38%. Увеличение скорости нагрева приводит к повышению температуры термодеструкции и изменению потери массы на второй и третьей стадии.

ДСК данные показали, что первые две стадии представляют собой эндотермические процессы, а третья происходит с выделением тепла. Тепловые эффекты составляют 108, 88 и 111 Дж/г. Они остаются постоянными при изменении скорости нагрева.

Масс-спектрометрический анализ показал, что основными продуктами пиролиза являются вода, оксиды углерода и метан. Вода в основном выделяется на первой и второй стадии термического воздействия, оксиды углерода на второй и третьей стадии, а метан преимущественно на третьей стадии пиролиза.

Проведен кинетический анализ полученных данных с помощью трех методов безмодельной кинетики. Результаты хорошо согласуются между собой, что подтверждает достоверность полученных энергий активации второй и третьей стадии пиролиза лигнина.

### Список литературы.

- 1) Lignin as Building Unit for Polymers. / E. Windeisen and G. Wegener // Polymer Science: A Comprehensive Reference, 10 Volume Set. Volume 10. 2012. Pages 255–265.
- 2) Lignin as Renewable Raw Material. / Francisco García Calvo-Flores and José A. Dobado. // ChemSusChem (3). 2010. Pages 1227–1235.
- 3) Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. / Haiping Yang, Rong Yan, Hanping Chen, Dong Ho Lee, Chuguang Zheng. // Fuel (86). 2007. Pages 1781–1788.
- 4) Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass. / A. Demirbaş. // Energy Conversion and Management (41). 2000. Pages 633–646.
- 5) Comparison of pyrolysis behavior of pyrolytic lignin and milled wood lignin by using TG-FTIR analysis. / Shurong Wang, Haizhou Lin, Bin Ru, Wuxing Sun, Yurong Wang, Zhongyang Luo. // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, Volume 108. 2014. Pages 78–85.
- 6) Production of phenol compounds by alkaline treatment of poplar wood bark. / T. Radoykova, S. Nenkova, and K. Stanulov. // Chemistry of Natural Compounds. Vol.46. No.5. 2010.
- 7) Thermal degradation of lignin isolated from wood. / M. Bartkowiak, R. Zakrzewski. // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. Volume 77. 2004. Pages 295–304.
- 8) Thermal degradation of softwood lignin and hardwood lignin by TG-FTIR and Py-GCMS. / Jing Zhao, Wang Xiuwen, Jun Hu, Dekui Shen, Rui Xiao. // Polymer Degradation and Stability. Volume 108. 2014. Pages 133–138.
- 9) Mechanism study of wood lignin pyrolysis by using TG-FTIR analysis. / Qian Liu, Shurong Wang, Yun Zheng, Zhongyang Luo, Kefa Cen. // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis (82). 2008. Pages 170–177.
- 10) ICTAC Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data. / Sergey Vyazovkin, Alan K. Burnham, José M. Criado, Luis A. Pérez-Maqueda, Crisan Popescu, Nicolas Sbirrazzuoli. // Thermochimica Acta 520 (2011) 1–19.

## НОВЫЕ ОПТИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ 2(5H)-ФУРАНОНА, СОДЕРЖАЩИЕ ФРАГМЕНТЫ L-МЕНТОЛА И S-НАПРОКСЕНА

*Сибгатуллина Р.Р.*

*Научные руководители – асс. Латыпова Л.З., доц. Курбангалиева А.Р.*

Тенденции развития мировой фармацевтической промышленности за последнее десятилетие свидетельствуют о растущей потребности в получении оптически чистых лекарственных препаратов. Оптически чистые хиральные соединения лидируют по продажам современных медпрепаратов в развитых странах [1]. Широкая популярность этого направления связана с тем, что стереохимические параметры органических молекул определяют их биологическую активность. Как правило, биологической активностью обладает только один стереоизомер, в то время как второй изомер может оказаться как относительно безвредным для организма, так и ядом, канцерогеном, мутагеном.

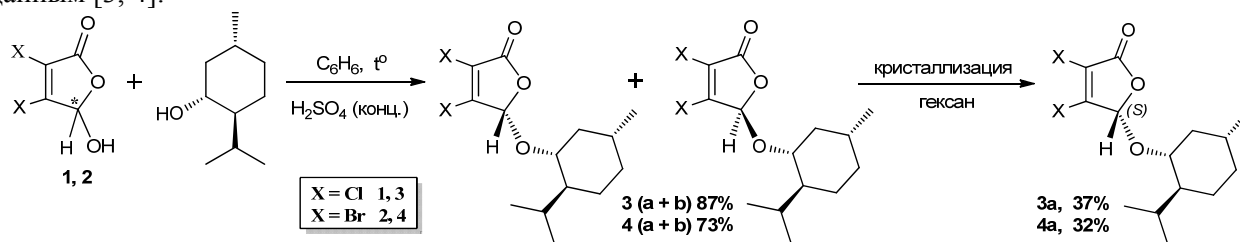
Данная работа посвящена синтезу оптически активных производных пятичленного кислородсодержащего гетероцикла – 2(5H)-фуранона. Молекулы, имеющие в своем составе ненасыщенный лактонный фрагмент, встречаются во многих природных объектах и привлекают большой интерес исследователей в связи с обнаружением противогрибковых, антибактериальных, противовоспалительных и противоопухолевых свойств [2].

Молекулы 3,4-дигалоген-5-гидрокси-2(5H)-фуранонов содержат асимметрический атом углерода C<sup>5</sup> и могут существовать в виде R- или S-стереоизомеров, однако на настоящий момент мукохлорная и мукобромная кислоты **1** и **2** так и не выделены в энантиоцистом виде и существуют в виде рацематов. Одним из подходов к синтезу оптически активных производных фуранонового ряда является введение хирального заместителя в молекулу 2(5H)-фуранона и последующее разделение образующихся диастереомеров [3].

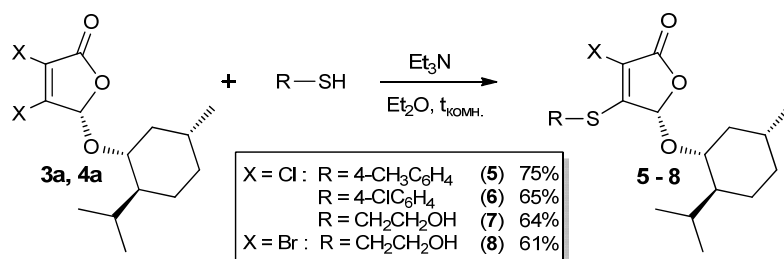
В данной работе в качестве хиральных реагентов были использованы l-ментол и S-напроксен, которые, кроме того, сами являются биологически активными соединениями.

При взаимодействии мукохлорной и мукобромной кислот **1** и **2** с энантиоцистым l-ментолом в условиях кислотного катализа были получены фураноны **3** и **4** в виде смеси двух диастереомеров, из которых методом дробной перекристаллизации из гексана выделили S-стереоизомеры **3a** и **4a**, соот-

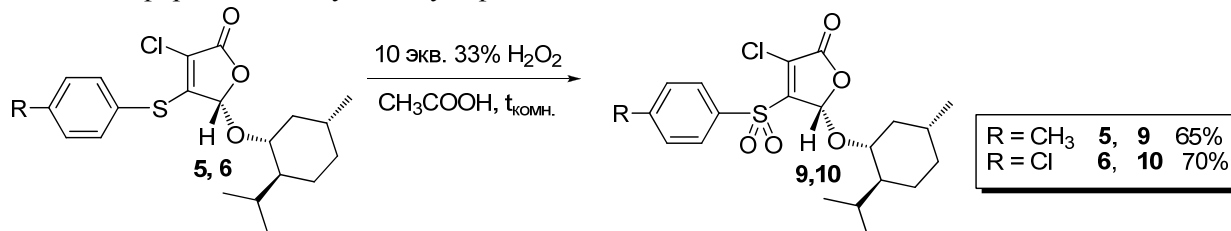
ветственно. Спектральные характеристики полученных соединений соответствовали литературным данным [3, 4]:



Далее проводили тиолирование выделенных стереоизомеров в условиях основного катализа. Известно, что в присутствии триэтиламина реакции с тиолами протекают с замещением атома хлора в 4 положении лактонного цикла [5]. В результате в реакциях с ароматическими тиолами и 2-меркаптоэтанолом были выделены 4-замещенные тиоэфиры в виде бесцветных кристаллических веществ. Структура полученных продуктов подтверждена методами спектроскопии ИК, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ .

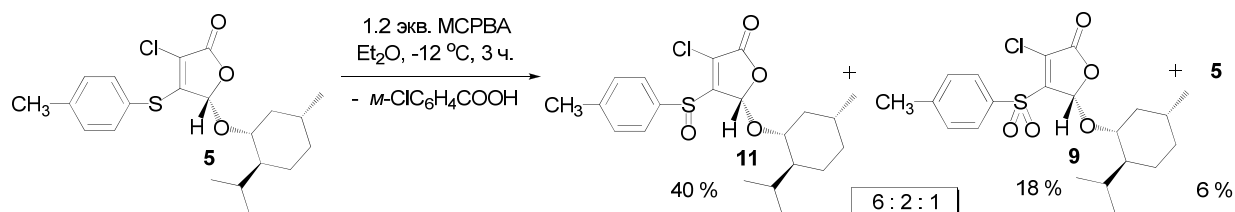


На следующем этапе тиоэфиры фуранона были вовлечены в реакции окисления до соответствующих сульфонов и сульфоксидов. Ранее в нашей исследовательской группе были разработаны селективные методы окисления моно- и дитиопроизводных 2(5H)-фуранона и для получения сульфонов успешно был использован пероксид водорода в уксусной кислоте [6]. При действии избытка окислителя на тиоэфиры были получены сульфоны **9** и **10**:



Получение оптически чистого сульфоксида с ментильным фрагментом является более сложной задачей, поскольку, во-первых, необходимо избежать часто наблюдаемого переокисления до сульфона, а во-вторых, провести разделение получаемой смеси диастереомерных сульфоксидов.

Нами проведено окисление тиоэфира **5** эквимольным количеством *мета*-хлорнадбензойной кислоты (MCPBA). По данным спектра ЯМР  $^1\text{H}$  реакционная смесь содержала исходный тиоэфир **5**, сульфон **9** и сульфоксид **11** в соотношении 1:2:6. Продукты реакции разделили методом колоночной хроматографии на силикагеле и выделили чистый сульфоксид **11**.



Появление нового хирального центра (сульфинильный атом серы) в молекулах сульфоксидов приводит к образованию диастереомерных смесей. По данным спектра ЯМР  $^1\text{H}$  реакционной смеси соотношение диастереомерных сульфоксидов составило 1:2. После разработки реакционной смеси методом колоночной хроматографии и выделения индивидуального продукта наблюдали обогащение образца одним из стереоизомеров (соотношение диастереомеров составило 1:8). Интересно, что соотношение диастереомеров этого же сульфоксида, образующегося в качестве побочного продукта в ре-

акции окисления тиозфира **5** пероксидом водорода, составило 1:1. Таким образом, можно отметить влияние природы окислителя на соотношение образующихся диастереомеров. Молекулярная и кристаллическая структура новых серосодержащих соединений **5–9** и **11** (рис. 1) была изучена методом рентгеноструктурного анализа (РСА). Отметим, что в случае сульфоксида **11** для РСА эксперимента был отобран кристалл, который образован одним диастереомером с *R* конфигурацией сульфинильного атома серы.

Для оптически чистых производных 2(*5H*)-фуранона была определена величина удельного вращения в хлороформе.

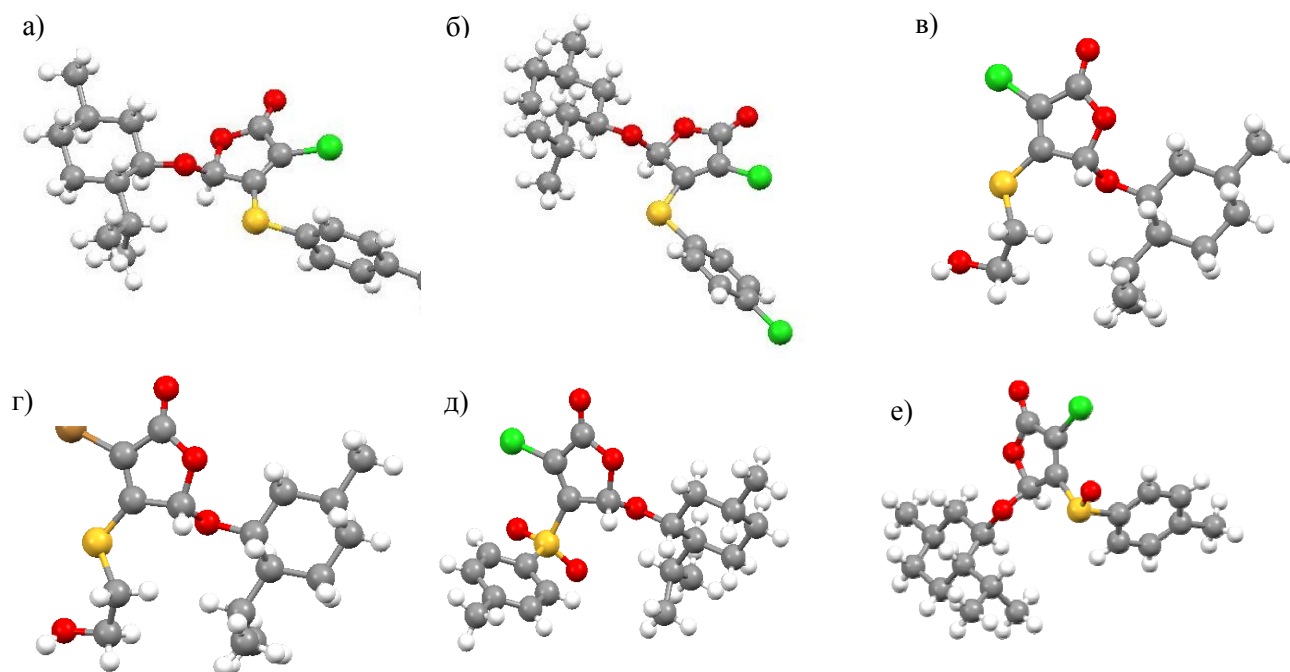
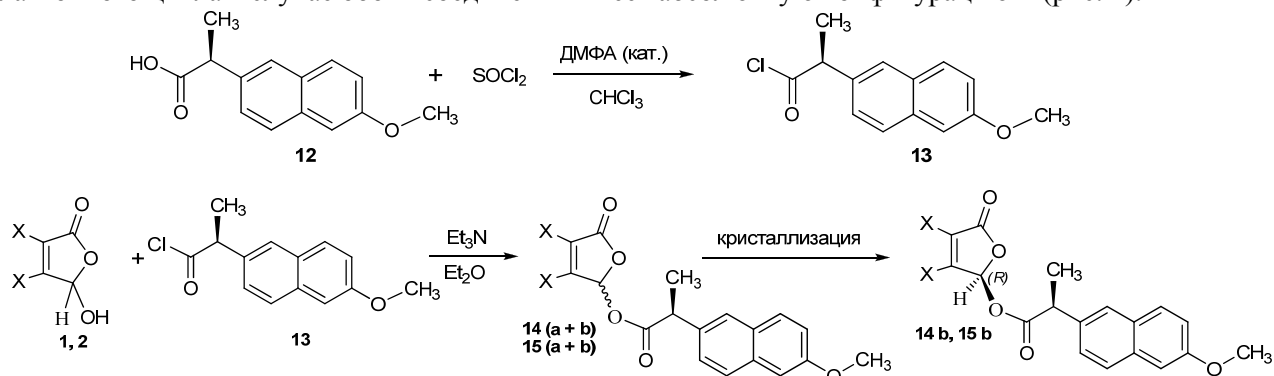


Рисунок 1. – Геометрия молекул тиозэфиров **5** (а), **6** (б), **7** (в), **8** (г), сульфона **9** (д) и сульфоксида **11** (е) в кристалле (на рисунках показаны C5(S)-стереоизомеры).

Другой блок работы посвящен введению в молекулу 2(*5H*)-фуранона такой хиральной вспомогательной группы как напроксен, который является одним из основных лекарственных средств группы нестероидных противовоспалительных препаратов.

В качестве реагента мы использовали хлорангидрид напроксена **13**, который получали по известной методике действием тионилхлорида в хлороформе в присутствии каталитических количеств ДМФА [7]. Выделенный хлорангидрид сразу же запускали в реакцию с мукохлорной и мукобромной кислотами **1** и **2** с целью проведения *O*-ацилирования по гидроксильной группе. Полученные смеси диастереомерных продуктов нам удалось разделить методом колоночной хроматографии с последующей дробной перекристаллизацией. В результате были выделены и спектрально охарактеризованы индивидуальные стереоизомеры **14b** и **15b**, соответственно. Согласно данным РСА атом углерода C<sup>5</sup> лактонного цикла в случае обоих соединений имеет абсолютную конфигурацию *R* (рис. 2).





Рассмотрена другая возможность введения фрагмента напроксена в молекулу фуранона, которая основана на реакции *O*-ацилирования по свободной гидроксильной группе в боковой цепи заместителя SCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH.

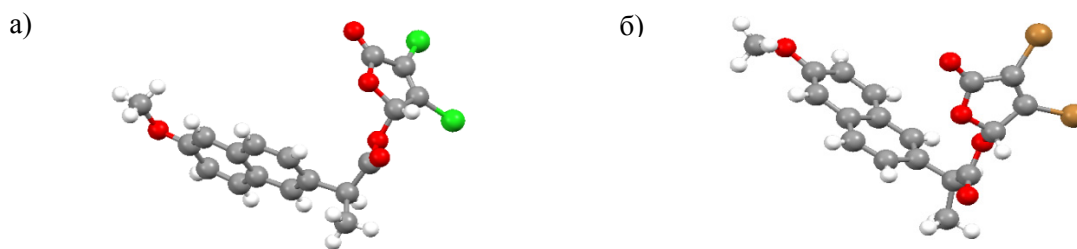
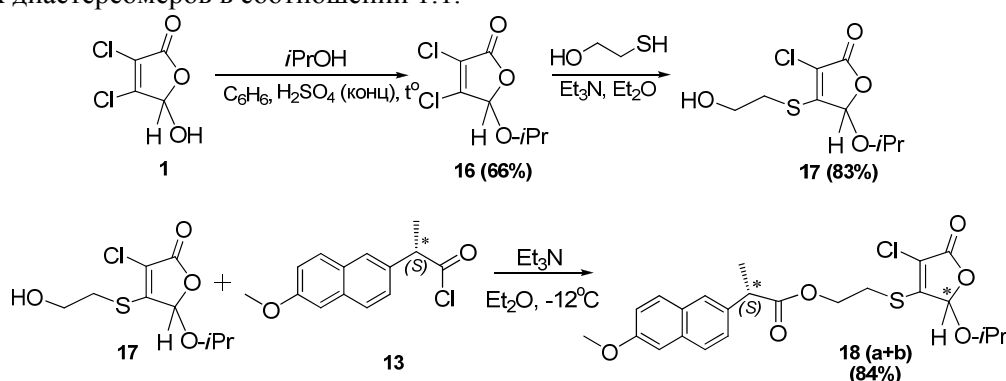


Рисунок 2. – Геометрия соединений 14b (а) и 15b (б) в кристалле.

Для этого по разработанной ранее методике в условиях основного катализа мы получили тиоэфир **17** из 5-изопропоксифуранона **16** и 2-меркаптоэтанола [8]. Далее по аналогии с вышеописанным синтезом проводили реакцию тиоэфира **17** с хлорангидридом напроксена и выделили продукт **18** в виде смеси двух диастереомеров в соотношении 1:1.



Таким образом, в данной работе нами синтезированы новые оптически активные тиопроизводные 2(5*H*)-фуранона, содержащие ментильный заместитель в 5 положении лактонного цикла, проведены реакции их окисления до сульфонов и сульфоксидов. Осуществлено введение фрагмента *S*-напроксена в молекулу мукохлорной и мукобромной кислот.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 15-14-00046).*

### Список литературы.

- 1) Siedlecka R. Recent developments in optical resolution // *Tetrahedron*. 2013. V.69. P.6331–6363.
- 2) Singh S., Sharma P.K., Kumar N., Dudhe R. Furanone derivatives: diverse biological activities // *J. Pharm. Science*. 2011. V.2. №3. P.51–61.
- 3) Fenske D., Merzweiler K., Ein beitrag zur synthese neuer chiraler phosphanliganden // *Z. Naturforsch.* 1989. V.44b. P.879–883.
- 4) Chen Q., Geng Z., Huang B. Synthesis of enantiomerically pure 5-(*l*-mentyloxy)-3,4-dibromo-2(5*H*)-furanone and its tandem asymmetric Michael addition-elimination reaction // *Tetrahedron Asymmetry*. 1995. V.6. №2. P.401–404.
- 5) Kurbangalieva A.R., Devyatova N.F., Bogdanov A.V., Berdnikov E.A., Mannafov T.G., Krivolapov D.B., Litvinov I.A., Chmutova G.A. Synthesis of novel arylthio derivatives of mucochloric acid // *Phosphorus, Sulfur, Silicon, Relat. Elem.* 2007. V.182. №3. P.607–630.
- 6) Латыпова Л.З., Сайгитбаталова Е.Ш., Чулакова Д.Р., Лодочникова О.А., Курбангалиева А.Р., Бердников Е.А., Чмутова Г.А. Тиоэфиры, сульфоны и сульфоксиды 2(5*H*)-фуранонового ряда: синтез и строение // *Журн. орган. химии*. 2014. Т.50. Вып.4. С.532–545.
- 7) Левит Г.Л., Королева М.А., Краснов В.П. Синтез амидов 2-арилпропионовых кислот // *Журн. орган. химии*. 1998. Т.34. №3. С.378–382.
- 8) Девятова Н.Ф., Косолапова Л.С., Курбангалиева А.Р., Бердников Е.А., Лодочникова О.А., Литвинов И.А., Чмутова Г.А. Меркаптоэтанол в реакциях с мукохлорной кислотой и ее производными // *Журн. орган. химии*. 2008. Т.44. Вып.8. С.1237–1244.

## НОВЫЕ ТИОЭФИРЫ И СУЛЬФОНЫ РЯДА 3-ПИРРОЛИН-2-ОНА

Смирнов И.С.

Научные руководители – асс. Латыпова Л.З., доц. Курбангалиева А.Р.

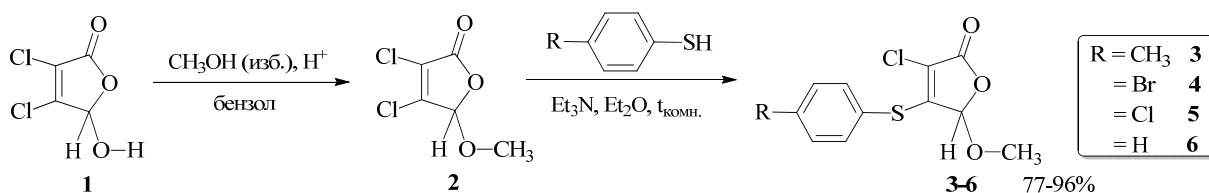
Азотсодержащие гетероциклические соединения вызывают повышенный интерес исследователей по всему миру, благодаря наличию среди них большого числа физиологически активных веществ и потенциальных лекарственных средств. Кроме того, они находят широкое применение в тонком органическом синтезе. Направленный поиск легкодоступных субстратов, на основе которых возможен синтез новых гетероциклических ансамблей, крайне важен для создания конструктивной базы современных исследований по обнаружению соединений с выраженной биологической активностью.

Объектами данного исследования явились производные 3-пирролин-2-она. Имеется множество примеров соединений данного гетероциклического ряда, которые обладают противомикробной, противовирусной, противовоспалительной, анальгетической, противоопухолевой, ноотропной и другими видами биологической активности [1, 2]. Наше исследование посвящено сульфанильным и сульфонильным производным 3-пирролин-2-она. Сочетание в молекуле гетероциклического фрагмента и сульфонильной группы может существенно расширить области применения таких многофункциональных соединений и придать веществам новые виды биологической активности.

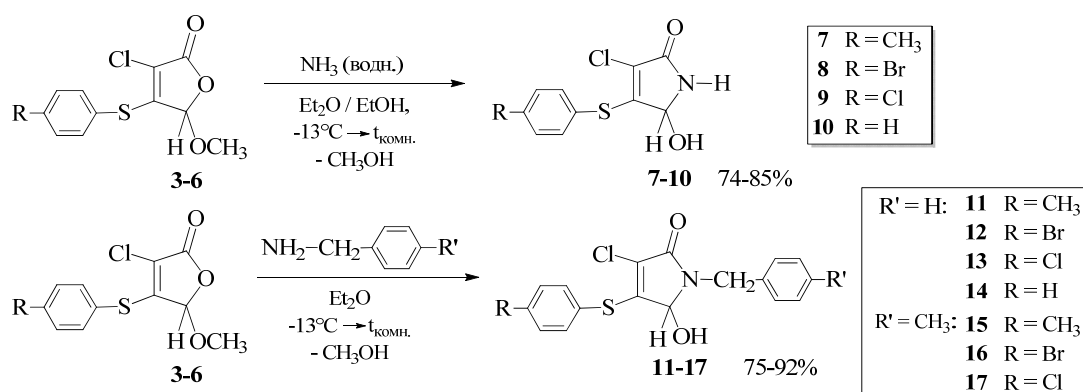
Целью работы явился синтез новых тиоэфиров и сульфонов ряда 3-пирролин-2-она для дальнейшего изучения их способности ингибировать рост различных бактерий и подавлять процесс образования биопленок. Описанные в литературе соединения ряда 3-пирролин-2-она, содержащие сульфонильную группу, немногочисленны и были получены не прямым окислением соответствующих тиопроизводных 3-пирролин-2-она, а другими методами [3-6].

Нами разработан синтетический подход, позволяющий получить желаемые сульфоны 3-пирролин-2-она в 4 стадии, исходя из коммерчески доступного 5-гидрокси-3,4-дихлор-2(5H)-фуранона **1**.

На первой стадии получали 5-метокси-2(5H)-фуранон **2** в реакции мукохлорной кислоты **1** с метанолом, проводимой в бензоле в присутствии каталитических количеств концентрированной серной кислоты [7]. На следующей стадии в молекулу фуранона **2** вводили ароматические тиозаместители. Реакции тиолирования проводили в условиях основного катализа, перемешивая при комнатной температуре эквимолярные количества фуранона **2**, тиофенола и триэтиламина. В этих условиях нуклеофильная атака серосодержащего реагента идет по атому углерода C<sup>4</sup> γ-лактонного цикла [8]. В результате были получены 5-метокси-4-арилтиозамещенные фураноны **3–6**, строение которых доказано методами спектроскопии ИК, ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C.



Далее полученные тиоэфиры **3–6** вовлекали в реакции с аммиаком и с первичными аминами [9]. Пирролиноны **7–10** образуются с хорошими выходами при перемешивании эфирных растворов соединений **3–6** с водным раствором аммиака сначала при охлаждении, а затем при комнатной температуре. Аналогично была получена серия N-замещенных 3-пирролин-2-онов **11–17** в реакциях фуранонов **3–6** с бензиламином и 4-метилбензиламином. Важно подчеркнуть, что выдерживание реакционной смеси при низкой температуре на начальном этапе позволяет предотвратить протекание побочных реакций, когда нуклеофильный реагент может атаковать другие реакционные центры – атомы углерода C<sup>3</sup>, C<sup>4</sup> и C<sup>5</sup> γ-лактонного цикла.



В качестве примера на рисунке 1 приведен спектр ЯМР  $^1\text{H}$  сульфона **22**. Так, метиновый протон и протон гидроксильной группы у атома углерода  $\text{C}^5$  образуют АВ-квадруплет в области 5,1-5,8 м.д., а диастереотопные метиленовые протоны дают второй АВ-квадруплет в области 4,2-4,8 м.д.

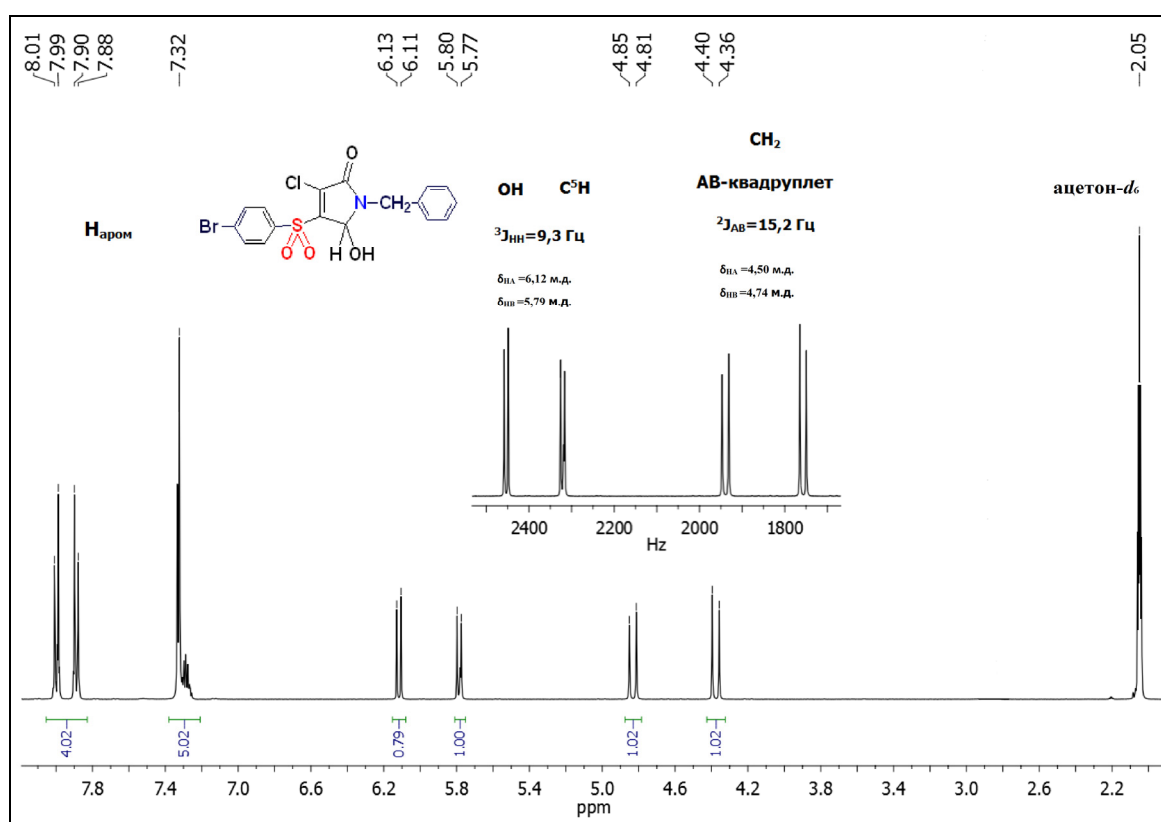


Рисунок 1. – Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  пирролинона **22** в ацетоне- $d_6$ .

Тиоэфиры 3-пирролин-2-она **7-17** выделены в виде бесцветных кристаллических образцов, что позволило для большинства из них получить подробную информацию о молекулярной и кристаллической структуре (рис. 2).

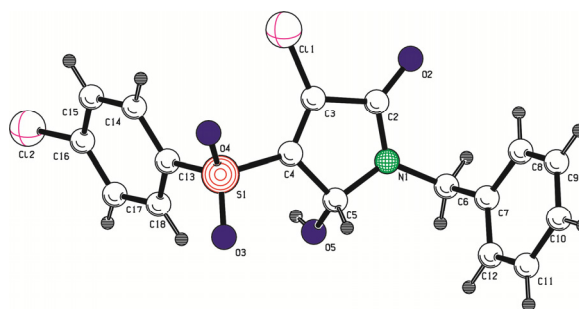
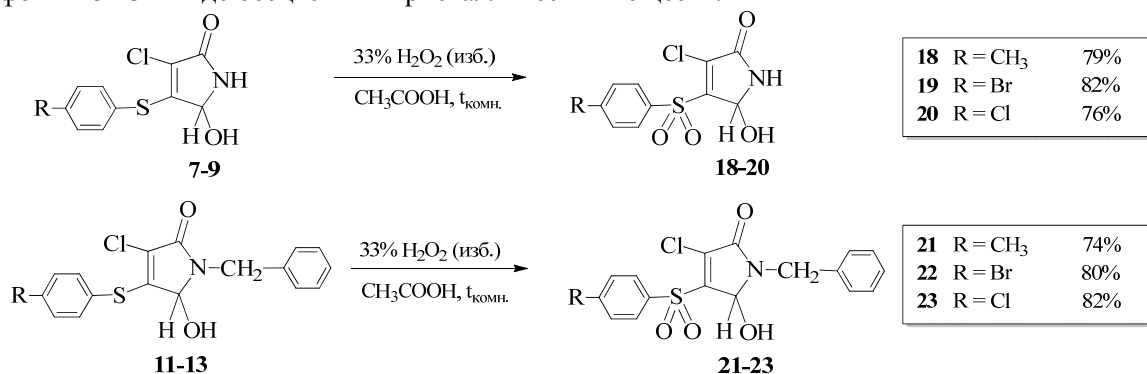


Рисунок 2. – Геометрия молекулы **23** в кристалле.

На заключительной стадии полученные пирролиноны **7-9** и **11-13** были окислены до сульфонов. Известны различные способы получения сульфонов, однако наибольшее распространение получил метод окисления соответствующих сульфидов различными реагентами [10]. В зависимости от применяемого окислителя можно получить либо соответствующие сульфоксиды, либо сульфоны, либо может образоваться их смесь.

Для синтеза сульфонов нами была использована классическая окислительная система – раствор пероксида водорода в уксусной кислоте [11]. В качестве ее достоинств следует отметить доступность, эффективность и простоту выполнения эксперимента. Кроме того, реакции протекают при комнатной температуре, а единственным неорганическим побочным продуктом является вода, поэтому сульфоны достаточно легко выделяются из реакционных смесей.

При выдерживании при комнатной температуре тиоэфиров **7-13** с избытком 33%-ного раствора пероксида водорода в уксусной кислоте нами с хорошими выходами получены соответствующие сульфоны **18-23** в виде бесцветных кристаллических веществ:



Строение новых сульфонов пирролинона **18-23** доказано методами спектроскопии ИК и ЯМР. В ИК спектрах присутствуют узкие интенсивные полосы поглощения валентных колебаний сульфонильной группы SO<sub>2</sub> в двух областях 1330 – 1348 см<sup>-1</sup> и 1114 – 1160 см<sup>-1</sup> (антисимметричные и симметричные колебания) (рис. 3). Спектры ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C тиоэфиров **7-9**, **11-13** и продуктов их окисления **18-23** содержат одинаковое количество сигналов, однако в случае сульфонов **18-23** все сигналы протонов и атомов углерода сдвинуты в область слабых полей.

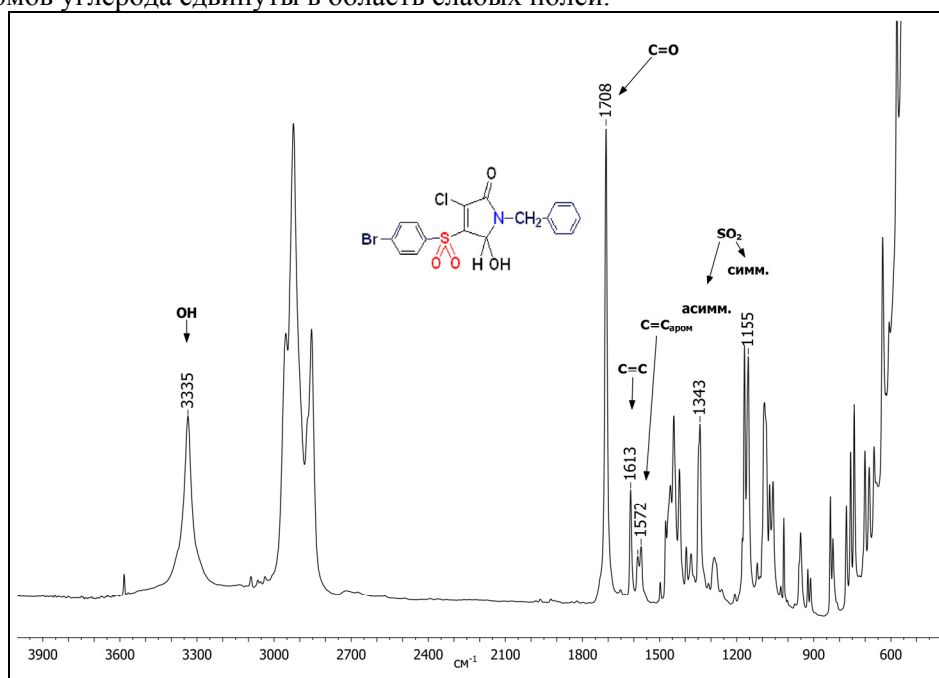


Рисунок 3. – ИК спектр соединения **22**.

Таким образом, нами синтезированы сульфоны пирролинонового ряда **18-23** в 4 стадии, исходя из 5-гидрокси-3,4-дихлор-2(5*H*)-фуранона **1**. Разработанный подход состоит в первоначальном введении *n*-толилтиоаместителя в 4 положение лактонного цикла в условиях основного катализа и последую-

щей реакции аммонолиза или аминирования тиоэфира фуранонового ряда. Конечные продукты – сульфоны получены окислением тиоэфиров раствором пероксида водорода в уксусной кислоте.

В сотрудничестве с научной группой доцента кафедры генетики Института фундаментальной медицины и биологии КФУ Каюмова А.Р. проводятся биологические испытания большой серии синтезированных нами производных фуранона и пирролинона. Изучена способность всех полученных в данной работе соединений фуранонового и пирролинонового ряда подавлять рост различных бактерий и процесс образования биопленок. Это позволило выявить молекулы-лидеры в ряду изученных соединений, для которых были определены минимальные ингибирующие концентрации в отношении различных микроорганизмов и установлены концентрации, подавляющие образование биопленок этими бактериями. Наибольшую активность проявили сульфоны 3-пирролин-2-онового ряда. Было показано, что исследованные соединения не проявляют мутагенность и цитотоксичность при концентрациях, которые ингибируют образование биопленок.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 15-14-00046).*

### Список литературы.

- 1) Bellina F., Rossi R. Synthesis and biological activity of pyrrole, pyrroline and pyrrolidine derivatives with two aryl groups on adjacent positions // *Tetrahedron*. 2006. V.62. P.7213–7256.
- 2) Saygili N., Altunbas A., Yesilada A. Synthesis of new 3-pyrroline-2-one derivatives // *Turk. J. Chem.* 2006. V.30. P.125–130.
- 3) Alizadeh A., Rezvanian A., Zhu L.-G. One-pot synthesis of 4-(alkylamino)-1-(arylsulfonyl)-3-benzoyl-1,5-dihydro-5-hydroxy-5-phenyl-2H-pyrrol-2-ones via a multicomponent reaction // *Helv. Chim. Acta*. 2007. V.90. P.2414–2420.
- 4) Pal M.R., Swamy N.K., Hameed P.S., Padakanti S., Yeleswarapu K. A rapid and direct access to symmetrical/unsymmetrical 3,4-diarylmaleimides and pyrrolin-2-ones // *Tetrahedron*. 2004. V.60. P.3987–3997.
- 5) Mykhaylychenko S., Harakat D., Dupas G., Shermolovich Y., Bouillon J.-P. Synthesis of (2,2,2-trifluoroethyl) substituted pyridazin-3(2H)-ones and 1,5-dihydropyrrol-2-ones from  $\alpha,\beta$ -unsaturated  $\gamma$ -lactones and hydrazines // *J. Fluorine Chem.* 2009. V.130. P.418–427.
- 6) Сибирякова М.А., Музыкаченко Г.Ф., Бурлака С.Д., Пушкарева К.С., Глуховцев В.Г., Тюхтенева З. Реакции нуклеофильного присоединения аминов к *N*-арилзамещенным пирролин-2-онам // *Химия гетероцикл. соединений*. 2002. Т.38. №5. С.612–617.
- 7) Mowry D.T. Mucochloric acid. I. Reactions of the pseudo acid group // *J. Am. Chem. Soc.* 1950. V.72. №6. P.2535–2537.
- 8) Kurbangalieva A.R., Devyatova N.F., Bogdanov A.V., Berdnikov E.A., Mannafov T.G., Krivolapov D.B., Litvinov I.A. Synthesis of novel arylthio derivatives of mucochloric acid // *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements*. 2007. V.182. №3. P.607–630.
- 9) Косолапова Л.С. Синтез, строение и свойства новых тиопроизводных азотсодержащих гетероциклов на базе 3-пирролин-2-она // дис. канд. хим. наук. КФУ. Казань. 2013. 172 с.
- 10) Meadows D.C., Gervay-Hague J. Vinyl sulfones: synthetic preparations and medicinal chemistry applications // *Med. Chem. Res.* 2006. V.26. №6. P.793–814.
- 11) Kaczorowska K., Kolarska Z., Mitka K., Kowalski P. Oxidation of sulfides to sulfoxides. Part 2: Oxidation by hydrogen peroxide // *Tetrahedron*. 2005. V.61. №35. P.8315–8327.

## ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ПРИРОДНЫХ ФЕНОЛОВ ПО РЕАКЦИИ С 2,2'-ДИФЕНИЛ-1-ПИКРИЛГИДРАЗИЛОМ

*Снегурева Ю.В.*

*Научный руководитель – к.х.н., доцент Зиятдинова Г.К.*

Природные фенольные антиоксиданты входят в состав многих пищевых продуктов растительного происхождения и лекарственного растительного сырья. Они взаимодействуют с активными формами кислорода, подавляя перекисное окисление липидов в живых системах, то есть способны нивелировать последствия и предотвращать развитие окислительного стресса, вызванного цепными радикальными реакциями [1]. Одним из параметров, характеризующих антиоксидантные свойства соедине-

ний, является их антиоксидантная активность. Она оценивается по реакциям антиоксидантов с радикальными частицами.

В настоящее время одним из стандартных радикалов, применяемых для этих целей, является 2,2'-дифенил-1-пикрилгидразил (ДФПГ), обладающий интенсивным поглощением при 517 нм. При взаимодействии с антиоксидантами образуется неокрашенная форма, что приводит к уменьшению оптической плотности раствора. Антиоксидантную активность выражают как соотношение интенсивностей поглощения ДФПГ до и после реакции с антиоксидантами [2]. Следует отметить, что этот способ определения антиоксидантной активности имеет ряд недостатков, понижающие надежность оценки параметра. Поскольку реакция антиоксидантов с ДФПГ предполагает перенос электрона, то можно использовать электрохимические методы, в частности вольтамперометрию, для оценки антиоксидантной активности. Вольтамперометрия характеризуется высокой чувствительностью, быстротой процедуры и относительно невысокой стоимостью анализа, что делает ее весьма привлекательной для решения подобного рода задач.

Изучено вольтамперометрическое поведение ДФПГ на стеклоуглеродном электроде (СУЭ) на фоне фосфатного буферного раствора pH 7,4. На циклических вольтамперограммах наблюдается пара катодно-анодных пиков (рис. 1, кривая 2). Разность потенциалов пиков, равная 70 мВ, свидетельствует об одноэлектронном восстановлении ДФПГ. Соотношение токов пиков не позволяет говорить о строгой обратимости системы. Кроме того, токи пиков невелики, хотя концентрация ДФПГ в растворе составляет 2,5 мМ. Интерес представляет изучение электрода, модифицированного ДФПГ. Как видно из рис. 1 (кривая 3), нанесение ДФПГ на поверхность электрода приводит к пятикратному увеличению токов пиков при сохранении разности потенциалов, а также значительному улучшению формы кривой. Электрохимическая система становится почти обратимой.

Для повышения чувствительности системы исследовали электроды, модифицированные наночастицами диоксида церия и ДФПГ. Потенциалы пиков восстановления и окисления при этом не изменяются (рис. 2). Токи пиков заметно различаются. В случае использования наночастиц диоксида церия в мицеллярной среде катионного ПАВ – цетилпиридиний бромид (ЦПБ) наблюдается увеличение токов пиков в 4 раза (рис. 2, кривая 3). Это, вероятно, обусловлено гидрофобными взаимодействиями ароматических колец ДФПГ с алкильными и ароматическими фрагментами молекул ЦПБ, которое приводит к более прочному удерживанию ДФПГ на поверхности электрода. Оценено влияние концентрации наночастиц диоксида церия на аналитический сигнал ДФПГ, иммобилизованного на электроде. Установлено, что наилучшие параметры наблюдаются для концентрации 1 мг/мл.

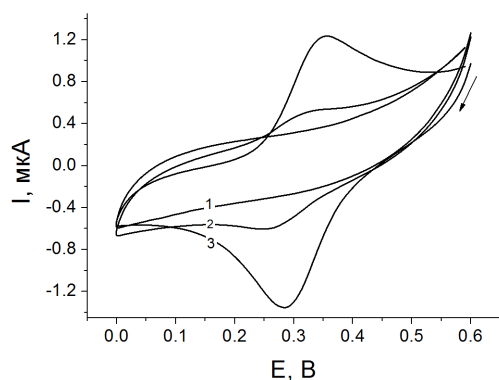


Рисунок 1. – Циклические вольтамперограммы 2,5 мМ ДФПГ на СУЭ (кривая 2) на фоне фосфатного буферного раствора pH 7,4 (кривая 1) и иммобилизованного ДФПГ (кривая 3). Скорость изменения потенциала 100 мВ/с.

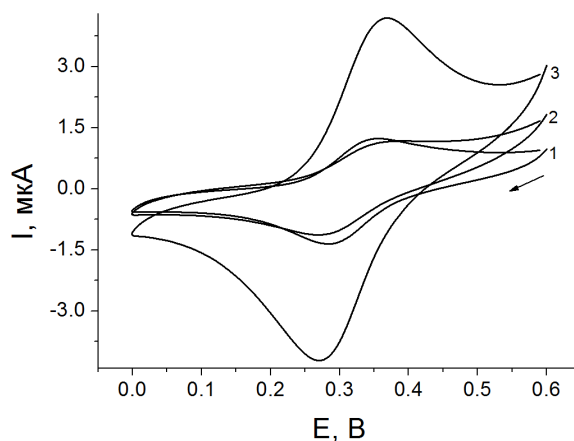
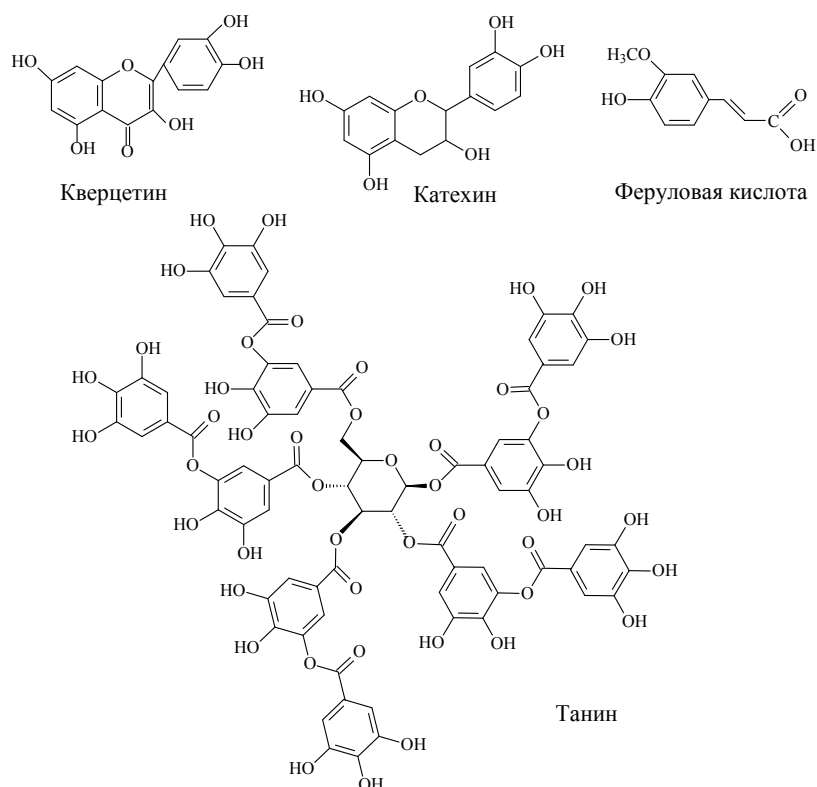
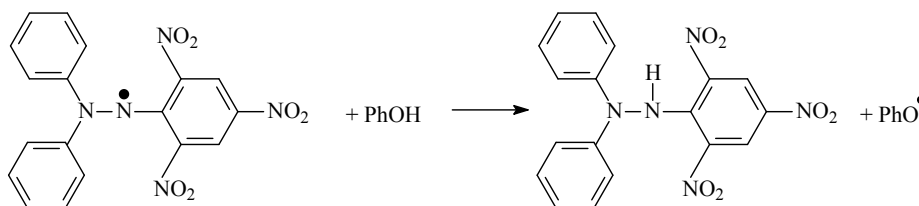


Рисунок 2. – Циклические вольтамперограммы ДФПГ/СУЭ (кривая 1), ДФПГ/CeO<sub>2</sub>/СУЭ (кривая 2) и ДФПГ/CeO<sub>2</sub>-ЦПБ/СУЭ (кривая 3) на фоне фосфатного буферного раствора pH 7.4. Скорость изменения потенциала 100 мВ/с.

Созданный электрод был применен для оценки антиоксидантной активности природных фенольных антиоксидантов. В качестве объектов исследования были выбраны представители различных классов фенольных антиоксидантов: катехин, кверцетин, танин и феруловая кислота.



На циклических вольтамперограммах в присутствии фенольных антиоксидантов наблюдается значительное уменьшение токов пиков восстановления/окисления ДФПГ, что свидетельствует о протекании реакции.



При этом фенольный антиоксидант превращается в относительно стабильный феноксильный радикал. Следует отметить, что при увеличении концентрации антиоксиданта происходит изменение формы кривой, что не позволяет надежно оценить высоту пика (рис. 3).

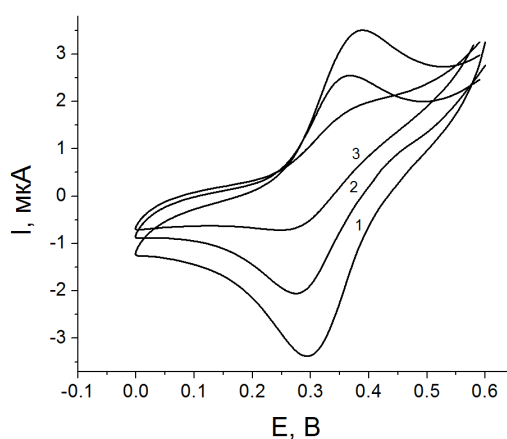


Рисунок 3. – Циклические вольтамперограммы ДФПГ/CeO<sub>2</sub>-ЦПБ/СУЭ на фоне фосфатного буферного раствора pH 7,4 в присутствии танина различной концентрации: 1-0; 2-5; 3-500 мкМ. Скорость изменения потенциала 100 мВ/с.

Поэтому для дальнейших исследований использовали дифференциальную импульсную вольтамперометрию. На дифференциально-импульсных вольтамперограммах наблюдается пик восстано-

ния иммобилизованного на электроде ДФПГ, высота которого уменьшается в ходе реакции с фенольными антиоксидантами (рис. 5А).

Антиоксидантную активность индивидуальных веществ принято выражать через параметр  $IC_{50}$ , который соответствует эффективной концентрации вещества, при которой восстанавливается 50% свободных радикалов ДФПГ. Для этих целей строили зависимость степени ингибирования ДФПГ от концентрации антиоксидантов (рис. 5Б).

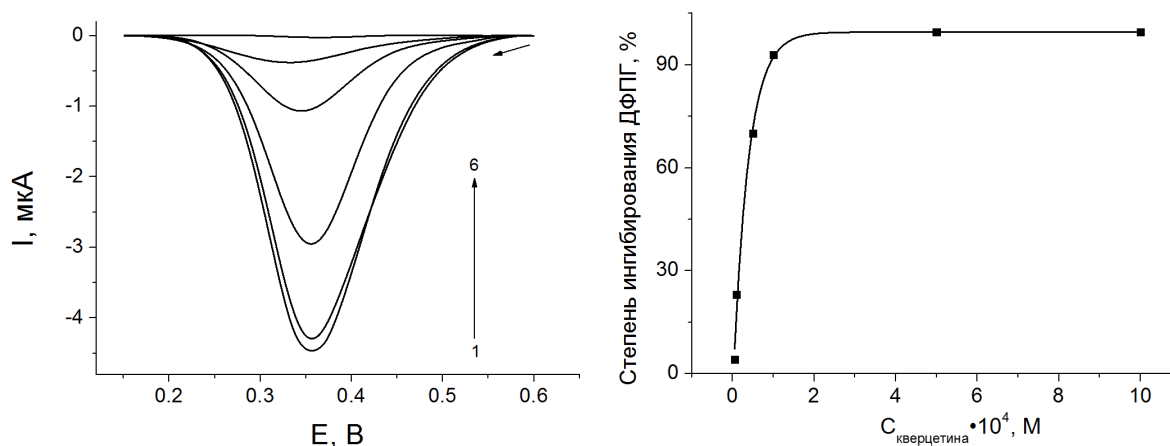


Рисунок 5. – Дифференциально-импульсные вольтамперограммы ДФПГ/CeO<sub>2</sub>-ЦПБ/СУЭ на фоне фосфатного буферного раствора pH 7,4 в присутствии кверцетина различной концентрации. Зависимость степени ингибирования ДФПГ от концентрации кверцетина. Скорость изменения потенциала 100 мВ/с.

Рассчитанные параметры  $IC_{50}$  для изученных соединений представлены в таблице. Для сопоставления полученных значений проведено определение независимым спектрофотометрическим методом. Как видно из данных таблицы, антиоксидантные активности по данным разработанного вольтамперометрического метода и спектрофотометрии хорошо согласуются между собой. Однако спектрофотометрический метод характеризуется большей величиной относительного стандартного отклонения (до 10%). Вычисленные значения  $t$ - и  $F$ -критериев меньше, чем критические значения, что свидетельствует об однородности вариаций двух совокупностей и равнозначности методов вольтамперометрии и спектрофотометрии.

Таблица 1. – Антиоксидантная активность фенольных антиоксидантов в реакциях с ДФПГ ( $n=3$ ,  $P=0,95$ ).

Соединение	Вольтамперометрия		Спектрофотометрия		$t_{кр}^a$	$F_{кр}^b$
	$IC_{50}$ , мкМ	$s_r$	$IC_{50}$ , мкМ	$s_r$		
Танин	33±3	0,036	34±5	0,059	0,36	18,3
Кверцетин	28±2	0,027	32±8	0,10	1,84	17,7
Катехин	115±12	0,044	114±9	0,031	0,19	2,02
Феруловая кислота	738±24	0,026	731±27	0,030	0,40	1,32

<sup>a</sup>  $t_{табл}=2,78$  при  $P=0,95$  и  $df=4$

<sup>b</sup>  $F_{табл}=19,0$  при  $P=0,95$  и  $df_1=2$ ,  $df_2=2$

Таким образом, впервые предложенный способ вольтамперометрической оценки антиоксидантной активности, основанный на иммобилизации радикалов ДФПГ на модифицированном диоксидом церия электроде, характеризуется простотой и доступностью, а также позволяет исключить недостатки спектрофотометрического метода, связанного с неустойчивостью растворов реагента. Это позволяет рекомендовать разработанный способ в качестве альтернативы спектрофотометрическому.



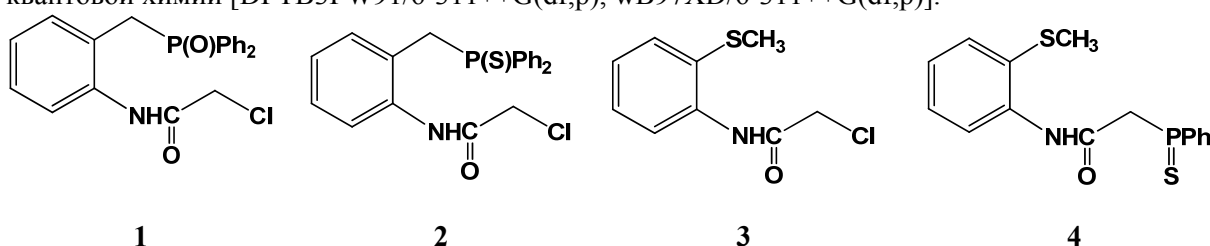
# ПОЛЯРНОСТЬ И СТРОЕНИЕ ФОСФОРИРОВАННЫХ АЦЕТАМИДОВ

Ханафиева Р.Р.

Научный руководитель – д.х.н., профессор Верещагина Я.А.

Ацетамиды **1-4** представляют интерес как прекурсоры эффективных комплексообразователей и фоточувствительных материалов [1]. Соединения **1-3** также являются потенциальными комплексообразователями благодаря присутствию в них связи P=X (X=O, S).

Впервые определена полярность и осуществлен экспериментальный и теоретический конформационный анализ 2-хлор-*N*-(2-((дифенилфосфорил)метил)фенил)ацетамида **1**, 2-хлор-*N*-(2-((дифенилфосфотиол)метил)фенил)ацетамида **2**, 2-хлор-*N*-(2-(метилтио)фенил)ацетамида **3** и 2-(дифенилфосфотиол)-*N*-(2-(метилтио)фенил)ацетамида **4** методами дипольных моментов (ДМ) и квантовой химии [DFTB3PW91/6-311++G(df,p), wB97XD/6-311++G(df,p)].



Экспериментальные дипольные моменты, коэффициенты расчетных уравнений и ориентационные поляризации соединений **1-4** приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Коэффициенты расчетных уравнений,  $P_{ор}$  и экспериментальные ДМ соединений **1-4**.

Соединение	Растворитель	$\alpha$	$\gamma$	$P_{ор}, \text{см}^3$	$\mu, \text{Д (бензол)}$
<b>1</b>	Б	15,928	0,287	1130,366	7,40
<b>2</b>	Б	11,014	0,358	802,171	6,23
<b>3</b>	Б	4,669	0,187	181,968	2,97
<b>4</b>	Б	3,696	0,425	224,762	3,37

На рисунке 1 представлены энергетически предпочтительные конформеры соединений **1-4** (данные квантово-химических расчетов), в таблице 2 приведены результаты теоретических расчетов для этих соединений.

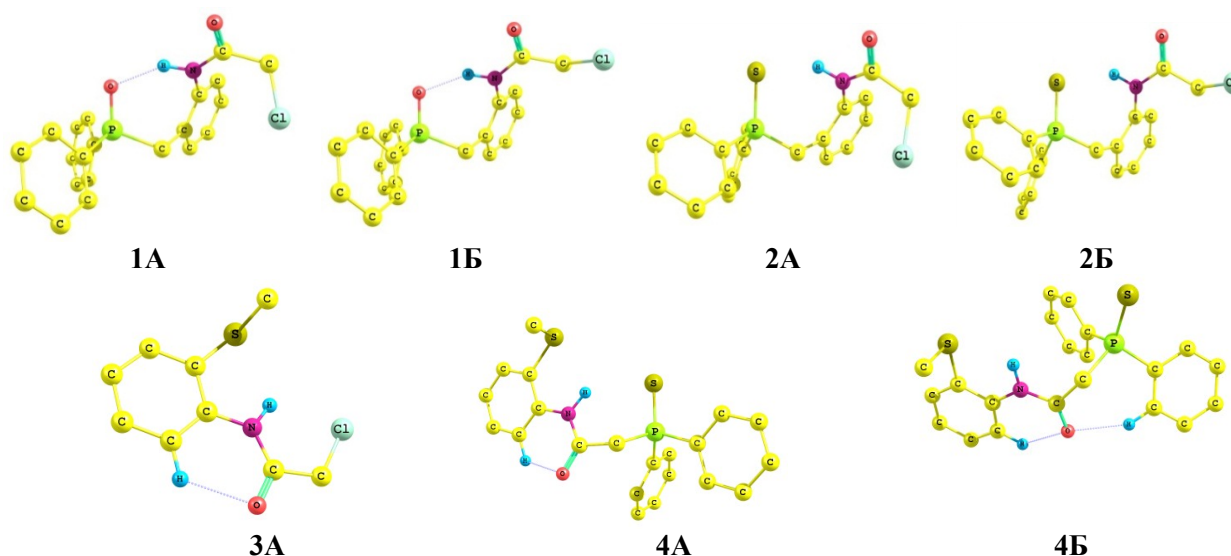


Рисунок 1. – Энергетически предпочтительные конформеры соединений **1-4**. Некоторые атомы водорода у  $Csp^3$  и  $Csp^2$  опущены.

В результате квантово-химических расчетов для соединения **1** были найдены две энергетически предпочтительные конформации **1А** и **1Б** с нулевой и близкой к нулевой энергиями соответственно. В этих конформерах связь P=O и ароматическое кольцо имеют *цис*-ориентацию (двугранный угол O=P=C=C ~ 25° по данным метода wB97XD). По отношению к фосфорильной группе связь C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub> ориентирована *гош*, а фрагмент C<sub>sp2</sub>-NH расположен *син*, что допускает образование внутримолекулярного водородного связывания с участием фосфорильной и аминогрупп (по данным метода V3PW91 расстояние между атомом кислорода группы P=O и атомом водорода аминогруппы 1,94 Å, по данным метода wB97XD 1,99 Å). Из таблицы 2 видно, что теоретические и вычисленные по векторно-аддитивной схеме дипольные значения конформеров **1А** и **1Б** качественно согласуются между собой. Из сопоставления данных по полярности, приведенных в таблице 2, следует, что в растворе соединения возможно конформационное равновесие форм **1А** и **1Б** в соотношении 40:60%.

Таблица 2. – Относительные энергии ( $\Delta E$ , кДж·моль<sup>-1</sup>), теоретические ( $\mu_{\text{теор}}$ ), вычисленные по в.-а. с. ( $\mu_{\text{выч}}$ ) и экспериментальные ( $\mu_{\text{эксп}}$ ) ДМ предпочтительных конформеров 1-4.

Конформер	V3PW91/6-311++G(df,p)		wB97XD/6-311++G(df,p)		$\mu_{\text{выч}}$ , Д	$\mu_{\text{эксп}}$ , Д
	$\Delta E$	$\mu_{\text{теор}}$ , Д	$\Delta E$	$\mu_{\text{теор}}$ , Д		
<b>1А</b>	0	6,63	0	6,79	6,60	7,40
<b>1Б</b>	4,9	8,59	9,1	9,05	7,89	
<b>2А</b>	0	6,83	0	7,20	7,00	6,23
<b>2Б</b>	5,2	8,63	8,9	9,25	8,93	
<b>3А</b>	0	1,85	0	1,44	2,98	2,97
<b>4А</b>	0	3,24	10,7	3,48	2,61	3,37
<b>4Б</b>	2,9	4,07	0	4,25	5,36	

Для соединения **2** также были найдены две энергетически выгодные конформации **2А** и **2Б**. Сравнивая теоретические и вычисленные ДМ этих конформеров с  $\mu_{\text{эксп}}$  (таблица 2), можно сказать, что данное соединение является конформационно однородным, т.е. в растворе присутствует один конформер **2А** с нулевой энергией. Теоретический ДМ формы **2Б** значительно превышает экспериментальное значение, поэтому этот конформер можно исключить из рассмотрения. При расчете методом wB97XD конформационная картина не меняется. По данным квантово-химических расчетов в конформере **2А** связь P=S и ароматическое кольцо имеют *гош*- и *цис*-ориентацию (двугранный угол S=P=C=C 21 и 67°). По отношению к тиофосфорильной группе связь C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub> ориентирована *гош*, а фрагмент C<sub>sp2</sub>-NH расположен *син*.

По данным квантовой химии для соединения **3** энергетически предпочтительным является конформер **3А** (0.0 кДж/моль), в котором связь S-CH<sub>3</sub> перпендикулярна плоскости бензольного кольца (C=C-S-CH<sub>3</sub> 93°), фрагмент HN-C(O)-CH<sub>2</sub>Cl плоский и практически лежит в плоскости кольца (C=C-N-H -5°). В этом конформере наблюдается C-H...O контакт между атомом водорода фенильного кольца и атомом кислорода C=O группы (по методу V3PW91 расстояние H...O 2.20 Å, по методу wB97XD 2.22 Å). Вычисленный по векторно-аддитивной схеме ДМ хорошо согласуется с экспериментальным значением.

В результате квантово-химических расчетов для соединения **4** были найдены две предпочтительные формы **4А** и **4Б**, в которых связь S-CH<sub>3</sub> так же перпендикулярна плоскости фенильного кольца (C=C-S-CH<sub>3</sub> 99° и 90° в конформерах **4А** и **4Б** соответственно), фрагмент HN-C(O)-CH<sub>2</sub> плоский. В конформере **4А** фрагмент HN-C(O)-CH<sub>2</sub> выходит из плоскости кольца на 17°, по отношению к связи P=S фенильные кольца имеют *гош*- и *цис*-ориентацию (C=C-P=S 13° и 37°), связь C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub> ориентирована *гош* (C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub>-P=S 71°). В конформере **4Б** фрагмент HN-C(O)-CH<sub>2</sub> выходит из плоскости кольца на 6°, по отношению к связи P=S фенильные кольца имеют *гош*- и *цис*-ориентацию (C=C-P=S -33° и -21°), связь C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub> ориентирована *транс* (C<sub>sp3</sub>-C<sub>sp2</sub>-P=S 151°). По данным метода V3PW91 нулевой относительной энергией обладает конформер **4А**, к нему по энергии близок конформер **4Б**. Рассматривая  $\mu_{\text{выч}}$  этих форм, можно предположить их конформационное равновесие в растворе в соотношении 80:20% с преобладанием формы **4А**. Однако при расчете методом wB97XD энергетически предпочтительным становится конформер **4Б**, а относительная энергия конформера **4А** существенно повышается. Следовательно, в соединении **4** возможно равновероятное присутствие обеих форм. В конформере **4А** наблюдается C-H...O контакт между атомом водорода фенильного

кольца и атомом кислорода С=О группы (по методу V3PW91 расстояние Н...О 2.20 Å, по методу wB97XD 2.23 Å), тогда как в конформере **4Б** наблюдаются два С—Н...О контакта между атомами водорода двух фенильных колец и атомом кислорода С=О группы (по методу V3PW91 расстояние Н...О 2.20 и 2.22 Å, по методу wB97XD 2.20 и 2.26 Å).

Ранее нами был проведен конформационный анализ 2-аминофенил-, 2-аминобензил- и 2-нитробензил(дифенил)фосфиноксидов методами дипольных моментов, колебательной спектроскопии и квантовой химии [2]. Оказалось, что в аминопроизводных фосфиноксидов с первичной аминогруппой реализуется один предпочтительный конформер с внутримолекулярным Н-связыванием.

Таким образом, введение дифенилтиофосфорильной нерегулярной группы к метиленовому мостику в молекуле ацетамида **3** приводит к конформационной неоднородности в молекуле **4**, а именно – осуществляется равновесие *син*- и *анти*-клинальных форм. В тоже время в соединении **3**, как и в случае 2-аминофенил(дифенил)фосфиноксида [2], реализуется один предпочтительный конформер.

При расчете дипольных моментов по в.-а.с. были использованы геометрические параметры, полученные из квантово-химических расчетов, а также следующие дипольные моменты связей и групп:  $m(\text{P}=\text{S})=3,29$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{C}_6\text{H}_5\text{P}=\text{S}$  [3]),  $m(\text{C}_{\text{сп}3}\rightarrow\text{P})=0,83$  Д [3],  $m(\text{Ph}\rightarrow\text{P})=1,09$  Д [4],  $m(\text{C}=\text{O})=1,94$  Д [4],  $m(\text{C}_{\text{сп}3}\rightarrow\text{Cl})=1,58$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{CH}_3\text{Cl}$  [5]),  $m(\text{H}\rightarrow\text{N})=1,31$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{NH}_3$  [5]),  $m(\text{C}_{\text{Ph}}\rightarrow\text{N})=2,12$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  [5]),  $m(\text{N}\rightarrow\text{C}_{\text{сп}2}(\text{O}))=0,94$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{NH}_2$  [5]),  $m(\text{CH}_3\rightarrow\text{S})=1,14$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}(\text{CH}_3)_2\text{S}$  [5]),  $m(\text{C}_{\text{Ph}}\rightarrow\text{S})=0,30$  Д (вычислен из  $\mu_{\text{экср}}\text{C}_6\text{H}_5\text{SH}$  [5]),  $m(\text{H}\rightarrow\text{C}_{\text{сп}3})=0,28$  Д [6],  $m(\text{H}\rightarrow\text{C}_{\text{сп}2})=0,7$  Д [6]. Методика синтеза соединений приведена в работе [1].

Диэлектрическую проницаемость растворов соединений определяли в разбавленных растворах веществ в бензоле при 25°C на приборе BI-870 (Brookhaven Instruments Corporation), точность которого составляет  $\pm 0,01$ . Показатели преломления растворов определяли на рефрактометре RA-500 (Kyoto Electronics), точность измерений  $\pm 0,0001$ .

Квантово-химические расчеты выполнены с использованием программы Gaussian09 [7] с полной оптимизацией геометрии. Соответствие найденных стационарных точек минимумам энергии во всех случаях доказывалось расчетом вторых производных. Расчеты проведены в Казанском филиале Межведомственного суперкомпьютерного центра Российской академии наук.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-03-00067).*

### Список литературы.

- 1) Aleksenkov V.Yu., Sharova E.V., Artyushin O.I., Aleksanyan D.V., Klemenkova Z.S., Nelyubina Yu.V., Petrovskii P.V., Kozlov V.A., Odinet I.L. Coordination of P(X)-modified (X = O, S) *N*-aryl-carbamoylmethylphosphine oxides and sulfides with Pd(II) and Re(I) ions: Facile formation of 6,6-membered pincer complexes featuring atropisomerism // *Polyhedron*. 2013. V.51. P.168.
- 2) Верещагина Я.А., Алимова А.З., Чачков Д.В., Ишмаева Э.А., Артюшин О.И., Шарова Е.В., Климовицкий А.Е., Ханафиева Р.Р. Конформационный анализ 2-аминофенил-, 2-аминобензил- и 2-нитробензил(дифенил)фосфиноксидов // *Журн. орг. химии*. 2014. Т.50. С.814-817.
- 3) Ишмаева Э.А., Тимошева А.П., Тимошева Н.В., Верещагина Я.А. Справочник по дипольным моментам фосфорорганических соединений. Казань: Изд-во Казанского гос. ун-та. 1998. С.120.
- 4) Ишмаева Э.А., Зимин М.Г., Галеева Р.М., Пудовик А.Н. Бензоилфосфонаты, бензоилфосфинаты и окиси бензоилфосфинов // *Изв. АН СССР. Сер.хим.* 1971. №3. С.538.
- 5) Осипов О.А., Минкин В.И., Гарновский А.Д. Справочник по дипольным моментам. М.: Высш. шк. 1971. С.414.
- 6) Грибов Л.А., Попов Е.М. Валентно-оптическая схема и теоретические исследования интенсивностей и поляризаций в спектрах поглощения основных колебаний многоатомных молекул // *Докл. АН СССР*. 1962. Т.145. №4. С.761.
- 7) Frisch M.J., Trucks G.W., Schlegel H.B., Scuseria G.E., Robb M.A., Cheeseman J.R., Montgomery Jr. J.A., Vreven T., Kudin K.N., Burant J.C., Millam J.M., Iyengar S.S., Tomasi J., Barone V., Mennucci B., Cossi M., Scalmani G., Rega N., Petersson G.A., Nakatsuji H., Hada M., Ehara M., Toyota K., Fukuda R., Hasegawa J., Ishida M., Nakajima T., Honda Y., Kitao O., Nakai H., Klene M., Li X., Knox J.E., Hratchian H.P., Cross J.B., Adamo C., Jaramillo J., Gomperts R., Stratmann R.E., Yazyev O., Austin A.J., Cammi R., Pomelli C., Ochterski J.W., Ayala P.Y., Morokuma K., Voth G.A., Salvador P., Dannenberg J.J., Zakrzewski V.G., Dapprich S., Daniels A.D., Strain M.C., Farkas O., Malick D.K., Rabuck A.D., Raghavachari K., Foresman J.B., Ortiz J.V., Cui Q., Baboul A.G., Clifford S., Cioslowski J., Stefanov B.B., Liu G., Liashenko A., Piskorz P., Komaromi I., Martin R.L., Fox D.J., Keith T., Al-Laham M.A., Peng C.Y., Nanayakkara A.,

## СИНТЕЗ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЗИДОВ 2(5H)-ФУРАНОНОВОГО РЯДА

Чулакова Д.Р.

Научные руководители – асп. Сайгитбаталова Е.Ш., доц. Курбангалиева А.Р.

Химия органических азидов вызывает в настоящее время неугасающий интерес исследователей. Азиды - это класс уникальных соединений, которые представляют собой перспективные синтоны для синтеза новых гетероциклических систем, обладающих потенциальной биологической активностью. Перспективным также является использование лекарственных препаратов, в структуре которых есть азидная группа, для лечения вирусов иммунодефицита человека и герпеса. Кроме того, азиды широко применяются в комбинаторной химии, химии пептидов, в промышленности, электронике и биологии [1].

Данная работа посвящена синтезу и изучению реакционной способности азидов 2(5H)-фуранонового ряда с целью выявления и эффективного использования их строительного потенциала в синтезе новых азотсодержащих производных фуранона и различных гетероциклических систем, обладающих потенциальной биологической активностью. Сочетание в молекуле гетероциклического фрагмента и азидной группы позволит существенно расширить области применения данных продуктов и придать молекулам новые виды биологической активности. Наибольшее внимание было уделено получению соединений, несущих  $\gamma$ -лактонный цикл и фрагмент 1,2,3-триазола и тетразола.

В качестве исходных соединений в синтезе азидов 2(5H)-фуранонового ряда были выбраны соответствующие 3,4-дихлорпроизводные 2(5H)-фуранона **2-7**, содержащие различные заместители в 5 положении лактонного цикла. Алкоксифураноны **2-6** были получены при взаимодействии 5-гидрокси-3,4-дихлор-2(5H)-фуранона **1** с соответствующими спиртами в условиях кислотного катализа, а 3,4,5-трихлорфуранон **7** был синтезирован с помощью тионилхлорида в присутствии каталитических количеств безводного хлорида цинка (схема 1).

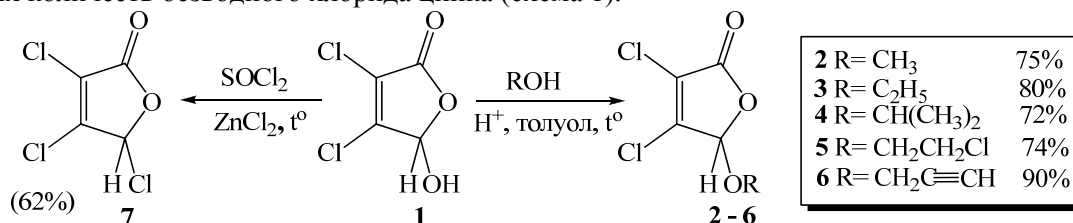


Схема 1. – Синтез 3,4-дихлорпроизводных 2(5H)-фуранона 2-7.

Для получения азидов нами был выбран наиболее простой и удобный метод – это замещение атома галогена в молекуле 3,4-дихлорфуранонов с помощью азидата натрия [2]. При добавлении азидата натрия к охлажденным растворам фуранонов **2-5** в метаноле с количественными выходами были выделены 4-азидо-2(5H)-фураноны **8-11**, а при взаимодействии двукратного избытка азидата натрия с трихлорпроизводным **7** в метаноле образуется диазидопроизводное **12** (схема 2).

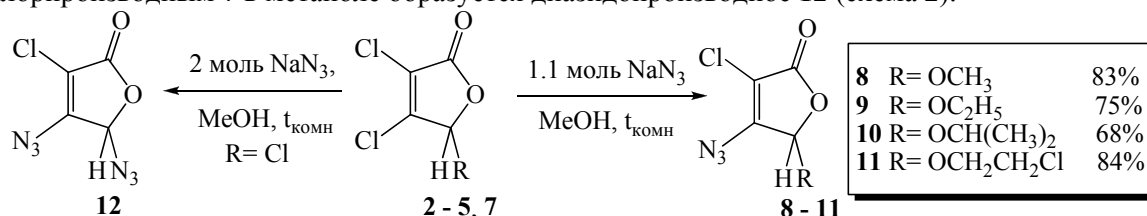


Схема 2. – Синтез азидопроизводных 2(5H)-фуранона 8-12.

По сравнению с ИК спектрами исходных соединений в спектрах азидов **8-12** наряду с узкими интенсивными полосами в области 1700–1780 и 1600-1655 см<sup>-1</sup>, характерными валентным колебаниям C=O и C=C связи  $\gamma$ -лактонного цикла появляются новые интенсивные сигналы в области 2145-2090 см<sup>-1</sup>, соответствующие асимметричным валентным колебаниям азидной группы.

Обзор химических свойств полученных азидов мы начали с реакций с азотсодержащими нуклеофилами. Ранее в нашей исследовательской группе был разработан удобный подход к синтезу различных 4-тиозамещенных производных 3-пирролин-2-она, основанный на взаимодействии соответствующих 5-алкоксипроизводных 2(5*H*)-фуранона с аммиаком и аминами [3].

Аналогичным способом могут быть получены 4-азидопроизводные 3-пирролин-2-она. Нами было показано, что при взаимодействии 4-азидо-5-метоксифуранона **8** с аммиаком и бензиламином в среде диэтилового эфира и этанола образуются новые пирролиноны **13** и **14** с азидной группой в 4 положении лактамного цикла (схема 3).

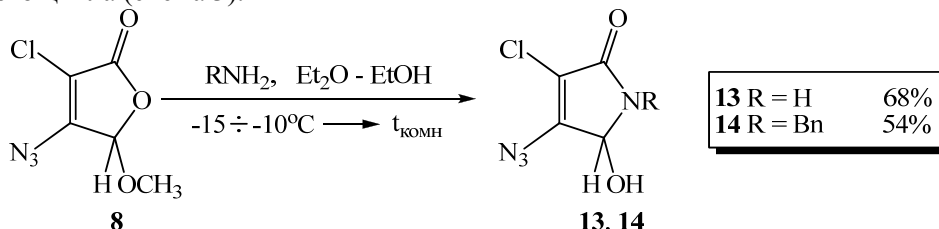


Схема 3. – Синтез 4-азидопроизводных 3-пирролин-2-она 13-14.

Далее азиды **8-12** были вовлечены в реакцию Штаудингера – это взаимодействие азидов с фосфорсодержащими нуклеофилами (фосфинами и фосфитами) [1]. При перемешивании эквимольных количеств азидов с трифенилфосфином в диэтиловом эфире с хорошими выходами были получены соответствующие иминофосфораны **15-19**, а в реакции диазидофуранона **12** с двукратным избытком реагента был выделен дииминофосфоран **20** (схема 4).

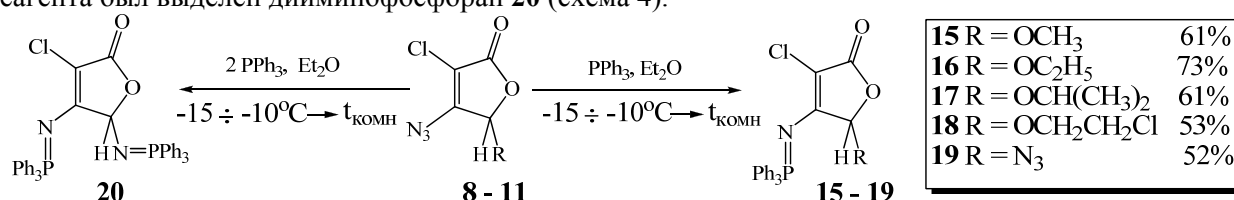


Схема 4. – Синтез иминофосфоранов 15-20.

Иминофосфораны являются важными исходными соединениями в синтезе различных классов азотсодержащих органических соединений (аминов, иминов, карбодиимидов, тетразолов и др.) [4]. На данном этапе в условиях кислотного гидролиза иминофосфоран **15** был восстановлен до 4-амино-2(5*H*)-фуранона **21** (схема 5). По данным рентгеноструктурного анализа в кристалле амина **21** наблюдается разветвленная система межмолекулярных водородных связей, образованных атомами водорода аминогрупп одной молекулы фуранона и атомом кислорода карбонильной группы другой молекулы.

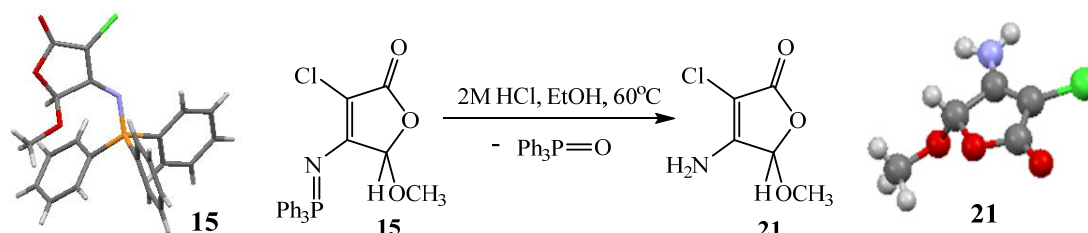


Схема 5. – Восстановление иминофосфорана 15 и геометрия молекул 15 и 21 в кристалле.

Большое внимание в данной работе было уделено изучению реакционной способности азидов фуранона по отношению к алкинам. В литературе отсутствуют сведения о взаимодействии азидофуранонов с терминальными алкинами, поэтому отдельный блок работы посвящен получению новых типов гетероциклических систем, содержащих фармакофорные группы 2(5*H*)-фуранона и 1,2,3-триазола.

В литературе нами найдены единичные примеры соединений, содержащих  $\gamma$ -лактонный цикл и фрагмент 1,2,3-триазола. В достаточно свежих работах китайских исследователей описан синтез соединений данного типа, однако они исходили не из азидов фуранонового ряда, а получали целевые

соединения из 3,4-дигалоген-2(5*H*)-фуранонов, аминокислот, пропаргил бромида и органических азидов [5].

Что же касается взаимодействия азидов фуранона с алкинами, то такие реакции в литературе не описаны и в нашей работе мы изучили серию превращений, где в качестве терминальных алкинов были выбраны фенилацетилен и 5-пропаргилокси-2(5*H*)-фуранон **6**. При этом мы варьировали условия эксперимента, анализировали спектры ЯМР  $^1\text{H}$  реакционных смесей и обнаружили, что наилучший результат с точки зрения выхода желаемого триазола и присутствия побочных продуктов достигается с иодидом меди (I), при использовании эквимолярного количества триэтиламина и смеси ацетонитрила с водой (схема 6) [6, 7].

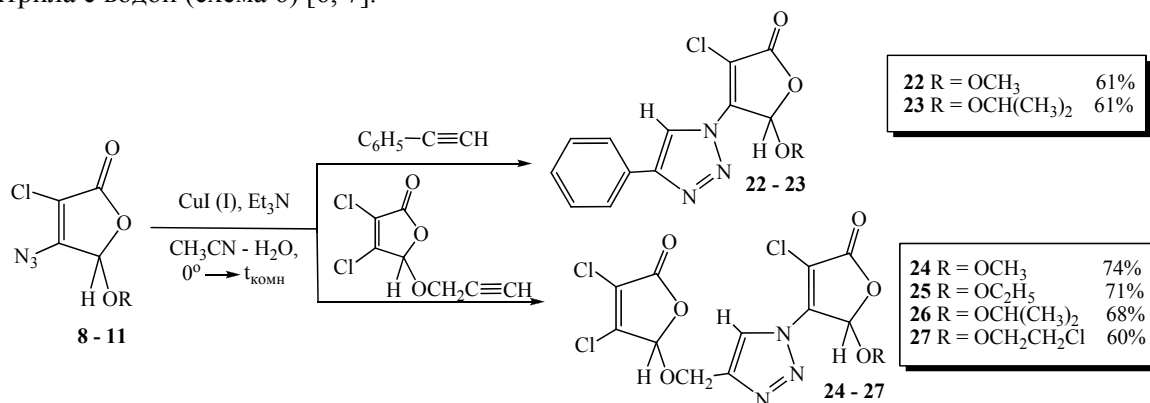


Схема 6. – Реакции [3+2]-циклоприсоединения азидов **8-10**.

Об образовании триазолов **22-23** судили по появлению синглета протона при винильном атоме углерода триазольного цикла в области 7,55-8,56 м.д. в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  и группы сигналов, соответствующих протонам монозамещенного бензольного кольца.

В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  соединения **22**, зарегистрированного без подавления спин-спинового взаимодействия с протонами, обнаруживается дублет, соответствующий винильному атому углерода =C–H триазольного цикла в области 117,99 м.д. с константой  $^1J_{\text{CH}}=198,3$  Гц, а также дублет триплетов в области 148,89 м.д. с константами  $^2J_{\text{CH}}=9,3$  Гц и  $^3J_{\text{CH}}=4,6$  Гц, соответствующий четвертичному атому углерода образовавшегося триазола. Перечисленные характеристики подтверждают структуру 1,4-региомерного триазола **22**.

На следующем этапе в реакцию [3+2]-циклоприсоединения в аналогичных условиях вовлекались как азид, так и алкин фуранонового ряда. Реакционные смеси разрабатывали методом колоночной хроматографии на силикагеле и выделяли трициклические соединения **24-27**.

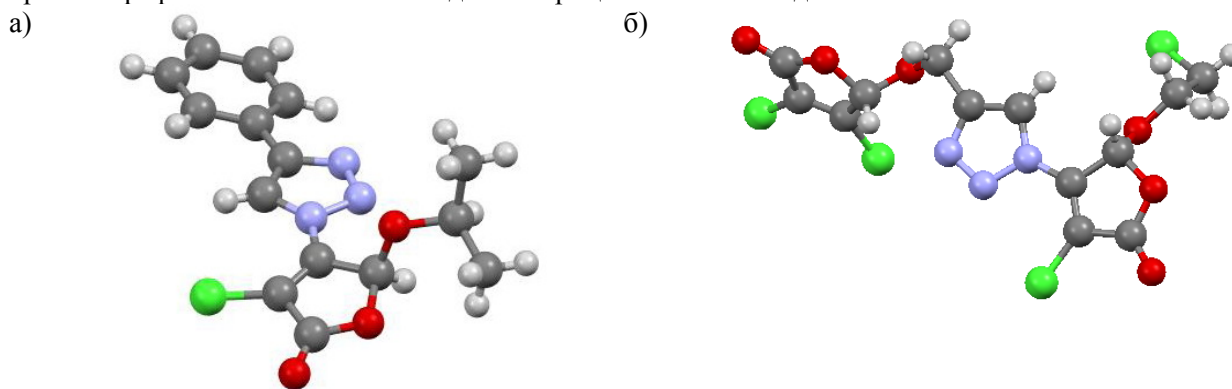


Рисунок 1. – Геометрия молекулы гетероциклов **23** (а) и **27** (б).

Характерной особенностью новых гетероциклических соединений **24-27** является наличие в спектре ЯМР  $^1\text{H}$  двух сигналов метиновых протонов у атомов углерода С(5) в различных фураноновых циклах, сигнал винильного атома водорода триазольного кольца в области 8,53-8,55 м.д. Кроме того, удвоение некоторых сигналов атомов водорода и углерода в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  и ЯМР  $^{13}\text{C}$  свидетельствуют в пользу образования желаемых продуктов в виде смеси двух диастереомеров в соотношении 1:1. Молекулярная и кристаллическая структура соединений **23** и **27** охарактеризована методом рентгеноструктурного анализа (рис. 1).

Для получения триазолов на базе 2(5*H*)-фуранона может быть применен альтернативный подход, основанный на применении в качестве исходного соединения гетероцикла с терминальным алкиновым фрагментом. В роли последнего нами использован 5-пропаргиллоксифуранон **6**, при взаимодействии которого с бензилазидом в условиях катализа иодидом меди (I) и в присутствии триэтиламина в водно-ацетонитрильной среде выделили гетероцикл **28** (схема 7). По данным спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  полученный продукт содержит синглет при 7,54 м.д., соответствующий винильному протону 1,2,3-триазола.

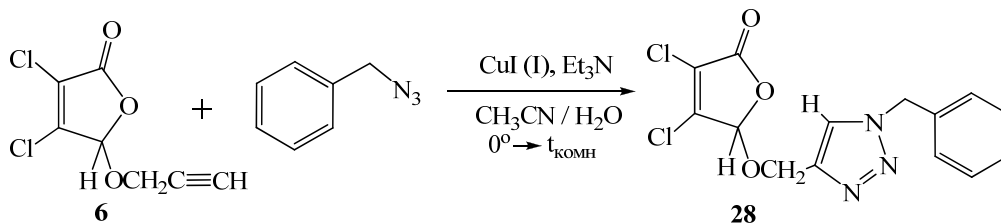


Схема 7. – Синтез 1,2,3-триазола **28**.

Таким образом, в данной работе разработаны методы синтеза азидов ряда 2(5*H*)-фуранона и 3-пирролин-2-она, на их основе получены иминофосфораны и изучены реакции [3+2]-циклоприсоединения азидов с алкинами. Структура всех новых синтезированных соединений подтверждена методами спектроскопии ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ .

### Список литературы.

- 1) Bräse S., Gil C., Knepper K., Zimmermann V. Organic azides: An exploding diversity of a unique class of compounds // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2005. V.44. P.5188–5240.
- 2) Moore H.W., Hernandez L., Kunert D.M., Mercer F., Sing A. A new synthetic route to 2-azetidiones. Ring contraction of 4-azido-2-pyrrolinones to 3-cyano-2-azetidiones // *J. Am. Chem. Soc.* 1981. V.103. №7. P.1769–1777.
- 3) Косолапова Л.С. Синтез, строение и свойства новых тиопроизводных азотсодержащих гетероциклов на базе 3-пирролин-2-она: дисс. канд. химических наук. Казань. 2013. 172 с.
- 4) Eguchi S., Matsushita Y., Yamashita K. The Aza-Wittic reaction in heterocyclic synthesis // *Org. Prep. Proced. Int.* 1992. V.24. P.209–243.
- 5) Tan Y.-H., Li J.-X., Xue F.-L., Qi J., Wang Z.-Y. Concise synthesis of chiral 2(5*H*)-furanone derivatives possessing 1,2,3-triazole moiety via one-pot approach // *Tetrahedron.* 2012. V.68. P.2827–2843.
- 6) Kolb H.C., Sharpless K.B. The growing impact of click chemistry on drug discovery // *Drug Discov. Today.* 2003. V.8. P.1128–1137.
- 7) Bock V.D., Hiemstra H., van Maarseveen J.H. Cu<sup>I</sup>-catalyzed alkyne-azide “Click” cycloadditions from a mechanistic and synthetic perspective // *Eur. J. Org. Chem.* 2006. №1. P.51–68.

*Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной в рамках государственной поддержки Казанского (Приволжского) федерального университета в целях повышения его конкурентоспособности среди ведущих мировых научно-образовательных центров.*

## ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ПРИМЕСЕЙ В АЛКАНЕ С ПОМОЩЬЮ СТЕКЛООБРАЗНОГО ПРОИЗВОДНОГО ТИАКАЛИКС[4]АРЕНА

**Якунов И.Р.**

*Научный руководитель – аспирант Гатауллина К.В.*

Каликсарены – макроциклические соединения, продукты циклической олигомеризации фенола и формальдегида. Эти соединения являются одним из широко изученных классов супрамолекулярных рецепторов, привлекательных для химии соединений «гость-хозяин», благодаря их способности образовывать соединения включения или клатраты.

Клатраты являются типичными представителями надмолекулярных образований, и можно определить их как соединения, образованные включением молекул одного сорта, называемых «гостями», в полости кристаллического каркаса из молекул другого сорта, называемых «хозяевами», без образования какой-либо специфической связи между «гостем» и «хозяином» [1]. Образование клатратов со-

провождается уменьшением внутренней энергии кристалла за счет образования более плотной упаковки. Г. Пауэлл первый описал структуру клатратов с помощью рентгеноструктурного анализа [2].

Значительный интерес к каликсаренам, как клатратообразующим рецепторам, обусловлен их способностью образовывать соединения включения с нейтральными соединениями, путем связывания молекул «гостя» как в полости рецептора, так и в пустотах кристаллической решетки «хозяина». Особый интерес каликсарены привлекают благодаря возможности управления их свойствами не только, изменяя химическую структуру молекулы, но и варьируя структуру под воздействием внешних условий: температуры, истории приготовления рецептора. Например, под воздействием температуры в структуре *para*-гексанолкаликс[4]арен происходит фазовый переход с изменением конфигурации из конуса в частичный конус [3], что может существенно влиять на клатратообразующие свойства рецептора [4]. На примере *tert*-бутилкаликс[4]арена было показано, что лишь фаза, приготовленная сублимированием каликсарена или полученная перекристаллизацией из тетрадекана способна эффективно связывать некоторые газы [1].

Каликсарены в виде молекулярных стекол и аморфных препаратов могут быть использованы в качестве фоторезистов в литографии, лекарственных препаратов или материалов с нелинейными оптическими свойствами с генерацией второй гармоники. Для этих приложений важной характеристикой является стабильность стекол или аморфных каликсаренов в различных условиях. Эти вопросы рассмотрены в настоящей работе.

В связи с этим целью настоящей работы является изучение термостабильности стеклообразного каликсарена **1** (Рис.1) и его кристаллизации в парах органических веществ и воды, а также, изучение возможности применения стеклообразного каликсарена **1** для визуального детектирования примесей в органическом растворителе.

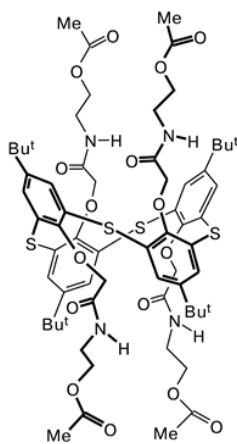


Рисунок 1. – Каликсарен 1.

В качестве объектов исследования был выбран трет-бутилтиакаликс[4]арен тетразамещенный по нижнему ободу ацетооксиэтилкарбомоилметоксильными группами в конфигурации «1,3-альтернат». В качестве гостей были выбраны летучие соединения различной структуры.

Были поставлены следующие задачи: выяснение способности производного *tert*-бутилтиакаликс[4]арена к запоминанию органических гостей после их удаления из клатрата и определение состава клатратов, образованных различными полиморфными модификациями каликсарена.

Экспериментальными методами для анализа клатратов и исходных фаз каликсарена **1** в нашей работе являются ДСК и совмещенный метод ТГ/ДСК/МС анализа. Для оценки кинетики кристаллизации молекулярного стекла использовался визуальный метод.

В данной работе были изучены две стабильные полиморфные модификации каликсарена **1** и каликсарен **1** в аморфном состоянии. Подготовка  $\alpha$ -фазы каликсарена описана выше. Каликсарен **1** в аморфном состоянии получали путем нагрева в вакууме  $\alpha$ -фазы до 170°C с последующим охлаждением до комнатной температуры. Полученный образец механически измельчался до порошкообразного состояния.

Методом ТГ/ДСК/МС анализа было установлено, что каликсарен **1** может существовать в двух стабильных при комнатной температуре полиморфных модификациях ( $\alpha$  и  $\beta_0$ -фазы) и в аморфном состоянии.

Было установлено, что чистое вещество каликсарена **1** стабильно в атмосфере аргона до 239°C.



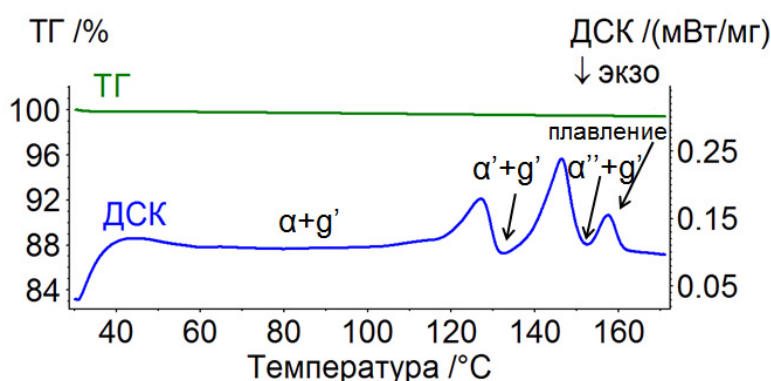


Рисунок 2. – ДСК анализ.



Рисунок 3. – Совмещенный ТГ/ДСК/МС анализ.

При нагревании порошкообразной  $\alpha$ -фазы каликсарена **1** выше точки плавления на ТГ кривой не наблюдается потери массы образца (Рис.4). На ДСК кривой наблюдается два эндо-эффекта при температурах 120°C и 140°C, соответствующие полиморфным переходам каликсарена **1**. При 154°C происходит плавление каликсарена с последующим образованием аморфной формы при охлаждении расплава. Если полученный аморфный образец каликсарена **1** нагреть при тех же условиях, на ДСК кривой наблюдается небольшой эндотермический пик при 61°C, соответствующий стеклообразному переходу каликсарена **1**. Соответствующее изменение теплоёмкости для этого перехода, определённое по ДСК кривой, равно  $\Delta C_p = 0,152$  Дж/г\*К. Дальнейший нагрев каликсарена **1** в аморфном состоянии приводит к разложению вещества при 244°C.

Рисунок 4. – ТГ, ДСК и МС кривая каликсарена **1**.

При термическом анализе клатратов с ацетонитрилом и рядом других гостей, приготовленных из  $\alpha$ -формы, обнаружено, что каликсарен **1** способен запоминать некоторые органические соединения. Эффект памяти выражается в образовании метастабильной  $\beta_0$ -фазы после ухода гостя из клатрата. Коллапс этой фазы с последующим ее переходом в исходную  $\alpha$ -фазу фиксируется на ДСК кривой в виде экзо эффекта без потери массы образцом.

Таким образом запоминаются 6 соединений из 16 изученных. Параметры коллапса метастабильной  $\beta_0$ -формы являются в большинстве случаев индивидуальными для каждого гостя. Каликсарен **1** в  $\alpha$  и  $g$ -формах способен запоминать этанол, ацетонитрил, и в  $\alpha$ -форме: пропионитрил и бензол.

Была изучена селективность кристаллизации стеклообразного каликсарена **1** при насыщении парами органических соединений и воды. Установлено, что  $g$ -форма каликсарена **1** кристаллизуется при насыщении бензолом и ацетонитрилом. При насыщении водой и циклогексаном кристаллизации стеклообразной  $g$ -формы не происходит (Рис. 5).

При насыщении стеклообразного каликсарена **1** парами циклогексана с примесью бензола наблюдается начало кристаллизации при содержании бензола 4% (Рис. 6). Ниже этого содержания бензола кристаллизации нет. На основании полученных данных возможно создание сенсора для визуального определения примесей бензола в его смеси с  $\epsilon$ -гексаном.

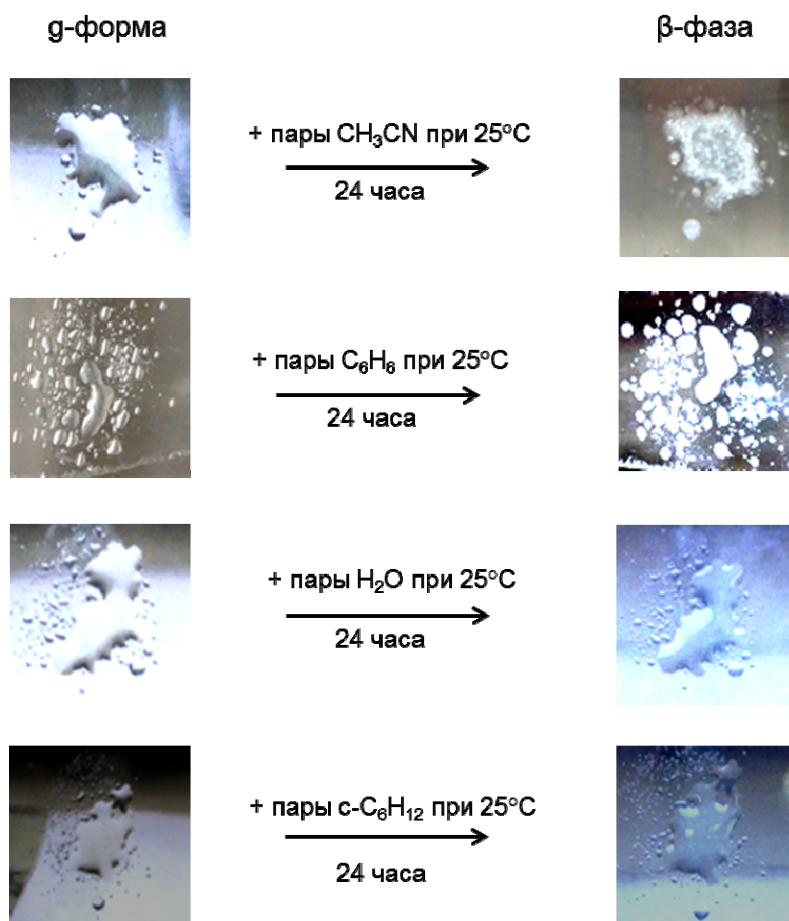


Рисунок 5. – Насыщение g-формы каликсарена 1 парами ацетонитрила, бензола, воды и ц-гексана.

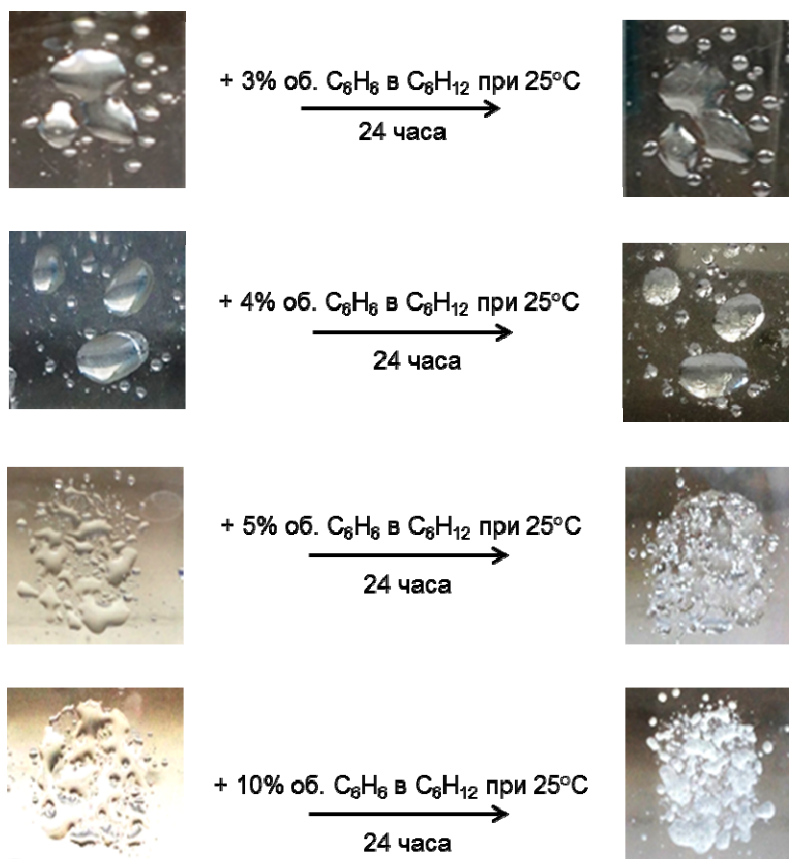


Рисунок 6. – Насыщение g-формы каликсарена 1 парами ц-гексана с примесью бензола.

В ходе исследования были сделаны следующие выводы:

Производное трет-бутилтиакаликс[4]арена способно существовать в четырех полиморфных и аморфной формах, а также запоминать отдельные органические соединения.

Наблюдается селективная кристаллизация стеклообразного производного трет-бутилтиакаликс[4]арена при его насыщении парообразными гостями.

### Список литературы.

- 1) Зиганшин М.А., Валидова Л.Р., Антипин И.С., Стойков И.И., Коновалов А.И., Горбачук В.В. Соотношение структура–свойство для клатратообразования в системе: парообразный гость–1,3-дизамещенный трет-бутилкаликс[4]арен // Журн. Структур. Химии. 2005. №46. С.34–40.
- 2) Дядин Ю.А., Супрамолекулярная химия: клатратные соединения // Соросовский образовательный журнал. 1998. №2. С.79–88.
- 3) Thallapally P.K., Kirby K.A., Atwood J.L. Comparison of porous and nonporous materials for methane storage // New J. Chem. 2007. V.31. P.628–630.
- 4) Powell H.M., The structure of molecular compounds. IV. Clathrate compounds // J. Chem. Soc. 1948. V.1. P.61–73.

## СЕКЦИЯ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

### ЭСТЕТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ ШКОЛЬНИКОВ НА УРОКАХ ХИМИИ

*Дацив М.А.*

*Научный руководитель – доцент Низамов И.Д.*

Уровень знаний у учащихся во многом зависит от их интереса к предмету обучения. Ученики, впервые пришедшие в кабинет химии, в большинстве своём имеют повышенный интерес к этому предмету, связанный с проведением экспериментов и опытов на уроке. Однако в дальнейшем многие ребята этот интерес теряют. Использование эстетических элементов помогает создать на уроке особую эмоциональную атмосферу, способствующую не только повышению усвоения изучаемого материала, но и возбуждает интерес к жизни, увеличивает любознательность, а также даёт учителю обширные возможности для эстетического воспитания школьников.

Целью данной работы является в представлении принципов и подходов эстетического воспитания школьников с помощью уроков химии. Объектом исследования является эстетическое воспитание. Предметом исследования выступил процесс формирования эстетической культуры на уроках химии.

Для достижения поставленной цели надо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть имеющиеся подходы к эстетическому воспитанию ведущих исследователей, отмечая актуальность на сегодняшний день.
2. Выяснить, какие методы внедрения эстетического воспитания используют современные педагоги.

В первой главе нашей работы представлены теоретические подходы к проблеме эстетического воспитания школьников. Проанализировав множество определений термина «эстетическое воспитание» нами было выдвинуто определение, объясняющие его сущность – это процесс целенаправленного воздействия, формирования умения замечать прекрасное в жизни и искусстве. Рассмотрена одна из проблем современной педагогики, состоящая в «однобоком» определении термина. Во многих трудах эстетическое воспитание упоминается лишь как система для выработки у человека хороших художественных вкусов, способности правильно и по достоинству судить о восхитительном и об искусстве [Шестаков, 1962, с. 60].

Научно-познавательный процесс обладает большими возможностями для эстетического воспитания школьников. Проникая мыслью в сущность познаваемых предметов, процессов и явлений, школьник вместе с тем воспринимает присущие им эстетические свойства. Процесс естественнонаучного воспитания не может обходиться без чувственного восприятия. «Во всякой науке более или менее есть эстетический элемент, передачу которого ученикам должен иметь в виду наставник» [Ушинский, 1948, с. 609].

Вторая глава рассматривает аспекты образовательного процесса на уроках химии в старших классах. Урок химии отличается от других школьных предметов тем, что в ходе урока присутствует элемент наглядного проведения экспериментов с химическими реакциями. Важное место отводится ре-

шению задач для развития умения работать с числовыми показателями и измерениями. В процессе обучения расширяется спектр личностного выбора ученика – индивидуальная или групповая работа на уроке, выбор творческого домашнего задания, использование сенсорных систем организма: зрения, обоняния, слуха. Особое внимание следует уделять такому роду деятельности на уроке, как подготовке научных проектов, поскольку это развивает в учениках самостоятельность и является самым эффективным способом обучения предметам естественного цикла. Первоочередная обязанность преподавателей – создание благоприятных условий для эстетического развития учащихся. К этим условиям относятся: обилие наглядного материала на стенах кабинета, использование экспериментальных работ, подобранная литература в стеллажах кабинета, отношения с учениками отвечающие требованиям эстетики и морали.

В ходе работы было проведено исследование, позволившее ответить на вопрос, поддерживают ли современные преподаватели идею о том, что необходимо развивать эстетическое воспитание на уроках химии.

Анкетирование 20 учителей средней школы № 45 города Уфа показало, что большинство учителей (80% опрошенных) не используют в своих уроках каких-либо методов эстетического воспитания, 15 % используют метод визуализации, а 5 % задают на дом творческие домашние задания.

Таким образом, в настоящее время проблема эстетического воспитания довольно полно разработана и изучена в трудах российских и зарубежных ученых. Это позволило нам провести тщательный анализ данной темы и заключить следующие выводы:

1. Эстетическое воспитание действительно занимает важное место во всей системе учебно-воспитательного процесса, так как за ним стоит не только развитие эстетических качеств человека, но и всей личности в целом.

2. Полученные в ходе анкетирования результаты подтверждают идею о том, что проблема внедрения эстетического воспитания в образовательный процесс актуальна на сегодняшний день, так как большинство преподавателей не считают нужным использование этих нововведений в своей практике.

В заключении своей работы хотелось бы также дать рекомендации по использованию в образовательном процессе таких приемов эстетического воспитания, как визуализация, использование творческих домашних работ, творческие беседы в ходе обсуждения урока.

### Список литературы.

- 1) Кларин В.М., Джурицкий А.Н. Педагогическое наследие. М.: Педагогика. 1989. 416 с.
- 2) Длугач Т.Б. Подвиг здравого смысла, или Рождение идеи суверенной личности (Гольбах, Гельвеций, Руссо). М.: Наука. 1995. 169 с.
- 3) Буров А.И. Эстетика: Проблемы и споры. М.: Искусство. 1956. 292 с.
- 4) Артеменко.М. Природа и эстетическое воспитание школьников: из опыта работы сельских школ. М.: Просвещение. 1978. 72 с.
- 5) Белоусова З.И. Актуальные проблемы эстетического воспитания старшеклассников. Киев. 1972. 188 с.
- 6) Буров А.И. Предмет и содержание эстетического воспитания, его соотношение с другими видами // Советская педагогика. №6. 1971. С. 41.
- 7) Гальперин М.П. Специфика эстетического сознания. М.: Высшая школа. 1974. 103 с.
- 8) Гончаров И.Ф. Эстетическое воспитание школьников средствами искусства и действительности. М.: Педагогика. 1986. 128 с.
- 9) Гордин Л.Ю. Организация классного коллектива. М.: Просвещение. 1984. 175 с.
- 10) Киященко Н.И., Лезеров Н.Л. Роль эстетических факторов в жизни общества и личности // Эстетическая культура и эстетическое воспитание. М.: Просвещение. 1983. С.18–61.
- 11) Климова Г.П. Воспитание эстетического вкуса средствами искусств. Екатеринбург. 1996.185 с.
- 12) Лихачев Б.Т. Воспитание у школьников эстетического отношения к действительности. Волгоград. 1968. 673 с.
- 13) Неменский Б.М. Художественная культура и школа // Искусство. №12. 1985. С.43–47.

## ВНЕШКОЛЬНАЯ ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ

*Ершова А.В.*

*Научный руководитель – доцент Космодемьянская С.С.*

Деятельность по воспитанию и развитию личности осуществляется разными путями. Важная роль принадлежит таким ее видам, как внеклассная и внешкольная воспитательная работа. Приоритетной задачей современной школы является создание нужных и полноценных условий для личностного развития каждого из учащихся, формирование активной жизненной позиции. Поэтому внедрение активных форм обучения и воспитания является основой формирования компетентностей учащихся. Таким образом, была разработана система организации и проведения внеурочной работы. Важной задачей внеклассных занятий по химии является развитие у учащихся умения самостоятельно работать с литературой и навыков экспериментальной работы в лаборатории. Внеурочная работа по химии обязана быть частью общешкольной системы внеурочных мероприятий, гармонично смешивается с аналогичной работой по смежным предметам. Таким образом, внеклассная работа по химии – это особая организуемая форма занятий с учащимися, обладающая сильным эмоциональным воздействием. Такая работа требует тщательной организации, как со стороны учителя, так и со стороны учащихся.

Внешкольная воспитательная работа является составной частью системы образования и воспитания детей, подростков и учащейся молодежи. Она проводится в свободное от учебы время с целью развития интересов и способностей личности, удовлетворения ее потребностей в познании, общении, практической деятельности, восстановлении сил и укреплении здоровья. Внешкольная работа тесно связана с учебно-воспитательным процессом в школе, воспитательной работой по месту жительства и осуществляется преимущественно внешкольными учреждениями [1]. Такие учреждения могут быть комплексными и профильными. Комплексные – творческие объединения по интересам (кружки, секции, ансамбле, театры и т.п.). Профильные – обеспечивают условия для развития естественных увлечений и интересов детей и подростков, удовлетворение их потребностей в определенном направлении деятельности [2].

Внешкольная воспитательная работа специфична по своим целям, задачам, содержанию и методике проведения. Выделяют ряд педагогических принципов ведения внеклассной и внешкольной воспитательной работы:

– Принцип добровольности внеклассной и внешкольной работы обеспечивается тем, что ученики сами выбирают ту форму занятий, которая их интересует. Это относится к факультативным занятиям, кружкам, секциям и другим формам внеклассной работы, а также к записи во внешкольные воспитательные учреждения [3].

– Принцип общественной направленности предполагает, что содержание работы кружков, клубов, объединений и других форм воспитательной деятельности будет носить общественно значимый характер, отвечать актуальными задачам развития страны, будет связано с достижениями современной науки, техники, культуры, искусства.

– Принцип инициативы и самостоятельности требует, чтобы в ходе воспитательной работы в полной мере учитывались пожелания самих школьников, их инициативные предложения и действия, чтобы при проведении внеклассных и внешкольных мероприятий каждый ученик выполнял определенный вид деятельности.

– Принцип использования игровых форм деятельности, романтической символики, занимательности и эмоциональных ситуаций имеет особую значимость в работе с детьми младшего и среднего школьного возраста, где потребность в игровых приемах наиболее высока [4].

– Принцип учета возрастных и индивидуальных особенностей участников отражается в содержании, формах, методах осуществления внеклассной и внешкольной деятельности, в характере взаимоотношений воспитателей и воспитанников.

Учебно-воспитательный процесс осуществляется дифференцированно, соответственно индивидуальным возможностям детей и с учетом их возрастных особенностей.

Современному учителю необходимо усилить внеклассную работу по химии, потому что такая работа является одним из компонентов внешкольной работы в деятельности учителя химии. Особое значение приобретает реализация школьной программы по химии, благодаря которой происходит формирование основных фундаментальных знаний по многим дисциплинам. Сфера школьного обра-

зования постоянно совершенствуется, но не всегда новообразования приводят к положительным результатам. Химия – одна из самых естественнонаучных дисциплин, в основе которой лежит практическая значимость изученного материала для учащихся. Благодаря правильной организации внеклассной работы школьники не только самостоятельно получают дополнительную информацию, но и учатся применять эти знания на практике, то есть, формируется развитие практических компетенций выпускников общеобразовательных школ. Разрешить данную проблему возможно путем усиления внеклассной работы в школьных учреждениях.

Сегодня действуют следующие виды учреждений дополнительного образования (УДО): центры, дворцы, дома, клубы, детские студии, станции (юных натуралистов, технического творчества, детского и юношеского туризма и экскурсий и др.), детские парки, школы (по разным областям науки и техники, видам искусства или спорта), музеи, детские оздоровительно-образовательные лагеря и др. В работе этих учреждений стали участвовать творческие союзы, спортивные комитеты и другие ведомства, научные учреждения [5].

После теоретического анализа существующей проблемы, на первом этапе исследования мы разработали анкету по определению уровня проведения вариативных форм и методов внеклассной (внеурочной) работы учителя химии. Анкетирование было проведено в рамках производственной (концентрической педагогической) практики, которая проходила с 9 марта по 7 марта 2015 г. Нами было проведено анкетирование учащихся 9-х классов в МАОУ «СОШ № 165» г.Казани, в анкетировании участвовали 46 школьников. Проанализировав данные анкетирования можно сказать:

1. Внеклассная работа в данных классах не отличается разнообразием и регулярностью.
2. Большинство внеклассных мероприятий проводятся за пределами школы, что является большим плюсом в обогащении коммуникативных навыков учащихся.
3. Хорошей тенденцией является тот факт, что большинство учащихся предпочитают проводить свободное от учебы время со своими одноклассниками, что говорит о дружеской атмосфере в классе.
4. Большая часть респондентов (9-ые классы) утверждает, что в их классе нет необходимости проводить воспитательные мероприятия, так как нет самих проблемных вопросов. Это означает, что внеклассные мероприятия по химии учениками воспринимаются только с нравоучительных позиций.
5. Внешкольные мероприятия позволяют учащимся побывать в разнообразных ролевых позициях: организатор, автор, член команды, оформитель. Подобные представления являются эффективным инструментом установления и расширения способов взаимодействия школьника с окружающим миром, развития его творческих способностей, личностного роста, доставляя радость и удовольствие.
6. Чем активнее проявляются и развиваются в воспитательном процессе творческие способности ученика, тем активнее и успешнее будет его жизненная позиция в дальнейшем учебном процессе.
7. Система организации и проведения внеурочной работы по химии помогает расширить кругозор и воображение школьников, стимулирует их самообразование, способствует развитию творчества. Эта работа очень разнообразна, носит оттенок занимательности, формирует интерес к предмету и дает учащимся раскрыть себя и свой потенциал. По итогам анкетирования мы разработали учебно-тематическое планирование по системе организации и проведения внеклассных мероприятий по химии: традиционная Неделя химии и программа химического кружка на 2014-2015 учебный год для студентов в ходе педагогической практике по химии в образовательных учреждениях г.Казани. Данную работу по апробации разработанных нами организационных форм воспитательной работы по химии мы планируем продолжить в ходе дальнейшей педагогической практики.

### Список литературы.

- 1) Зотова О. Организационно–педагогические формы // школа. 2001. №6.
- 2) Селиванов В.С. Основы общей педагогики: теория и методика воспитания. М., 2000. 312 с.
- 3) Интернет-ресурс: О системе работы школы с молодыми учителями <http://lsosh3.ucoz.ru/publ/1-1-0-2>.
- 4) Интернет-ресурс: Методические рекомендации по организации внеурочной деятельности <http://pedsovet.su/forum/32-4882-1>.
- 5) Интернет-ресурс: Формы внеклассной работы [http://www.ohanskmmcit.narod.ru/4/vneklassnaya\\_deyatelnost/formi\\_vneklassnoi\\_raboti.htm](http://www.ohanskmmcit.narod.ru/4/vneklassnaya_deyatelnost/formi_vneklassnoi_raboti.htm).
- 6) Интернет-ресурс: Методические рекомендации по организации внеурочной деятельности <http://lib.podelise.ru/docs/6345/index-5660.html>.

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ МОЛОДОГО УЧИТЕЛЯ К УРОКУ ХИМИИ

*Петрова Э.И.*

*Научный руководитель – доцент Космодемьянская С.С.*

Учительская профессия сложна, она требует призвания, раскрыться которому и помогает опытный педагогический коллектив школы. Молодой преподаватель должен чувствовать постоянную поддержку старших, опытных наставников: администрации, председателя методического объединения, учителей-коллег, классных руководителей и психологов. Ведь все они могут помочь молодому учителю в календарно-тематическом планировании, и рассказать о специфике работы с детьми и поделиться опытом многими другими способами. Ведь каждый из них – мастер своего дела. Именно в таком коллективе может сформироваться настоящий учитель. Хотелось бы, чтобы так было во всех школах, тогда число молодых учителей будет значительно больше, а престиж профессии учителя выше.

Мы провели педагогическое наблюдение за деятельностью учителей на заседании Республиканского семинара «Инновации в преподавании химии в рамках ФГОС нового поколения» (2014, КФУ, г.Казань), который проходил по принципу совместной деятельности «учитель-студент» в рамках курсов повышения квалификации учителей химии Республики Татарстан. Анализ результатов наблюдения показал, что психологическая неготовность некоторых опытных учителей принять новые формы работы будущих учителей (в настоящее время – студентов) практически «написана на их лицах». Мы посетили также уроки, проводимые студентами-старшекурсниками в период педагогической практики в 2013/2014 уч.г. Для некоторых ведущих учителей химии (43% от общего числа респондентов) характерно прерывание объяснения студента во время урока, хождение по классу, вызов некоторых учащихся к своему столу одновременно с рассказом студента-практиканта и т.д. Анализ показал важность психолого-методической подготовки, поэтому студент должен активно участвовать в проведении внеучебной работы и на аудиторных занятиях по методическим дисциплинам, в конференциях, учиться работать с аудиторией. Учитель должен спланировать не только свою деятельность, но и деятельность учащихся (провести педагогический менеджмент), четко сформулировать тему, цель и задачи урока. Методика преподавания химии на кафедре химического образования К(П)ФУ построена так, чтобы студенты изучали организацию современного урока химии, структурировали его, проводили фрагменты с демонстрацией химических опытов для максимальной готовности к педагогической деятельности [1, с.112-113].

В этой статье мы рассмотрим наиболее часто встречающихся противоречий, с которыми сталкиваются молодые учителя.

Первое из них состоит в том, что ожидания молодого учителя химии могут не совпадать с действительностью. Выбрав будущую профессию учителя, человек полон энтузиазма, желая давать знания детям, делиться с ними жизненным опытом, видеть заинтересованность в детских глазах. Но в реальности учитель встречается с тем, что все дети разные, не все дети с радостью идут на его уроки, некоторые учащиеся не хотят учиться и слушать учителя, мешают вести урок, отвлекают других [2]. Другие противоречия могут быть связаны с тем, что с одной стороны, существуют требования, предъявляемые профессией педагога к личностным качествам, способностям и психофизиологическим возможностям человека. С другой стороны, каждый человек имеет свои индивидуально-психологические особенности, свою психофизиологическую конституцию, располагает своим здоровьем и способностями. К примеру, молодой учитель химии может столкнуться с проблемами, как лучше поддерживать дисциплину в классе, как реагировать на неуместные или провокационные высказывания учащихся, как удерживать временной регламент в структуре урока. Учитель может прекрасно подготовиться к уроку, но кто-то из ребят нарушает дисциплину в классе и дети не воспринимают новый материал. Такие ситуации могут вызывать у молодого педагога самые различные переживания, от отчаяния и тревоги, потери уверенности в себе, до злости и раздражения на учеников-провокаторов. Это можно объяснить тем, что определенные личностные особенности учителя, его черты характера, отчасти способствуют возникновению таких ситуаций. Педагог может испытывать излишнее волнение, которое охватывает его при проведении урока, а дети очень хорошо чувствуют состояние взрослого и начинают «проверять» педагога «на стойкость». Или же, напротив, учитель может намеренно пытаться быть чрезмерно строгим тогда, когда на самом деле это противоречит его характеру. Кроме того, некоторые дети могут нарушать учебный процесс не намеренно, а в силу сво-

их психологических особенностей, таких как, например, синдром дефицита внимания с гиперактивностью, педагогическая запущенность, школьная дезадаптация и других. Молодые специалисты стремятся делать все безукоризненно идеально, предъявляют к себе слишком высокие требования, боятся совершить ошибку или показать детям свое незнание каких-либо фактов. В связи с этим возникает психоэмоциональное напряжение, и тогда нестандартные ситуации, такие как каверзные вопросы учащихся, случайные оговорки, технические неполадки средств ИКТ и другие незапланированные случайности, могут «выбить» педагога из колеи, вызвать растерянность, чувство вины или раздражение. Это может в свою очередь вызвать неоднозначную реакцию как у самого учителя, который может воспринимать подобный случай как трагедию, так и у учащихся.

Еще одно частое противоречие связано с необходимостью учителя в постоянном самосовершенствовании и саморазвитии, и ограниченном количестве свободного времени. Некоторые начинающие педагоги сталкиваются с трудностями самоорганизации и планирования своего рабочего времени и отдыха.

Успех урока во многом зависит от подготовки к нему учителя. Курс методики обучения химии на кафедре химического образования К(П)ФУ в ходе теоретической и практической подготовки студентов раскрывает содержание, построение и методику изучения школьного курса химии, знакомит с особенностями преподавания химии в школах различного уровня и профиля. Необходимо сформировать устойчивые умения и навыки будущих учителей химии по использованию современных методов и средств обучения химии, обеспечить усвоение основных требований к современному уроку химии и добиться реализации их на практике, ознакомить с особенностями проведения элективных курсов по химии и различными формами внеклассной работы по предмету [3]. Таким образом, система вузовского курса методики обучения химии в значительной мере формирует основные знания, умения и навыки будущего учителя химии.

Педагогическая практика – это самый сложный процесс, в котором проявляется общая культура студента как будущего учителя и воспитателя.

Студенты вводятся в круг реальных проблем профессионального труда учителя-воспитателя, знакомятся с содержанием и объемом его работы. В связи с этим они должны проводить учебно-воспитательную работу по всем направлениям: психолого-педагогическое изучение отдельных учащихся и коллектива, планирование работы, проведение уроков и факультативных занятий, внеклассная работа по предмету химия, работа в качестве классного руководителя на основе комплексного подхода, работа с родителями учащихся, с учителями, социальными педагогами, психологами школы. Деятельность студентов в период практики можно представить как мини-модель учителя профессионала.

Мы проходили (производственную) педагогическую (концентрированную и распределенную) практику с февраля по май 2015 г. в МАОУ «Средняя образовательная школа № 165» Ново-Савиновского района г. Казани. Во время прохождения педагогической практики мы не только проводили уроки, внеклассные мероприятия, индивидуальную работу с учениками, но и проводили беседы с молодыми учителями химии, биологии, географии. Мы проанализировали ответы учителей на следующие вопросы:

- Какие чувства Вы испытывали в период адаптации на новом рабочем месте?
- Обращаетесь ли Вы за помощью к коллегам?
- Какие трудности Вы испытывали при проведении первых уроков?
- Что Вы посоветуете будущим молодым учителям?
- Как Вы считаете, что главное при подготовке и проведении уроков по химии?
- Каких правил должен придерживаться учитель при проведении первых уроков?

После проведения бесед с молодыми учителями и рефлексии результатов педагогической практики мы анализировали результаты и разработали мини-модель подготовки молодого учителя химии к уроку. Основными элементами модели являются: советы, рекомендации, правила подготовки и проведения уроков, а также алгоритм действий молодого учителя для успешного проведения уроков химии, которые представлены ниже.

Например, в качестве рекомендаций молодому учителю химии при подготовке к уроку (алгоритм действий) необходимо учитывать следующее:

Учет особенностей учащихся класса:

- уровень обученности (средний, выше среднего, ниже среднего);
- отношение учащихся к химии;
- темп работы учителя и учащихся;
- сформированность учебных умений (компетенций и УУД);



- общая подготовленность учащихся;
- отношение учащихся к разным видам учебной деятельности;
- отношение к разным формам учебной работы, в том числе нестандартным;
- общая дисциплина учащихся.

Учет своих индивидуальных особенностей:

- тип нервной системы;
- коммуникативность;
- эмоциональность при организации учебной деятельности учащихся;
- управление восприятием нового учебного материала учащимися;
- умение преодолеть плохое настроение;
- уверенность в своих знаниях, умениях;
- наличие умений импровизации;
- умения пользоваться различными средствами обучения, в том числе ТАВСО и ЭВТ.

Мы также разработали свод общих и частных правил, обеспечивающих успешное проведение урока.

Присутствие химического эксперимента – неотъемлемая часть урока химии. Именно химический эксперимент и задает специфику химии как предмета, но иногда учитель не может продемонстрировать опыт на уроке, на это существуют причины: отсутствие реактивов, опасность проведения опытов, большие затраты времени. При использовании видео эксперимента этот недостаток можно с легкостью устранить [4].

Учитель, использующий современные достижения науки и техники, способен проводить уроки на более качественном и высоком уровне, что способно заинтересовать современного ученика, привлечь его к активному участию в учебном процессе, улучшить освоение учебного материала, дать возможность для самообучения.

Исследование по определению психолого-педагогических подходов в подготовке учителя химии к уроку мы начали в рамках изучения методического курса «Методика обучения и воспитания (в области химии)». Продолжили эту работу в ходе производственных практик, концентрированной педагогической (февраль-март 2015 г.) и распределенной (март-май 2015 г.). В исследовании мы определили следующие диагностируемые этапы: теоретический и экспериментальный этап, который проходил по следующим шагам: 1) мы провели педагогическое анкетирование (анкета 1) среди студентов 1-х, 3-4-х курсов Химического института им. А.М. Бутлерова и Института фундаментальной медицины и биологии КФУ (46 респондентов); 2) в анкетировании (анкета 2) участвовали студенты 4-го курса Института фундаментальной медицины и биологии (17 человек). Основная цель исследования заключалась в определении уровня использования учителями-химиками педагогических технологий и их готовность работать со студентами-практикантами в ходе педагогических практик. На этом этапе исследования участвовало 46 человек 1-х, 3-х и 4-х курсов.

Действительно, современной школе необходимы молодые учителя, способные принести много новых идей в обучении химии, стремящиеся к творческим открытиям, к вершинам профессионального мастерства.

Итак, мы провели экспериментальную часть нашего исследования на основе анкетирования и педагогического наблюдения, что позволило нам подтвердить выдвинутую ранее гипотезу: решение профессиональной задачи молодого учителя химии по вовлечению учеников в активный познавательный процесс зависит от уровня подготовленности учителей химии в рамках вузовского обучения.

В ходе предстоящей (второй) педагогической практики по химии (сентябрь 2015 г.) мы апробируем разработанные нами аспекты подготовки молодого учителя к уроку и дополним модель подготовки молодого учителя химии.

### Список литературы.

- 1) Космодемьянская С.С. Методические особенности подготовки молодого учителя к уроку химии / С.С.Космодемьянская, Э.И. Петрова // Инновационная наука и современное общество: сборник статей Международной научно-практической конференции (5.12.2014г., г.Уфа). в 2 ч. Ч.2. / Уфа: Аэтерна. 2014. 219 с
- 2) Космодемьянская С.С. Формирование педагогического менеджмента и самоменеджмента при подготовке учителя химии. Казанский педагогический журнал. Казань: ООО «Слово». 2013. №6. (101). С.61–66.
- 3) Космодемьянская С.С., Гильманшина С.И. Методика обучения химии: учебное пособие. Казань: ТГГПУ. 2011. С.20–30.

4) Поташник М.М. Требования к современному уроку. Методическое пособие. М.: Центр пед. образования. 2007. 272 с.

## **ОБУЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ МЕРОПРИЯТИЯМ В ШКОЛЕ В УСЛОВИЯХ ФГОС НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*Рахимова Р.И.*

*Научный руководитель – профессор Гильманишина С.И.*

Сегодня, согласно ФГОС нового поколения, активно рассматриваются идеи инклюзивного (включающего) образования. Однако для нашего общества понятие «инклюзивное образование» является новым, вызывая много сомнений, опасений и требует от нас профессионального открытого диалога, конструктивного спора, учёта отечественного опыта и согласованности позиций. В разрабатываемой Стратегии развития инклюзивного образования данный период определён как переходный, формирующий экологически безопасное поведение учащихся в природной и образовательной среде с учетом энергосберегающих мероприятий.

В настоящее время во всем мире одним из самых актуальных стал вопрос экономии электроэнергии, во многом обусловленный увеличением энергопотребления, истощением природных ресурсов и загрязнением окружающей среды отходами энергетических производств. Работа по воспитанию бережного отношения к употреблению электроэнергии начинается со школы и охватывает всех учащихся, формируя экологической культуру и стремления к рациональному природопользованию. Школа является одним из ключевых инструментов воспитания экономного отношения к природным запасам у молодого поколения, а решение вопроса энергоэффективности в школах имеет большое значение, что побудило авторов к проведению данных исследований.

По решению ООН к охране окружающей среды необходимо привлекать детей и молодежь во всем мире. Задача состоит в том, чтобы дать подрастающему поколению больше знаний об энергии и убедить молодежь в необходимости создания общества, основанного на безопасном для окружающей среды бережном использовании энергии. Учащиеся должны сами более рационально использовать энергию и научить этому окружающих.

Обучение основам энергосбережения в школьном образовательном пространстве, в целом, направлено на привлечение учащихся к осознанной деятельности по охране природы и энергосбережению, экологической безопасности в школе и быту [1].

В ходе энергосберегающих мероприятий нами проведены следующие исследования:

– На I этапе до осуществления энергосберегающих мероприятий был проведен тест в 10-х классах МБОУ «Гимназия» п.г.т. Богатые Сабы Сабинского муниципального района РТ и лицея № 115 г. Казани.

– На II этапе после проведения энергосберегающих мероприятий на базе этих же образовательных учреждений прошло тестирование в 10-х классах.

– III этап был связан с анализом полученных результатов.

Данные о состоянии изучаемой проблемы были получены методом анкетирования, вопросы которого взяты из сборника «Энергия и окружающая среда» [2].

Результаты исследования на первом этапе показали, что ученики не умеют беречь электроэнергию и большинству опрошенных нужно ещё многому научиться. Во время проведения мероприятий по энергосбережению, мы смогли привлечь внимания учеников к проблемам использования энергии.

Работа по привитию навыков экономного расходования электроэнергии включала такие мероприятия, как проведение школьного конкурса рисунков на тему «Энергосбережение», лекций, практических и лабораторных работ, фестиваля школьных рефератов «Альтернативные виды энергии», учебно-методической игры.

Результаты исследования представлены в виде гистограмм (рисунок 1, 2).

Сравнивая результаты первого и второго этапов исследования в обоих образовательных учреждениях можно сказать, что проведенные мероприятия содействовали формированию культуры использования энергии и стимулировали появления интереса к практическому применению знаний, полученных в школе.

Таким образом, школа может существенно сократить энергетические расходы, а ученики – лично участвовать в программе энергосбережения, что позволит сформировать у них интерес к основам рационального природопользования. Вопросы энергетики влияют абсолютно на все аспекты нашей

жизни. Поэтому важно, чтобы энергетические темы были усвоены школьниками не поверхностно, а с пониманием сути и причин возникающих проблем, анализа возможностей, которые есть у каждого отдельного человека и у человечества в целом для устойчивого, рационального энергопотребления, наносящего минимальное негативное влияние на природу и климат.

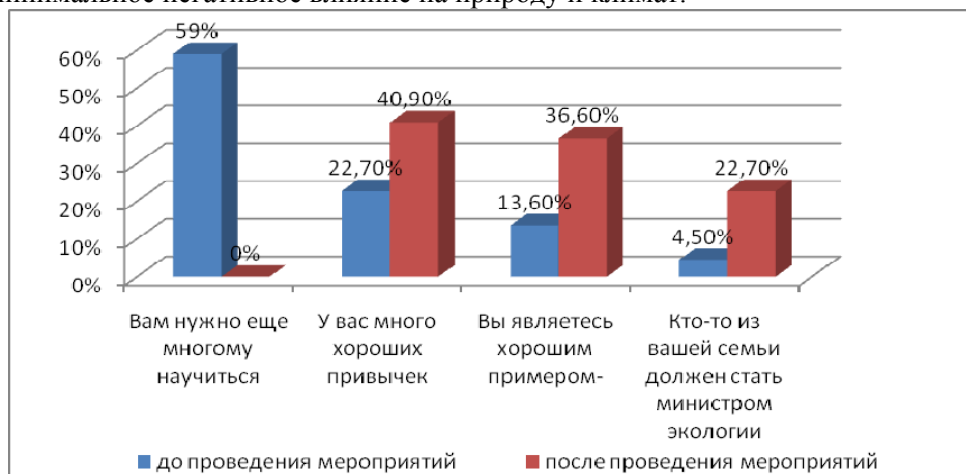


Рисунок 1. – Результаты тестирования учащихся гимназии Сабинского муниципального района РТ.

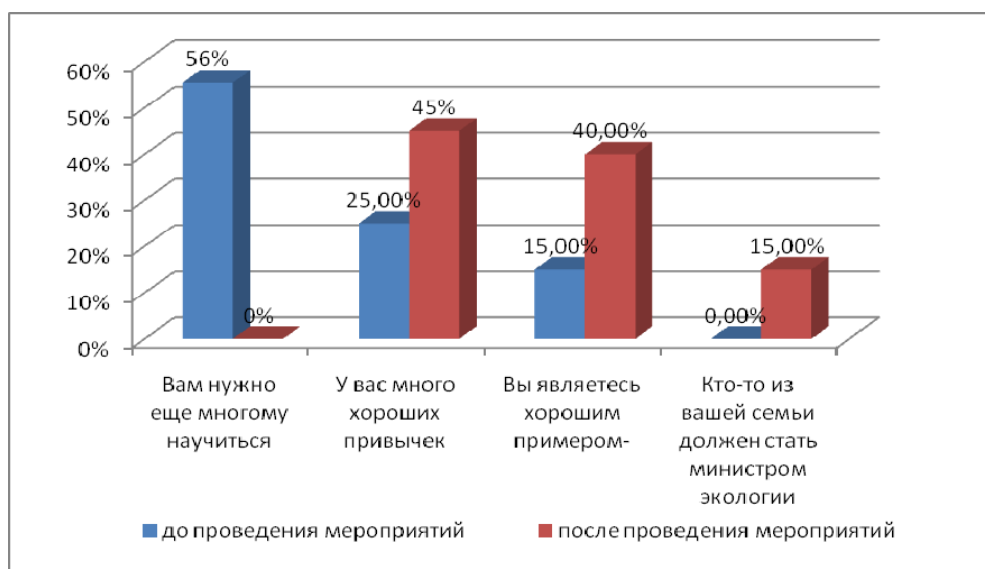


Рисунок 2. – Результаты тестирования учащихся лицей № 115 г. Казани.

### Список литературы.

- 1) Gilmanshina S.I., Yamaltdinov R.K., Gilmanshin I.R., Rakhimova R.I. Computer technology energy education in the study of natural sciences // Abstracts of The 7<sup>th</sup> Intern. Conf. on Chemistry and Chemical Education, Minsk, Belarus. Minsk: Krasico-Print. 2015. S.153-154.
- 2) Энергия и окружающая среда / И. Лорентзен, Д.А. Хойстад, О.Н. Сенова, К.А.К. Шорлиен, М. Радованович. Норвежское общество охраны природы. СПб. 2008. 88 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В КУРСЕ ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

*Хусаинова Д.М.*

*Научный руководитель – профессор Ямбушев Ф.Д.*

Неотъемлемой частью жизни современного человека являются продукты химического производства, но именно в последнее время наблюдается повышение негативного отношения к данной сфере производства. Свидетельством этого является и то, что люди перестают интересоваться химической

наукой еще в школьном возрасте. Это все привело к тому, что у выпускников школ имеется низкий объем знаний по химии и дефицит мотивации по ее овладению в школе.

Отсюда вытекает, что актуальной проблемой является улучшение имеющихся педагогических технологий для того, чтобы активизировать познавательную деятельность школьников при изучении химии.

Чтобы решить данную проблему, необходимо проводить занятия в виде игр, которые повышают заинтересованность и являются наиболее доступной формой обучения.

Игра – есть некая форма деятельности школьников, в ходе которой активизируются познавательные механизмы, а также приходит понимание того, что стать победителем можно только при наличии детерминированного объема знаний. При этом данная деятельность подразумевает не только взаимодействие педагога и отдельного ученика, но и всего ученического коллектива в целом. Формирование групп учащихся происходит на основе их уровня знаний, увлечений, а так же симпатий в коллективе. Только при взаимодействии со своими товарищами, школьник способен решить данные ему задачи и овладеть определенными навыками коллективной работы. На этом также базируется развитие нравственности у школьника.

Целью нашего исследования стало выявление доступных игровых методов обучения, необходимых для наилучшего усвоения и активизации познавательного мышления у школьников при изучении курса органической химии.

Задачами нашего исследования стали:

1. Анализ литературы.
2. Выявление дидактической значимости игровых методов.
3. Разработка методики организации игровых методов.

Педагогический процесс – это система уроков и внеклассных мероприятий, организаторами которых выступают как учителя, так и школьники [1]. Как правило, уроки проводят в следующих формах: урок-лекция, урок-дискуссия, урок-экскурсия, практико-лабораторное занятие.

Чем выше умственная нагрузка на школьника, тем ниже интерес школьника к предмету, а также его активность в течение всего занятия. В связи с этим учителям приходится искать всевозможные способы повышения мыслительной деятельности школьника, которые в свою очередь являлись бы мотивирующим фактором к самостоятельному освоению предмета.

Следовательно, необходимо оптимизировать учебный процесс таким образом, чтобы у школьника возник интерес к изучению данной дисциплины.

Немаловажное значение приобретают игровые методы дидактической направленности, а именно игры, несущие трудовой и творческий характер. В ходе таких игр учащиеся приобретают навыки сосредоточения, самостоятельности мышления, развития внимания, мотивации к изучению нового материала [2, 3].

Игра – это самая простая деятельность, благодаря которой человек способен проанализировать полученную из окружающего мира информацию. Такая деятельность позволяет выявить индивидуальные характеристики мышления школьника. Рост умственной активности индивидуума обусловлен интересным содержанием игры. Это способствует тому, что школьник сможет выполнять задания повышенной сложности более продуктивно, нежели обычном занятии. Игровые методы применимы только в совокупности с другими методами для того, чтобы получились эффективные результаты при усвоении новых знаний. В процессе игровой деятельности приобретаются навыки коллективной работы, а также навыки применения знаний и умений в практической деятельности при любых условиях. Кроме того, игра служит отличным поводом для приобретения новых знаний [4].

Классификаций игровых методов обучения множество, но основными принято считать: по количеству человек – индивидуальные, парные, групповые, обще-классные и по направленности развития навыков – ролевые, познавательные, деловые, комплексные [5]. Данные методы используются в соответствии с поставленными задачами урока.

Таким образом, использование игровых технологий в учебном процессе при преподавании химии позволит повысить степень усвоения и закрепления материала по данному предмету.

В практической деятельности учителя применимы различные игровые методики. Далее мы приведем свои варианты игровых методик, которые можно использовать на уроках органической химии.

#### **Урок-игра «Брейн-Батл»**

Цель урока: повторить изученные темы по органической химии и систематизировать основные положения темы, повысить интерес школьников в изучении химической науки.

Оборудование: эмблемы команд, сборник вопросов, плакаты с заданием, секундомер, карандаши, бумага, музыкальное сопровождение, призы участникам.

В состав жюри входят: учитель химии, учитель биологии и несколько учеников – экспертов из класса участников.

Подготовительный этап. Класс заранее делится на 3 группы. Каждой группе дается задание на дом: составить эмблему своей группы, а также сделать заготовку итоговой таблицы.

Ход игры: ведущий зачитывает вопрос игры. Временной лимит обдумывания ответа равен 1 минуте. Какая из команд первой оповестит ведущего о наличии ответа, с его разрешения может дать ответ. При неверном ответе и при наличии неистекшего времени, у других команд имеется возможность предложить более правильный ответ. При отсутствии правильного, ответ на данный вопрос снимается. Правильный ответ приносит команде 1 балл.

#### Вопросы игры:

1. Простейший ароматический амин? (Анилин).
2. Двухатомный спирт? (Этиленгликоль).
3. Продукт восстановления бензальдегида? (Гидробензоин).
4. Чем обусловлена хорошая растворимость в воде первых членов гомологического ряда спиртов? (Образованием межмолекулярной водородной связи).
5. Стеариновая и маргаринавая кислоты являются представителями...? (Насыщенных жирных кислот).
6. Спирт, который получается в процессе гидратации ацетилен? (Ацетаальдегид).
7. Солеобразные продукты, получаемые замещением водорода гидроксильной группы фенолов металлами? (Феноляты).
8. Органические соединения, образующиеся при замене гидроксильной группы на спиртовой остаток? (Сложные эфиры)

Последним этапом игры является подведение итогов и вручение призов [6,7,8].

В процессе этой игры школьники могут раскрыть не только свой творческий потенциал, но также приобрести навык коллективной работы.

#### Перечень заданий «Закончите предложение»

1. Органическая химия изучает... (Углеводороды и их производные).
2. Разновидность химической формулы, графически показывающая расположение и порядок связей атомов в соединении, выраженное в плоскости... (Структурная формула).
3. Угольная кислота – это углеводород? (Нет).
4. Простейший углеводород – это ... (Метан).
5. Предельными насыщенными углеводородами являются... (Алканы).
6. Циклические органические соединения, в состав которых входит ароматическая система – это ... (Арены).
7. Пропан или пропилен не имеет изомеров? (Пропан).
8. Углеводороды природного газа, имеющие изомеры... (Бутан, пентан).
9. Свойство веществ переходить из жидкого и твердого агрегатного состояния в газообразное – это ... (Летучесть).
10. Природная смесь углеводородов ... (Нефть).

Такие задания служат средством контроля знаний, дает учителю объективную оценку о степени усвоения материала учениками.

#### Кроссворд на тему: «Алканы»

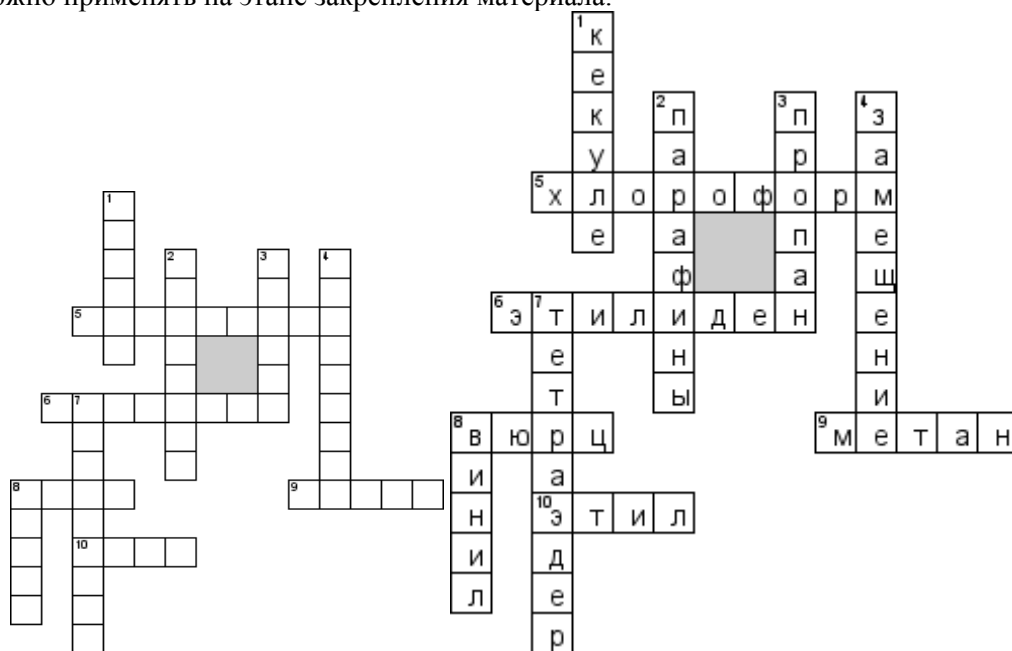
##### По горизонтали:

5. Трихлорметан.
6. Алкилиден, состоящий из 2 атомов углерода.
8. Химик из Франции, в честь которого названа реакция получения углеводородов.
9. Является первым представителем класса предельных углеводородов;
10. Радикал  $C_2H_5$  носит название – ...;

##### По вертикали:

1. Кто открыл формулу бензола?
2. Одно из названий предельных углеводородов?
3. Алкан, имеющий молекулярную формулу  $C_3H_8$ ?
4. Наиболее характерный вид реакций для алканов?
5. Геометрическая фигура, похожая на пространственное строение молекулы метана?
6. Алкенил, состоящий из 2 атомов углерода? [9].

Кроссворды являются своего рода мотивационным средством обучения, которые можно использовать на уроках, чтобы дать небольшую разрядку мозгу школьника при усвоении какой-либо темы. Их можно применять на этапе закрепления материала.



Выводы:

1. Проведен анализ литературных источников.
2. Выявлено дидактическое значение игровых методик.
3. Разработан методический материал с упором на игровую форму организации деятельности на уроке.

#### Список литературы.

- 1) Воронин А.С. Словарь терминов по общей и социальной педагогике Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ. А.С. Воронин. 2006.
- 2) Азаров Ю.Л. Игра и труд. М.: Просвещение. 1973. 42 с.
- 3) Аникеева Н.П. Воспитание игрой. Психологическая наука в школе. М.: Просвещение. 1987. 94 с.
- 4) Газман О.С. Каникулы, игра, воспитание. М.: Просвещение. 1988. 45 с.
- 5) Минкин Е.М. От игры к знаниям. М.: Просвещение. 1983.
- 6) Аликберова Л.Ю. Занимательная химия. М.: АСТ-ПРЕСС. 1999. 560 с.
- 7) Браун Т, Химия в центре наук. / Т.Браун, Г.Ю. Лемей М.: Мир. 1983. Ч.1,2. 447 с.
- 8) Казанцев Ю.Н. Формула успеха, или как увлечь учащихся новым предметом // Химия в школе. 2009. С.15–19.
- 9) Интернет ресурс: Список литературы.ру. <http://spisok-literaturi.ru/cross/kategorii-gotovyh-crossvordov/himiya/alkanyi.html>.

## РАЗВИТИЕ ВЫСШЕГО ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ С СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПОТРЕБНОСТЯМИ РЕГИОНА

*Чепелева С.Е.*

*Научный руководитель – ассистент Валитова Г.Ф.*

На сегодняшний день химия является одной из ведущих наук необходимых для всестороннего развития жизни человека. От химии зависят такие сферы жизни как: развитие промышленности, производство сырья, медицина, фармацевтика, экология, питание, сельское хозяйство, транспорт и многое другое. Именно поэтому развитие высшего химического образования является очень актуальной проблемой общества. Сегодня существует большое количество высших учебных заведений химического профиля и заведений с кафедрами химии. Интерес состоит в том, что институты и университеты химического образования зависят от социально-экономических потребностей региона. Так как в

зависимости от потребностей и возможностей региона, возникает необходимость в квалифицированных специалистах, в нехватке кадров той или иной химической отрасли и т.д. Следовательно, продолжается расширение и развитие высшего химического образования. В нашей работе мы рассмотрим более подробно взаимосвязь высшего химического образования с социально-экономическими потребностями региона Республики Татарстан.

Сегодня Республика Татарстан – один из наиболее стабильных и динамично развивающихся субъектов Российской Федерации. Выгодное географическое положение, богатые природные ресурсы, многоотраслевая промышленность, квалифицированные кадры, высокий научный и технический потенциал, стабильная политическая ситуация, развитая законодательная база создают необходимые предпосылки для дальнейшего экономического развития республики, последовательной интеграции в систему международных экономических отношений [Копылов, 2003, с.100].

Рассмотрим основные отрасли промышленности региона Республики Татарстан и социально-экономические потребности:

- **ПРОИЗВОДСТВО.** Промышленное производство составляет основу экономики Татарстана. Нефть сосредоточена в природных битумах юго-востока республики. Суммарные запасы углеводородов в них достигают 7 млрд.т. Проблема: Процесс извлечения сырья сдерживается отсутствием высокоэффективных технологических схем добычи, транспортировки и переработки битумной нефти.

- **ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.** К важнейшим отраслям обрабатывающей промышленности Республики Татарстан относятся: электроэнергетика, нефтепереработка, химия и нефтехимия, машиностроение и металлообработка, легкая, пищевая, лесная и деревообрабатывающая промышленность. Обрабатывающая промышленность производит 2/3 всей промышленной продукции республики, что свидетельствует о высоком уровне индустриализации экономики региона.

Большое внимание уделим химической и нефтехимической промышленности.

#### *Химия и нефтехимия*

Химия и нефтехимия является одной из ведущих и приоритетных отраслей экономики РТ. Основным сырьем для химии и нефтехимии является нефть, попутный газ и продукты их переработки. В настоящее время в Татарстане сложились три центра химической промышленности – Казань, Нижнекамск, Менделеевск.

В Казани преобладают предприятия химии органического синтеза, продукция которых во многом ориентирована на экспорт: продукция органического синтеза, синтетических смол и пластических масс, продукция пластпереработки, синтетических каучуков, кинофотоматериалов, резинотехнических изделий, фармацевтической промышленности, бытовой химии и др.

Основные предприятия – ОАО «Казань оргсинтез», ОАО «НефтеХимСэвилен», ОАО «Казанский завод синтетического каучука», ОАО «Тасма», ОАО «Хитон», ЗАО «Кварт», ООО «Полимиз-Казань», ЗАО «Казанский завод полимеров», ОАО «Нэфис Косметикс», ОАО «Татхимфармпрепараты», ЗАО Казанский завод искусственных кож», а также ряд вновь образованных предприятий.

В Нижнекамске сосредоточен комплекс нефтехимических производств республики. Здесь производят широкий спектр продукции органического синтеза, синтетические каучуки, шины, технический углерод и другие виды. Комплекс представлен крупнейшими в России нефтехимическими предприятиями ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Нижнекамскшина» и ОАО «Нижнекамсктехуглерод».

Менделеевск является важным центром неорганической химии. Выпускает широкий спектр технической, пищевой, реактивной, фармацевтической продукции (более 40 наименований). Ведущие предприятия - ОАО «Химический завод им. Л.Я. Карпова», завод ООО "Менделеевсказот" – производят азотные и фосфатные удобрения, азотную кислоту, технический кислород и другие виды. В последние годы на заводах вводятся дополнительные мощности по производству продукции органического синтеза (экструдированный пенополистирол).

Большинство проектов предполагает внедрение современных научных достижений. С этой целью созданы технополис «Химград», ЗАО «Инновационно-производственный технопарк «Идея», индустриальный парк «Камские Поляны».

Таким образом, мы видим, что нефтехимическая промышленность является одной из основных в РТ. Следовательно, при таком количестве развивающихся отраслей связанных с химической и нефтехимической промышленностью мы наблюдаем кадровый дефицит квалифицированного персонала [Технология важнейших отраслей промышленности, 2000, с.131].

Наличие перспектив развития новых химических отраслей ведёт за собой спрос квалифицированных кадров на предприятия.

В перечне востребованных профессий высшего образования (бакалавр) в РТ за 2013-2014 гг., мы выделили 22 профессии связанные с химическим профилем из 39. В перечне высшего образования

(специалист) нами выделено 40 востребованных профессий в области химии из 140 востребованных профессий РТ. Итого: 62 востребованные профессии химического профиля за 2013-2014 г. в РТ.

Среди студентов 3 курса Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ (кол-во 40 чел.) и 3 курса студентов Института нефти, химии и нанотехнологии КНИТУ (КХТИ) (кол-во 40 чел.) нами был проведен опрос: Сфера в которой вы хотите работать после окончания вуза?

Были получены следующие результаты:

Варианты ответа	Химический институт им. А.М.Бутлерова (КФУ)	Институт нефти, химии и нанотехнологии (КХТИ)
Химическое производство	22	26
Научная деятельность (химия)	14	11
Другое	4	3

Вывод: таким образом, мы видим, что химическая и нефтехимическая промышленность является одной из основных ведущих отраслей Республики Татарстан.

Социально-экономические потребности региона в данном случае выражаются в развитии химической промышленности и в появлении новых тенденций химической отрасли, что влечёт за собой потребность в квалифицированных специалистах. Взаимосвязь развития высшего химического образования и социально-экономических потребностей отражается в возникновении дефицита кадров в промышленности, в ответ вузы обеспечивают набор на обучение необходимых специалистов. Взаимодействие университета и предприятия не редкость (Целевые направления имеются во многих вузах, например –КНИТУ(КХТИ)).

Из представленных в общем счёте востребованных профессий высшего химического образования в РТ за 2013-2014 гг. (в количестве 62 химических профессий) испытывает дефицит кадров промышленное химическое производство.

По данным опроса студентов 3 курса мы так же можем наблюдать заинтересованность и желание работать в химической промышленности у большинства опрошенных.

Следовательно, дальнейшее развитие взаимосвязи высшего химического образования с потребностями региона должно заключаться во взаимной работе университет-предприятие, где со стороны университета будет обеспечиваться подготовка кадров, а со стороны предприятия-прохождение практики и дальнейшее трудоустройство студентов.

### Список литературы.

- 1) Копылов В.А.. География промышленности России и стран СНГ: Учебное пособие. 2003. С.160
- 2) Технология важнейших отраслей промышленности / под ред. Гринберга А.М., Хохлова Б.А. 2002. С.310.
- 3) Экономика химической промышленности/ под ред. Клименко В.Л. Л: 2000. С.288.
- 4) Интернет ресурс: <http://mtsz.tatarstan.ru/rus/napravleniya-deyatelnosti.htm> (дата обращения: 28.02.2015).
- 5) Интернет ресурс: <http://ati-times.tatar-inform.ru/news/society/29384796/> (дата обращения: 1.03.2015).

## СИСТЕМНОСТЬ И СИСТЕМАТИЧНОСТЬ В ОРГАНИЗАЦИИ ПРОПЕДЕВТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ

*Ярмухаметова Д.С.*

*Научный руководитель – доцент Космодемьянская С.С.*

Учитывая общие тенденции мирового развития Российская Федерация регулярно модернизирует образовательную политику, которая иногда отрицательно сказывается на формировании системы универсальных знаний, умений и навыков. Примером таких преобразований является сокращение учебного плана одной из важнейших наук естественного цикла – химии, благодаря которой осуществляется формирование целостной картины окружающего мира. В основе предмета лежит практическая значимость науки, которая постепенно пополняет ряды «меловых» дисциплин, основанных лишь на теоретических данных.

Проанализировав содержание учебной программы по химии и оценив результаты ЕГЭ по данному предмету за последние 7 лет, нами была определена необходимость введения пропедевтической работы по химии с учащимися средних классов в школьную программу с целью повышения интереса учеников к дисциплине. Поэтому мы разработали комплекс занятий, основанный на активно-интерактивной модели обучения, где учитель выступает в роли координатора, а не как источник



информации, стремясь к повышению познавательной активности учащихся, что в свою очередь обеспечивает достижения целей химического образования, осуществление межпредметной связи и разгрузку содержания обучения в последующих классах.

Пропедевтическая программа включает занятия: исследование пищевых продуктов; скорость химических реакций; углекислый шар; резиновое яйцо и была апробирована на территории Российской Федерации Республики Татарстан и Республики Башкортостан.

Исследования проводились в три этапа:

– I этап (осень 2013 г.) – исследование содержания химии как комплекса наук, значимого для учащихся 7 классов, разработка программы пропедевтических курсов.

– II этап (весна 2014 г.) – анкетирование учащихся и апробация разработанного пропедевтического курса по химии для учащихся в учебных учреждениях на территории Республики Татарстан Российской Федерации, выявление готовности студентов КФУ к осуществлению пропедевтической работы по химии в общеобразовательных школах,

– III этап (осень 2014 г.) – анкетирование учащихся и апробация разработанного пропедевтического курса по химии для учащихся в учебных учреждениях на территории Уфимского района Республики Башкортостан Российской Федерации.

*Подведение итогов исследования.*

Педагогический эксперимент проводился в базовых учреждениях:

➤ общеобразовательная школа-интернат «Лицей имени Н.И. Лобачевского» – структурное подразделение федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» Республики Татарстан – анкетирование и апробация программы проходило в марте 2014 г. в классе 7 «А», в котором приняло участие 16 человек перед началом демонстрационных опытов;

➤ МБОУ «Гимназия № 126» Советского района г. Казани Республики Татарстан – анкетирование учащихся в классах 7 «А» и «Б» проходило в марте 2014 г., в котором приняло участие 36 человек;

➤ МБОУ СОШ д. Шамонино Уфимского района Республики Башкортостан – анкетирование учащихся в классах 7 «А» и «Б» проходило в декабре 2014 г., в котором приняло участие 30 человек.

➤ Казанский (Приволжский) федеральный университет – анкетирование студентов проходило в несколько этапов:

- опрос студентов 1-2-х курсов по специальности «Биология с дополнительной специальностью «Химия»» Института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета (ноябрь 2014 г., 32 человека),

- анкетирование прошли студенты 3–4-х курсов по специальности «Биология с дополнительной специальностью «Химия»» Института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета (апрель 2014 года, 44 человека).

Общее количество респондентов: 158 (82 учащихся 7-х классов и 76 студентов КФУ).

Результаты анкетирования учащихся Республики Татарстан и Республики Башкортостан представлены на графике 1.

На разность результатов анкетирования повлияло внесение коррективов в опросный лист, так, к примеру, в I анкете (РТ) учащимся необходимо было выбрать правильный вариант определения химии из четырех предложенных, что значительно облегчало задачу – справилось с заданием – 100% учащихся. А во II анкете (РБ) школьником необходимо было самостоятельно сформулировать определение химии, что затруднило задачу отвечающим – справилось 25%. Большинство (93%) школьников г. Казани правильно определили простое химическое вещество – кислород как продукт фотосинтеза, с поставленной задачей учащимся д. Шамонино удалось справиться 42%. Разница в ответах наблюдается и в заинтересованности учащихся изучения нового предмета, половина участников эксперимента г. Казани желали приступить к изучению химии (50%), данный показатель увеличился на 30% в общеобразовательной школе д. Шамонино (80%), возможно объяснением этого послужит разный период проведения опроса (в Республике Татарстан г. Казани анкетирование проводилось перед началом пропедевтических курсов, а в Республике Башкортостан Уфимского района после проведения вводной программы).

Подводя общие итоги опроса учащихся 7-х классов, можно выделить несколько ключевых аспектов: учащиеся обладают минимальными знаниями по химии; на определение эффективности пропедевтической программы влияет период проведения анкетирования, так как на I этапе анкетирование проводилось перед пропедевтической работой, а во II после проведения занятий; изменение содержания опросного листа влияет на результаты.

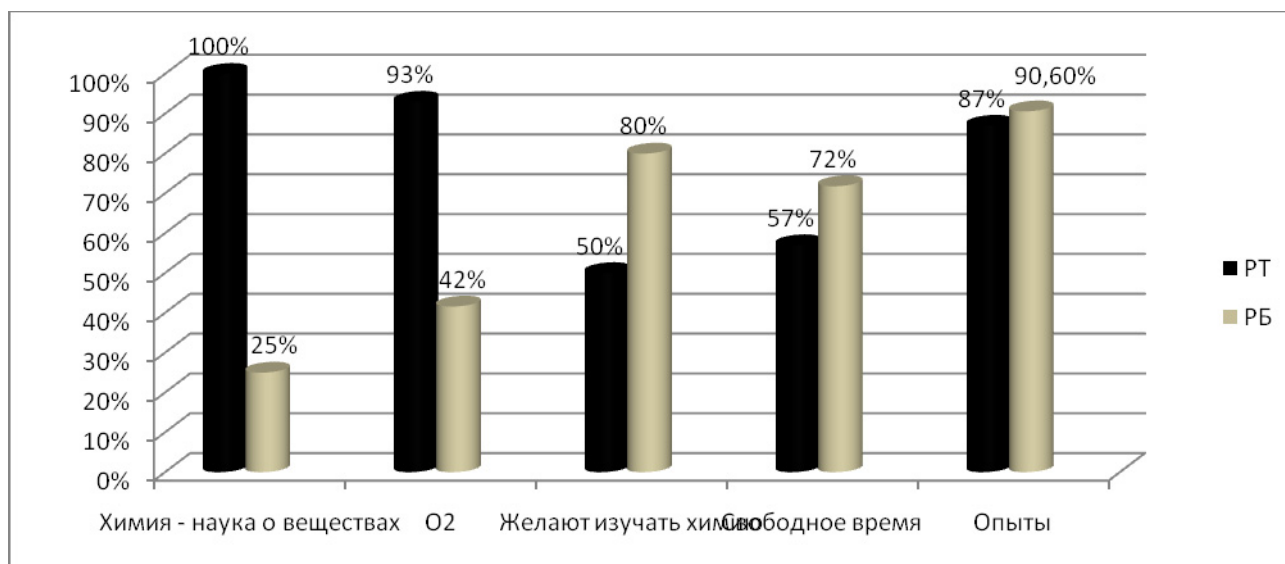


График 1. – Сопоставление результатов анкетирования учащихся 7 классов РТ и РБ.

Результаты анкетирования студентов КФУ показали, что:

- Студенты 1-2-х курсов мало знакомы с определением «пропедевтика» (15%), что связано с отсутствием на данном этапе их обучения дисциплины «Методика преподавания химии», чем студенты 3-4-х курсов, где показатель составляет – 92%.
- Подавляющее большинство опрошенных студентов считает, что школьная программа по химии нуждается во внедрении методически правильно разработанных мероприятий по пропедевтической работе по химии (90%).
- На вопрос о формах проведения вводных занятий по химии мнения студентов значительно разошлись: 42% опрошенных отмечают игровую форму занятий, 35% студентов выбирают практические занятия и по 14% набрали варианты ответов в виде лекций и обычных уроков.

Таким образом, результаты анкетирования студентов показали:

- у студентов КФУ к старшим курсам сформировывается четкое понятие пропедевтики,
- студенты считают, что школьная программа по химии нуждается во внедрении предварительных курсов, и они готовы реализовывать ее в работе с учащимися.

В ходе исследования нами были выполнены следующие компоненты:

- разработана образовательная программа пропедевтических курсов;
- разработана методика проведения пропедевтических занятий по химии;
- проведена апробация занятий экспериментальных исследований в школе;
- проведено анкетирование учащихся 7-х классов базовых школ и студентов 1-4-х курсов ИФМиБ КФУ;
- установлена эффективность пропедевтических курсов.

Осуществление пропедевтической работы прошло успешно, учащиеся на занятиях проявили себя активно, с интересом наблюдали химические изменения, с удовольствием принимали участие в демонстрациях опытов, размышляли и старались самостоятельно дать объяснения некоторым явлениям. Была установлена эффективность пропедевтической работы, так как после проведения демонстрационных опытов, количество учащихся желающих приступить к изучению химии увеличилось на 30%. Возможно, данная оценка результатов не объективна, так как применялась на разных группах. Считаем необходимым продолжить исследования в данной области.

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агбоигба Э.Э.К. ....	12	Мусин Т.Р. ....	241
Аитов Т.Р. ....	177	Мустафин Р.Н. ....	204
Алиев Ф.А. ....	180	Мухаметзянова А.С. ....	117
Байдамшина Д.Р. ....	55	Мухаметшина А.Р. ....	77
Байысбеков К.Б. ....	112, 114	Мухаметшина Р.Р. ....	44
Беспярых Д.А. ....	61	Назмутдинов А.М. ....	205
Бокова Н.В. ....	182	Назмутдинова А.А. ....	79
Брылева А.С. ....	26	Насырова Э.И. ....	146
Буторова Л.Е. ....	64	Низамова Д.Р. ....	148
Ваньков П.Ю. ....	83	Павлова О.В. ....	208
Волкова Т.С. ....	31	Петрова В.М. ....	151
Гаврилова О.Р. ....	28	Петрова Д.С. ....	46
Галиева Ф.Б. ....	227	Петрова Э.И. ....	271
Галиева Э.А. ....	128	Плотникова В.С. ....	154
Галлямова С.Р. ....	13	Поликарпова А.А. ....	105
Галяутдинова Р.И. ....	99	Пьянкова А.С. ....	210
Гильмутдинов А.И. ....	122	Рахимова Р.И. ....	274
Глухов М.С. ....	184	Рахимуллина Л.Р. ....	107
Горбунова А.С. ....	86	Савенкова Д.В. ....	20
Губина Н.С. ....	230	Сауткина О.В. ....	49
Дацив М.А. ....	267	Сафина А.И. ....	125
Деманкина М.В. ....	67	Сафронова С.А. ....	157
Дорошенко Я.Ю. ....	131	Семенова Т.А. ....	159
Егорова А.В. ....	133	Сибгатуллина Р.Р. ....	246
Ерофеева А.С. ....	137	Смирнов И.С. ....	250
Ершова А.В. ....	269	Снегурева Ю.В. ....	253
Жаксылыков Е.А. ....	186	Сорокина А.В. ....	13
Жарикова Т.Ф. ....	119	Тарасова Е.В. ....	162
Журавлева Д.Э. ....	58	Топчу Ю.А. ....	22
Заботин Я.И. ....	74	Торобеков Ш.Ж. ....	114
Закирова А.Р. ....	71	Усманов Р.М. ....	213
Зарипов М.С. ....	190	Фадеева А.В. ....	109
Зарипова А.Р. ....	234	Фарносова М.Е. ....	119
Ибрагимов Э.А. ....	192	Хабипова Н.Н. ....	94
Ибрагимов Э.М. ....	89	Хадиева Г.Ф. ....	16
Исагаджиева З.Ш. ....	140	Хайдаршин Т.Н. ....	167
Кадирова Л.Р. ....	102	Хамиев М.М. ....	215
Кадырова А.С. ....	26	Ханафиева Р.Р. ....	257
Калимуллин А.М. ....	195	Хасанова А.Н. ....	218
Килеева М.С. ....	35	Храмова Д.Н. ....	170
Колганова Е.А. ....	74	Хусаинова Д.М. ....	275
Конг Х.Х. ....	112, 114	Чепелева С.Е. ....	278
Кузьмичева М.Ю. ....	238	Чулакова Д.Р. ....	260
Латыпова Л.Д. ....	143	Шавалиев Э.Д. ....	220
Лебедева М.Д. ....	37	Шайдуллина Э.Р. ....	96
Лихачева Ю.В. ....	199	Шайхулмарданова Л.В. ....	173
Лутфуллин М.Т. ....	16	Шалимова К.М. ....	52
Меликова Д.А. ....	41	Шамшеева Э.Э. ....	223
Мирсаитов Н.Г. ....	26	Шарафиева Г.Р. ....	28
Мифтахутдинова Д.Н. ....	202	Якупов И.Р. ....	260
Муртазина Р.Р. ....	92	Ярмухаметова Д.С. ....	280

**Итоговая Научно-образовательная конференция студентов  
Казанского федерального университета 2015 года**

Сборник статей

Том 1

Оригинал-макет подготовлен Пономарёв А.А.

---

Подписано в печать 26.11.2015.  
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman». Формат 60x84 1/8  
Печать ризографическая. Усл.-печ. л. 33. Тираж 50 Заказ 231/11

Отпечатано с готового оригинал-макета  
в типографии Издательства Казанского университета

420008, Казань, ул. Профессора Нужина, 1/37  
тел. (843) 233-73-59, 233-73-28