

Московский педагогический государственный университет  
Географический факультет

Труды третьей международной  
научно-практической конференции молодых  
ученых

«Индикация состояния окружающей среды:  
теория, практика, образование»

17-19 апреля 2014 года

Москва, 2014

УДК 502(082)+574(082)  
ББК 20.1я43+28.08я43

Труды третьей международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование», 17-19 апреля 2014 года: сборник статей. - М.: Буки-Веди. - 187 с.

Организатор конференции:

Московский государственный педагогический университет  
Географический факультет

Оргкомитет конференции:

Председатель оргкомитета: к.г.н. Е.А. Фураев  
Сопредседатель оргкомитета: к.г.н. Е.В. Филатова  
Сопредседатель оргкомитета: проф. д.г.н. А.В.Чернов

Члены оргкомитета:

к.г.н. проф. Л.В. Алещукин  
к.б.н. доц. М.И. Скрипникова  
к.г.н. доц. Е.Е. Куликова  
асс. Я.О. Лебедев  
асс. О.С. Кошовская

Ответственный секретарь: С.Д. Иванов  
Рецензент: к.г.н. А.Ю. Ежов

ISBN 978-5-4465-0394-0

В сборник вошли статьи и тезисы докладов участников конференции.

Издание рассчитано на научных работников, преподавателей, аспирантов, студентов учебных заведений, а также широкий круг читателей, интересующихся проблемами экологии и биоиндикации окружающей среды.

*За содержание фактического материала отвечают авторы. Точка зрения авторов может не совпадать с точкой зрения оргкомитета.*

ISBN 978-5-4465-0394-0

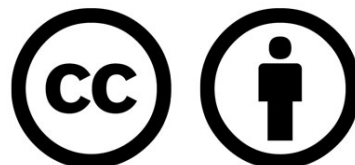
© Коллектив авторов, 2014

© Географический факультет МПГУ, 2014

Данное издание распространяется на условиях лицензии Creative Commons «Attribution» 4.0 Всемирная (CC BY 4.0).

Сайт конференции:

<http://geochemland.ru/konferentsii/indconf2014>



## Оглавление

<b>Предисловие</b>	5
<b>Современные методы индикации состояния окружающей среды</b>	6
<i>Артемьев Н.Е., Машкова И.В.</i> Использование изменчивости раковин популяций лужанки обыкновенной ( <i>Viviparus viviparus</i> ) в биоиндикационных исследованиях . . . . .	6
<i>Бутаков В.И., Аллаяров Д.А., Лебедева Н.Н.</i> Определение поверхностного заряда и исследование адсорбции ионов меди в образцах донных отложений озер Западной Сибири . . . . .	9
<i>Ведрова С.В.</i> Мониторинг рекреационной устойчивости травянистых экосистем Даурского заповедника . . . . .	13
<i>Григоренко Т.В., Базаева А.Н., Москаленко Н.Н., Чужма Н.П.</i> Оценка качества воды рыбоводных прудов методом биологической индикации . . . . .	16
<i>Зайцев А.А.</i> Методика оценки состояния ООПТ в Пермском крае . . . . .	19
<i>Захаров Ю.А., Окунев Р.В., Григорьян Б.Р., Хайбуллин Р.Р., Ирисов Д.С.</i> Прямое атомно-абсорбционное определение мышьяка в почвах Республики Татарстан с помощью двухстадийной зондовой атомизации в графитовой печи . . . . .	22
<i>Маслова Е.В., Клейн Я.А.</i> Использование методов биотестирования для определения токсичности бензилпенициллина натриевой соли . . . . .	24
<i>Митрофанова Е.С.</i> Возможности применения биомаркеров в оценке загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами водотоков урбанизированных территорий . . . . .	27
<i>Овсянникова И.В., Зейферт Д.В.</i> Обоснование использования кресс-салата ( <i>Lepidium sativum</i> ) как референтного биоиндикатора . . . . .	30
<i>Олькова А.С.</i> Изучение многообразия ответных реакций <i>Daphnia magna</i> в экспериментах по установлению хронической токсичности . . . . .	33
<i>Павленко А.Л.</i> Речной окунь ( <i>Perca fluviatilis</i> ) водоемов Самотлорского месторождения в районе города Нижневартовска . . . . .	36
<i>Петрашова Д.А., Пожарская В.В., Белишева Н.К.</i> Биоиндикация генотоксических эффектов природных источников ионизирующей радиации в лимфоцитах периферической крови и буккальном эпителии человека на основе микроядерного теста . . . . .	39
<i>Прохорова С. И.</i> Морфолого-популяционные индикаторные параметры <i>Plantago lanceolata</i> L. . . . .	42
<i>Разумовская С.С.</i> Фенетический анализ растительных объектов в разных биотопах г. Калуги и Калужской области . . . . .	45
<i>Романова Е.Б., Николаев В.Ю., Грибанцева Н.Л., Салина О.М., Козырева А.В., Сорочкина Л.В.</i> Оценка зависимости иммуногематологических показателей зелёных лягушек от качества среды водоёмов Нижегородской области . . . . .	49
<i>Савицкая К.В.</i> Отходы как индикатор техногенного влияния на окружающую среду . . . . .	53
<b>Индикация окружающей среды и геоинформационные технологии</b>	55
<i>Коцан В.В.</i> Изучение влияния горизонтальной структуры ценоза на таксационные показатели с помощью ГИС . . . . .	55
<i>Машкова И.В., Щербина А.Г.</i> Лихеноиндикация атмосферного воздуха Южного лесничества Ильменского заповедника . . . . .	58
<i>Минакова Е. А., Шлычков А.П., Ильясова А.Р., Никитина Е.В., Минлебаева Р. А.</i> Использование ГИС для оценки экологического состояния урбосистемы г. Казань . . . . .	60
<i>Озерова Н.А.</i> Гидрографическая сеть верховьев Рузы (бассейн Москвы-реки): прошлое и современность . . . . .	64
<i>Толкачева А.В.</i> Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью некоторых озер города Гомеля, Республика Беларусь . . . . .	68
<i>Хворостухин Д.П.</i> Оценка устойчивости развития муниципальных районов Саратовской области путем создания системы индексов и индикаторов с использованием ГИС-технологий . . . . .	71
<b>Результаты индикационных и эколого-геохимических исследований</b>	74
<i>Аверкиева И.Ю., Иващенко К.В., Грозовская И.С.</i> Влияние загрязнения воздуха на леса Европейской части России . . . . .	74
<i>Андреевская И.А.</i> Оценка фитотоксичности почвы методами биотестирования . . . . .	78
<i>Аринина А.В., Миннеханова Л.Ф.</i> Оценка средообразующей роли грача <i>Corvus frugilegus</i> (Linnaeus, 1758) методом фитоиндикации . . . . .	81
<i>Базарбаева Д.О.</i> Дрожжевое сообщество эпифитов на органах растений хлопчатника . . . . .	85

<i>Бондаренко П.В., Журавлева С.Е.</i> Предварительные результаты лихенологического мониторинга г. Долгопрудного МО методом ЭПР-спектроскопии . . . . .	87
<i>Дмитриев А.П., Гуца Н.И., Дяченко А.И.</i> Индикация популяционных изменений у фитопатогенных грибов . . . . .	91
<i>Жакупова Ш.Б., Пивоварова О.В., Кусаинов Д.Б.</i> Радиационная обстановка населенных пунктов вблизи предприятий цветной металлургии Восточно-Казахстанской области . . . . .	94
<i>Ильин М.Ю., Кудрин И.А., Шурганова Г.В., Куклина Т.В.</i> Результаты биоиндикационных исследований малых рек ГПБЗ «Керженский» Нижегородской области . . . . .	97
<i>Клепец Е.В., Карпова Г.А.</i> Изменение структурных показателей макрофитов р. Ворскла в условиях урбанизированной среды . . . . .	101
<i>Кольцова Т.Г., Сунгатуллина Л.М., Григорьян Б.Р., Либельт А.А.</i> Биологические и агрохимические свойства черноземных почв органических агроценозов Восточного Закамья Республики Татарстан . . . . .	104
<i>Кремлева Т.А., Кононова А.С.</i> Оценка устойчивости малых озер Пуровского района (Ямало-Ненецкий автономный округ, Тюменская область) к процессам закисления . . . . .	108
<i>Кудрявцева Т.А.</i> Репродуктивный потенциал <i>Pinus sylvestris</i> как показатель качества городской среды . . . . .	112
<i>Лебедев Я.О.</i> Антропогенная трансформация химических свойств почв юга о. Сахалин (на примере городов Южно-Сахалинск и Корсаков) . . . . .	115
<i>Левченко В. А., Силич И.А.</i> Оценка состояния пыльцы древесных растений в урботехногенных экосистемах города Кривой Рог . . . . .	124
<i>Лежнева С. В.</i> Прирост ели в средней тайге в эпохи 11-летнего цикла солнечной активности . . . . .	127
<i>Лескова О.А., Лесков А.П.</i> Содержание некоторых химических элементов в дикорастущих грибах Забайкальского края . . . . .	131
<i>Нутфуллина В.Х., Кострюкова А.М.</i> Биоиндикация качества атмосферного воздуха в районе озер Ильменское и Аргаяш . . . . .	133
<i>Петина М.А.</i> Планирование природоохранных мероприятий на водосборах малых рек (на примере Белгородской области) . . . . .	136
<i>Размахнина М.А.</i> Динамика ферментативной активности каштановой почвы при инокуляции углеводородоокисляющим бактериоценозом в условиях «in vitro» . . . . .	141
<i>Романычева А.А.</i> Эколого-трофические исследования микробного разнообразия чернозема выщелоченного при длительном культивировании монокультуры кукурузы . . . . .	144
<i>Румянцев И.В., Дунаев А.М., Гриневич В.И., Фронтасьева М.В., Гундорина С.Ф.</i> Оценка фоновое загрязнения почв Ивановской области при совместном анализе методами НАА и ААС . . . . .	148
<i>Сафронова Д.В.</i> Особенности сердечной деятельности раков <i>Pontastacus leptodactylus</i> (Esch.) в предлиночный период . . . . .	152
<i>Сейлханова Г.А., Кенжалина Ж.Ж., Имангалиева А.Н.</i> Природные сорбенты для удаления ионов кадмия и свинца из водных растворов . . . . .	155
<i>Селютин В.С.</i> Многолетние изменения характеристик снежного покрова на территории Брянской области . . . . .	158
<i>Семенова И.Н., Биктимерова Г.Я., Аглиуллина А.Х.</i> Содержание меди в системе почва-растение в окрестностях г. Златоуст (Южный Урал) . . . . .	161
<i>Силич И. А., Гусейнова Е. Р., Высоцкая К. Ю.</i> Региональные особенности накопления подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории г. Кривой Рог . . . . .	164
<i>Снытко В.А., Собисевич А.В., Широков Р.С., Чеснов В.М., Широкова В.А.</i> Использование ГИС-технологий при изучении геоэкологического состояния исторических водных путей . . . . .	167
<i>Сорокин Н.Т., Иванов Е.С., Гальченко С.В., Чердакова А.С.</i> Детоксифицирующие свойства гуминовых препаратов . . . . .	171
<i>Тимофеева Ю.Р.</i> Мониторинг земель на территории горно-обогатительного комбината ОАО «Апатит» . . . . .	174
<i>Трефилова Т. С.</i> Качество воздуха в г. Волжском и состояние здоровья населения . . . . .	177
<i>Шишов С.И., Тобратов С.А.</i> Некоторые аспекты распределения и миграции <sup>137</sup> Cs и естественных радионуклидов в почвах разной степени гидроморфизма . . . . .	180

## Предисловие

В последние десятилетия индикационные исследования заняли признанное важное место среди методов и способов изучению окружающей среды. Суть индикационного подхода заключается в оценке состояния, свойств и процессов, протекающих в некоей природной системе, через оценку отдельных параметров, носящих ключевое функциональное значение для системы и/или отражающих ключевые факторы ее состояния и динамики.

Большинство природных комплексов и большинство слагающих их частей представляют собой поликомпонентные, полифункциональные, многофазные системы, вступающие в сложный комплекс взаимодействий с окружающей средой путем обмена веществом и энергией. Детальное исследование таких объектов представляет собой серьезную проблему, решение которой сопряжено со значительной затратой ресурсов и времени. Для решения этой проблемы естественнонаучные дисциплины выработали целый комплекс индикационных подходов. Так широкое распространение получили качественные методы определения присутствия различных химических элементов в растворах, природных водах, почвах, горных породах, позволяющие, в том числе, составить представление о присутствующих химических соединениях и их формах (комплексных ионах, минералах, фитолитах и т.п.); методы оценки поражения органических тканей из-за избытка или недостатка целого ряда химических элементов; методы оценки морфологических изменений в живых и неживых объектах (окраска минералов, пород, почв; изменение формы органов животных и растений). Позже широкое распространение получило радиоактивные, химические и цветковые маркеры, позволяющие проследить процессы миграции вещества. Наконец, во второй половине XX века благодаря достижениям инженерии и электроники в повседневные исследования были внедрены различные датчики, чаще всего производящие индикацию физических полей в системе и через это отражавшие ее состояние (измерение рН, колориметрия, магнитометрия и др).

В настоящее время индикационные подходы и методы используются всеми естественными науками, однако наибольшее применение они получили в области биологии, экологии, геологии и почвоведения. Появились научные направления, не только решающие частные научные задачи, но и способствующие составлению комплексной картины состояния той или иной природной системы.

Особенно широко индикационные подходы используются для мониторинговых исследований и исследований охватывающие значительные площади.

В области экологии и экологического нормирования подобные подходы позволяют давать подробную характеристику состояния и динамики водоемов, биоценозов. Проводятся оценки реакции отдельных видов растений и животных на различные виды антропогенного воздействия. Создаются и развиваются методики оценки устойчивости экосистем к различным факторам негативного воздействия, а так же подходы и методы прогнозирования природной и антропогенной эволюции природных комплексов.

В последние годы особую актуальность приобрели работы в области изучения и совершенствования референтности методов индикационных исследований, возможности расширения их применения и повышения репрезентативности. Настоящим прорывом в развитии естественнонаучных дисциплин стало внедрение компьютерных, в том числе и ГИС технологий, позволяющих выявить новые закономерности и связи между объектами исследований и факторами, влияющими на них.

Важная роль в развитии этих направлений принадлежит молодым исследователям и ученым, осваивающим новые методики и активно использующим их в своей работе, обращающихся к новым темам и решающим новые интересные и амбициозные в научном плане задачи.

*Председатель оргкомитета, заведующий кафедрой  
Геологии и геохимии ландшафта  
Географического факультета МПГУ,  
к.г.н. Е.А. Фураев*

## Современные методы индикации состояния окружающей среды

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ РАКОВИН ПОПУЛЯЦИЙ ЛУЖАНКИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*VIVIPARUS VIVIPARUS*) В БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Артемьев Н.Е., Машкова И.В.

Южно-Уральский государственный университет

[artnickolaus@yandex.ru](mailto:artnickolaus@yandex.ru), [mashkoffa@yandex.ru](mailto:mashkoffa@yandex.ru)

В ходе работы были проведены измерения высоты и ширины раковины, количества и высоты завитков раковины *V. viviparus*. Моллюски были собраны в озерах Ильменского заповедника (Аргаяш и Ильменское). В результате произведенных замеров и расчетов определили, что высота раковины характеризуется большей вариабельностью, а также отметили зависимость крупных размеров раковин и относительной чистоты воды.

**Ключевые слова:** Лужанка обыкновенная, изменчивость, высота раковины моллюска, ширина раковины моллюска

Изучение динамики изменчивости количественных признаков в природных популяциях – одно из основных направлений популяционно-биологических исследований. Исследование изменчивости количественных признаков позволяет оценить роль генотипа и среды в формировании изменчивости особей в естественных популяциях [1, 2].

*Цель работы:* исследовать внутри- и межпопуляционную изменчивость комплекса метрических конхологических параметров раковин Лужанки обыкновенной (*V. viviparus*) озер Аргаяш и Ильменское. В рамках поставленной цели были сформированы следующие задачи:

- изучить плотность микропопуляций Лужанки обыкновенной (*V. viviparus*), в различных точках;
- провести морфометрические измерения раковин;
- выявить зависимость изменчивости комплекса метрических конхологических параметров Лужанки обыкновенной (*V. viviparus*) с качеством воды озер Аргаяш и Ильменское.

Модификации – фенотипические изменения организма, развивающиеся без изменения генотипа, в результате воздействия условий развития или факторов среды. Изучение модификационной изменчивости позволяет предвидеть изменения организмов под действием различных экологических факторов. Обитание многих видов брюхоногих моллюсков при широком диапазоне значений экологических факторов всегда связано с изменчивостью их раковин и тела [3, 4, 5, 6].

Наши исследования проводились в 2011-2013 гг. по берегам озер Ильменское и Аргаяш. Сбор моллюсков осуществляли по общепринятым методикам, всего было промерено более 400 экз.

Озеро Ильменское расположено на южной границе Ильменского заповедника и находится на административной территории г. Миасса. Заповедной является только небольшая часть юго-восточного побережья. На западном берегу озера расположены две базы отдыха, на северном – жилой поселок и нефтебаза. Недалеко от восточного побережья находится тальковый комбинат, и проходят железная и автомобильная дороги. Для пробоотбора были выбраны 5 станций, находящихся преимущественно на восточном берегу озера: Мостки, Кордон, Залив, Северный берег и Поселок.

Озеро Аргаяш – небольшое, расположено в южной части заповедника. Берега в основном невысокие, по большей части заболоченные, в восточной части местами песчаные или каменистые, а в северной и южной частях переходящие в прибрежные болота со сплавидами. Для пробоотбора были выбраны две станции: Южный берег и Юго-Восточный берег.

При описании геометрии раковины использовали следующие промеры: высота раковины – расстояние от вершины до самой удаленной точки базального края устья; ширина раковины – размер раковины в самом широком ее месте; длина раковины; высота устья; ширина устья. Также было посчитано количество завитков. Для построения вариационной кривой и проведения расчетов по каждому признаку производили разбивку на классы. Классовый интервал определяли в зависимости от объема выборки.

В результате произведенных замеров и расчетов выяснили, что высота раковины характеризуется большой вариабельностью. Сравнительная коэффициент изменчивости признаков, отметили, что вариабельность высоты раковины (27,7%) выше, вариабельности количества завитков (12,8%). Следовательно, изменчивость высоты раковины позволит оценить роль генотипа и среды в формировании раковин моллюсков в есте-

ственных популяциях, а также определить критерии классификации различных форм изменчивости.

С учетом полученных результатов на следующем этапе анализировали признак – количество завитков раковины. Раковина Лужанки обыкновенной имеет 5-6 оборотов. Скорость нарастания оборотов является таксономическим признаком. В ходе работы выяснили, что наиболее сбалансированной популяцией является микропопуляция станции "залив", т.к. в составе популяции присутствуют все возрастные категории Лужанки обыкновенной.

Исследования изменчивости метрических конхологических параметров Лужанки обыкновенной (*V. viviparus*), населяющих рекреационные и заповедные биотопы озер Аргаяш и Ильменское Чебаркульского района Челябинской области, показали, что количественные морфологические признаки высоты раковины характеризуются непрерывной изменчивостью, на которую существенно влияют экологические факторы.

Популяции четко разделились на 2 группы, соответственно исследуемым озерам. Причем, моллюски озера Ильменское характеризуются большими размерами раковин и высокой плотностью популяций, тогда как моллюски озера Аргаяш малочисленны и отличаются меньшими размерами. Улитки из исследуемых популяций достоверно различаются по размерам (выборки расположены в направлении уменьшения размеров раковин) соответственно испытываемой антропогенной нагрузке:

1. оз. Ильменское: Залив – Мостки – Кордон – Сев. берег – Поселок
2. оз. Аргаяш: Ю-В берег – Юж. берег

Сравнивая полученные органолептические данные по некоторым показателям качества воды изучаемых станций с размерами раковин моллюсков, отметили зависимость крупных размеров раковин и относительной чистоты воды в этих точках. Наиболее сбалансированной популяцией является микропопуляция станции "Залив" озера Ильменское, т.к. в составе популяции присутствуют все возрастные категории.

Установлено, что факторная структура изменчивости морфометрических показателей раковин популяций вида, населяющих нетронутые

антропогенным фактором биотопы, характеризуется нормальным распределением и одновершинной кривой.

### Заключение

Исследование высоты раковины позволяет оценить роль генотипа и среды в формировании изменчивости особей в естественных популяциях брюхоногих моллюсков, так как вариабельность высоты выше вариабельности количества завитков. Наблюдаются различия относительных вкладов в общую изменчивость: у моллюсков из озера Ильменское максимальные значения общностей характерны для высоты раковины, которая у моллюсков из озера Аргаяш существенно ниже.

### Список литературы

1. Ростова Н.С. Корреляционный и многомерный анализ: применение в популяционных исследованиях // Современное состояние и пути развития популяционной биологии. Матер. X Всероссийского популяционного семинара. – Ижевск, 2008. – С. 51-56.
2. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. – М.: Академия, 2008. – 287 с.
3. Винарский М.В., Андреев Н.И., Каримов А.В. Широкая изменчивость размеров пресноводных легочных моллюсков (Mollusca: Gastropoda: Pulmonata) в Западной Сибири // Экология. – 2007. – № 5 – С. 369-374.
4. Гураль-Сверлова Н.В., Мартынов В.В. Конхологические особенности популяций *Serpea vindobonensis* (Gastropoda, Pulmonata, Helicidae) на территории Донецкой области // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2007. – Вып. 7. – С. 85-91.
5. Терентьев П.В. Географическая изменчивость раковины большого прудовика // Вестник Ленинградского ун-та. Биология. – 1970. – № 21. – С. 146-154.
6. Терентьев П.В. Влияние климатической температуры на размеры раковин наземных моллюсков // Зоол. журн. – 1970. – Т. 49, вып. 1. – С. 5-10.

VARIATION OF SHELLS USING POPULATIONS VIVIPARUS VIVIPARUS IN  
BIOINDICATIVE RESEARCH

Artemyev N.E., Mashkova I.V.

South Ural State University, Chelyabinsk

[ArtNickolaus@yandex.ru](mailto:ArtNickolaus@yandex.ru), [Mashkoffa@yandex.ru](mailto:Mashkoffa@yandex.ru)

Measured height and width of the shells of mollusks, the number and height of the shell the curls V. Viviparus. Mollusks were collected of the Argayash Lake and the Ilmenskoe Lake of Ilmen Wildlife Park. As a result the measurements and calculations that the height of the hull is characterized by greater variability and the size of the shells depend on water pollution

Keywords: V. viviparus, variability, height shell mollusc, width shell mollusc, amount of



## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ В ОБРАЗЦАХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Бутаков В.И., Аллаяров Д.А., Лебедева Н.Н.

Тюменский государственный университет, Тюмень

*tompson\_mick@mail.ru, d22101989@mail.ru, nnleb@mail.ru*

Статья посвящена изучению физико-химических характеристик донных отложений. Возрастающая антропогенная нагрузка на водоемы делает актуальным изучение роли донных отложений в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водной среды. Сорбционная способность донных отложений может быть связана с величиной заряда поверхности. Однако, описание закономерностей, связывающих заряд поверхности с адсорбционными характеристиками ДО в литературе отсутствует. В связи с этим, в настоящей работе предпринята попытка исследования зависимости величины адсорбции ионов меди от величины поверхностного заряда на образцах ДО озер Западной Сибири различной природы.

**Ключевые слова:** Адсорбция, Донные отложения, Западная Сибирь, гидроэкосистема

При экологической оценке гидроэкосистем одним из наиболее информативных объектов изучения являются донные отложения (ДО).

Постоянно возрастающая антропогенная нагрузка на водоемы делает особенно актуальным изучение роли ДО в процессах самоочищения и вторичного загрязнения водной среды. Оценка сорбционной способности донных грунтов позволяет прогнозировать опасность загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами. [1]

Сорбционная способность донных отложений может быть связана с величиной заряда поверхности. Однако, описание закономерностей, связывающих заряд поверхности с адсорбционными характеристиками ДО в литературе отсутствует; нет сведений об оптимальных условиях осуществления адсорбционного процесса.

В связи с этим, в настоящей работе предпринята попытка исследования зависимости величины адсорбции ионов меди от величины поверхностного заряда на образцах ДО озер Западной Сибири различной природы. Прежде всего, методом адсорбции красителя метиленового синего была определена удельная площадь поверхности ДО. Изотермы адсорбции метиленового синего на образцах представлены на рис. 1. По полученным изотермам определяли предельную адсорбцию  $\Gamma_{\infty}$  путем линеаризации. Строили зависимость  $C/\Gamma$  от  $C_{\text{равн}}$  (рис.2).

Предельную сорбцию рассчитывали по формуле 1.

$$S_{\text{пов}} = S_{\text{м}} \cdot N A \cdot \Gamma_{\infty} \quad (1)$$

$$S_{\text{м}} = 0,692 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2$$

$S_{\text{м}}$  – площадь одной молекулы метиленового синего.

В таблице 1 представлены рассчитанные площади поверхности ДО. Как видно исследуемые нами образцы являются макропористыми.

Далее проводили определение электрического заряда поверхности ДО. Заряд поверхности может быть определен по значению рН в изоэлектрической точке. Изоэлектрическая точка – характеристика состояния поверхности частиц дисперсной фазы, при которой электрокинетический потенциал ( $\chi$ ) равен нулю.

В работе проводили потенциометрическое титрование образцов ДО в растворах хлорида калия различной ионной силой (концентрации 0,1 моль/л и 0,01 моль/л). Для контроля проводили титрование без ДО. Кривая титрования ДО №1 представлена на рисунке 3.

Отрицательные значения количества вещества титранта – условное обозначение количества добавленной щелочи.

По пересечению кривых титрования ДО при различных ионных силах определяли изоэлектрические точки (табл.1.) и рассчитывали заряд поверхности по формуле 2:

$$Q_{\text{пов}} = [H^+] / S_{\text{пов}} \quad (2)$$

Для образцов ДО значения рН изоэлектрической точки находится в кислой области, что говорит о преобладании основных групп на поверхности.

Тяжелые металлы занимают одно из первых мест в списках важнейших групп загрязняющих веществ. Их соединения не подвергаются деструкции в природных водах, а лишь изменяют формы существования. Это приводит к изменению миграционной способности тяжелых металлов, их токсических свойств и доступности для гидробионтов, а, следовательно, их экологической роли в водных объектах. Исследование ад-

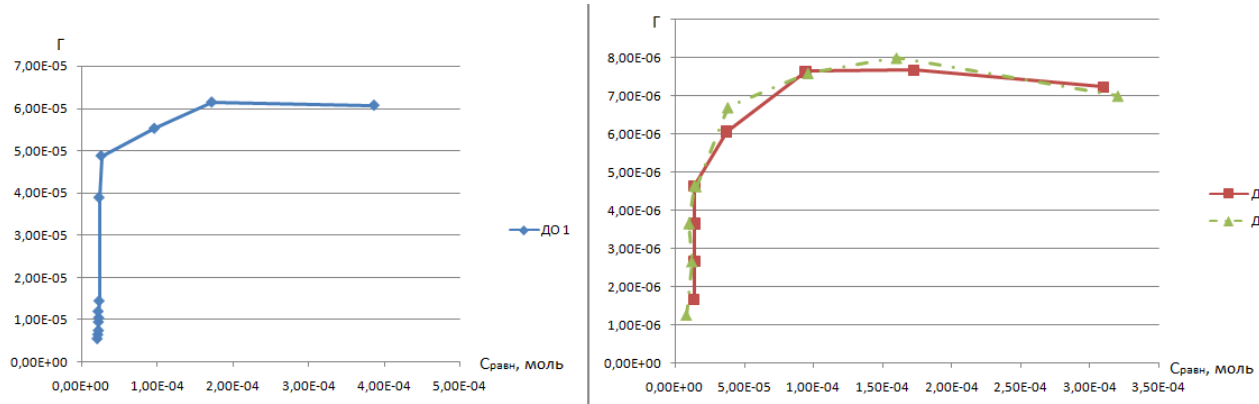


Рисунок 1. Изотермы сорбции красителя на образцах ДО. Время встряхивания – 24 часа; 20 С; определение содержания красителя – фотоколориметрический метод; (длина волны) – 592 нм.

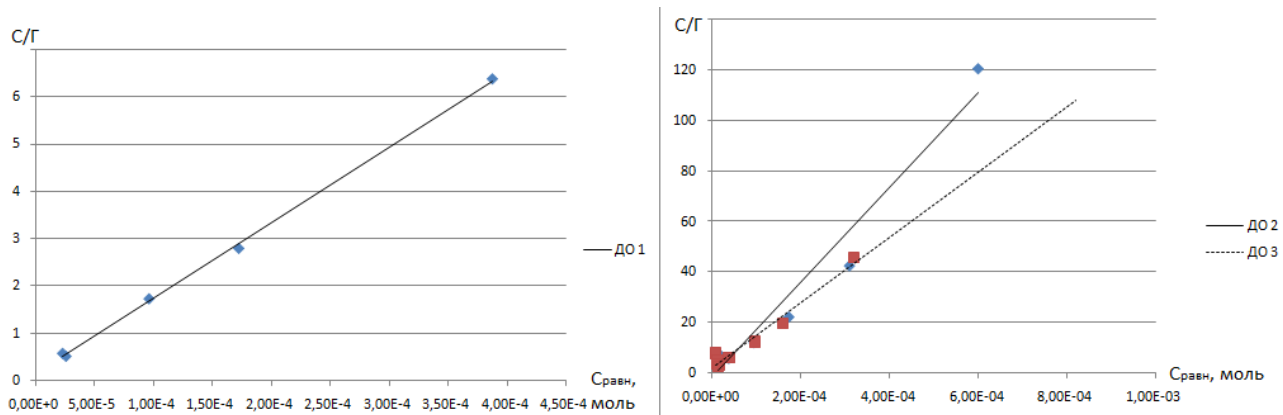


Рисунок 2. Линеаризация изотерм адсорбции метиленового синего.

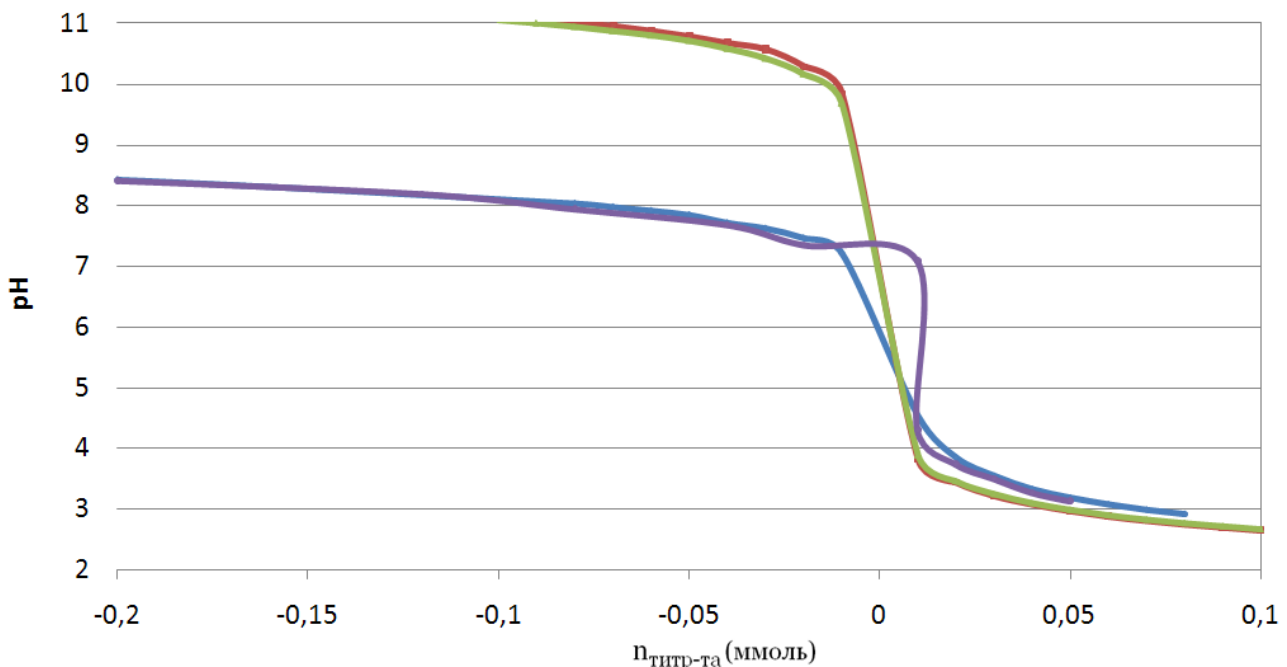


Рисунок 3. Кривые потенциметрического титрования образца ДО №1. 1,2 – без ДО; 3 – ДО в растворе КСl 0,01 моль/л; 4 – в растворе КСl 0,1 моль/л.

Таблица 1. Значения удельной площади и заряда поверхности, предельной сорбции для образцов ДО.

№ пробы ДО	$\Gamma_{\infty}$ метиленового синего	$S_{\text{пов}}$	$pH_0$	$Q_{\text{пов}}$ (мкмоль/м <sup>2</sup> )	$\Gamma_{\infty}$ (мкмоль/г)
1	$6,6 \cdot 10^{-5}$	27,77	4,25	2,02	12,9
2	$5,3 \cdot 10^{-6}$	2,22	4,55	14,21	5,4
3	$4,8 \cdot 10^{-5}$	20,01	4,38	2,08	12,7

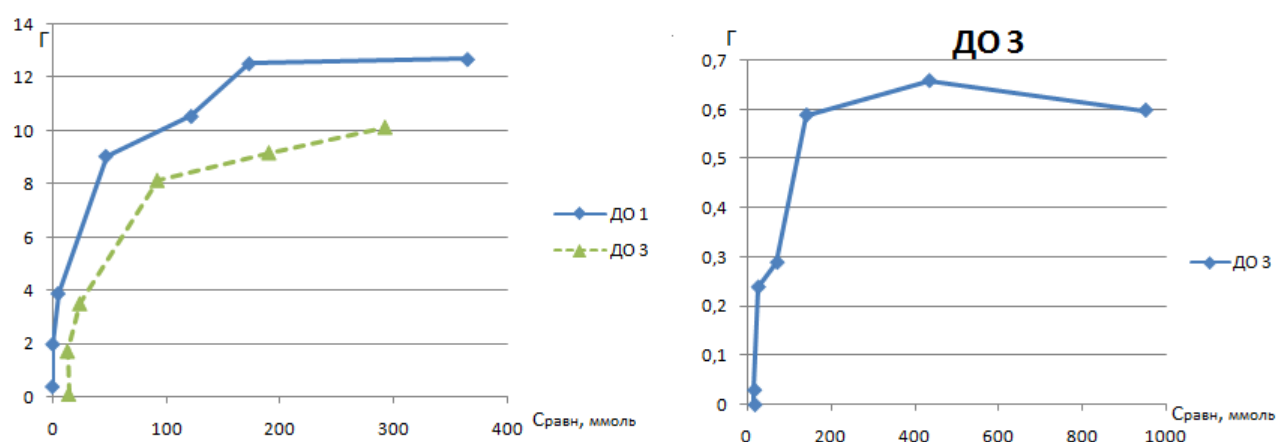


Рисунок 4. Кривая адсорбции ионов меди (II) образцами ДО. Время встряхивания – 24 часа; 20 С; определение содержания ионов меди – атомно-абсорбционный метод; анализатор – contrAA.

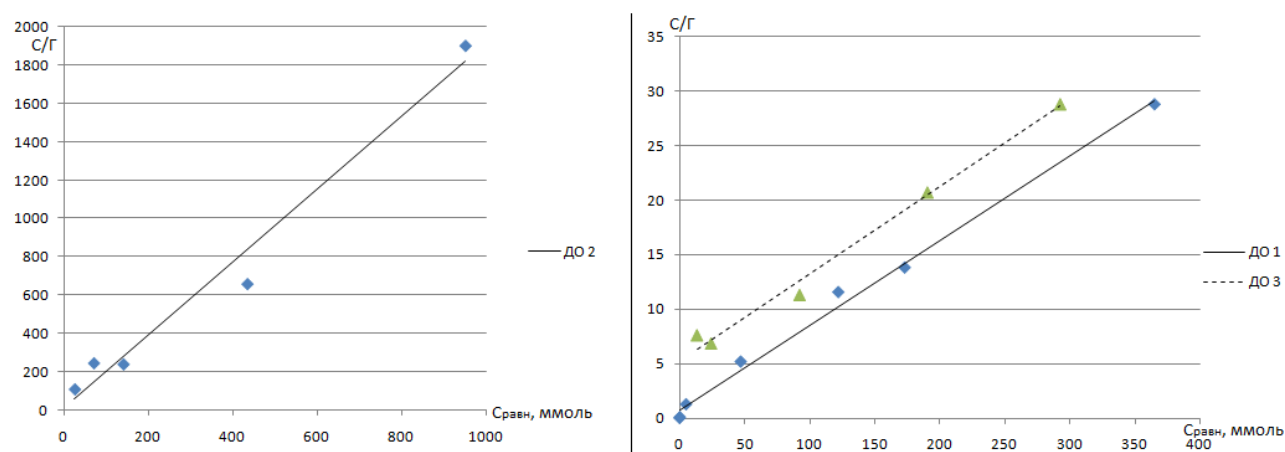


Рисунок 5. Линеаризация изотерм адсорбции ионов меди.

сорбции тяжелых металлов в экосистемах является важной практической задачей.

Была исследована адсорбция ионов меди образцами ДО. Определяли равновесную концентрацию ионов меди методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Изотермы ад-

сорбции и их линеаризованные формы приведены на рис.4.

На основании представленных данных рассчитывали предельную сорбцию ионов меди (табл. 1). Как видно образцы с большим поверхностным зарядом обладают меньшей сорбционной способностью.

#### Список литературы

1. Денисова А.И. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды./ Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К.- Киев: Наукова думка, 1987. – 164 с.
2. Кирпичникова Н. В. Исследование неконтролируемых источников загрязнения водных объектов: Автореф. дис. к.т.н. – М., 1992. – С. 22-26.

#### DETERMINATION OF SURFACE CHARGE AND STUDY OF THE ADSORPTION COPPER`S IONS IN THE BOTTOM SEDIMENT SPECIMENS OF THE WEST SIBERIAN LAKES

Butakov V.I., Allayarov D.A., Lebedeva N.N.

Tyumen State University, Tyumen

[tompson\\_mick@mail.ru](mailto:tompson_mick@mail.ru), [d22101989@mail.ru](mailto:d22101989@mail.ru), [nnleb@mail.ru](mailto:nnleb@mail.ru)

The article studies the physical and chemical characteristics of bottom sediments.

Keywords: Adsorption, Sediments, Western Siberia, hydroecosystems

## МОНИТОРИНГ РЕКРЕАЦИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТРАВЯНИСТЫХ ЭКОСИСТЕМ ДАУРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Ведрова С.В.

Забайкальский государственный университет, Чита

[svedrova@list.ru](mailto:svedrova@list.ru)

Исследование проведено для расчета оптимальной рекреационной емкости травянистых экосистем буферной зоны Даурского заповедника. В ходе исследования были выявлены устойчивые и уязвимые виды, оптимальное количество рекреантов (чел/га), определен примерный период восстановления после вытаптывания. Сообщества были классифицированы по устойчивости аналогично Ю. Одуму. В работе представлены результаты исследования с 2005 - 2013 год. Были проанализированы изменения видового состава сообществ, изменение рекреационной устойчивости и зависимость рекреационной емкости от климатических показателей.

**Ключевые слова:** рекреационная емкость, рекреационная устойчивость и уязвимость, вытаптывание, восстановление

*Публикация осуществляется за счет средств внутреннего гранта Забайкальского государственного университета.*

Исследование проводилось в ГПБЗ «Даурский», который находится в зоне монголо-маньчжурских степей. Его территория относится к Приононско-Торейскому сухостепному округу, представляющему собой часть Центрально-Азиатской физико-географической области [4]. Характерная черта природы биосферного заповедника «Даурский» – ее чрезвычайная динамичность, которая обусловлена ритмикой природных процессов. Уникальная особенность экосистемы – периодическое высыхание озер 30 лет [3].

При исследовании использовалась «Методика определения устойчивости природного комплекса к рекреационным нагрузкам», суть которого сводится к искусственному вытаптыванию в различных природных комплексах троп длиной 50 метров, шириной 1 м. [1].

Для исследования были взяты четыре сообщества: ячменный луг, вострцовая степь, холоднопопынно-ковыльная степь и тростниковое сообщество. Впоследствии из-за снижения уровня воды в озерах, отступления береговой линии и уменьшения интенсивности увлажнения – тростниковый луг как фитоценоз начал исчезать. Поэтому было решено проводить исследования на турнефорциевых сообществах, которые стали преобладающими вдоль береговой линии.

Работа по изучению рекреационного воздействия на экосистемы Даурского заповедника ведется нами с 2000 года. В 2000 и 2002 гг. делались попытки оценить рекреационную емкость экосистем в окрестностях Торейских озер. Однако за счет несовершенства методик полученные данные можно было считать достоверными лишь условно. Ежегодно методика совершенствовалась и с 2005 года результаты стали более точны-

ми. Наиболее полные работы были проведены в 2005, 2006, 2007, 2011, 2012 и 2013 году. Результаты этих исследований и были проанализированы нами в работе.

Сравнивая данные за все годы проведения нашего исследования, нами отмечено, что во всех фитоценозах в ходе эксперимента произошло изменение количественного соотношения между видами в растительном сообществе. При длительном вытаптывании в каждом сообществе появляются дигрессионные виды, например, козелец австрийский (*Scorzonera austriaca*), вьюнок Аммана (*Convolvulus Ammanii*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), марь белая (*Chenopodium album*). Т. е. при осуществлении рекреационной нагрузки на степные экосистемы происходит их качественное и количественное изменение.

На всех тропах во все годы исследования проективное покрытие зелени (ППЗ) снижается по-разному. Это можно объяснить сменой видового состава сообществ и разными климатическими условиями. Анализ климатических условий проводился по двум показателям – температуре (рис 1) и влажности (рис 2).

Было отмечено, что в ковыльной степи несмотря на разные климатические условия и изменения видового состава, снижение ППЗ происходит закономерно год от года. Это говорит о том, что ковыльная степь практически не зависит от климата. В конце исследования ППЗ составляет от 3 до 10%. Сильно колеблется ППЗ в начале эксперимента (от 23% в 2005 году до 10% в 2013 году).

На ячменном лугу в разные годы ППЗ в начале эксперимента ППЗ сильно различалось, однако в конце исследования достигают 4-5%. Наибольшее ППЗ наблюдалось в 2005 году, однако также наблюдается резкое его снижение. Наименьшее – в 2011 году, но прослеживается большая устойчивость к вытаптыванию. В 2007 году наблюдается также сильная чувствительность к

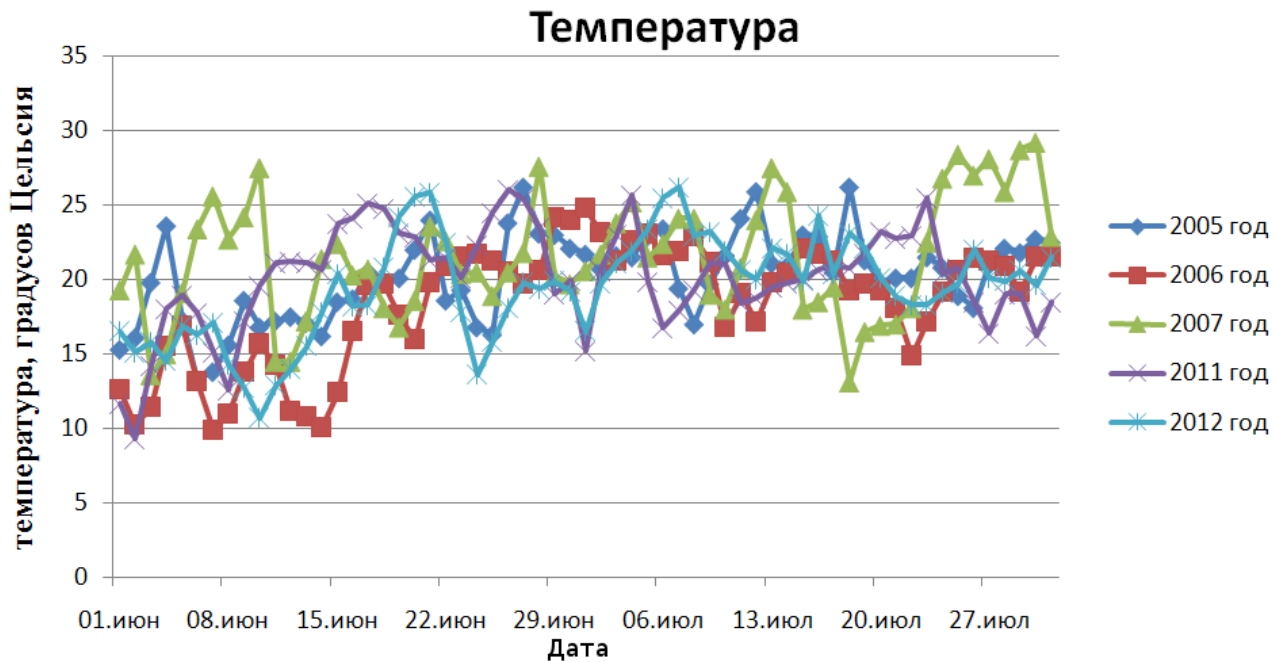


Рисунок 1. Показатель температуры за период с 2005 по 2012 год.

вытаптыванию в первой половине исследуемого периода. В 2013 году ППЗ в конце исследования составило 1%, следовательно, способность к восстановлению ячменного луга снижается. Прослеживается зависимость от температуры. В 2005 году в начале исследования наблюдается повышение температуры до 23 градусов, что соответствует самому высокому показателю ППЗ в начале эксперимента и резкое снижение из-за частых колебаний температуры. В 2006 году низкие температуры в начале эксперимента и дальнейшее ее увеличения соответствуют равномерному снижению ППЗ. В 2007 году сильные колебания температуры негативно сказываются на рекреационной устойчивости (наблюдается очень резкое снижение ППЗ). В 2011 и 2012 году низкие температуры в начале эксперимента и равномерное их увеличение соответствуют низким показателям ППЗ в начале исследования и характеризуются равномерным снижением в дальнейшем.

В востречовой степи наоборот прослеживается зависимость от влажности. 2005 и 2006 годы характеризуются относительно стабильной влажностью, что соответствует равномерному снижению ППЗ. В 2007 году наблюдаются частые колебания влажности и наблюдается очень резкое снижение ППЗ. В 2011 году низкая влажность в начале эксперимента также способствует резкому снижению ППЗ. В 2012 году наблюдается высокая влажность в начале эксперимента, далее частые колебания с большими амплитудами. Такой режим влажности усиливает способность к восстановлению востречовой степи.

ППЗ на тростниковом лугу в 2005 и 2006 году, в начале и в конце эксперимента имеют оди-

наковое значение, в 2007 году ППЗ увеличивается на 45 %. Наименьшая устойчивость прослеживается в 2005 году, наибольшая – в 2007 году. В этом сообществе также прослеживается зависимость снижения ППЗ от температурных показателей.

На осоково-турнефорциевом лугу ППЗ в начале эксперимента различается на 15 %, однако в конце исследования ППЗ достигает 2%. ППВ в 2011 году достигает 2% от 15 % первоначальных, в 2012 году. В 2013 году ППЗ в конце исследования достигает 3% от 10% первоначальных. Это сообщество отличается наибольшей способностью к восстановлению из всех исследуемых.

В 2012 и 2013 году были сделаны описания прошлогодних троп и заброшенных дорог, которыми не пользовались 5-6 лет, что позволило классифицировать сообщества по устойчивости и выявить примерный период времени для восстановления типичных степных видов. Аналогично Ю. Одуму [2] было выделено 3 группы сообществ:

1. Резистентно-устойчивые сообщества, способные длительное время оставаться в устойчивом состоянии, но плохо восстанавливаются (ячменный луг, востречовая степь);
2. Упруго-устойчивые сообщества. Сообщества, которые быстро вытаптываются, но и быстро восстанавливаются (осоково-турнефорциевый луг).
3. Резистентно-упруго-устойчивые. К ним относятся сообщества с преобладанием рудеральных видов, устойчивых к вытаптыванию, с мощными механическими тканями и способных быстро восстанавливаться после

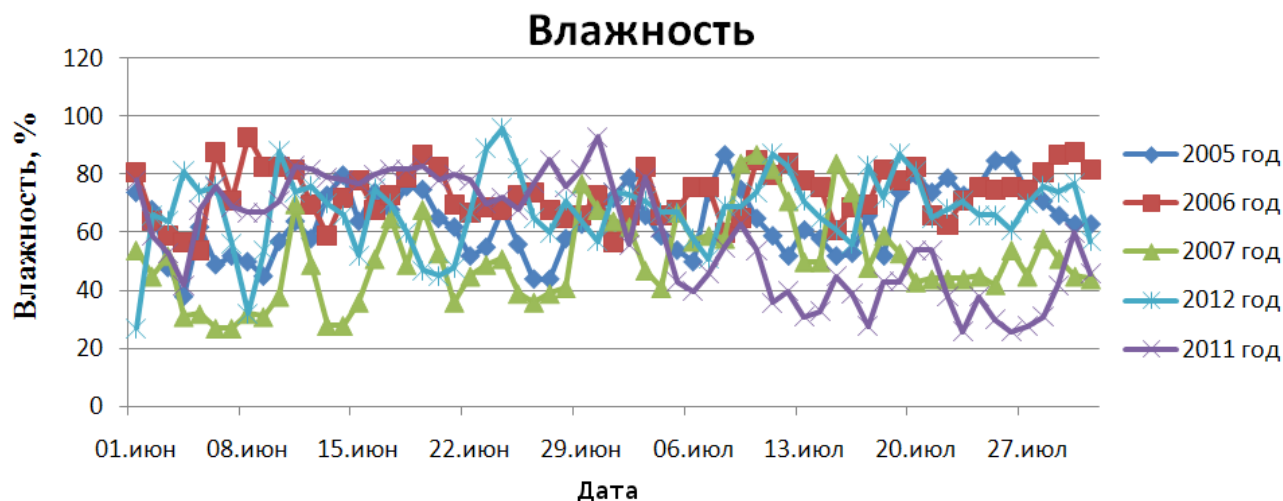


Рисунок 2. Показатели влажности за период с 2005 по 2012 год.

воздействия, например, холоднопопынно-ковыльная степь, сообщества на заброшенных дорогах.

Таким образом, во всех сообществах происходит увеличение дигрессионных видов. Однако в 2013 году появляются виды, приуроченные к влажным местообитаниям, это клубника плосколоменная (*Bolboschoenus planiculmis*), проломник молочноточковый (*Androsace lactiflora*).

Установлено, что при планировании рекреационной нагрузки необходимо учитывать климатические показатели.

Выявлено, что устойчивые виды восстанавливаются дольше, чем уязвимые.

#### Список литературы

1. Кулакова Т. Я. Методика оценки антропогенного воздействия на местность.// Полевой

практикум по ландшафтной экологии. Сост. Воропаева Т.В., Мальчикова И.Ю., Помазкова Н.В., Ткачук Т.Е.– Чита: Изд-во Заб.Г.Г.П.У., 2003.

2. Одум Ю. Экология: учебник. – М:Мир, 1986. – 60 с.
3. Содовые озера Забайкалья: Экология и продуктивность./ Локоть Л.И., Стрижова Т.А., Горлачева Е.П, и др. – Новосибирск: наука, сиб. отделение, 1991. – 216 С.
4. Сеница С. М., Кирилюк О. К., Ткаченко Е. Э. Физико – географические характеристики. Биосферный заповедник «Даурский»// Кирилюк О. К., Кирилюк В. Е, Горошко О. А., Сараева Л. И, Сеница С. М., Бородина Т. И., Ткаченко Е. Э., Бриних В. А.; Под ред. Кирилюк О. А.. – Чита: Экспресс – издательство, 2009. – 104 с.: ил. – 15 – 27 с.

#### MONITORING RECREATIONAL GRASSLAND ECOSYSTEMS STABILITY DAURSKIY RESERVE

Vedrova S.V.

Transbaical State University, Chita

[svedrova@list.ru](mailto:svedrova@list.ru)

This article is devoted to study on recreation pressing on vegetation. The study during 2005 - 2013 hed. revealed plant species tolerant to trampling and those wich are vulnerable. Dependence of trampling tolerance on climate conditions was displayed. We revealed the primernyrny period of restoration of vegetaable communities after trampling and classified them by stability.

Keywords: recreation capacity, resilience and vulnerability of recreation, trampling, recovery

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РЫБОВОДНЫХ ПРУДОВ МЕТОДОМ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИИ

Григоренко Т.В., Базаева А.Н., Москаленко Н.Н., Чужма Н.П.

Институт рыбного хозяйства НААН, Киев

[tanya-grigorenko@mail.ru](mailto:tanya-grigorenko@mail.ru), [pon-nelya@yandex.ua](mailto:pon-nelya@yandex.ua)

В статье представлены результаты исследования сообщества фитопланктона рыбноводных прудов методом биологической индикации. Исследовано видовое разнообразие фитопланктона, определены виды-индикаторы, рассчитан индекс сапробности методом Пантле-Букк в модификации Сладечека. Установлено, что вода рыбноводных прудов относится к  $\beta$ -мезосапробной зоне, индексы сапробности были на уровне 1,99-2,08.

**Ключевые слова:** Качество воды, фитопланктон, биологическая индикация, виды-индикаторы, индекс сапробности

При биологическом анализе качества воды используют практически все группы организмов, которые населяют водные экосистемы [1].

Альгоиндикация является одним из наиболее проработанных видов биоиндикации [1-4]. Метод альгоиндикации основан на определении видового состава сообществ и обилия видов водорослей. Он позволяет получить интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных воздействий на процессы, протекающие в водных экосистемах. Водоросли, как фототрофные организмы, являются в водных экосистемах первичным звеном многочисленных трофических цепей. Следовательно, они первыми реагируют на загрязнители, не успевая их значительно накапливать [3].

В практике прудового рыбоводства при выращивании рыбы, с целью стимулирования развития естественной кормовой базы прудов, используются различные виды удобрений, то есть присутствует направленное антропогенное влияние на экосистему пруда. Основная цель удобрения прудов заключается в том, чтобы, воздействуя на среду, создать условия, способствующие увеличению биомассы всех звеньев трофической цепи естественной кормовой базы, и, в конечном счете, выхода рыбной продукции.

Целью наших исследований была оценка качества воды рыбноводных прудов по составу и обилию индикаторных видов фитопланктона в условиях применения и без применения удобрений. Исследования проводились в 2013 году на двух выростных прудах в рыбном хозяйстве Киевской области, в которых выращивались сеголетки карпа (плотность посадки 25,0 тыс.экз./га). При этом в опытный пруд №1 было внесено (14 июня) однократно удобрение «Росток» в количестве 4,0 дм<sup>3</sup>/га. Пруд №2 был контрольным (без внесения удобрений).

Пробы фитопланктона отбирали, фиксировали и обрабатывали по общепринятой в гидробиологии методике [5]. При изучении качественного состава планктонных водорослей использо-

вали определители [6-7]. Сапробиологическое состояние водоемов определяли на основании индексов сапробности по Пантле и Букк в модификации Сладечека [8-9], индикаторная значимость отдельных видов водорослей оценивалась по списку сапробных организмов [10]. Вычисление индексов сапробности было проведено по биомассе видов-индикаторов на основании количественных проб. Сапробиологические показатели сопоставляли с экологической классификацией качества поверхностных вод Украины по степени их загрязнения [11].

За период исследования видовое разнообразие фитопланктона двух выростных прудов было представлено 115 видами и внутривидовыми таксонами, относящимися к 5 систематическим отделам: *Cyanophyta*, *Euglenophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*.

Исследования развития фитопланктона как в опытном, так и в контрольном прудах свидетельствуют о том, что в качественном составе фитопланктона доминирующее положение занимали зеленые водоросли, соответственно 66% и 70%. Представители других систематических отделов за вегетационный период выращивания рыбы выступали субдоминантами и встречались практически на одном уровне: синезеленые – 11-12%, диатомовые – 10-12%, эвгленовые – 7-12%.

Основными видами-доминантами, которые давали наибольшую численность и биомассу фитопланктона в экспериментальных прудах были представители родов: *Aphanizomenon*, *Scenedesmus*, *Coelastrum*, *Nitzschia*, *Trachelomonas*.

Сапробиологический анализ фитопланктона экспериментальных прудов №1 и №2 базируется на присутствии видов-индикаторов различных зон загрязнения. Так, в пруде №1 из 95 зарегистрированных видов водорослей, видами-индикаторами оказались 49, в пруде №2 – из 92 – 47 индикаторов (табл.1). Большинство определенных видов-индикаторов – представители зеленых водорослей (до 61%).

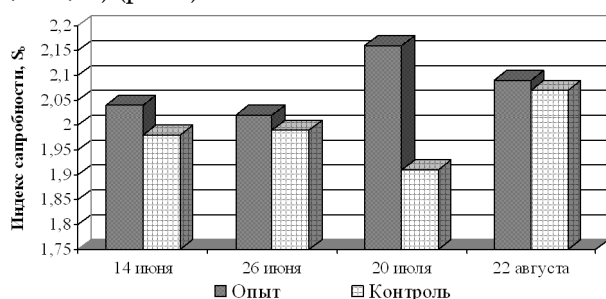


Таблица 1. Распределение индикаторных видов фитопланктона рыбоводных прудов по зонам сапробности.

Пруды	Зона сапробности									Всего
	$\chi$ - $\beta$	$\sigma$	$\sigma$ - $\beta$	$\beta$ - $\sigma$	$\beta$	$\beta$ - $\alpha$ $\alpha$ - $\beta$	$\alpha$	$\alpha$ - $\rho$ $\rho$ - $\alpha$	$\beta$ - $\rho$	
№1 (опыт)	1	—	5	37	3	1	1	1	1	49
№2 (контроль)	1	1	5	34	3	2	1	—	—	47

Проведенные исследования показали, что большинство видов водорослей-индикаторов, доминирующих в альгофлоре, обследованных прудов (до 72-75 %) относятся к группе  $\beta$ -мезосапробов (табл. 1), то есть видов, обитающих в водах с умеренным уровнем органического загрязнения. Из них доминантами выступали *Aphanizomenon flos-aquae*, *Anabaena flos-aquae*, *Melosira granulata*, *Scenedesmus quadricauda*, *Trachelomonas volvocinae*.

Значения индекса сапробности ( $S_b$ ) по Пантле и Букк на протяжении всего вегетационного периода в опытном пруду находились в пределах 2,02-2,16 и были выше, чем в контрольном (1,91-2,07) (рис.1).

Рисунок 1. Динамика индексов сапробности ( $S_b$ ) воды рыбоводных прудов.

Средние за вегетационный сезон показатели индексов сапробности ( $S_b$ ) в опыте составили  $2,08 \pm 0,03$ , в контроле —  $1,99 \pm 0,03$ .

Таким образом, показатели индекса сапробности в пруду с применением удобрения были выше по сравнению с неудобренным прудом. При этом среднесезонные значения индексов сапробности как опытного, так и контрольного прудов не выходят за пределы  $\beta'$  и  $\beta''$  мезосапробных зон, что соответствует III классу качества воды и позволяет отнести их к категории умеренно загрязненных, что и характерно для рыбоводных прудов.

#### Список литературы

1. Шуйский В.Ф., Максимова Т.В., Петров Д.С. Биоиндикация качества водной среды, состояния пресноводных экосистем и их антропогенных изменений // Сб. науч. докл. междунар. конф. «Экология и развитие Северо-

Запада России» — С.-Петербург, 2-7 авг. 2002 г. - СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2002 г.

2. Анисимова Е.Г. Оценка качества вод внутриконтинентальных водных экосистем по фитопланктону (Забайкальский край) // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара. 2009. Т.11. №1(3). С. 279-283.
3. Филиппов А.С. Документирование материалов альгоиндикационных исследований водоемов разного назначения // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использования в мониторинге: Материалы II всероссийской конференции (Сыктывкар, 5-9 октября 2009 г.) [Электронный ресурс]. – Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ Уро РАН, 2009. С. 316-318. Режим доступа: [http://ib.komisc.ru/add/conf/algo\\_2009](http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009).
4. Щербак В.И., Семенюк Н.Е. Использование фитопланктона для оценки экологического состояния водоемов мегаполиса согласно Водной Рамочной Директиве ЕС 2000/60 // Гидробиологический журнал. 2008. Т.44. №6. С. 29-40.
5. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / [О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дьяченко та ін.]; за ред. В.Д. Романенка. НАН України. Ін-т. гідробіології. К.: Логос, 2006. 408 с.
6. Пресноводные водоросли Украинской ССР / Топачевский А.В., Масюк Н.П.; [Под ред. М.Ф. Макаревич] // – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1984. 336 с.
7. Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. К.: Наук. думка, 1990. 208 с.
8. Pantle R., Buck H. Die biologische Oberwachung der Gewasser und darstellung der Ergebnisse // Gas und Wasserfach. 1955. V.96, №18. 604 p.
9. Sladeczek V. System of water quality from the biological point of view // Ergebnisse der Limnologie. 1973. V.7, №1. P.1-128.
10. Унифицированные методы исследования качества воды // Методы биологического анализа вод. Приложение 1. Атлас сапробных организмов. М.: СЭВ, 1977. 227 с.
11. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши / [О.П. Оксик, В.Н. Жукинский, Л.П. Брагинский и др.] // Гидробиологический журнал. – 1993. Т.29. №4. С. 62-76.

## WATER QUALITY ASSESSMENT OF FISHERY PONDS BY METHOD OF BIOLOGICAL INDICATION

Grygorenko T.V., Bazaeva A.N., Moskalenko N.N., Chuzhma N.P.

Institute of Fisheries NAAS, Kiev

*[tanya-grigorenko@mail.ru](mailto:tanya-grigorenko@mail.ru), [pon-nelya@yandex.ua](mailto:pon-nelya@yandex.ua)*

The results of investigation of the phytoplankton community of fishery ponds by method of biological indication are presented in the article. It has been investigated species diversity of phytoplankton, identified species-indicators, calculated saprobity index by Pantle-Buck method with modification of Sladeczek. It has been find out that water of fishery ponds relates to  $\beta$ -mesosaprobic zone. Saprobitiy indexes were equal 1.99-2.08

**Keywords:** Water quality, phytoplankton, biological indication, species-indicators, saprobity index

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ООПТ В ПЕРМСКОМ КРАЕ

Зайцев А.А.

Пермский государственный национальный исследовательский университет

[rabbitzay@yandex.ru](mailto:rabbitzay@yandex.ru)

В статье описан методический подход к оценке состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения, применяемый в Пермском крае. Основным показателем является степень деградации, оцениваемая в баллах. Методика позволяет определить состояние почв, растительности, животного мира, экосистем в пределах охраняемых территорий. Информация о состоянии особо охраняемых природных территорий используется органами государственного контроля, заказчиками хозяйственной и иной деятельности при принятии управленческих и бизнес решений.

**Ключевые слова:** экооценка, охраняемые территории

Согласно законодательству Пермского края, в регионе более 10 лет проводится мониторинг состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения. Для проведения работ возникла необходимость разработки и апробации методики выполнения вышеуказанных работ.

Методика «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» разработана в Пермском государственном университете. Она основа-

на на современных теоретических представлениях об оценке природной среды, учитывает требования нормативных и методических документов. Экологическая оценка в системе мониторинга ООПТ представляет собой определение состояния природной среды или степени воздействия на нее каких-либо антропогенных факторов [2].

Основной показатель состояния ООПТ – средневзвешенная степень деградации (табл.1), которая оценивается в баллах [1, 2].

Таблица 1. Шкала деградации ООПТ, баллы [1, 2].

Степень деградации экосистем	Характеристика ООПТ
0-1	Недеградированные; воздействия отсутствуют
1-2	Очень слабо деградированные; изменения незначительные
2-3	Слабо деградированные; явные изменения
3-4	Средне деградированные; существенные изменения
4-5	Сильно деградированные; радикальные изменения
5	Очень сильно деградированные; существенные нарушения

Разнообразие экосистем на ООПТ определяет необходимость выделения *базовых экосистем*, – относительно однородных частей ООПТ, в которых проводятся наблюдения. Базовые экосистемы выделяются на основе информации космических снимков (Google, Landsat 7, ETM+), топографических карт, земельных и лесных схем по следующим принципам: однородность земельных (лесных) контуров; заболачивание; принадлежность к водосборному бассейну, высотному поясу; наличие карстовых форм; местоположение в рельефе. Границы между базовыми экосистемами проводятся вручную: по визуальным контурам различных экосистем на снимках или по границам на лесных, земельных, топографических картах.

В Arcgis 9.2 визуально анализируются космические снимки, тематические и общегеографические карты. В базовых экосистемах являются линейные объекты, технологические

площадки, определяются их геометрические параметры; оценивается нарушенность фитоценоза рубками, сельскохозяйственными работами; определяется фаза трансформации экосистем. Однако эта информация не позволяет оценить состояние базовых экосистем по ряду критериев, поэтому требуется проведение полевого обследования. В базовых экосистемах закладываются пробные площади, где проводятся наблюдения за почвой, растительностью и экосистемой, состояние которых оценивается от 0 до 5 баллов по ряду критериев. Показатели интерполируются на всю базовую экосистему [4].

В качестве основных критериев экологической оценки состояния почв, принимаются следующие:

- площадь обнаженного гумусового горизонта (А);
- мощность абиотического наноса;

- площадь обнаженной почвообразующей породы (С) или подстилающей породы (D);
- уменьшение мощности почвенного профиля (A+B).

В качестве основных критериев экологической оценки состояния растительного покрова, принимаются следующие:

- учет обилия и соотношения в сообществах аборигенных и синантропных видов, определяющих степень деградации сообществ;
- жизненное состояние (жизненность) видов в локальных популяциях;
- степень синантропизации фитоценозов;
- санитарное состояние древостоя.

В качестве дополнительных критериев экологической оценки состояния растительного покрова принимаются следующие:

- нарушенность растительного покрова;
- повреждения древостоя;
- динамика численности редких и исчезающих видов растений.

В качестве основных критериев, принимаемых при экологической оценке состояния наземных позвоночных, приняты следующие:

- наличие представителей животного мира, ради которых была организована ООПТ;
- наличие видов, занесенных в Красные книги, соотношение видов разных категорий редкости;
- количественный показатель видов, занесенных в Красные книги;
- успех размножения редких и исчезающих видов как показатель уровня беспокойства и загрязнения среды.

В качестве основных критериев при оценке состояния экосистемы приняты следующие:

- фаза трансформации (деградации);
- степень деградации компонентов (почвы, растительность, животный мир).

К дополнительными критериями относятся:

- качество круговорота веществ;
- запас фитомассы (как показатель энергоемкости системы);
- продуктивность экосистемы;
- возраст экосистемы [2].

Полученные показатели позволяют выполнить экологическую оценку состояния ООПТ. Степень деградации ООПТ высчитывается как сумма степеней деградации базовых экосистем [3].

$$O_3 = \sum (O_{бэ1} \dots O_{бэн}),$$

где  $O_3$  – степень деградации ООПТ;

$O_{бэ}$  – степень деградации базовой экосистемы.

Степень деградации базовой экосистемы определялась следующим образом:

$$O_{бэ} = \frac{O_{п} \cdot D_{бэ} + O_{р} \cdot D_{бэ} + O_{ф} \cdot D_{бэ}}{n},$$

где  $O_{п}$  – степень деградации почвы в пределах базовой экосистемы;

$O_{р}$  – степень деградации растительности в пределах базовой экосистемы;

$O_{ф}$  – фаза трансформации экосистемы в пределах базовой экосистемы;

$D_{бэ}$  – доля площади базовой экосистемы от общей площади ООПТ;

$n$  – количество оцениваемых компонентов.

Информация о состоянии особо охраняемых природных территорий используется органами государственного контроля, заказчиками (инвесторами) хозяйственной и иной деятельности, разработчиками предпроектной и проектной документации, иными заинтересованными организациями и лицами, участвующими в обсуждении состояния ООПТ регионального и местного значения [2].

#### Список литературы

1. Бузмаков С.А., Зайцев А.А. Состояние региональных особо охраняемых природных территорий Пермского края / Вест. Удмурт. ун-та. Серия Биология. Науки о земле. Ижевск, 2011. № 3 С. 3-12.
2. Бузмаков С. А., Овеснов С.А., Шепель А.И., Зайцев А.А. Методические указания: «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения / Географический вестник, 2011. №2. С. 49-59.
3. Зайцев А.А. Современное состояние особо охраняемых природных территорий регионального значения в Пермском крае: автореф. дис...канд. геогр. наук. Пермь, 2012. 20 с.
4. Buzmakov S.A., Voronov G.A., Zaytsev A.A. The Characteristics of the State of protected Areas of Perm Krai / World applied sciences journal, 2013. №22 (7), P.956-963.

**TECHNIQUE OF ASSESSMENT OF THE CONDITION OF PROTECTED AREAS IN PERM REGION****Zaitsev A.A. Perm state university***[rabbitzay@yandex.ru](mailto:rabbitzay@yandex.ru)*

In article methodical approach to an assessment of a condition of protected areas of the regional value, applied in Perm Krai is described. The main indicator is the extent of degradation estimated in points. The methodical approach allows to define a condition of soils, vegetation, fauna, ecosystems within protected areas. Information on a condition of protected natural areas is used by bodies of the state control, customers of economic and other activity at acceptance administrative and business of decisions.

**Keywords: Ecological assessment, extent of degradation, protected areas**

## ПРЯМОЕ АТОМНО-АБСОРБЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЫШЬЯКА В ПОЧВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН С ПОМОЩЬЮ ДВУХСТАДИЙНОЙ ЗОНДОВОЙ АТОМИЗАЦИИ В ГРАФИТОВОЙ ПЕЧИ

Захаров Ю.А.<sup>1</sup>, Окунев Р.В.<sup>1</sup>, Григорьян Б.Р.<sup>1</sup>, Хайбуллин Р.Р.<sup>1</sup>, Ирисов Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

<sup>2</sup>ООО «Атзонд», Казань

*Yuri.Zakharov@ksu.ru, tutinkaz@yandex.ru, Boris.Grigoryan@kpfu.ru, info@atzond.ru, info@atzond.ru*

Предложен способ прямого атомно-абсорбционного анализа почв вводимых в печь в виде суспензии на содержание мышьяка. Он основан на двухстадийной зондовой атомизации, осуществляемой с помощью роботизированной приставки АТЗОНД-1 к стандартной графитовой печи. С ее помощью удастся снизить неселективное поглощение, а так же сократить трудозатраты при пробоподготовке. Правильность проведения анализов проверена на ГСО черного сланца СЧС-1 и донного отложения озера Байкал БИЛ-1. Отработанным способом были проанализированы почвенные образцы отобранные на территории Республики Татарстан.

**Ключевые слова:** прямой атомно абсорбционный анализ, двухстадийная зондовая атомизация, почва, мышьяк

Исследование содержания мышьяка в компонентах биосферы является важной экологической задачей [1]. Обычно мышьяк определяют в растворах полученных после кислотной экстракции, сплавления со щелочью или кислотного разложения пробы почвы [2, 3]. Эти методы требуют значительных трудозатрат и высокочувствительных приборов для измерения концентрации мышьяка в полученных растворах. С другой стороны, электротермическая атомно-абсорбционная спектрометрия (ЭТААС) позволяет проводить прямой анализ твердых проб дозируемых в печь в виде суспензии [1]. Сложность определения мышьяка в почвах методом ЭТААС, обусловлена высоким уровнем неселективного поглощения создаваемой матрицей пробы на длине волны аналитической линии элемента (193.7 нм), а так же летучестью соединений мышьяка, препятствующей пиролизу пробы при высоких температурах для отгонки матрицы. Поэтому требуется трудоемкая химическая пробоподготовка

В данной работе предложен менее трудоемкий способ определения мышьяка в почвах дозируемых в печь в виде суспензии. Измерение проводили на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД (Люмекс), оснащенным блоком зондовой атомизации АТЗОНД-1 (ООО «Атзонд», Россия), с помощью которого осуществляется двухстадийная зондовая атомизация (ДЗА) [4]. Холодный вольфрамовый зонд блока улавливает атомизированный пар аналита, выходящий из печи, а затем испаряет образовавшийся конденсат очищенной от матрицы пробы внутри печи за счет нагрева электрическим током. Часть газов (окислы азота, углерода, галогены и т.п.) не конденсируется на зонде в силу недостаточности давления насыщенных паров и

удаляется совсем. Мышьяк и его соединения оседают на зонде, давая отчетливый очищенный от матрицы пробы аналитический сигнал на стадии атомизации с зонда.

Особое внимание уделялось пробоподготовке и дозированию суспензий. Навеска 0,5г протертой до состояния пудры почвы помещали в пластиковые пробирки на 15 мл и заливали 1,5 мл смесью соляной и азотной кислоты (3:1). Выдерживали 30 мин и доводили суспензию бидистиллированной водой до 10 мл. Такая обработка была необходима для получения точных и воспроизводимых результатов. До дна пробирки опускали пластиковую трубочку диаметром 0,5 см через которую при помощи компрессора осуществляли перемешивание пузырьками воздуха. Подача воздуха останавливалась автоматически за 1 секунду до отбора дозы автосэмплером. Правильность проведения анализов проверена на стандартных образцах черного сланца СЧС-1 (ГСО 8549-04) и байкальского ила БИЛ-1 (ГСО 7126-94). Диапазон определяемых концентраций мышьяка 0,5 – 120 мг/кг почвы.

Для проверки отработанного способа, было подготовлено и проанализировано 45 почвенных образцов отобранных летом 2013 года в Апастовском, Арском, Тюлячинском, Балтасинском, Кукморском, Дрожжановском районах Республики Татарстан. Содержание мышьяка в поверхностных горизонтах изученных почв варьировало 1,5-9,5 мг/кг. Превышение содержания мышьяка в изученных почвах не обнаружено. Таким образом, способ анализа мышьяка методом атомно-абсорбционной спектрометрии с помощью приставки для ДЗА в графитовой печи рекомендуем для исследования почв.

## Список литературы

1. Кахнович З.Н., Лернер Л.А. Атомно-абсорбционное определение мышьяка с графитовой печью в природных водах и водных вытяжках из почв // Почвоведение. 1988. № 10. С. 127-131.
2. Аптикаев Р.С. Соединения мышьяка в почвах природных и антропогенных ландшафтов: Дис. канд. биол. наук: 03.00.27 Москва, 2005, 194 с.
3. Murko S., Milacic R, Veber M, Scancar J. Determination of Cd, Pb and As in sediments of the Sava River by electrothermal atomic absorption spectrometry / J. Serb. Chem. Soc. 75 (1) (2010)113–128 p
4. Пат. № 2273843 Российская Федерация, МПК7 G01N21/74. Способ спектрального анализа / Ю.А. Захаров, О.Б. Кокорина; заявитель и патентообладатель Ю.А.Захаров. — № 2004130373/28; заявл. 08.10.2004; опубл. 10.04.2006. Бюл. № 10. – 5 с. : ил.

**DIRECT ANALYSIS OF ARSENIC IN SOILS OF REPUBLIC OF TATARSTAN BY ATOMIC ABSORPTION SPECTROMETRY WITH DOUBLE-STAGE PROBE ATOMIZATION IN THE GRAPHITE FURNACE**

Zakharov Y.A.<sup>1</sup>, Okunev R.V.<sup>1</sup>, Grigoryan B.R.<sup>1</sup>, Haibullin R.R.<sup>1</sup>, Irisov D.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan

<sup>2</sup>LLC «Atzond», Kazan

*[Yuri.Zakharov@ksu.ru](mailto:Yuri.Zakharov@ksu.ru), [tutinkaz@yandex.ru](mailto:tutinkaz@yandex.ru), [Boris.Grigoryan@kpfu.ru](mailto:Boris.Grigoryan@kpfu.ru), [info@atzond.ru](mailto:info@atzond.ru), [info@atzond.ru](mailto:info@atzond.ru)*

The new method of the direct atomic absorption analysis of the soils us suspension for quantitative determination of arsenic is developed. It is based on the double-stage probe atomization which is carried out by means of robotized accessory ATZOND-1 to a commercial graphite furnace. It is possible to eliminate excessive background absorption at atomization, to use simple probe preparation procedure. Validation is checked using the state standard samples of rock black slate SChS-1 and sediment of Lake Baikal BIl-1. The method used for analysis of samples obtained from Republic of Tatarstan.

**Keywords:** direct atomic absorption analysis, double-stage probe atomization, soil, arsenic

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ БЕНЗИЛПЕНИЦИЛЛИНА НАТРИЕВОЙ СОЛИ

Маслова Е.В., Клейн Я.А.

Самарский государственный технический университет

[maslenok.08@mail.ru](mailto:maslenok.08@mail.ru), [klein.ya@yandex.ru](mailto:klein.ya@yandex.ru)

В работе представлены данные о токсичности бензилпенициллина натриевой соли для биологических объектов (дафнии и микроорганизмы активного ила). Установлено, что микроорганизмы активного ила устойчивы к воздействию ксенобиотиков.

**Ключевые слова:** антибиотики, водные микроорганизмы, дафний, дегидрогеназная активность активного ила, бензилпенициллина натриевая соль

В настоящее время обнаруживается большое количество штаммов микроорганизмов, невосприимчивых к противомикробным средствам [1]. К возникновению резистентности может привести неконтролируемое распространение антибиотиков в окружающей среде, в частности, через городские сточные воды и промышленные стоки фармацевтических предприятий. Во многих странах мира было найдено множество бактерицидных веществ в промышленных сточных водах и водах, поступающих на городские очистные сооружения, а также в водоемах и даже в питьевой воде [2, 3]. Антибиотики являются чрезвычайно стойкими к биологическим процессам деградации, из-за непрерывного поступления они могут оставаться в окружающей среде в течение долгого времени.

В этой связи становится актуально совершенствование, как процессов производства антибиотиков, так и методов контроля качества очистных сточных вод.

Надежный контроль качества сточных вод, поступающих на биологическую очистку, возможен при применении комбинации аналитических методов и методов биотестирования токсичности и оценки качества сточных вод по экосистемным признакам. Различные подходы биотестирования успешно применяются при мониторинге интенсивно развивающихся промышленных и сельскохозяйственных районов [4]. Использование в контроле токсичности интегральных показателей загрязнения дает возможность уточнить степень влияния сточных вод различных предприятий на экосистемы сооружений биологической очистки и на природные водные объекты.

Цель данной работы – определение токсичности бензилпенициллина натриевой соли с использованием методов биотестирования.

Одним из принятых методов контроля токсичности является подавление жизнеспособности микроскопического ракообразного *Daphnia magna* [5]. Эксперимент осуществляли по стандартной методике Н.С. Строганова [6]. Длительность эксперимента составляла 21 сутки. Были

взяты концентрации бензилпенициллина натриевой соли 50; 75; 100; 125; 150; 200; 250 и 300 мг/л. Все эксперименты проводились в 3-х повторностях. В ходе экспериментов учитывались следующие показатели: количество погибших и оставшихся в живых рачков, количество яиц в выводковых камерах.

Для определения острой токсичности исследуемого антибиотика рассчитывался процент погибших в тестируемой воде дафний ( $A$ , %) по сравнению с контролем:

$$A = \frac{X_K - X_T}{X_K} \cdot 100\%;$$

где  $X_K$  – количество выживших дафний в контроле;

$X_T$  – количество выживших дафний в тестируемой воде.

В результате были получены следующие данные: пробы, содержащие 50, 75, 100 мг/л исследуемого антибиотика, не оказывали токсического действия на дафнии в течение всего эксперимента. В концентрации 125 и 150 мг/л до конца эксперимента осталось 90 и 33 % живых рачков соответственно. Концентрации 200, 250 и 300 мг/л вызывали полную гибель дафний (на десятые; третьи и вторые сутки эксперимента). При определении плодовитости дафний под действием бензилпенициллина натриевой соли были получены следующие данные: в растворах с концентрацией 200; 250 и 300 мг/л рачки не размножались. Плодовитость дафний при действии антибиотика в концентрациях 50 и 75 мг/л была на уровне контроля, а в концентрациях 100; 125 и 150 мг/л – меньше, чем в контроле.

Таким образом, бензилпенициллина натриевая соль оказывает негативное влияние на выживаемость дафний при концентрации раствора 125 мг/л, на размножение – 100 мг/л.

Далее было проведено изучение влияния антибиотика на водные микроорганизмы активного ила. Показателем токсичности в данных экспериментах служило изменение дегидрогеназной активности ила (ДАИ). Снижение актив-



ности дегидрогеназ более, чем на 20 %, говорит о токсичности вещества [6].

В качестве тест-организмов в экспериментах использовали активный ил аэротенка очистных сооружений г. Самара. Определение общей дегидрогеназной активности проводили по методике, основанной на восстановлении индикатора 2,3,5-трифенилтетразолия хлорида с последующим фотометрическим анализом полученных растворов при длине волны 490 нм. Исследовались концентрации бензилпенициллина натриевой соли 50; 100; 150; 200; 250 и 300 мг/л. Все эксперименты проводились в 3-х повторностях.

Изменение дегидрогеназной активности ила в % рассчитывали по формуле:

$$\text{ДАИ} = \frac{D_0 - D_k}{D_k} \cdot 100\%,$$

где ДАИ — дегидрогеназная активность ила, %;

$D_0$  — оптическая плотность опытной пробы;

$D_k$  — оптическая плотность контрольной пробы.

На рисунке 1 представлено изменение ДАИ при действии бензилпенициллина натриевой соли.

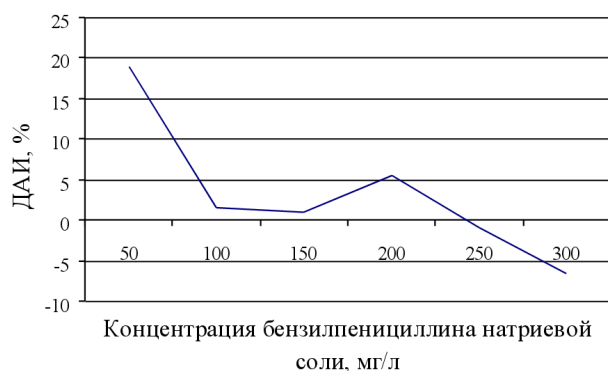


Рисунок 1. Изменение ДАИ при действии бензилпенициллина натриевой соли.

Концентрация 50 мг/л вызывает повышение активности дегидрогеназ. Дальнейшее повышение концентрации антибиотика в опытной пробе характеризуется падением активности. Результаты экспериментов свидетельствуют о том,

что исследуемые концентрации не являются токсичными для нормального функционирования организмов активного ила.

Таким образом, в результате экспериментов определена токсичность антибиотика для биологических объектов в зависимости от концентрации. Установлено, что микроорганизмы активного ила устойчивы к воздействию ксенобиотиков. Полученные данные указывают на возможность и целесообразность биологической очистки воды, содержащей бензилпенициллина натриевую соль, на городских станциях аэрации.

#### Список литературы

1. Ларцева Л.В., Истелюева А.А., Менькова А.В. Мониторинг антибиотикорезистентности энтеробактерий, изолированных во внутренних водах города Астрахани // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1. Ч. 6. С. 1350-1353.
2. Boxall A., Fogg L.A., Blackwell P.A., Kay P., Pemberton E.J., Croxford A. Veterinary medicines in the environment // Rev. Environ. Contam. Toxicol. 2004. № 180. P. 1-91.
3. Lindberg R.H., Wennberg P., Johansson M.I., Tysklind M., Andersson B.A.V. Screening of human antibiotic substances and determination of weekly mass flows in five sewage treatment plants in Sweden // Environ. Sci and Technol. 2005. Vol. 39. № 10. P. 3421-3429.
4. Актуальные проблемы водной токсикологии: Сборник статей / Под ред. Б. А. Флерова. Борок, 2004. 248 с.
5. Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 15.06.2001 N 511 «Об утверждении Критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды».
6. Строганов Н.С., Колосова Л.В. Ведение лабораторной культуры и определение плодовитости дафний в ряду поколений // Методики биологических исследований по водной токсикологии. М.: Наука, 1971 г. С. 210-216.
7. Шаталаев И.Ф. Биотестирование токсичности сточных вод по дегидрогеназной активности ила: Методические рекомендации // Самара: ГОУ ВПО СамГМУ Росздрава, 1998. 6 с.

USE OF METHODS OF BIOTESTING FOR DETERMINATION OF TOXICITY  
BENZYL PENICILLIN SODIUM SALT

Maslova E.V., Klein Y.A.

Samara State Technical University, Samara

[maslenok.08@mail.ru](mailto:maslenok.08@mail.ru), [klein.ya@yandex.ru](mailto:klein.ya@yandex.ru)

In the work there is information about toxicity of benzylpenicillin of sodium salt for biological objects (water fleas and microorganisms of active silt). It is established that microorganisms of active silt are steady against influence of xenobiotics.

Keywords: antibiotics, water microorganisms, daphnia, degidrogenazny activity of active silt, benzylpenicillin sodium salt

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОМАРКЕРОВ В ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИМИ АРОМАТИЧЕСКИМИ УГЛЕВОДОРОДАМИ ВОДОТОКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Митрофанова Е.С.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург

[mitrofanova.ek@mail.ru](mailto:mitrofanova.ek@mail.ru)

В статье рассмотрены некоторые биомаркеры загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами водных объектов урбанизированных территорий: метаболиты ПАУ в желчи, EROD (ethoxy-resorufin-O-deethylase) как показатель активности энзимов, участвующих в метаболизме ПАУ и аддукты ДНК. В отличие от традиционных исследований, подразумевающих изучение концентраций тех или иных загрязнителей в окружающей среде, биомаркеры представляют собой биологические эффекты воздействия поллютантов, и, в сочетании с геохимическими исследованиями, являются эффективным методом изучения водотоков на урбанизированных территориях.

**Ключевые слова:** биомаркеры, полициклические ароматические углеводороды

В настоящее время, с ростом урбанизации, развитием промышленности и транспорта городская среда подвергается интенсивному антропогенному воздействию. Водотоки крупных городов становятся конечным звеном для поступающих в городскую среду загрязняющих веществ, что обуславливает необходимость изучения как химического состава компонентов водных экосистем в крупных городах, так и оценки экологического риска загрязнения водотоков для живых организмов. В последние годы возрастающую популярность приобрело, наряду с геохимическими исследованиями, применение биомаркеров для оценки состояния природной среды. В данной статье рассмотрены некоторые биомаркеры загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами водных объектов урбанизированных территорий.

Полициклические ароматические углеводороды являются одними из основных загрязняющих веществ в городах. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – это органические молекулы, состоящие из двух и более бензольных колец, характеризующиеся особой стабильностью благодаря оболочке из делокализованных электронов (табл. 1). ПАУ могут быть незамещенными или содержать в своей структуре различные функциональные группы, присоединенные к бензольным кольцам или боковым цепям [2, 8].

В литературе выделяют ПАУ трех типов происхождения: пирогенного, петрогенного и диагенетического (смешанного) [1]. Наибольший интерес с точки зрения экологической токсикологии представляют ПАУ пирогенного происхождения, так как именно они представляют наибольшую опасность для живых организмов. Такие соединения образуются при горении органического вещества и состоят преимущественно из

молекул с большим числом колец (3 – 6). Они малорастворимы в воде и имеют тенденцию к сорбции на твердых частицах, а в водных объектах осаждаются на дно и входят в состав донных отложений [6].

Сами по себе ПАУ не являются токсичными веществами, но строение некоторых молекул, а также особенности их метаболизма живыми организмами обуславливают их канцерогенные и мутагенные свойства. В результате трансформации в организмах ПАУ могут превращаться в электрофильные соединения, внедряющиеся в структуру ДНК и вызывающие рост новообразований [4]. В целом, механизмы токсичности ПАУ некоторыми авторами подразделяются на следующие [4]:

1. Неполлярный наркоз – реакция организмов на кратковременное воздействие высоких концентраций наиболее растворимых ПАУ (например, нафталин), выражающаяся в дезориентации организма, потери подвижности, вплоть до смертельного исхода.
2. Фототоксичность, провоцируемая в некоторых ПАУ воздействием ультрафиолета [6].
3. Биохимическая активация и последующее формирование аддуктов ДНК, которое может наблюдаться при хроническом воздействии молекул ПАУ, состоящих из 4 и более колец (бенз(а)пирен, индено(1,2,3-сд)пирен, бенз(ghi)перилен и др.).
4. Гормональные нарушения, вызванные сходством некоторых молекул ПАУ со стероидными гормонами.

Перечисленные нарушения лежат в основе выделения биомаркеров воздействия ПАУ на живые организмы.

Биомаркеры рассматриваются большинством авторов как показатели реакции организмов на воздействие токсичных веществ, включа-

Таблица 1. Полициклические ароматические углеводороды, приоритетные для анализа в компонентах окружающей среды.

Название	Химическая формула	Молекулярная масса, г/моль	Количество бензольных колец
Нафталин	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128,17	2
Аценафтен	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub>	154,21	2
Антрацен	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178,23	3
Фенантрен	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178,23	3
Флуорен	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166,22	2
Флуорантен	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202,26	3
Пирен	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202,26	4
Бенз(а)антрецен	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228,29	4
Хризен	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228,29	4
Дибенз(ah)антрацен	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	278,35	5
Бенз(а)пирен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,32	5
Бенз(б)флуорантен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,32	4
Бенз(к)флуорантен	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,32	4
Индено(1,2,3-сd)пирен	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276,34	5
Бенз(ghi)перилен	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276,34	6

ющее в себя биохимические, физиологические, гистологические, морфологические и поведенческие реакции [3,7,8]. Они могут проявляться на различных уровнях, от молекулярного и клеточного до популяционного, однако, наиболее значимыми для применения являются показатели, отмечаемые на молекулярном и клеточном уровнях, так как они позволяют выявить изменения на ранних стадиях, когда еще не затронут организм в целом и более высокие иерархические уровни. В отличие от традиционных исследований, подразумевающих изучение концентраций тех или иных загрязнителей в окружающей среде, биомаркеры подразумевают оценку биологических эффектов воздействия поллютантов [3, 8].

В данной работе рассмотрены биомаркеры воздействия полициклических ароматических углеводородов на рыб как метод оценки загрязнения водных объектов этими соединениями: метаболиты ПАУ в желчи, EROD (ethoxy-resorufin-O-deethylase) как показатель активности энзимов, участвующих в метаболизме ПАУ и аддукты ДНК.

Применение метаболитов ПАУ в желчи связано с особенностями биотрансформации ПАУ в высших организмах. После поступления в организм, ПАУ проходят 2 стадии трансформации: окисление и присоединение, основной целью которых является превращение в полярные водорастворимые соединения, которые могут быть легко выведены из организма. Основным путем выведения метаболитов ПАУ является желчь, которая может быть легко подвергнута флуоресцентному анализу [3, 4]. Такой метод является быстрым и несложным способом определения основных групп ПАУ, поступающих в организмы из окружающей среды, позволяет выявить их происхождение и качественно сравнить фоно-

вые и загрязненные участки. Для точного определения состава и концентраций метаболитов необходимы более сложные подходы, включающие в себя жидкостную и газовую хроматографию с применением различных детекторов [5].

EROD (ethoxy-resorufin-O-deethylase) также связан с биотрансформацией ПАУ и является показателем действия энзима цитохром P450, участвующего в трансформации ПАУ клетками печени рыб. Способность рыб усваивать ПАУ может сделать использование EROD более эффективным, чем измерения поглощения ПАУ этими организмами. При использовании в сочетании с другими показателями воздействия ПАУ, такими как содержание метаболитов, EROD может быть хорошим методом для оценки воздействия ПАУ [9].

Формирование аддуктов ДНК у рыб связано с образованием в процессе биотрансформации ПАУ электрофильных метаболитов, способных образовывать ковалентные связи с молекулами ДНК. Наиболее склонными к образованию аддуктов являются ПАУ с большим числом бензольных колец и так называемой Bay-областью в структуре молекулы (рис. 1)

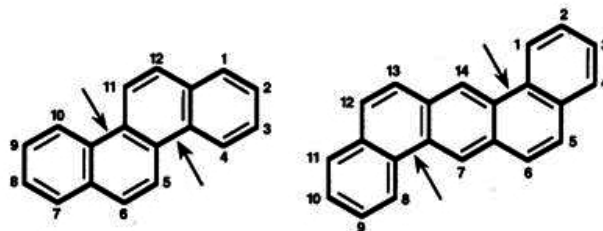


Рисунок 1. Молекулы хризена и дибенз(ah)антрацена. Стрелками отмечены Bay-области.

Обнаружение аддуктов ДНК, отмеченных в процессе подготовки фосфором  $^{32}\text{P}$ , производится радиографическим методом. В целом, аддукты ДНК являются одним из наиболее показательных биомаркеров воздействия ПАУ на живые организмы, в том числе, рыб [3].

Таким образом, применение биомаркеров загрязнения полициклическими ароматическими углеводородами водных экосистем, особенно в сочетании с геохимическими исследованиями, является эффективным методом изучения водотоков на урбанизированных территориях. Все перечисленные биомаркеры могут быть исследованы в организмах, обитающих на изучаемых территориях, большая часть из них являются недорогими, простыми методами, позволяющими в короткий срок получить информацию не только об уровнях содержания ПАУ в водотоках, но и о возможных изменениях состояния живых организмов, обитающих в них.

#### Список литературы

1. Петрова В.Н., Хорошко Л.О., Жаковская З.А., Викторovsky И.В. Содержание и состав полиароматических углеводородов в малых реках водосбора восточной части Финского залива / Водные ресурсы, 2009, том 36, №4, с. 452 – 458
2. Ровинский, Т. А. Теплицкая, Т. А. Алексеева. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов / Ф. Я. Ровинский, Т. А. Теплицкая, Т. А. Алексеева. Д.: Гидрометеиздат, 1988. 224 с.
3. Aas Endre. Biomarkers of polycyclic aromatic hydrocarbon exposure in fish. Dr. scient. thesis, Bergen, 2000
4. Jonsson Grete. Determination of PAH metabolites in fish bile; Evaluation, quality assurance and utilization of analytical methods. Thesis for partial fulfillment of the degree Doctor scientiarum in chemistry at the University of Bergen, Department of Chemistry, University of Bergen, Norway, 2003
5. Jony Beyer, Grete Jonsson, Cinta Porte, Margaret M/ Krahn, Freek Ariese Analytical methods for determining metabolites of polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) pollutants in fish bile: A review / Environmental Toxicology and Pharmacology, 30, 2010, p. 224-244
6. Neff J.M., Bioaccumulation in Marine Organisms Elsevier Science, 2002, 460 p.
7. Ron van der Oost, Jonny Beyer, Nico P.E. Vermeulen Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review Environmental Toxicology and Pharmacology 13, 2003, p. 57-149
8. Walker C.H., S.P. Hopkin, R.M.Silby, D.B.Peakall Principles of Ecotoxicology CRC Press, Taylor and Francis Group, 2006, 315p.
9. Whyte J. J., R. E. Jung, C. J. Schmitt, D. E. Tillitt. Ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) Activity in Fish as a Biomarker of Chemical Exposure Critical Reviews in Toxicology, 30(4), 2000, p. 347–570

#### POSSIBLE APPLICATIONS OF BIOMARKERS IN THE ASSESSMENT OF POLLUTION BY POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBONS WATERCOURSES IN URBAN AREAS

Mitrofanova E.S.

Saint-Petersburg State University, St. Petersburg

[mitrofanova.ek@mail.ru](mailto:mitrofanova.ek@mail.ru)

The article discusses some biomarkers of pollution of water bodies by polycyclic aromatic hydrocarbons in urban areas: PAH metabolites in bile, EROD (ethoxyresorufin-O-deethylase) as an indicator of activity of enzymes involved in the metabolism of PAHs and DNA adducts. Unlike traditional research that involves the study of the concentrations of various pollutants in the environment, biomarkers are biological effects of pollutants, and, combined with geochemical investigations are an effective method of studying the watercourses pollution in urban areas.

Keywords: biomarkers, polycyclic aromatic hydrocarbons

## ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРЕСС-САЛАТА (*LEPIDIUM SATIVUM*) КАК РЕФЕРЕНТНОГО БИОИНДИКАТОРА

Овсянникова И.В., Зейферт Д.В.

Филиал ФГБОУ ВПО Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Стерлитамак

[inna.ovsyannikova.80@mail.ru](mailto:inna.ovsyannikova.80@mail.ru)

Затраты на анализ состояния окружающей среды в мировом масштабе достигают астрономических сумм. Поэтому, в подавляющем большинстве стран мира, активно разрабатываются более дешёвые, но не менее точные методы анализа окружающей среды. Одним из магистральных направлений подобных исследований является использование методов биотестирования. В настоящее время методы биотестирования, помимо экотоксикологии, начинают широко использоваться в практике экологического мониторинга и экологического нормирования. Однако если в токсикологии развитие биотестирования осуществляется в рамках принципа "батареи тестов", в сфере мониторинга и экологического нормирования действует принцип "единства измерений". В настоящее время сложилась такая ситуация, когда развитие методов биотестирования происходит в рамках разработки новых методик, а не обобщения накопленного эмпирического материала. Это в значительной степени снижает прогностическую значимость получаемой информации. В подобной ситуации сопоставление данных, получаемых разными методами, крайне затруднено. Для разрешения данной проблемы предлагается использование понятия "референтный биоиндикатор". Смысл его введения заключается в том, что все получаемые с применением других биоиндикаторов данные необходимо сравнивать с референтным биоиндикатором. В качестве экологического индикатора нами выбран кресс-салат и разработана методика ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013.

**Ключевые слова:** фитотестирование, кресс-салат, референтный биоиндикатор

В экологических исследованиях не маловажную роль играет процедура выбора экологических индикаторов, именуемых в «программе мониторинга и оценки окружающей среды США» (EMAP) индикаторами реагирования (ecological indicator) [1]. Данные индикаторы выделяются на основе двух типов характеристик: необходимых и желательных.

К необходимым характеристикам относятся следующие:

- описывающие соотношения процессов или соотношение с другими компонентами экосистем;
- демонстрирующие возможность их применения на региональном уровне;
- показывающие линейный характер связи с анализируемыми параметрами окружающей среды;
- являющиеся наиболее эффективными по затратам методами.

Процедуре отбора экологических индикаторов разработчики ЕМАР уделили большое внимание, и разработанная ими методология не потеряла своей актуальности до настоящего времени.

Одним из магистральных направлений подобных исследований является использование

методов биотестирования. В настоящее время подобные методы, помимо экотоксикологии, начинают внедряться и в практику экологического мониторинга и экологического нормирования. Однако если в токсикологии развитие биотестирования осуществляется в рамках парадигмы «батареи тестов» в сфере экологического мониторинга и экологического нормирования действует парадигма «единство измерений». Данный принцип предполагает калибровку показателей биотестирования с данными по химическому загрязнению природных и техногенных объектов. Вследствие этого необходимым условием внедрения методов биотестирования в экологический мониторинг и экологический контроль является анализ их связи с параметрами, измеряемыми для количественного выражения природных процессов, опасностей окружающей среды или хозяйственной деятельности которые вызывают негативные изменения в окружающей среде. Основными показателями, используемыми для этой цели, являются данные по химическому загрязнению окружающей среды. Поэтому на начальном этапе калибровки необходимы дополнительные затраты на химический анализ. После завершения калибровки и выявления значимых корреляций между химическими параметрами и показателями биотестирования последнее мож-

но адекватно использовать для описания процессов происходящих в окружающей среде. В качестве экологического индикатора нами выбран кресс-салат и разработана методика ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013 [2]. Данная методика основана на методах экологической диагностики и испытана на следующих природных и техногенных объектах: природные и сточные воды, растворы химических веществ, растворы фармпрепаратов при их попадании в окружающую среду, табак, табачный пепел и др. [3-7].

Данная методика включает три модификации:

- Проведение особо точных анализов в строго контролируемых условиях окружающей среды (в ростовой камере). Недостатком этой модификации является ограниченная ёмкость ростовой камеры и соответственно малое количество анализов.
- Проведение анализа в помещении при комнатной температуре. Недостатком данной модификации является снижение точности измерений, а достоинством осуществление большего числа измерений за единицу времени, чем в первой модификации.
- Проведение анализа в природных условиях (на веранде или в не отапливаемом помещении) в вегетационный период. В данной

модификации не предусмотрено определение среднего сухого веса.

Полученные результаты свидетельствуют, что кресс-салат может являться референтным биотестом, с которым можно сопоставить все прочие биотесты. Таким образом, появляется возможность обобщить имеющиеся данные по биотестированию.

В природных условиях в качестве экспериментального объекта нами исследовано состояние поверхностных вод, района верхнего бьефа Павловского водохранилища и эффективность работы Биологических очистных сооружений (СОЛУНИ) на разных стадиях водоочистки. [8, 9]. Полученные результаты (2011-2013гг.) показали, что применение данного метода позволяет описать происходящие процессы с минимальными затратами и возможность прогноза текущих изменений (на основе разработки математической модели). Разработанный подход может быть применён к большому количеству природных объектов, технологических процессов что, существенно уменьшит стоимость затрат на экологический мониторинг и экологическое нормирование. Нами показано, что за период исследований все наблюдаемые параметры на исследованных створах менялись синхронно с возможностью выделения локальных источников негативного воздействия (см. табл. 1).

Таблица 1. Матрица коэффициентов корреляции между величинами индексов эвтрофикации за исследованный период(2011-2013).

Контрольные створы	Створ 1	Створ 2	Створ 3	Створ 4
Створ 1	1,00	0,58	0,80	0,51
Створ 2	0,58	1,00	0,79	<b>0,92</b>
Створ 3	0,80	0,79	1,00	<b>0,85</b>
Створ 4	0,51	<b>0,92</b>	<b>0,85</b>	1,00

Номера створов: 1 - в месте сброса стоков базы «Авиатор»; 2 - на участке перед домами отдыха; 3 - в месте сбросов БОС «СОЛУНИ»; 4 - на участке перед плотиной Достоверные коэффициенты корреляции выделены жирным шрифтом.

После продолжения исследований возможна разработка модели, описывающей изменение качества поверхностных вод Павловского водохранилища, и в дальнейшем будет произведено определение пригодности данной модели для других подобных объектов на территории РБ и в других регионах.

Данный подход позволяет отслеживать пространственно — временные изменения исследуемых параметров и хорошо стыкуется с технологией GIS. Нами подготовлены к метрологической аттестации следующие методики биотестирования с использованием кресс – салата:

1. «Методика определения токсичности почвы, по измерению показателей всхожести семян, подземной и надземной части, средней дли-

ны и среднего сухого веса проростков кресс-салата (*Lepidium sativum*)».

2. «Методика определения эффективности работы различных биологических очистных сооружений по измерению показателей всхожести семян, средней длины и среднего сухого веса проростков кресс-салата (*Lepidium sativum*)».

Прогнозируется возможность использования разработанной методики для целей экологического мониторинга.

#### Список литературы

1. Бикбулатов И.Х., Еришко В.М., Зейферт Д.В., Иванов П.Л. Программа мониторинга и оцен-

- ки окружающей среды США: Учебное пособие. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 1996. — 82 с.
2. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса, проростков семян кресс-салата (*Lepidium sativum*) / УГНТУ кафедра «Экологии и рационального природопользования» // ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013/Москва.-2013.
  3. Зейферт Д. В. Использование кресс-салата как тест-объекта при оценке токсичности природных и сточных вод стерлитамакского промузла // Башкирский экологический вестник, 2010. — № 2.-с. 39-50.
  4. Зейферт Д.В., Князева О.А., Конкина И.Г., Опарина Ф.Р., Тукумбетова Ф.Р., Уразаева А.И. Оценка фитотоксичности глюконатов и хлоридов ряда d-элементов с использованием кресс-салата (*Lepidium sativum*) // Башкирский Химический журнал, 2012.- т. 19, №4.- с. 20-23.
  5. Seifert D.V., Barachnina V. B. The evaluation of the toxic effect on the environment of pharmaceutical products // Archives of Waste Management and Environmental Protection, 2012.-v.14, issue 1; p. 11-18.
  6. Зейферт Д.В., Степанов Е.Г., Васильева В.А., Кадемская Н.М. Оценка фитотоксичности табака и табачного пепла // Экологический вестник России, 2013.- № 3.-с. 64-69.
  7. Зейферт Д.В., Овсянникова И.В., Макарова М.В. Качество воды централизованных систем питьевого водоснабжения – пить или не пить // Экологический вестник России, 2013.- № 7.-с. 30-33
  8. Зейферт Д.В., Овсянникова И.В., Султанов А.А., Гарифуллина И.И., Бахтиярова Л.А., Урмакаева А.Т. Перспективы применения биотестирования для оценки эффективности работы Биологических очистных сооружений // Сборник трудов Всероссийского научно-практического семинара «Применение методов биотестирования в мониторинге и контроле окружающей среды». – Уфа: УГНТУ, 2013.- с. 54-66.
  9. Зейферт Д.В., Овсянникова И.В., Закирьянов Д.И., Гамерова Л.М., Ефремова В.А., Хайруллина Р.Р., Сакаева Э.И., Забирова А.Х., Рафикова А.Р. Оценка перспективности экологического мониторинга с использованием биотестирования поверхностных вод на примере Павловского водохранилища (Республика Башкортостан) // Сборник трудов Всероссийского научно-практического семинара «Применение методов биотестирования в мониторинге и контроле окружающей среды». – Уфа: УГНТУ, 2013.- с. 67-75.

#### THE REASONS FOR USE GARDEN CRESS (*LEPIDIUM SATIVUM*) AS REFERENCE-BIOINDICATOR

Ovsyannikova Inna Vyacheslavovna

*SeifertDmitriyVyacheslavovich*

Costs of the analysis of environment condition on a global scale reach the astronomical sums. Therefore, in the majority of the world countries, cheaper are actively developed, but not less exact methods of the analysis of environment. One of the main directions of similar researches is use of methods of biotesting. Now biotesting methods, besides ecotoxicology, start being used widely in practice of environmental monitoring and ecological standardization. However if in toxicology development of biotesting is carried out within the principle of "the battery of tests", in the sphere of monitoring and ecological rationing the principle of "unity of measurements" works. Now there was such situation when development of methods of biotesting happens within development of new techniques, instead of generalization of the saved-up empirical material. It substantially reduces the predictive importance of received information. In a similar situation comparison of the data obtained by different methods, is extremely complicated. For permission of this problem concept "reference- bioindicator" use is offered. The sense of its introduction is that all obtained with use of other bioindicators need to be compared data to the reference-bioindicator. As the ecological indicator we chose a garden cress and the technique of PND of F T 14.1:2:4.19-2013 is proposed.

**Keywords:** phytotesting, garden cress, reference-bioindicator



ИЗУЧЕНИЕ МНОГООБРАЗИЯ ОТВЕТНЫХ РЕАКЦИЙ *DAPHNIA MAGNA* В ЭКСПЕРИМЕНТАХ ПО УСТАНОВЛЕНИЮ ХРОНИЧЕСКОЙ ТОКСИЧНОСТИ

Олькова А.С.

Вятский государственный гуманитарный университет, Киров

[morgan-abend@mail.ru](mailto:morgan-abend@mail.ru)

Проведены модифицированные эксперименты по установлению хронической токсичности. Модельный токсикант – хлорид стронция. Время эксперимента максимально увеличено – до 75 дней. Опыт проводился в трех поколениях. Это позволило выявить динамику смертности и плодовитости особей в трех поколениях рачков. Появляется возможность оценивать другие информативные показатели: количество абортивных яиц, появление мертвой молодежи, трофическую и двигательную активности.

Ключевые слова: Биотестирование, хроническая токсичность, тест-функция

Одним из современных методов индикации состояния окружающей среды является биотестирование. Ученые МГУ определяют биотестирование как оценку качества компонента окружающей среды по ответным реакциям стандартизированных тест-организмов, содержащихся в лабораторных условиях [7]. В природоохранной практике данная группа методов востребована, поэтому наблюдается бурное развитие подходов, критериев, методик определения интегральной токсичности. Большинство методик направлено на установление острой токсичности в кратковременных экспериментах. Однако в реальных условиях чаще встречается долговременное воздействие относительно невысоких доз токсикантов. При этом ощущается недостаток методик и тест-функций для выявления хронической интегральной токсичности.

Цель работы: выявление среди ответных реакций низших ракообразных *Daphnia magna* наиболее информативных тест-функций в модельных экспериментах по установлению хронического токсического действия хлорида стронция. При этом действие самого модельного токсиканта, хлорида стронция, также представляет интерес.

Проведена серия экспериментов, в основу которых были заложены алгоритмы определения интегральной токсичности вод в соответствии с аттестованной методикой [8]. Кроме показателей смертности и плодовитости, обязательных для регистрации в соответствии с рабочей методикой, нами учитывались такие патологические отклонения как количество абортивных яиц и количество мертворожденной молодежи. В аттестованной методике рекомендуется обращать внимание на такие эффекты, но при принятии решения о качестве пробы они не учитываются.

Кроме того сделана попытка оценить проявление токсического эффекта в трех поколениях дафний. Первым поколением считаем тех особей, которые были получены от синхронизированной культуры *D. magna* и помещены в кон-

трольную и опытные пробы (повторность четырехкратная). Второе и третье поколение – это молодежь от соответствующего предыдущего поколения, полученная уже в эксперименте. Использовали один из первых массовых приплодов. Эксперимент проводился в климатостате, смену тестируемых растворов осуществляли на каждые 5-е сутки. Время эксперимента с каждым поколением рачков не стали ограничивать 24 сутками, рекомендованными методикой, а продлили до 75 суток, что позволило выявить динамику гибели взрослых особей и их плодовитости.

Модельным токсикантом был выбран хлорид стронция, в котором в качестве токсичного агента выступает ион стронция. Стронций согласно гигиеническому нормативу качества воды водных объектов рыбохозяйственного назначения [1] относится к веществам II класса опасности, ПДК составляет всего 0,4 мг/л. Нерадиоактивный стронций является спутником кальция, поэтому загрязнение им природных вод наблюдается близ гипсоносных отложений, доломитов, известняков [5]. Также может выщелачиваться из сырья и отходов химических производств, включаясь в комплексное загрязнение промышленных районов. Негативное влияние стронция на организм человека доказано [6]. Есть сведения о его токсичном действии на растения, в частности блокирование  $K^+$ -каналов клеток корня [2].

Тестировались растворы хлорида стронция, содержащие 2,5 и 5 ПДК иона стронция. Вещество вводилось в артезианскую воду питьевого качества, контролем служила эта же вода без добавок. Результаты представлены в таблицах 1 и 2.

В экспериментах на острую токсичность добавки в питьевую воду стронция в концентрациях 2,5 и 5 ПДК не оказывали влияния на рачков. Долговременные эксперименты позволили выявить ряд токсических эффектов. Смертность взрослых особей на 25 день во всех опытных вариантах, кроме одного, не выходила за пределы критических 20%, рекомендованных аттестованной методикой как критерий хронической ток-

Таблица 1. Влияние хлорида стронция на смертность и патологические явления у *D. magna*.

Вариант	Поколение	Смертность взрослых особей*, %			Количество абортивных яиц**	Количество мертвой молодежи**
		25 день	50 день	75 день		
Контроль	F1	0	2,5	80,0	0	0
	F2	0	5	86,7	2	0
	F3	0	3,3	83,5	1	0
2,5 ПДК	F1	12,5	32,5	92,5	39	8
	F2	15	62,5	92,5	54	4
	F3	25	82,5	90,0	97	9
5 ПДК	F1	10,0	46,7	100	14	8
	F2	6,7	46,7	90,0	28	6
	F3	16,7	73,3	95,0	37	5

Примечание: \* – погрешность в пределах норматива методики; \*\* – количество абортивных яиц и мертвой молодежи приведено как сумма для четырех повторностей варианта опыта.

Таблица 2. Влияние хлорида стронция на плодовитость *D. magna*.

Вариант	Поколение	Плодовитость, количество особей на 1 взрослую самку		Плодовитость, % от контрольного значения за 50 суток
		1 – 24 сутки	25 – 50 сутки	
Контроль	F1	13,4±2,3	15,4±2,9	—
	F2	10,2±1,5	15,8±1,3	-
	F3	11,3±0,5	14,9±1,8	—
2,5 ПДК	F1	9,4±0,6	7,0±0,4	56,9
	F2	7,8±1,1	6,2±0,9	53,8
	F3	2,5±0,5	2,6±0,4	19,5
5 ПДК	F1	9,4±0,6	7,2±1,1	57,6
	F2	8,4±1,2	7,8±2,0	62,3
	F3	2,3±0,5	0	8,8

сичности, но в сравнении с контрольными показателями негативное влияние токсиканта уже проявилось. Тенденция переходит в математически значимую на 50 день опыта. Причем каждое последующее поколение все менее жизнеспособно.

Абортивные яйца в контрольных вариантах единичны, тогда как в опытных их количество варьирует от 14 до 97. На первый взгляд яиц больше при добавке 2,5 ПДК, чем 5 ПДК. Вероятно, это связано с тем, что в менее загрязненной пробе к середине опыта оставалось больше живых рачков. Они и обеспечили этот показатель. Мертворожденная молодежь также регулярно появлялась при воздействии стронция, в отличие от контроля.

На фоне общего угнетения особей и описанных негативных явлений, плодовитость рачков оказалась достоверно ниже контрольных значений (табл. 2). Приведена плодовитость по 50 день, так как после гибели в эксперименте более 50% особей, расчет на одну самку дает завышенные показатели.

Плодовитость дафний снижается в поколениях, достигая в третьем поколении варианта 5 ПДК всего около 9% от контрольного показателя, что свидетельствует о несовместимости исследуемого уровня загрязнения стронцием с жизнеспособностью популяции *D. magna*.

Кроме рассмотренных показателей во время подобных экспериментов нами фиксируются и другие характеристики, например, трофическая и двигательная активности особей [3, 4].

Таким образом, эксперименты по установлению хронического токсического действия, продолженные на период всей жизни тест-организма, а также выполненные в нескольких поколениях, являются высокоинформативными для подробного исследования действия веществ.

#### Список литературы

1. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и

- культурно-бытового водопользования. 2003 (с изменениями на 28 сентября 2007 года).
- Ивашкина Н.В., Соколов О.А. Блокирование калиевых каналов клеток корня тяжелыми металлами и стронцием // *Агрехимия*. 2006. № 12. С. 47-53.
  - Олькова А.С. Трофическая активность *Daphnia magna* как тест-функция при определении интегральной токсичности // *БИОЛОГИЯ – НАУКА XXI ВЕКА: 17-я Международная Пуштинская школа-конференция молодых ученых. Сборник тезисов*. Пушино. 2013. С. 558.
  - Олькова А.С. Поиск информативных тест-функций *Daphnia magna* при биотестировании компонентов окружающей среды // *Биосистема: от теории к практике. Сборник тезисов*. Пушино. 2013. С. 92-94.
  - Перельман А.И. *Геохимия*. М.: Высш. шк., 1989. 528 с.
  - Полякова Е.В. Стронций в источниках водоснабжения Архангельской области и его влияние на организм человека // *Экология человека*. 2012. № 2. С. 9-14.
  - Технологии биотестирования: Экотоксикологическая оценка объектов окружающей среды / Составитель Вавилова М.В., под ред. д.б.н. В.А Тереховой. М.: МГУ. 2008.
  - ФР.1.39.2007.03222. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний. Москва: «АКВАРОС». 2007.

**EXPLORING DIVERSITY OF RESPONSES IN DAPHNIA MAGNA EXPERIMENTS TO ESTABLISH CHRONIC TOXICITY**

**Olkova A.S.**

Kirov, Vyatka State University of Humanities

[morgan-abend@mail.ru](mailto:morgan-abend@mail.ru)

Modified conducted experiments to establish chronic toxicity. Model toxicant - strontium chloride. Experiment maximized - up to 75 days. The experiment was conducted in three generations. This has allowed to reveal the dynamics of mortality and fecundity of individuals in three generations of crustaceans. An opportunity to evaluate other informative indicators: number of abortive eggs, fry emergence dead, trophic and locomotor activity.

**Keywords: Bioassay, chronic toxicity, test-function**

## РЕЧНОЙ ОКУНЬ (*PERCA FLUVIATILIS*) ВОДОЕМОВ САМОТЛОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА НИЖНЕВАРТОВСКА

Павленко А.Л.

Сургутский государственный университет, Сургут

[vandras81@mail.ru](mailto:vandras81@mail.ru)

В озёрах Ханты-Мансийского округа речной окунь является самой распространённой рыбой. Обладая очень высокой экологической пластичностью, окунь способен жить в водоёмах с весьма неблагоприятными условиями. Сбор ихтиологического материала проводился в сентябре 2013 г. на трех озёрах, расположенных на территории Самотлорского месторождения (Нижневартовский район Ханты-Мансийского автономного округа). В ходе проведённых исследований в двух озёрах, из трех обследованных, отмечено обитание двух видов рыб – речного окуня и обыкновенного ерша (*Gymnocephalus cernuus*) (единственный экземпляр). Оценка стабильности развития морфологических признаков у *P. fluviatilis* по пятибалльной шкале позволяет заключить, что исследованные водоёмы характеризуются как чистые. Проведённые исследования свидетельствуют об отсутствии отрицательного воздействия продуктов производственной деятельности нефтепромысла на видовое разнообразие, развитие, темп роста и упитанность рыб в изученных водоёмах.

**Ключевые слова:** *Perca fluviatilis*, Самотлорское месторождение, оценка качества среды

Традиционно оценка качества водной среды основывалась через определение содержания каждого поллютанта и его токсичности, что становится крайне дорогостоящей процедурой. Наиболее рациональной представляется интегральная биологическая оценка состояния природной среды, позволяющая по анализу «здоровья» экосистемы, популяций и организмов её составляющих, осуществлять контроль над изменениями естественной среды обитания при любых видах антропогенного воздействия, выявить изменения во времени в одной и той же экосистеме при возрастании или уменьшении степени любого воздействия. Биотестирование водной среды с помощью рыб как тест-объектов позволяет вести относительно простую и доступную систему контроля за состоянием экосистем малых озёр.

В озёрах Ханты-Мансийского округа речной окунь является самой распространённой рыбой [1]. Обладая очень высокой экологической пластичностью, окунь способен жить в водоёмах с весьма неблагоприятными условиями.

Сбор ихтиологического материала проводился в сентябре 2013 г. на трех озёрах (№№ 15, 16, 17), расположенных на территории Самотлорского месторождения (Нижневартовский район Ханты-Мансийского автономного округа). Рыб отлавливали ставными одностенными ставными сетями с ячеей 20-50 мм.

Обработку ихтиологического материала проводили по общепринятым методикам [2, 3, 4]. При проведении морфометрического анализа использовали 22 пластических и 4 меристических признаков. Материалом для морфологического исследования были 75 экз. речного окуня.

В ходе проведённых исследований в двух озёрах (№ 16 и № 17), из трех обследованных, отмечено обитание двух видов рыб – речного окуня и обыкновенного ерша (*Gymnocephalus cernuus*) (единственный экземпляр).

Отсутствие представителей ихтиофауны в водоёме № 15, возможно, связано с особенностями гидрохимического и гидрологического режимов, а именно: небольшая площадь, рН – 5,1, отсутствие стока и притока, характер водосборной площади, заторфованность. Прогнозируя состав ихтиофауны исследуемых водоёмов, мы ожидали встретить 3-4-х представителей видов рыб. Учитывая характеристики исследованных водоёмов (ацидодистрофный тип), были ожидаемы следующие виды – речной окунь, обыкновенный ёрш, обыкновенная щука, плотва способные существовать при  $\text{pH} \leq 6$ . Отсутствие других пресноводных рыб, в том числе и плотвы, объясняется кислой реакцией среды, т.к. оптимальными значениями для большинства видов являются показатели рН 6-8. Таким образом, низкий видовой состав исследуемых водоёмов объясняется естественными причинами (изоляция, особенности гидрохимического и гидрологического режимов).

Исследованные нами экземпляры *Perca fluviatilis* из озера № 16 характеризовались следующими меристическими признаками: чешуй в боковой линии 57-66 (61), лучей в Р 13-15 (14), лучей в V 6, жаберных тычинок 18-24 (21). Пластические признаки: длина тела 126-214,1 (146,9) мм, масса рыбы 24-125 (35,9) г, масса без внутренностей 21-112 (31,6) г, длина тела без С 109,8-184,5 (125,4) мм (табл. 1).

Таблица 1. Размерно-массовый состав *Perca fluviatilis* озёр Самотлорского месторождения (III декада сентября 2013 г.).

Биотоп	Длина тела, мм		Масса, г		Возраст
	колебания	средняя	колебания	средняя	
озеро № 16	126-214,1	146,9	24-125	35,9	2+-9+
озеро № 17	117-224,9	181,1	36-142	81,06	3+-9+

Таблица 2. Размерно-массовый состав *Perca fluviatilis* озёр Самотлорского месторождения (III декада сентября 2013 г.).

Биотоп	Озеро № 16		Озеро № 17	
	Самки	Самцы	Самки	Самцы
стадии	II-IV	III-IV	II-IV	IV
средняя	III	III	III	IV

Морфометрические показатели *Perca fluviatilis* из озера № 17 по меристическим признакам следующие: чешуй в боковой линии 59-68 (61), лучей в Р 14-15 (14), лучей в V 6, жаберных тычинок 20-24 (21). Пластические признаки: длина тела 117-224,9 (181,1) мм, масса рыбы 36-142 (81,06) г, масса без внутренностей 34-128 (72,21) г, длина тела без С 102-193,4 (154,7) мм.

В целом темпы роста речного окуня в исследованных биотопах низкие. Данная особенность характерна для биологии *Perca fluviatilis* в замкнутых водоёмах Западной Сибири [5] и связана, в первую очередь, с уровнем водности конкретного года и плотностью популяций.

Возрастные группы *Perca fluviatilis* представлены: озера № 16 2-9-летками (3+), озера № 17 3-9-летками (5+).

В популяциях *Perca fluviatilis* озера № 16 ( $\chi^2=0,6$ ,  $p<0,05$ ) и № 17 ( $\chi^2=1,3$ ,  $p<0,05$ ) соотношение полов самок и самцов 2:1,  $\chi^2$  меньше критического значения, расхождения между распределениями статистически не достоверны.

В последней декаде сентября большая часть половозрелых особей речного окуня имела гонады в стадии относительного покоя (II – III), небольшая – в стадии полного созревания (IV) (табл. 2).

Таблица 2. Пол и стадии зрелости половых гонад *P. fluviatilis* озёр Самотлорского месторождения (III декада сентября 2013 г.)

Показатель коэффициента зрелости половых продуктов *Perca fluviatilis* озера № 16 1,6-8,3 (8,3), озера № 17 1,4-5,5 (2,8).

Наличие возрастных групп, варьирующих в широких пределах, а также половозрелых особей речного окуня в стадиях относительного покоя и полного созревания – свидетельствовало о существовании в исследуемых биотопах устойчивых, самостоятельных популяций данного вида.

Показатели упитанности *Perca fluviatilis* не претерпевали значительных колебаний, т.к. дан-

ный вид относится к группе тощих рыб [5]. Упитанность в популяции из озера № 16 по Фультону составила 1,2-2,3 (1,7), по Кларк – 1,03-1,9 (1,5), из озера № 17 по Фультону 1,7-3,4 (2,07), по Кларк 1,5-3,2 (1,9). Коэффициент упитанности по Фультону, в среднем 1,7-2,07, что является высоким показателем для частичковых видов рыб. Данный факт косвенно может свидетельствовать о достаточно богатой кормовой базе водоёма [6].

При вскрытии желудков были обнаружены водные растения, беспозвоночные животные и мальки рыб. Степень наполнения пищеварительного тракта варьировала от 1 до 3 баллов.

В зависимости от возраста, состояния кормовой базы и сезона, речной окунь относится к группе факультативных ихтиофагов, которые питаются беспозвоночными животными и растениями.

Оценка стабильности развития морфологических признаков у *P. fluviatilis* по пятибалльной шкале позволяет заключить, что исследованные водоёмы характеризуются как чистые (I) [7].

Проведённые исследования свидетельствуют об отсутствии отрицательного воздействия продуктов производственной деятельности нефтепромысла на развитие, темп роста и упитанность *P. fluviatilis* в водоёмах. Низкое видовое разнообразие рыб озёр №16 и №17, а так же отсутствие представителей ихтиофауны в озере №15 объясняется естественными причинами (их изоляцией, особенностями гидрологического и гидрохимического режимов).

#### Список литературы

1. Судаков В.М. Рыбы озёр Ханты-Мансийского округа и их биология / В.М. Судаков // В сб. «Рыбное хозяйство Обь-Иртышского бассейна». – Свердловск: Средне-Уральское кн. изд-во, 1977. – С. 43-68.
2. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф.

- Правдин. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 372 с.
3. Баклашова Т.А. Практикум по ихтиологии / Т.А. Баклашова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 223 с.
  4. Зиновьев Е.А. Методы исследования пресноводных рыб: Учебное пособие по спецкурсу / Е.А. Зиновьев, С.А. Мандрица. – Пермский ун-т. – Пермь, 2003. – 113 с.
  5. Гундризер А.Н. Рыбы Западной Сибири: учебное пособие / А.Н. Гундризер, Б.Г. Иоганзен, Г.М. Кривошеков. – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1984. – 122 с.
  6. Королев А.Е. Ихтиофауна озёр Тянского нефтяного месторождения / А.Е. Королев // Биологические ресурсы и природопользование: Сб. науч. трудов. – Сургут: Дефис, 2008. Вып. 11. – С. 127 – 147.
  7. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
  8. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое руководство для заповедников / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

#### PERCA FLUVIATILIS, SAMOTLOR, ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY

Pavlenko A.L.

Surgut State University, Surgut

[vandras81@mail.ru](mailto:vandras81@mail.ru)

In lakes Khanty Mansiysk region river perch is the most common fish. With a very high ecological plasticity , perch can live in waters with very unfavorable conditions. Ichthyological collection of material held in September 2013 on three lakes located within the Samotlor field (Nizhnevartovsk district of Khanty-Mansi Autonomous Okrug). During the studies in the two lakes , three surveyed , noted two dwelling fish species - perch and ruffe ordinary (*Gymnocephalus cernuus*) (single instance). Stability Assessment of development of morphological traits in *P. fluviatilis* on a scale allows us to conclude that the studied reservoirs are characterized as clean. Studies show no adverse effects of the products of industrial activity on the species diversity of oilfield development , growth rate and fatness studied in fish ponds.

Keywords: *Perca fluviatilis*, Samotlor, assessment of environmental quality

## БИОИНДИКАЦИЯ ГЕНОТОКСИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗИРУЮЩЕЙ РАДИАЦИИ В ЛИМФОЦИТАХ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ И БУККАЛЬНОМ ЭПИТЕЛИИ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ МИКРОЯДЕРНОГО ТЕСТА

Петрашова Д.А., Пожарская В.В., Белишева Н.К.

Кольский научный центр РАН

[petrashova@admks.apatity.ru](mailto:petrashova@admks.apatity.ru), [Vika\\_pozharskaja@mail.ru](mailto:Vika_pozharskaja@mail.ru), [natalybelisheva@mail.ru](mailto:natalybelisheva@mail.ru)

Представлены результаты исследования цитогенетических нарушений в двуядерных клетках лимфоцитов периферической крови и клетках буккального эпителия горных рабочих Мурманской области.

Ключевые слова: микроядра, лимфоциты, буккальный эпителий

Подземная разработка руды, содержащей естественные примеси радионуклидов (урана, тория, радия), ассоциирована с воздействием природных источников ионизирующей радиации на организм горных рабочих. Облучение организма горняков происходит вследствие вдыхания/глотания пылевых частиц смешанных радиоизотопов, вдыхания радона и продуктов его распада, внешнего облучения тела смешанными источниками излучения.

Для оценки выраженности генотоксических эффектов ионизирующих источников излучения наиболее широкое распространение получил микроядерный тест (МЯТ), позволяющий выявлять генетические нарушения в культивируемых лимфоцитах периферической крови в условиях цитокинетического блока [9, 2, 3, 5]. Помимо этого, МЯТ на лимфоцитах крови был предложен в качестве одного из простых и быстрых способов оценки дозы облучения [14, 2]. Рядом авторов установлено, что МЯТ может эффективно использоваться для выявления радиочувствительных групп повышенного риска [7]. Однако в определенных случаях, такие эффекты предпочтительнее изучать на буккальном эпителии, который позволяет при минимальном инвазивном вмешательстве получать информацию о генетических изменениях в клетках человека [10]. Этот метод впервые был предложен в 1983 [13] и в настоящее время получил широкое распространение при массовом мониторинге генотоксичности окружающей среды, поскольку клетки буккального эпителия являются первым барьером [10], возникающим на пути у канцерогенов, поступающих в организм при дыхании, с водой и с пищей. Целью данного исследования являлась оценка цито- и генотоксических эффектов природных источников ионизирующего излучения с применением МЯТ на лимфоцитах крови и буккальном эпителии горняков, пребывающих под землей в условиях смешанного ионизирующего излучения.

### Материал и методы

Материалом исследования служили образцы лимфоцитов периферической крови и бук-

кального эпителия горняков, работающих под землей в условиях повышенного содержания радона (Мурманская область). Взятие биологического материала проводилось в рамках ежегодного медицинского осмотра работников горнорудного производства. Все испытуемые были ознакомлены с целью и условиями исследования и дали на участие свое согласие. Данные, представленные в статье, получены в результате анализа образцов биологического материала 20 испытуемых (возраст 37-64 лет, стаж >10 лет). Для определения генотоксических эффектов производственной среды было оценено содержание микроядер в лимфоцитах периферической крови горнорабочих. МЯТ проводили в соответствии с методикой [9, 16]. Долю двуядерных клеток с микроядрами оценивали относительно 1000 двуядерных клеток, цитокинез которых был остановлен цитохалазином Б, т.е. в клетках, проходивших первый митоз между 44 и 72 ч после стимуляции ФГА [5]. Взятие образцов буккального эпителия и процедуры приготовления препаратов проводили по соответствующей методике [4]. Оценка частоты встречаемости клеток с генетическими и цитологическими нарушениями [15] проводили на основе анализа не менее 1000 клеток на каждом препарате [6]. При этом учитывали клетки с микроядрами, двуядерные клетки, ядра с насечкой, карипикноз, кариорексис, кариолизис, фрагментацию и вакуолизацию ядра, нарушения типа ядерных почек и апоптозные тельца.

Анализ препаратов проводили с помощью микроскопа AXIOSTAR PLUS (Karl Zeiss, Германия) (об.15 x ок.40, 100), оснащенного видеокамерой. Статистическая обработка проводилась с применением пакета программ STATISTICA 6.

### Результаты и обсуждения

Анализ препаратов лимфоцитов периферической крови человека показал, что среднее значение двуядерных клеток без идентифицированных нарушений, составляет  $966,7 \pm 2,7$  на 1000 клеток. Среднее число лимфоцитов с МЯ составило  $20,1 \pm 1,7$  (рис. 1), что значительно превышает соответствующие значения для жителей российских городов ( $8,6-11,7$ ) [8, 1]. В проанализирован-

ных препаратах лимфоцитов отмечается стабильно высокое число клеток с МЯ у мужчин со стажем работы 20-30 лет (до 31 клетки с МЯ на 1000).

Анализ клеток буккального эпителия у горняков показал, что в исследуемой группе наблюдается более низкое число клеток с нормальным ядром относительно контрольной группы, превышение относительно контроля почти в 2 раза клеток с кариолизисом, значительное превышение клеток с кариорексисом и 25 кратное превышение двуядерных клеток. Полученные результаты цитогенетического анализа буккального эпителия горных рабочих были сопоставимы с данными, полученными нами в предыдущих исследованиях [6]. Также проявилась тенденция к преобладанию клеточной гибели по типу некроза над гибелью по типу апоптоза у горняков, по сравнению с контрольной группой испытуемых. Однако встречаемость клеток с МЯ в настоящем исследовании значимо превышала соответствующие значения, как для горняков, так и для контрольной группы в более ранней работе [6].

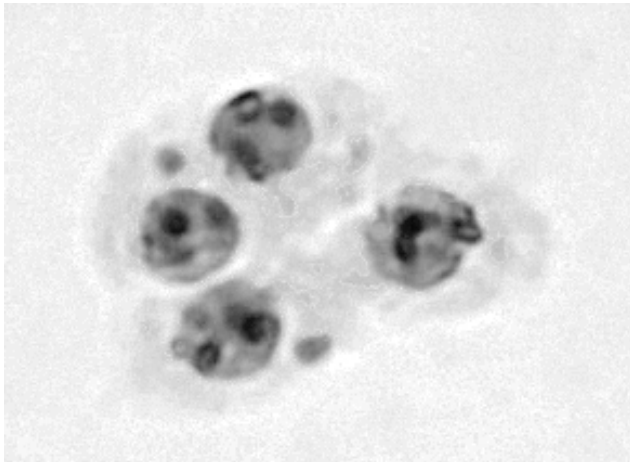


Рисунок 1. Двуядерные лимфоциты с микроядрами.

Таким образом, мы показали, что цитогенетические особенности в лимфоцитах периферической крови, вызванные облучением смешанных источников ионизирующего излучения природного происхождения, проявляются в значительном превышении содержания двуядерных лимфоцитов с МЯ относительно нормы. В буккальном эпителии у горняков выявлено существенное снижение частоты встречаемости клеток без видимых нарушений, увеличение доли клеток с МЯ, возрастание числа клеток с некротическими изменениями и, более чем на порядок, возрастание числа двуядерных клеток по сравнению с контрольной группой. Резкое возрастание двуядерных клеток в группе горняков по сравнению с контрольной группой может свидетельствовать о воздействии ионизирующей радиации на процесс цитокинеза, нарушение которого мо-

жет приводить к появлению многоядерных клеток. Присутствие МЯ в лимфоцитах периферической крови свидетельствует о повреждении хромосом [11], поскольку известно, что МЯ являются небольшими структурами, образующимися в результате отставания хромосом и их фрагментов в процессе митотического деления [12].

### Список литературы

1. Ахмадуллина Ю.Р., Аклев А.В. Оценка уровня лимфоцитов периферической крови с микроядрами у потомков первого поколения хронически облученных отцов // Вестник Челябинского государственного университета. 2013. Вып.2. С. 97-98.
2. Колюбаева С.Н., Ракецкая В.В., Борисова Е.А., Комар В.Е. Исследование радиационных повреждений в лимфоцитах человека методом микроядерного и хромосомного анализа // Радиационная биология. Радиоэкология. 1995. Т. 35, Вып. 2. С. 150-156.
3. Колюбаева С.Н. Использование цитогенетических методов в радиационной медицине // Вестник Рос. Воен.-мед. акад. 2008. Т. 23, № 3. С. 179-180.
4. Мейер А.В., Дружинин В.Г., Ларионов А.В., Толочко В.А. Генотоксические и цитотоксические эффекты в буккальных эпителиоцитах детей, проживающих в экологически различающихся районах Кузбасса // Цитология. 2010. Т.52, №4. С.305-310.
5. Пелевина И.И., Афанасьев Г.Г., Алещенко А.В., Антощина М.М., Готлиб В.Я., Конрадов А.А., Кудряшова О.В., Лизунова Е.Ю., Осипов А.Н., Рябченко Н.И., Серебряный А.М. Молекулярно-клеточные последствия аварии на ЧАЭС // Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51, № 1. С. 154-161.
6. Петрашова Д.А., Белищева Н.К., Пелевина И.И., Мельник Н.А., Зользер Ф. Генотоксические эффекты в буккальном эпителии горняков, работающих в условиях облучения природными источниками ионизирующего излучения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011, Т. 13, №1(7). С. 1792-1796.
7. Севанкаев А.В., Моисеенко В.В., Цыб А.Ф. Возможности применения методов биологической дозиметрии для ретроспективной оценки доз в связи с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС. Оценка доз на основе анализа нестабильных хромосомных aberrаций // Рад. биология. Радиоэкология. 1994. Т. 34. Вып.6. С. 782-792.
8. Серебряный А.М., Аклев А.В., Алещенко А.В., Антощина М.М., Кудряшова О.В., Рябченко Н.И., Семенова Л.П., Пелевина И.И. Распределение индивидуумов по спонтанной частоте лимфоцитов с микроядрами. Особен-



- ности и следствия // Цитология. 2011. Т. 53, №1. С. 5-9.
9. Fenech M., Morley A. Solutions to the kinetic problem in the micronucleus assay // *Cytobios.* 1985. Vol. 43, N 172-173. P. 233-246.
  10. Holland N., Bolognesi C., Kirsch-Volders M., Bonassi S., Zeiger E., Knasmueller S., Fenech M. The micronucleus assay in human buccal cells as a tool for biomonitoring DNA damage. The HUMN project perspective on current status and knowledge gaps // *Mutat Res.* 2008. Vol.659(1-2). P.93-108.
  11. Kirsch-Volders M., Fenech M. Inclusion of micronuclei in non-divided mononuclear lymphocytes and necrosis/apoptosis may provide a more comprehensive cytokinesis block micronucleus assay for biomonitoring purposes // *Mutagenesis.* 2001. V. 16, № 1. P. 51-58.
  12. Lindberg H.K., Wang X., Jarventaus H., Falck G.C., Norppa H., Fenech M. Origin of nuclear buds and micronuclei in normal and folate-deprived human lymphocytes // *Mutat. Res.* 2007. V. 617, № 1-2. P. 33-45.
  13. Stich H.F., San R.H., Rosin M.P. Adaptation of the DNA-repair and micronucleus tests to human cell suspensions and exfoliated cells // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 1983. Vol. 407. P. 93-105.
  14. Thierens H. Biological dosimetry using micronucleus assay for lymphocytes: interindividual differences in dose response// *Health Phys.* 1991. Vol. 61, № 5. P. 623 - 630.
  15. Tolbert P.E., Shy C.M., Allen J.W. Micronuclei and other nuclear anomalies in buccal smears: methods development // *Mut. Res.* 1992. 271. P. 69-77.
  16. Yager J. W., Sorsa M., Selvin S. Micronuclei in cytokinesis-blocked lymphocytes as an index of occupational exposure to alkylating cytostatic drugs // *IARC Sci Publ.* 1988. V. 89. P. 213-216.

**BIOINDICATION OF THE GENOTOXIC EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN  
PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES AND BUCCAL CELLS BASED ON MICRONUCLEUS  
TEST**

Petrashova D.A., Pozharskaya V.V., Belisheva N.K.

Kola science centre RAS, Apatity

[petrashova@admksk.apatity.ru](mailto:petrashova@admksk.apatity.ru), [Vika\\_pozharskaja@mail.ru](mailto:Vika_pozharskaja@mail.ru), [natalybelisheva@mail.ru](mailto:natalybelisheva@mail.ru)

Results of research the cytogenetic infringements in peripheral blood lymphocytes and cells of buccal epithelium at miners from Murmansk region are presented.

Keywords: micronucleus, lymphocytes, buccal cells

МОРФОЛОГО-ПОПУЛЯЦИОННЫЕ ИНДИКАТОРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ *PLANTAGO LANCEOLATA* L.

Прохорова С. И.

Донецкий ботанический сад Национальной академии наук Украины, Донецк  
[s.prokh@mail.ru](mailto:s.prokh@mail.ru)

Благодаря пластичности, полиморфизму и повсеместному распространению *Plantago lanceolata* L. является удобным и перспективным объектом для индикации состояния антропогенно трансформированной среды. Для изучения были выбраны как групповые, так и индивидуальные параметры растений вида. Установлено, что при увеличении интенсивности антропогенного действия формируются особи *Plantago lanceolata* с более облиственными розетками, но с меньшими размерами листьев; аналогично возрастает количество генеративных побегов и уменьшается их длина. Наиболее перспективными индикаторными параметрами *Plantago lanceolata* на популяционном уровне являются плотность и возрастная структура, на организменном уровне – длина и ширина листа, количество листьев и генеративных побегов, а также угол отклонения листьев относительно цветоноса и положение генеративных побегов.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, экотип

Для целей фитоиндикации используют как абсолютные значения признаков растений, так как размеры особей являются характеристикой тех экологических условий, в которых они развиваются и живут, так и различные обобщенные показатели [1-4, 8].

Экологические факторы существенно влияют на полиморфизм различных видов семейства *Plantaginaceae*, в частности и *Plantago lanceolata* L. [5, 9]. Так, отмечаются адаптивные реакции популяций *P. lanceolata*, произрастающих в световых и теневых условиях [11], на землях с различной интенсивностью возделывания [10]. Европейские исследователи выделяют 2 экотипа *P. lanceolata* – более мелкие растения с восходящими цветоносами и более крупные растения с прямостоячими цветоносами и удлиненными колосьями. Известно также произрастание на Украине формы *P. lanceolata* var. *sphaerostachya* Mert. et Koch, которая отличается почти округлыми колосьями и мелкими размерами всего растения [6]. Растения данного вида также используют в прямой фитоиндикации тяжёлых металлов [7].

Широкое распространение в местах с различной интенсивностью антропогенного воздействия и высокая вариабельность *P. lanceolata* позволяет использовать его как удобный и перспективный объект для индикации состояния среды.

Были изучены основные групповые (плотность, возрастная структура) и индивидуальные (А – длина листа (см), В – ширина листа (см), форма верхушки и основания листа, длина, ширина черешка, С – количество листьев (шт.) и D – генеративных побегов (шт.), Е – длина генеративного побега (см) и F – соцветия (см)) параметры внутри популяций из 11 местообитаний с различной степенью и интенсивностью антропогенной нагрузки.

Было поставлено задание проверки трех основных гипотез изменений морфоструктуры вида при помощи статистических методов: об изменении габитуальных признаков при увеличении рекреационной нагрузки; о формировании разных экотипов; о применении некоторых индивидуальных и групповых параметров как индикаторов техногенного загрязнения.

Установлено, что плотность особей в популяциях *P. lanceolata* отражает интенсивность прямого антропогенного действия на растения. Плотность особей одной из той же популяции, но на участках, подвергающихся постоянному прямому антропогенному воздействию, в 2 – 3 раза превышает средние значения плотности на не вытаптываемых участках. В первом случае на возрастных спектрах преобладает молодая часть особей. На морфологическом уровне отмечается комплекс компенсаторных реакций. Так, внутри популяций, произраставших на нарушенных степных участках в черте города, отмечено образование форм, отличающихся всеми изученными параметрами, в зависимости от степени рекреационной нагрузки на растения. При увеличении антропогенного воздействия формируются особи с более облиственными розетками, но с меньшими размерами листьев; аналогично, возрастает количество генеративных побегов и уменьшается их длина (табл. 1).

Контрольные и опытные участки в 1 случае достоверно отличаются по всем параметрам, во втором случае – по всем, кроме длины листа и длины соцветия (при уровне 0,05). Достоверно отличаются контроль 1 и контроль 2 по длине соцветия, длине и ширине листа, исходя из чего можно предположить, что на растениях из 2 контрольного участка негативно сказалось влияние близлежащей трассы, приведя к формированию

Таблица 1. Некоторые параметры морфологических признаков *Plantago lanceolata* L. в экотопах с разной степенью антропогенного воздействия.

Экотоп	Параметры					
	A	B	C	D	E	F
Степной участок без рекреации (контроль 1)	13,13 ±1,16	1,70 ±0,17	12,33 ±2,66	2,44 ±0,75	35,27 ±5,09	2,29 ±0,58
Степной участок с периодической сильной рекреацией (футбольное поле)	8,60 ±0,45*	1,50 ±0,07*	19,30 ±2,19*	6,05 ±0,82*	27,17 ±1,17*	1,81 ±0,14*
Полу-природный участок без рекреации (контроль 2)	9,24 ±0,90	1,30 ±0,11	14,13 ±3,01	2,13 ±0,30	23,89 ±2,92	1,39 ±0,16
Полу-природный участок с постоянной сильной рекреацией (тропа)	5,77 ±0,34	1,06 ±0,10*	30,00 ±5,29*	10,43 ±1,38*	17,67 ±4,88*	1,43 ±0,16

Таблица 2. Некоторые параметры морфологических признаков *Plantago lanceolata* L. в техногенных экотопах с разной степенью загрязнения.

Экотоп	Параметры					
	A	B	C	D	E	F
Контроль 1	13,13 ±1,16	1,70 ±0,17	12,33 ±2,66	2,44 ±0,75	35,27 ±5,09	2,29 ±0,58
ДМЗ	25,39 ±1,71*	3,15 ±0,24*	47,67 ±5,92*	8,67 ±1,46*	42,83 ±3,80	2,34 ±0,19
ЕМЗ	11,00 ±0,35*	1,48 ±0,07*	28,80 ±4,44*	10,20 ±0,97*	32,00 ±2,00	1,62 ±0,12
Отвал	12,10 ±0,51	1,76 ±0,13	11,43 ±1,31	3,29 ±0,32*	39,30 ±1,96	2,65 ±0,22
Посадка	11,78 ±0,75	1,90 ±0,29	14,00 ±2,70	2,83 ±1,46	29,04 ±4,82	1,40 ±0,23*

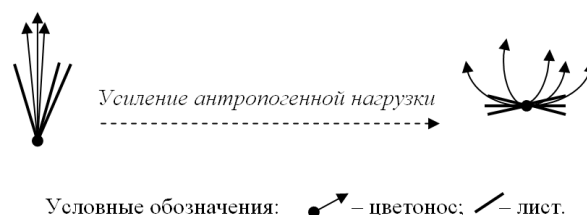
растений с более мелкими листьями и соцветиями.

Для проверки гипотезы о влиянии поллютантов на морфологические параметры растений *P. lanceolata* в качестве контрольной использовали выборку, произраставшую на степном участке за городом, не подвергавшуюся рекреации и другому антропогенному воздействию (контроль 1). Опытными были выборки, произраставшие на таких территориях: Донецкий металлургический завод (ДМЗ), Енакиевский металлургический завод (ЕМЗ), отвал угольной шахты Пограничный, посадка в г. Донецк, которые не испытывали рекреационной нагрузки.

Растения популяций ДМЗ и ЕМЗ достоверно отличаются от контроля по признакам размеров и количества листьев, по количеству генеративных побегов. Причем на промплощадке ДМЗ, около градири, растения отличались большими значениями этих параметров, что может быть обусловлено формированием гигантских форм в условиях повышенной влажности. Отсутствие достоверных отличий в длине генеративных побегов и соцветия обусловлено высокой пластичностью генеративной сферы у растений вида, благодаря которой генеративные побеги способны прилегать к поверхности почвы, таким образом избегая антропогенного действия без вреда для семенного размножения.

Вообще, при увеличении антропогенного действия формируются особи с более облиствен-

ными розетками, но с меньшими размерами листьев; аналогично возрастает количество генеративных побегов и уменьшается их длина. Схематически это изображено на рисунке.

Рисунок 1. Морфотипы *Plantago lanceolata* L. в экотопах с разной степенью антропогенной нагрузки.

Наиболее перспективными индикаторными параметрами *Plantago lanceolata* на популяционном уровне являются плотность и возрастная структура, на организменном уровне — длина и ширина листа, количество листьев и генеративных побегов, а также угол отклонения листьев относительно цветоноса и положение генеративных побегов.

Дальнейшее исследование варьирования вегетативных и генеративных органов видов рода *Plantago* L. в техногенных экотопах на различных уровнях организации необходимо для установления общих закономерностей их адаптации к антропогенному стрессу, решения дискуссион-

ных систематических вопросов, а также для практической фитоиндикации состояния среды.

### Список литературы

1. Дидух Я.П. Основы биоиндикации. – Киев: Наук. думка, 2012. – 356 с. (на украинском языке).
2. Злобин Ю.А. Структурная интеграция особенностей растений // Наука: теория и практика. Przemysl. – 2007. – Т. 4. – С. 37-41. – Режим доступа: <http://www.rusnauka.com/14.NTP2007/Biologia/121728.doc.htm>, свободный. – Яз. рус.
3. Майр Э. Популяции, виды и эволюция. – М.: Мир, 1974. – 460 с.
4. Ростова Н.С. Корреляции: структура и изменчивость. – С.-Пб.: СГУ, 2002. – 308 с.
5. Хасанов Т.С. Род *Plantago* L. во флоре северного Кавказа и его анализ: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2012. – 20 с.
6. Шипунов А.Б. Подорожники (роды *Plantago* L. и *Psyllium* Mill., Plantaginaceae) Европейской России и сопредельных территорий: Дисс. ... канд. биол. наук. – Москва, 1998. – 301 с.
7. Djingova R., Kuleff I. Seasonal variations in the metal concentration of *Taraxacum officinale*, *Plantago major* and *Plantago lanceolata* // Chemistry and Ecology. – 1999. – Vol. 16 (2 & 3). – P. 239-253.
8. Franiel I., Fiałkiewicz B. Morphological variability of *Cardaminopsis halleri* (L.) HAYEK populations from areas differing in anthropopressure level // Polish J. of Environ. Stud. – 2007. – Vol. 16 (5). – P. 677-683.
9. Sagar G. R., Harper J. L. *Plantago major* L., *P. media* L. and *P. lanceolata* L. // Journal of Ecology. – 1964. – Vol. 52 (1). – P. 12-21.
10. Studer S., Edwards P.J. Morphological variation of plant populations from differently managed grasslands // Bulletin of the Geobotanical Institute ETH. – 2002. – Vol. 68. – P. 29-44.
11. Van Hinsberg A. Morphological variation in *Plantago lanceolata* L.: effects of light quality and growth regulators on sun and shade populations // Journal of Evolutionary Biology. – 1997. – Vol. 10. – P. 687-701.

### MORPHOLOGICAL AND POPULATION INDICATIVE PARAMETERS OF *PLANTAGO LANCEOLATA* L.

Prokhorova S.I.

Donetsk Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, Donetsk  
[s.prokh@mail.ru](mailto:s.prokh@mail.ru)

*Plantago lanceolata* L. is the convenient and informative plant species as the anthropogenic environment condition indicator due to its plasticity, polymorphism, and omnipresent natural habitat. In this work, both group and individual parameters of plants were selected as the potential indicative traits. It was found that *Plantago lanceolata* individuals in heavily polluted sites are distinctive in larger number of leaves in rosettes but lesser leaf area as well as higher number of generative tillers but shorter tiller length. The following traits of *Plantago lanceolata* are the most promising as indicative ones: the plant density and age structure at the population level and/or leaf length and width, number of leaves and generative tillers, generative tiller positions as well as angles of leaf deflection relative to stem at the organismic level.

Keywords: anthropogenic pollution, ecotype

## ФЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ В РАЗНЫХ БИОТОПАХ Г. КАЛУГИ И КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Разумовская С.С.

Калужский Государственный Университет им. К.Э. Циолковского, Россия

[mechta-lu@mail.ru](mailto:mechta-lu@mail.ru)

произведен сравнительный фенетический анализ растительных объектов по показателям доли редких морф и популяционного разнообразия в различных экологических условиях по г. Калуге и Калужской области

Ключевые слова: фенетический анализ, доля редких морф, показатель внутривидового разнообразия

Для решения практических задач по управлению эволюционными изменениями необходимо теоретическое понимание процессов, протекающих в природных популяциях, и тех процессов в окружающей среде, в которые вовлечена данная популяция, то есть необходимо изучение процесса микро эволюции и изменения биогеоценозов популяций [3]. Изучение популяций необходимо для разработки эффективных мер по регуляции численности популяций видов, которые могут наносить ущерб народному хозяйству и здоровью человека [4] и, наконец, для разработки мероприятий, направленных на сохранение видового многообразия живой природы и способности живой природы выполнять экосистемные функции по поддержанию нормального состава атмосферы, пресных вод и плодородия почв в условиях повсеместно растущего антропогенного воздействия.

### Материал и методы

Материалом для данной работы послужили растительные объекты, сбор которых производился на территории г. Калуги и Калужской области 2011-2012г. [5]. В ходе фенетического анализа было проанализировано: сныти обыкновенной *Aegoróidium podagrári* 150 экз. (6 выборки); клевера лугового *Trifolium pretence*, 175 (7 выборки); клевера ползучего *Trifolium repens* 200 (8 выборки); подорожника большого *Plantágo major* 200, (8 выборки); клена ясенелистного *Acer negúndo*, 125 (5 выборки). Размер выборок растительных объектов 25 экз. Видовая принадлежность растений определялась по классическим морфологическим признакам [6].

Анализ встречаемости различных вариантов фенотипов в разных выборках (*T. repens*, *T. pretence*, *P. major*, *A. podagrári*, *A. negúndo*) и оценка достоверности различия выборок по частотам встречаемости отдельных вариантов проводились [1] по показателю сходства популяций. Характеристика фенотипов выборок *T. repens*, *T. pretence*, *P. major*, *A. podagrári*, *A. negúndo* была проведена по двум показателям [1-2] внутривидового разнообразия ( $\mu$ ) и доле редких морф ( $h$ ) в популяции.

### Краткая характеристика выборок

Село Вертное Калужской области Думиничского района. Примерно в 700 м. от села и места сбора растительных объектов проходит однополосная железная дорога, отгороженная лесополосой. В селе располагается крупный животноводческий комплекс ООО «Кадви-Агро» (в 2 км от места сбора), также имеется пруд средних размеров. С других сторон располагаются деревня Песочня, поля и лесные массивы.

Садоводческое товарищество «Космос» находится между железнодорожными станциями «платформа 167км» и «Тихонова пустынь». Через лесополосу длиной 500 м располагается еще одно СТ. Железная дорога проходит в направлении Москвы справа по отношению к «СТ Космосу», а слева находится широкий лесной массив, длиной 3-4 км, за которым проходит автомагистраль Е-95 (Москва- Киев). Справа и слева от этой дороги находится лес и проходит ЛЭП.

Нефтебаза Грабцево- Калуга. склад нефтепродуктов окружен смешанным лесом. Рядом со складом располагается железная дорога. На территории находятся несколько резервуаров разных размеров для хранения нефтепродуктов, а также имеется пожарный пруд, в котором обитают ротаны.

Калужский бор. Расположен в западной части города Калуги между Яченским водохранилищем на востоке, рекой Окой на юге, микрорайоном Аненки на западе, деревней Черносвитино и рекой Яченка на севере. 4 южных квартала отделены от северной части магистральной автодорогой, соединяющей Калугу с автотрассой Москва — Киев. Калужский городской бор — это уникальный участок южного варианта соснового леса с примесью широколиственных пород сложной культуры. Достаточно большая территория участка гарантирует экологическую устойчивость популяционных ассоциаций, сформировавшихся эволюционно, и может обеспечить требуемые условия режима охраны объекта, окруженного городом.

Парк Циолковского. Заложено на бывшей выгонной земле, в настоящее время южная часть его находится под казармами, на границе с кото-

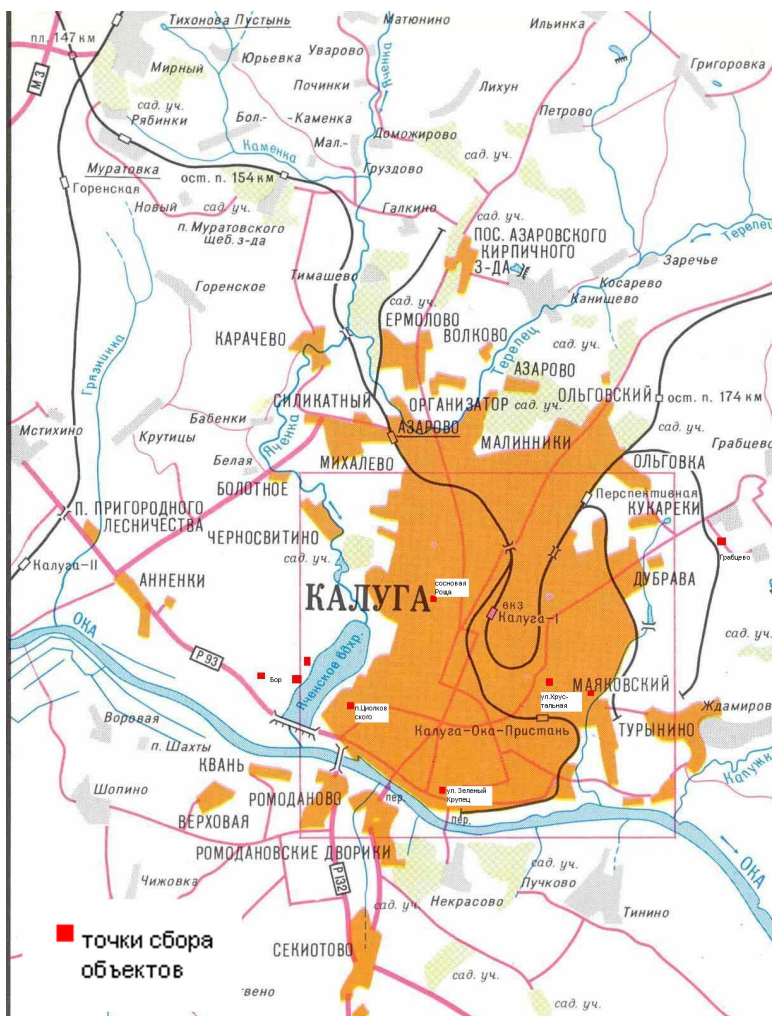


Рисунок 1. Карта-схема г. Калуги.

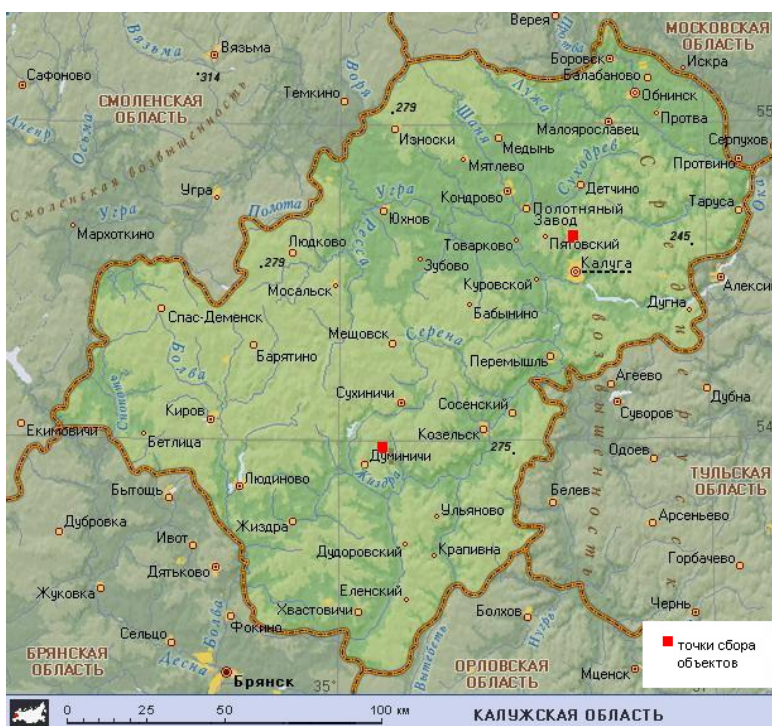


Рисунок 2. Карта Калужской области.

рыми произрастают тополя и клены ясенелистные. Парк густо засажен липами, только площадка в центре окружена елями.

Комсомольская роща (Сосновая роща) расположена в северо-западной части города Калуги. Рельеф рощи — бугристый, с постепенным понижением на востоке. Кустарники представлены декоративными посадками. Служит излюбленным местом прогулок калужан, постоянно подвергается антропогенному воздействию. В результате наблюдается суховершинность и полное усыхание отдельных сосен, лесная обстановка постоянно меняется, местами появились выбитые тропинки, идет разрушение склонов оврага.

Ул. Хрустальная. Примерно в 100 м от сбора растительных объектов находится автозаправка. Сбор производился во дворе рядом с местами для парковки, а также вдоль трассы. Также большое влияние на район оказывал стекольный завод по адресу ул. Хрустальная, 8, который в настоящее время подлежит сносу.

Ул. Зеленый Крупец. Район находится относительно близко к р. Оке (левый берег). Не наблюдается активного движения транспорта, т.к. неровный рельеф не позволяет. Отмечено достаточное насаждение деревьев (клен ясенелистный, береза и др.)

### Результаты и обсуждение

При рассмотрении фенетических показателей клевера лугового выявлено, что наибольшее значение показателя популяционного разнообразия  $\mu$  наблюдается в выборках п. Циолковского, Калужский бор и СТ «Космос» ( $\approx 3$ ), а наименьшее в с. Вертное (1). У клевера ползучего показатель  $\mu$  имеет наименьшее значение в Сосновой роще и на ул. Зеленый крупец (=1), и наибольшее в с. Вертное (3,5) и п. Циолковского (2,9). У сныти обыкновенной популяционное разнообразие выше в Грабцево (9,67) и СТ «Космос» (9,18), и ниже на ул. Зеленый Крупец (6,05). На ул. Зеленый Крупец показатель  $\mu$  подорожника большого наименьший (1,537), а наибольший в с. Вертное (1,99), СТ «Космос» (1,98) и п. Циолковского (1,97). У клена ясенелистного наибольший показатель популяционного разнообразия отмечен в с. Вертное (7,57) и п. Циолковского (7,6), а наименьший — в Сосновой роще (4,75).

Показатель доли редких морф  $h$  клевера лугового имеет наибольшее значение на ул. Зеленый Крупец (0,384), а наименьшее — в СТ «Космос» (0,011) и Калужском Бору (0,0247) и п. Циолковского (0,043). У клевера ползучего наибольший  $h$  отмечен в п. Циолковского (0,275), а наименьший — Бор (0,1) и с. Вертное (0,12). У сныти обыкновенной отмечен наибольший  $h$  на ул. Хрустальной (0,3) и с. Вертное (0,33), а наименьший на ул. Зеленый Крупец (0,134). У подорожника большого показатель доли редких морф выше на ул. Зеленый Крупец (0,23), и ниже в с. Вертное, п. Циолковского и СТ «Космос» ( $\approx 0,01$ ). Клен ясе-

нелистный имеет наибольший  $h$  в Сосновой роще (0,472) и наименьший — в с. Вертное (0,16) и п. Циолковского (0,156).

При построении гистограммы и линии трендов прослеживается закономерность уменьшения показателя внутривидового разнообразия  $\mu$  и увеличения доли редких морф  $h$  в рассмотренных точках, что приводит к выводу о неблагоприятных условиях среды. Показатели « $\mu$ » и « $h$ » позволяют выделить участки неблагоприятных условий окружающей среды [7]. Чем больше показатель внутривидового разнообразия и ниже доля редких морф (т.е. чем больше имеется запас изменчивости) и более уравновешена популяция по имеющимся признакам, тем условия обитания ближе к оптимальным.

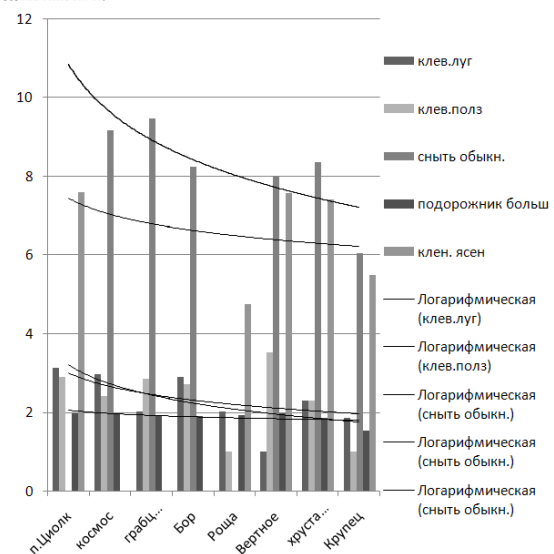


Рисунок 3. Гистограммы, иллюстрирующие изменение показателя популяционного разнообразия « $\mu$ ».

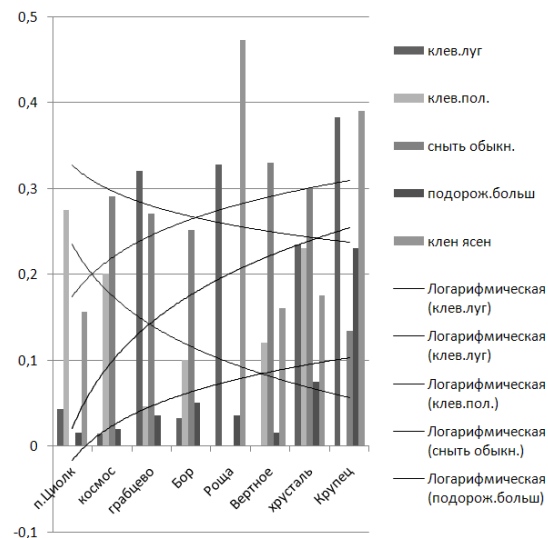


Рисунок 4. Гистограммы, иллюстрирующие изменение показателя доли редких морф « $h$ » в выборках.

При анализе популяционно-фенетического показателя « $\mu$ », выяснилось, что наиболее богатыми по количеству выделенных фенотипов являются выборки п. Циолковского и СТ «Космос». Показатель доли редких морф «h» имеет наибольшие значения на ул. Хрустальной и ул. Зеленый Крупец. Таким образом, исходя из показателей внутривнутрипопуляционного разнообразия и доли редких морф, можно предположить о более благоприятных условиях в районе участков п. Циолковского и СТ «Космос», и неблагоприятных – ул. Зеленый Крупец и ул. Хрустальная. Исходя из полученных данных, точки сбора расположены в порядке ухудшения условий среды по указанным показателям.

#### Выводы

В результате популяционно-фенетических исследований отмечены выборки с максимальным значением популяционного разнообразия и минимальным значением доли редких морф – для рассмотренных видов растений – это п. Циолковского и СТ «Космос», что говорит о наиболее благоприятных условиях среды в данных точках.

Также отмечены «неблагоприятные», по данным показателям, точки.

#### Список литературы

1. Животовский Л.А. Показатели популяционной изменчивости по полиморфным признакам. Фенетика популяций. М.: Наука, 1982. 38-44.
2. Животовский Л.А. Показатели внутривнутрипопуляционного разнообразия // Журнал Общей биологии. – 1980. – Т. 41, № 6. – С. 828-836.
3. Яблоков А.Н., Ларина Н.И. Введение в фенетику популяций. М.: Высшая школа, 1985. -160с.
4. Яблоков А.В. Популяционная биология. М.: Высшая школа, 1987. -238 с.
5. Атлас Калужской области. Арбалет.: 2007
6. Рычин Ю.В. Сорные растения. Определитель для средней полосы европейской части СССР. М.:1952
7. Стрельцов А.Б., Шпынов А.В., Гаркунов М.И. Организация биомониторинга в г. Калуге // Антропогенные воздействия и здоровье человека. Калуга, 1995. С. 11-24

#### THE PHENETICS ANALYSIS OF VEGETABLE OBJECTS IN THE DIFFERENT BIOTOPES OF KALUGA AND KALUGA REGION

Razumovskaya S.S.

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky, Russia

[mehhta-lu@mail.ru](mailto:mehhta-lu@mail.ru)

the comparative phenetics analysis of vegetable objects on indicators of a share rare a morph and an intra-population variety in various ecological conditions on Kaluga and the Kaluga region is made

Keywords: phenetics analysis, share rare morph, indicator of intra-population variety.



## ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ИММУНОГЕМАТОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗЕЛЁНЫХ ЛЯГУШЕК ОТ КАЧЕСТВА СРЕДЫ ВОДОЁМОВ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Романова Е.Б., Николаев В.Ю., Грибанцева Н.Л., Салина О.М., Козырева А.В., Сорочкина Л.В.

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

[romanova@bio.unn.ru](mailto:romanova@bio.unn.ru), [DarthTiger@yandex.ru](mailto:DarthTiger@yandex.ru)

Целью работы являлось изучение взаимосвязи иммуногематологических показателей зелёных лягушек Нижегородской области с качеством среды обитания при помощи непараметрической ранговой корреляции по Спирману. Качество среды в наибольшей степени отражалось на фагоцитарной активности и величине иммунных комплексов в сыворотке крови зелёных лягушек, что определяется нарушением клеточных и гуморальных иммунных ответных реакций организма при постоянном обитании животных в условиях повышенного загрязнения. При оценке корреляционной зависимости между показателями зелёных лягушек, обитающих в водоёмах Нижегородской области, выявлены межвидовые различия.

**Ключевые слова:** иммуногематологические показатели, популяции зелёных лягушек, качество среды.

В настоящее время, когда практически отсутствуют ландшафты, не подвергающиеся антропогенному влиянию, фундаментальные исследования физиологических функций иммунной системы особенно значимы [1-3]. Изучение компенсаторного потенциала иммунных реакций при антропогенной трансформации среды обитания позволяет лучше изучить механизмы, благодаря которым организмы (виды, популяции) выживают и приспосабливаются к новым условиям существования. В связи с этим чрезвычайно важно изучение разнообразия популяционного иммунного ответа у организмов (на примере амфибий), живущих рядом с человеком, в условиях разнородных биотопов урбанизированных территорий. Однако в ряде случаев важно знать, есть ли зависимость между вариацией двух или нескольких показателей, изменяются ли они независимо друг от друга, или изменчивость одного признака в какой-то степени связана с изменчивостью другого. Для этого исследуют сопряжённую (взаимозависимую) изменчивость признаков в рамках регрессионного и корреляционного анализов.

Целью работы являлось изучение взаимосвязи иммуногематологических показателей зелёных лягушек Нижегородской области с качеством среды обитания непараметрической ранговой корреляцией по Спирману.

#### Материалы и методы

Озёрная (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771) (40 особей) и прудовая (*Pelophylax lessonae* Cramerano, 1882) (60 особей) лягушки были собраны в течение полевого сезона (2013 г.) в пяти водоёмах: 1-ый – пруд д. Кудряшино (Нижегородская область, Уренский район); 2-ой – оз. Земснаряд (Н. Новгород, Автозаводский район); 3-ий – оз. Вторчермет (Н. Новгород, Канавинский

район); 4-ый – оз. Сормовской ТЭЦ (Н. Новгород, Сормовский район); 5-ый – оз. Парковое (Н. Новгород, Автозаводский район) [4]. Животных обездвигивали, брали на анализ периферическую кровь и внутренние органы (тимус, селезенку, печень). Все работы с животными проводились в соответствии с «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» [10]. Массу тела амфибий определяли на технических весах с точностью до 0,02 г (ошибка измерения 0,01), а размеры лимфоидных органов на торсионных весах Waga Torsyjna-WT с точностью до 0,1 мг (ошибка измерения  $\pm 0,03$ ). Индексы (отношение массы органа к массе тела) печени, селезенки, тимуса вычисляли в промилле (‰) [8, 12].

Интегральный показатель флукутирующей асимметрии (ФА) рассчитывали по 11 признакам окраски для зелёных лягушек [7]. Затем по величине ФА была проведена оценка качества среды обитания исследованных водоёмов согласно нормативной документации и пятибалльной шкале оценки изменения состояния организма по уровню стабильности развития [11].

Фагоцитарную активность форменных элементов крови (%) оценивали по способности лейкоцитов (нейтрофильных гранулоцитов) поглощать клетки дрожжей [9]. Активность иммунной защиты на гуморальном уровне оценивали по содержанию иммунных комплексов в сыворотке крови лягушек методом селективной преципитации в растворе полиэтиленгликоля (ПЭГ), позволяющим выявить «крупные» (ПЭГ, 3,5 %) и «мелкие» (ПЭГ, 7,0%) иммунные комплексы (ИК) [5]. Окислительную модификацию белков (ОМБ) сыворотки крови лягушек оценивали по методу Дубининой и др. [6]. Принцип метода основан на реакции взаимодействия окислительных аминокислотных остатков белков с 2,4 – динитрофени-

лгидразином с образованием производных 2,4 – динитрофенилгидразона (2,4 – ДНФГ). Оптическую плотность 2,4 – ДНФГ регистрировали на СФ-2000 при пяти длинах волн: 230 нм, 270 нм, 370 нм, 430 нм и 530 нм. Расчет содержания 2,4 – ДНФГ в сыворотке крови выражали в единицах оптической плотности на мл сыворотки (ОЕ/мл).

Для оценки взаимосвязи количественных признаков, независимо от вида распределения, использовали ранговую корреляцию по Спирману ( $r$ ). За величину статистической значимости принимали  $p = 0.05$ .

### Результаты и их обсуждение

Установлено, что величина ФА ( $0,34 \pm 0,028$ ) выборки из популяции прудовых лягушек, обитающих в пруду д. Кудряшино, соответствовала I баллу качества среды (условно-нормальное). Популяция прудовых лягушек, обитающая в оз. Вторчермет, характеризовалась величиной ФА ( $0,62 \pm 0,029$ ), соответствующей IV баллу качества среды (существенные отклонения от нормы). Выборка из популяции озёрных лягушек оз. Сормовской ТЭЦ имела наиболее высокий показатель ФА ( $0,67 \pm 0,03$ ), соответствующий V баллу качества среды (критическое состояние). Популяция озёрных лягушек оз. Парковое и популяция прудовых лягушек оз. Земснаряд обитали в сходных между собой условиях качества среды, соответствующих незначительному отклонению от нормы (II балл). При решении поставленных экспериментальных задач были выявлены значимые различия иммуногематологических характеристик у зелёных лягушек, обитающих в качественно разных условиях среды. Для анализа полученных данных был применен корреляционный анализ на основе показателей, определённых для каждой лягушки: величины флуктуирующей асимметрии, фагоцитарной активности лейкоцитов, степени окисления белков сыворотки крови, уровня крупных и мелких иммунных комплексов, а также жизнеспособности, индексов и числа ядерных клеток в лимфоидных органах (тимус, селезёнка, печень). Уровень экологического благополучия мест обитания, определённый по величине флуктуирующей асимметрии (ФА), сопоставлялся с остальными характеристиками, объединёнными общим иммуногематологическим направлением.

Как для прудовых, так и для озёрных лягушек была выявлена сильная отрицательная корреляция величины ФА с тремя показателями: уровнем крупных и мелких иммунных комплексов и фагоцитарной активностью лейкоцитов (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствовали о том, что при ухудшении качества среды в крови зелёных лягушек снижался уровень иммунных комплексов в сыворотке крови и доля фагоцитирующих лейкоцитов, что свидетельствовало о напряжённости иммунных реакций орга-

низма. Отметим, что для прудовых лягушек была также выявлена статистически значимая умеренная положительная корреляция клеточности селезёнки и умеренная отрицательная корреляция жизнеспособности центрального (тимуса) и периферических (селезёнки и печени) органов иммунной системы амфибий с величиной ФА. Можно заключить, что качество среды в наибольшей степени отражалось на фагоцитарной активности и величине иммунных комплексов в сыворотке крови зелёных лягушек, что определяется нарушением клеточных и гуморальных иммунных ответных реакций организма при постоянном обитании животных в условиях повышенного загрязнения.

Коэффициент корреляции указывает лишь на степень и направление связи в изменчивости двух переменных величин, но не позволяет судить о том, как меняется одна величина по мере изменения другой. Ответ на этот вопрос даёт вычисление коэффициента регрессии, показывающего, на какую величину в среднем изменяется один признак при изменении другого. Регрессионный анализ, в отличие от корреляционного, изучает эффект влияния одного признака на другой. Показателем силы влияния служит коэффициент детерминации. Результат анализа зависимости активности фагоцитоза от величины флуктуирующей асимметрии (ФА) показал, что на 79% (показатель детерминации  $R^2 = 0,79$ ) дисперсия фагоцитирующих клеток у озёрных лягушек может быть объяснена дисперсией величины ФА (рис 1).

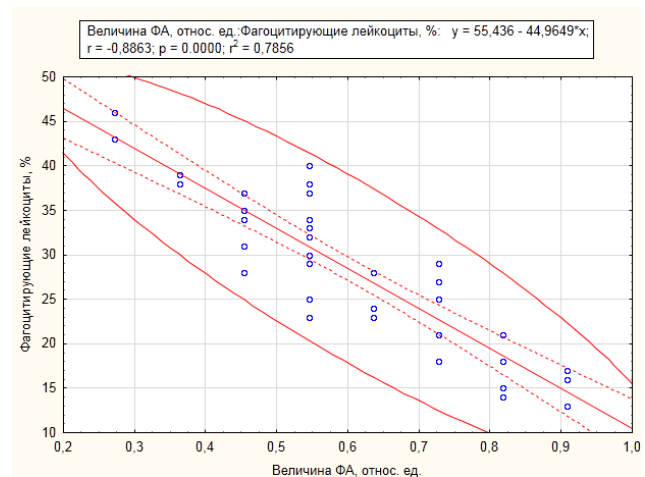


Рисунок 1. Зависимость фагоцитарной активности лейкоцитов озёрных лягушек от качества среды обитания.

У прудовых лягушек доля объяснимой дисперсии была выше (показатель детерминации  $R^2 = 0,93$ ), т.е. доля варибельности фагоцитирующих лейкоцитов зависела от варибельности величины флуктуирующей асимметрии на 93% (рис.2).

Таблица 1. Значение коэффициента корреляции Спирмана (r) при анализе взаимосвязи иммунологических показателей с качеством среды обитания, определённом по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) зеленых лягушек.

Показатель	Озёрная лягушка ( <i>Pelophylax ridibundus</i> )	Прудовая лягушка ( <i>Pelophylax lessonae</i> )
Уровень крупных ИК	$r = -0,80; p < 0,001$	$r = -0,84; p < 0,001$
Уровень мелких ИК	$r = -0,74; p < 0,001$	$r = -0,85; p < 0,001$
Фагоцитирующие лейкоциты	$r = -0,89; p < 0,001$	$r = -0,96; p < 0,001$
ОМБ при $\lambda = 230$ нм	$r = 0,005; p = 0,99$	$r = -0,26; p = 0,06$
ОМБ при $\lambda = 270$ нм	$r = -0,06; p = 0,70$	$r = -0,23; p = 0,09$
ОМБ при $\lambda = 370$ нм	$r = 0,02; p = 0,89$	$r = -0,15; p = 0,28$
ОМБ при $\lambda = 430$ нм	$r = 0,02; p = 0,90$	$r = -0,15; p = 0,27$
ОМБ при $\lambda = 530$ нм	$r = 0,01; p = 0,97$	$r = -0,17; p = 0,22$
Индекс тимуса	$r = 0,08; p = 0,64$	$r = -0,11; p = 0,41$
Индекс селезёнки	$r = -0,05; p = 0,76$	$r = 0,16; p = 0,24$
Индекс печени	$r = 0,04; p = 0,79$	$r = 0,06; p = 0,65$
Клеточность тимуса	$r = 0,25; p = 0,12$	$r = -0,13; p = 0,33$
Клеточность селезёнки	$r = 0,18; p = 0,26$	$r = 0,30; p = 0,03$
Клеточность печени	$r = 0,23; p = 0,16$	$r = -0,25; p = 0,06$
Жизнеспособность тимуса	$r = -0,03; p = 0,88$	$r = -0,60; p < 0,001$
Жизнеспособность селезёнки	$r = 0,16; p = 0,32$	$r = -0,43; p = 0,001$
Жизнеспособность печени	$r = -0,22; p = 0,16$	$r = -0,44; p = 0,001$

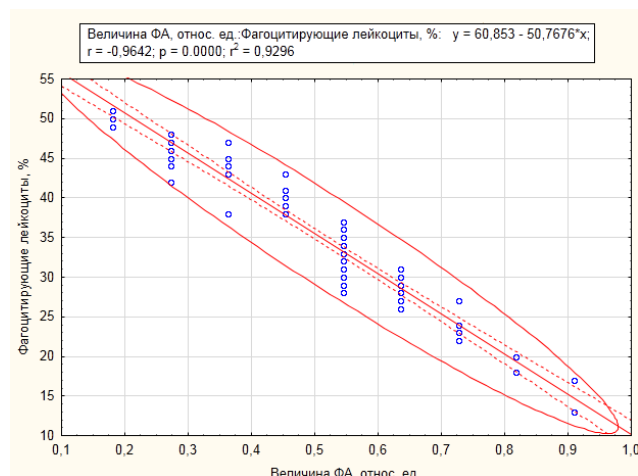


Рисунок 2. Зависимость фагоцитарной активности лейкоцитов прудовых лягушек от качества среды обитания.

Таким образом, по изменению функциональной активности лейкоцитарных клеток в периферической крови зелёных лягушек, количественному содержанию клеток в лимфоидных органах и их жизнеспособности можно судить о степени нарушений, вызванных условиями среды обитания. При оценке зависимости между показателями зеленых лягушек, обитающих в водоёмах Нижегородской области, выявлены межвидовые различия.

## Список литературы

1. Бигон, М. Экология. Особи, популяції и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд. – В 2-х томах. – М.: Мир, 1989. – Т.1 – 667 с.; Т.2 – 447с.
2. Большаков В.Н., Пястолова О.А., Вершинин В.Л. Специфика формирования видовых сообществ животных в техногенных и урбанизированных ландшафтах // Экология. 2001. №5. С.343–354.
3. Вершинин, В. Л. Гемопозэ бесхвостых амфибий – специфика адаптиогенеза видов в современных экосистемах / В. Л. Вершинин // Зоологический журнал. – 2004. – № 11. – С. 1367-1374.
4. Гелашвили Д.Б., Копосов Е.В., Лаптев Л.А. Экология Нижнего Новгорода: монография. Н. Новгород: ННГАСУ. 2008. 530 с.
5. Гриневич Ю.А. Определение иммунных комплексов в крови онкологических больных / Ю.А. Гриневич, А.Н. Алферов // Лабораторное дело.1981. №8. С. 493–495.
6. Дубинина Е. Е., Шугалей И. В. Окислительная модификация белков. Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113. № 1. – С. 71–79.
7. Захаров В.М. Здоровье среды: методика оценки. / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.
8. Ивантер Э.Л. Адаптивные особенности мелких млекопитающих / Э.Л. Ивантер.– Л.: Наука, 1985. – 320 с.
9. Лебедев К.А. Иммунограмма в клинической

- практике / К.А.Лебедев, И.Д. Понякина.– М.: Наука, 1990. – 224 с.
10. Международные рекомендации (этический кодекс) по проведению медико-биологических исследований с использованием животных». [Электронный ресурс]: Разработан и опубликован в 1985 г. Советом международных научных организаций. Режим доступа: <http://www/bio/msu/ru/112/ad080012/htm>
11. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). – М.: Росм-экология, 2003. – 24 с.
12. Шварц С.С. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных / С.С. Шварц, В.С. Смирнов, Л.Н. Добринский. – Свердловск: УФАН СССР, 1968. – 388 с.

**EVALUATION OF DEPENDENCE OF IMMUNOHAEMATOLOGICAL INDICATORS OF GREEN FROGS, DEPENDING ON THE ENVIRONMENTAL QUALITY OF WATER RESERVOIRS OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION**

**Romanova E.B., Nikolaev V.Y., Gribantseva N.L., Salina O.M., Kozyreva A.V., Sorochkina L.V.**

N. I. Lobachevsky State University, Nizhny Novgorod

[romanova@bio.unn.ru](mailto:romanova@bio.unn.ru), [DarthTiger@yandex.ru](mailto:DarthTiger@yandex.ru)

The purpose of the work was to investigate the relationships of the immunohaematological indicators of green frogs of Nizhny Novgorod region with the quality of the environment by using a Spearman's nonparametric rank correlation. Quality of the environment to the greatest extent affected the phagocytic activity and the amount of immune complexes in the serum of blood of green frogs, that determined by the breaking of cellular and humoral immune responses of the body at a constant wildlife habitat in high pollution. When assessing the correlation dependence between indicators of green frogs, inhabiting the water reservoirs of the Nizhny Novgorod region, identified interspecies differences

**Keywords: Immunohaematological indicators, populations of green frogs, the quality of the environment**

## ОТХОДЫ КАК ИНДИКАТОР ТЕХНОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Савицкая К.В.

Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара, Днепропетровск  
[ksusavitskaya@gmail.com](mailto:ksusavitskaya@gmail.com)

Проанализированы показатели образования отходов в Украины, выделены регионы с наибольшим показателями и определены отрасли промышленности, которые образуют наибольшее количество отходов. Оценена зависимость между показателями образования отходов и валовым региональным продуктом регионов Украины, как показателем влияния производства на окружающую среду.

**Ключевые слова:** отходы, отходность, добыча металлических руд, валовый региональный продукт

Особенностью научно-технического прогресса является увеличение объема общественного производства. В результате развития производства в хозяйственный оборот вовлекается все большее количество природных ресурсов. Однако степень их рационального применения в целом весьма низкая. Гигантски возросшее потребление минерального сырья приводит к накоплению огромных объемов отходов. Отходы образуются не только в процессе добычи минерального сырья, но и в процессе производства материальной продукции. Их накопление приводит к образованию свалок, территории для которых изымаются из земельных ресурсов государств и создают дополнительную нагрузку на окружающую среду.

Отходы, образующиеся при изготовлении или получении любой промышленной продукции (сырья, материалов, полупродуктов, изделий), или промышленные отходы, традиционно актуальной эколого-гигиенической проблемой любого индустриального общества в мире. В начале 90-х годов в странах Восточной Европы, находящихся на переходном этапе, в том числе и в Украине, инфраструктура промышленности находилась в упадке и практически перестала функционировать. Это привело к образованию большого количества районов с высокими уровнями загрязнения, что было вызвано активной прошлой промышленной и горнодобывающей деятельностью [2].

В Украине ежегодно увеличиваются объемы образования отходов и в 2012 году этот показатель составил 450726,8 тыс. тонн, то есть на одного человека приходится 9885,8 кг отходов. Однако по регионам страны эти показатели распределены неравномерно: наибольшее количество отходов в абсолютных единицах в 2012 году образовано в Днепропетровской области и составляет 291188,6, что составляет практически 65 % всех отходов, образованных в государстве. Область также является лидером и в образовании отходов на душу населения. Столь неравномерное распределение отходов можно объяснить тем, что разные отрасли

хозяйства приводят к разному количеству образования отходов [1].

Наибольшее количество отходов (62,8 %) образуется в процессе добычи металлических руд, а особенно руд черных металлов. В Днепропетровской области находится самый крупный железорудный бассейн Украины – Кривбасс, Криворожский железорудный бассейн, а также Никопольский марганцеворудный бассейн, включающий Никопольский, Великотокмакский и Ингуло-Днепровский марганцевые районы. На втором месте по количеству отходов находится Кировоградская область, в которой находится часть Криворожского железорудного бассейна, а также происходит добыча руд цветных металлов (полиметаллических, титановых, никелевых и т.д.).

Кроме добычи металлических руд к значительному количеству отходов приводит металлургическое производство (13,2 %) и добыча каменного и бурого угля (8,6 %). Поэтому значительные объемы отходов образуются в Донецкой и Луганской областях, которые являются лидерами в этих производствах [1].

Рассматривая данные относительные и абсолютные показатели можно прийти к выводу, что при производстве различных видов материальной продукции образуются не одинаковые количества отходов, что дает возможность говорить, про показатель «отходности», который можно выразить через количество отходов (в тоннах), которое образуется на 1000 гривен валового регионального продукта. То есть этот показатель может говорить о том, на сколько то или иное производство является выгодным в плане нагрузки на окружающую среду.

В среднем в Украине этот показатель составляет 346 тонн, то есть для производства товаров и услуг, валовая добавленная стоимость которых составит 1000 гривен образуется 346 тонн отходов. Что касается наибольших показателей, то они характерны для Днепропетровской и Кировоградской областей (более 2000 тонн). То есть в этих регионах техногенная нагрузка на окружающую среду наибольшая. Также довольно высокие показатели (более 100 тонн) характерны для До-

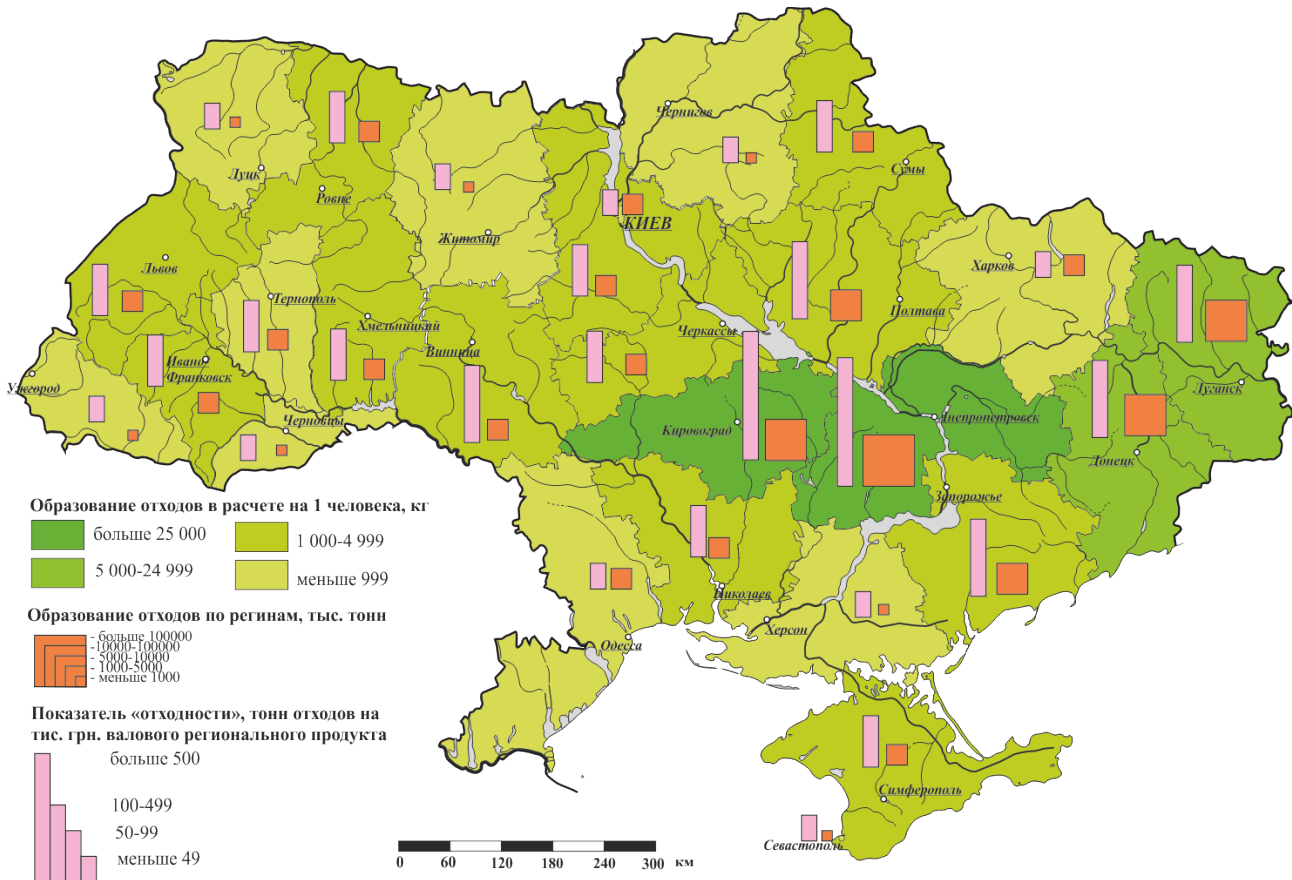


Рисунок 1. Показатели образования отходов в Украине.

нецкой, Луганской, Запорожской, Полтавской и Винницкой областей – регионов со значительными показателями материалоемких отраслей промышленности. Наименьший показатель характерен для г.Киева (6 тонн), что объясняется более наукоемкими отраслями промышленности, которые развиты в столице и практически отсутствием добывающих отраслей промышленности.

Анализ данных показателей может влиять на политику государства по управлению отходами и обращать большее внимание именно на регионы, в которых уровень отходности наибольший, учитывать промышленные специализацию

каждого региона и его нагрузку на окружающую среду при образовании отходов.

#### Список литературы

1. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс] / Спосіб доступу: URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Суматохіна, І. М. Промислові відходи як чинник стану екологічної безпеки регіону: оцінка, картографування, управління [Текст] / І. М. Суматохіна, Н. М. Дук, О. А. Шевченко // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності . – 2008. – № 1. – С. 69-75.

#### WASTE AS AN INDICATOR OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT

Savitskay K.V.

Oles Honchar Dnipropetrovsk National University, Dnepropetrovsk

[ksusavitskaya@gmail.com](mailto:ksusavitskaya@gmail.com)

Indexes of waste in Ukraine, highlighted regions with the highest rates and identified industries that form the greatest amount of waste. Evaluated the relationship between indicators of waste and gross regional product regions of Ukraine as an indicator of the impact on the environment.

Keywords: waste, metal ores, gross regional product

## Индикация окружающей среды и геоинформационные технологии

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЦЕНОЗА НА ТАКСАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ С ПОМОЩЬЮ ГИС

Коцан В.В.

Белорусский государственный технологический университет, Минск

[Wolodia250@mail.ru](mailto:Wolodia250@mail.ru)

В данной статье рассмотрен вопрос влияния пространственной структуры на таксационные показатели. Представлена функция зависимости радиального прироста дерева от таксационных показателей самого дерева, от показателей пространственной структуры насаждения и от индекса конкуренции.

**Ключевые слова:** геоинформационная система, пространственная структура, радиальный прирост, площадь роста, сосна обыкновенная

В настоящее время в работах отечественных и зарубежных исследователей особое место занимает изучение причинно-следственных связей между факторами внешней среды и лесными насаждениями, а так же внутренние взаимодействия между особями в ходе их конкурентного и симбиотического взаимовлияния друг на друга. Предпринимаются попытки исследования сообществ, различных по структуре рангов и местобитанию – от моновидовых до сложных многоуровневых древостоев [1].

Все больше укрепляется биологический подход, где древостой рассматривается как популяция древесных растений. Для изучения взаимосвязей между особями древесных популяций в современной лесной науке исследуют горизонтальную структуру древостоев, и это приобретает всё большее значение. Данные о горизонтальной структуре древостоев позволяют глубже изучить процессы их развития, взаимосвязи, явления конкуренции и кооперации [2]. Существует множество подходов к описанию внутренних взаимодействий в биогеоценозе, в данной статье предложен способ, основанный на выделении «площадей роста» каждого дерева.

Самым чувствительным показателем дерева к пространственной структуре является радиальный прирост. Анализ радиального прироста деревьев на всех этапах ценогического развития древостоя позволяет приблизиться к пониманию механизмов функционирования лесных сообществ – одних из самых сложных механизмов в биосфере Земли. Для целей данных исследований были использованы пробные площади, заложенные в сосняках мшистых искусственного происхождения. По полевым данным в программе QGIS были построены электронные модели пробных площадей [3].

Для определения интенсивности прироста древесины на пробной площади у деревьев сосны обыкновенной были отобраны приростным буровым керны на высоте 1,3 м от корневой шейки. Измерение ширины годичных слоев древесины

(с точностью до 0,01 мм) проводилось на снимках кернов при уровне разрешения изображения в 4800 dpi [4]. Статистический и корреляционный анализ данных выполнены с помощью стандартных пакетов программ StatGraphics и Statistica.

С целью определения влияния горизонтальной структуры ценоза на таксационные показатели, вокруг каждого дерева была обведена «площадь роста» (радиус которой равен среднему радиусу кроны). На основании построенных площадей роста было определено количество влияющих на него деревьев (если имеется пересечение площадей роста – это дерево влияет и берется в расчет). Так количество соседних влияющих деревьев для центрального дерева при данном типе определения площади роста составляет от 0 до 7 – варьирование показателя обусловлено возрастом и густотой.

Так же был проведен анализ пространственной структуры насаждений с помощью QGIS и рассчитаны характеристики, отображающие пространственное размещение центрального и соседних деревьев: площадь кроны центрального дерева ( $S$ ), сумма пересечений «площадей роста» ( $S_{ob}$ ), средняя площадь соседних деревьев ( $S_{sr}$ ), среднее расстояние до соседних деревьев ( $L_{sr}$ ).

Для определения взаимного влияния деревьев друг на друга в данной работе рассчитывался индекс конкуренции. Для этого использовалось два подхода, первый и более простой способ: индекс конкуренции определялся в баллах на основании разности высот центрального и соседних деревьев. Если высота центрального дерева больше высоты соседнего, то это связь получала оценку +1, если наоборот высота центрального дерева меньше, чем соседнего, то -1. Далее находили сумму всех оценок связей центрального дерева с соседними. Эта сумма является индексом конкуренции в баллах и отображает влияние высоты соседних деревьев на центральное.

Второй способ с более детальным подходом определяет индекс конкуренции в относи-

Таблица 1. Корреляционный анализ различных показателей и радиального прироста.

Показатель	Корреляция к радиальному приросту за 10 лет (R)
Таксационные показатели центрального дерева	
1   Высота ( $H$ )	0,22
2   Диаметр ( $D$ )	0,36
3   Объем ствола ( $V$ )	0,43
Показатели пространственной структуры	
4   Площадь кроны центрального дерева ( $S$ )	-0,02
5   Сумма пересечений «площадей роста» ( $S_{ob}$ )	0,44
6   Средняя площадь соседних деревьев ( $S_{sr}$ )	-0,24
7   Среднее расстояние до соседних деревьев ( $L_{sr}$ )	-0,41
Показатели конкуренции	
8   Индекс конкуренции в относительных величинах ( $CI_{sh}$ )	-0,26
9   Индекс конкуренции в баллах ( $CI_{kl}$ )	0,15

тельных единицах на основании отношения высот центрального дерева и деревьев конкурентов с учетом доли пересечения площадей роста:

$$CI_{отSuh} = \sum_n \frac{h_{цен} \cdot S_{перп}}{h_{перп_n} \cdot \sum S_{перп}} \quad (3)$$

где  $n$  – количество влияющих соседних деревьев, шт,

$h_{цен}$  – высота центрального дерева, м,

$h_{перп_n}$  – высота  $n$ -го соседнего дерева, м,

$S_{перп}$  – площадь пересечения «площадей роста» центрального и  $n$ -го соседнего деревьев,  $m^2$ ,

$\sum S_{перп}$  – сумма пересечений «площадей роста» центрального и  $n$  соседних деревьев,  $m^2$ .

Была выдвинута гипотеза, что радиальный прирост дерева зависит от таксационных показателей самого дерева, от показателей пространственной структуры насаждения и от индекса конкуренции данного дерева. Были проанализированы показатели, представленные в таблице 1.

Корреляционный анализ показал наличие слабой и умеренной связи между радиальным приростом и выдвинутыми показателями. В результате анализа множественной регрессии была выбрана следующая функция:

$$Zd_{10} = F(H, S_{ob}, S_{sr}, CI_{sh}), \quad (4)$$

где  $Zd_{10}$  – радиальный прирост, мм

$H$  – высота центрального дерева, м

$S_{ob}$  – сумма пересечений «площадей роста»,  $m^2$

$S_{sr}$  – средняя площадь соседних деревьев,  $m^2$

$CI_{sh}$  – индекс конкуренции в относительных величинах.

При ее апробации на материале наших пробных площадей было получено следующее уравнение:

$$Zd_{10} = -102.398 \cdot 1/H + 0.373013 \cdot 1/S_{ob} - 18.086 \cdot \log(S_{sr}) + 55.722 \cdot CI_{sh} \quad (5)$$

Данная модель имеет следующие статистические показатели  $R$ -squared = 96.3275, Standard Error of Est. = 3.57135, F-Ratio= 32.79, P-Value 0.0009. Это говорит о ее достоверности.

Описанные в статье исследования подтверждают выдвинутую гипотезу о влиянии пространственной структуры на таксационные показатели, а статистические показатели указывают на значимость этого влияния. В дальнейшем планируется доработать функцию зависимости прироста дерева от таксационных показателей, и показателей пространственной структуры с учетом индекса конкуренции и апробировать ее на большем объеме данных. Это позволит приблизиться к определению оптимальной пространственной структуры и разработке практических рекомендаций по ее достижению.

#### Список литературы

1. Ефремов С.П., Ефремова Т.Т. О трех маркирующих постоянных изменчивости радиального прироста сосны обыкновенной в болотных и суходольных дендроценозах // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 347. С.159–162.
2. Аннила Э. Пространственное и сукцессионное многообразие в бореальных лесах/Э. Аннила // Устойчивое развитие бореальных лесов, М., 1997г. С. 17–20.



3. Севко, О. А. Методика создания цифровой модели пространственного распределения деревьев по материалам постоянных пробных площадей с использованием ГИС-технологий Труды БГТУ. Сер. I, Лесное хозяйство. – 2011. – Вып. XIX. С. 53–57.
4. Мазуркин, П.М. Измерение ширины годичного слоя на керне древесины / П.М. Мазуркин, Л.Ю. Варсегова // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 4. С.31–37.

**STUDING OF THE INFLUENCE HORIZONTAL STRUCTURE CENOSY ON THE STAND CHARACTERISTICS BY USING GIS**

**Kotsan V.V**

Belarusian State Technological University, Minsk

[Wolodia250@mail.ru](mailto:Wolodia250@mail.ru)

The question of the influence of spatial structure on the stand characteristics are given in this article. The function depending on the radial increment from stand characteristics of the tree and indicators of the spatial structure of stands and the index of the competition are presented.

**Keywords: geoinformation system, spatial structure, radial increment, area of the growth, scotch pine**

## ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ЮЖНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Машкова И.В., Щербина А.Г.

Южно-Уральский Государственный Университет, Челябинск

[mashkoffa@yandex.ru](mailto:mashkoffa@yandex.ru), [nasty\\_9.04@mail.ru](mailto:nasty_9.04@mail.ru)

В ходе работы были проведены исследования по определению качества атмосферного воздуха на территории Южного лесничества Ильменского заповедника путем лишеноиндикационного картирования. Для изучения была выбрана территория береговой линии двух озер: Ильменское и Аргаяш. В ходе выявления вида индикатора, было отмечено, что с этой целью удобно использовать *Parmelia sulcata*. Показано, что лишеноиндикация довольно эффективный метод мониторинга загрязнения окружающей среды, так как лишайники очень чувствительны к загрязнению. На основе проведенного исследования авторы выделили на изучаемой территории три зоны, каждая из которых отличается по степени загрязнения природной среды.

**Ключевые слова:** Лихенобиота, лишеноиндикация, биоиндикация, загрязнение, атмосферный воздух

Один из специфических методов мониторинга загрязнения окружающей среды — биоиндикация, определение степени загрязнения геофизических сред с помощью живых организмов, биоиндикаторов [1]. Лишайники реагируют на загрязнение иначе, чем высшие растения. Долговременное воздействие низких концентраций загрязняющих веществ вызывает у лишайников такие повреждения, которые не исчезают вплоть до гибели их слоевищ. Кроме того, лишайники поглощают аэрозоли и газы всей поверхностью талломов, что также повышает их чувствительность к загрязнению, а периодически происходящая дегидратация талломов, позволяющая переживать лишайникам периоды засухи, приводит к росту концентрации загрязняющих веществ в талломах до высоких уровней [2]. Это, видимо, связано с тем, что лишайники возобновляют свои клетки очень медленно.

Цель нашей работы — определение качества атмосферного воздуха на территории Южного лесничества Ильменского заповедника.

Исследования основывались на использовании соотношении проективного покрытия ствола дерева лишайниками, суммарного количества видов лишайников, лишайников доминантного вида и рабочей шкалы, в которой приведена наиболее часто встречаемая последовательность исчезновения индикаторных лишайников по мере увеличения загрязнения. Для работы была выбрана территория береговой линии двух озер: Ильменское и Аргаяш, научно-производственная база ИГЗ, территория отчуждения железнодорожного пути.

В связи с тем, что исследуемая территория Ильменского заповедника (Южное лесничество) расположена в непосредственной близости к г. Миасс, то на качество воздуха оказывается существенное антропогенное воздействие. В городе

насчитывается более 50 предприятий выбрасывающих загрязняющие вещества в атмосферу. Основными внешними загрязнителями атмосферного воздуха являются ОАО «УралАЗ», Миасский машиностроительный завод, Тургоякское рудоправление, ОАО «Миастальк» и транспорт, которые выбрасывают до 20 тыс. тонн загрязняющих веществ ежегодно. В виду особенностей локализации источников загрязнения была выбрана методика определения качества воздуха по проективному покрытию эпифитными лишайниками. В ходе выявления вида индикатора, было отмечено, что с этой целью удобно использовать *Parmelia sulcata*. Этот выбор обусловлен тем, что семейство *Parmeliaceae* (4 рода 9 видов, 29,0%) самое разнообразное в видовом отношении [3].

На основании метода лишеноиндикационного картирования на обследованной территории Ильменского заповедника были выделены 3 зоны, отличающиеся по степени загрязненности атмосферного воздуха: относительно чистая, умеренное загрязнение и критическая. Зоны с крайними характеристиками («нормальная» и «катастрофическая») на территории пунктов лишеноиндикационных исследований не выявлены. Наименьшая степень загрязненности атмосферного воздуха по результатам лишеноиндикационных исследований отмечена для территории вблизи озера Аргаяш, которая характеризуется слабой степенью антропогенной нагрузки. Уровень умеренного загрязнения атмосферного воздуха отмечен для ряда пробных площадок на территории Научно-производственной базы. Кроме того, к «критической» зоне относится территория окрестностей железнодорожной станции 2008-й км.

## Список литературы

1. Кострюкова А.М., Крупнова Т.Г., Машкова И.В. Биомониторинг озер Ильменского государственного заповедника // Молодой ученый. – М.: Издательство «Молодой ученый», 2013. – № 4 (51). – Т. 1. – С. 156–158.
2. Бязров Л. Г. Лишайники в экологическом мониторинге: Монография – М.: Научный мир, 2002. – 336 с.
3. Машкова И.В., Попкова М.А., Щербина А.Г. Биоразнообразие эпифитных лишайников южного лесничества Ильменского заповедника (Челябинская область) // "Красная книга Челябинской области: состояние, сохранение, перспективы": материалы научно-практической конференции. – Челябинск: Типография "Полет", 2013. – 82 с.

**LICHEN INDICATION OF OPEN AIR OF THE SOUTH FORESTRY OF ILMENSKY RESERVE.**

Mashkova I.V., Shcherbina A.G.

South Ural State University, Chelyabinsk

[mashkoffa@yandex.ru](mailto:mashkoffa@yandex.ru), [nastya\\_9.04@mail.ru](mailto:nastya_9.04@mail.ru)

In the course of the work there were conducted a research of open air quality in the South forestry in Ilmensky Reserve using lichen indication mapping. For making research, it was chosen shoreline of two lakes: Ilmensky and Argayash. In the course of revelation indicator species, it was convenient to use *Parmelia Sulcata*. It was shown, that lichen indication is quite effective method for monitoring environmental pollution, as lichens are very sensitive to pollution. Based on undertaking research the authors identified three zones at the study area, each of which differs according to the degree of environmental pollution.

**Keywords:** Lichen biota, lichen indication, bioindication, pollution, open air.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УРБОСИСТЕМЫ Г. КАЗАНЬ

Минакова Е. А.<sup>1</sup>, Шлычков А. П.<sup>2</sup>, Ильсова А. Р.<sup>1</sup>, Никитина Е. В.<sup>1</sup>, Минлебаева Р. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет

<sup>2</sup>Институт проблем экологии и недропользования АН РТ

[ekologyhel@mail.ru](mailto:ekologyhel@mail.ru), [anatoliy.shlychkov@yandex.ru](mailto:anatoliy.shlychkov@yandex.ru), [lie4ka\\_101@mail.ru](mailto:lie4ka_101@mail.ru), [lenysa--92@mail.ru](mailto:lenysa--92@mail.ru),  
[rusilja1993lenar@mail.ru](mailto:rusilja1993lenar@mail.ru)

**Аннотация:** В статье отражены результаты наблюдений за состоянием стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в зонах интенсивного воздействия автотранспорта на придорожных участках города во временном интервале до и после ввода транспортных развязок и линий метрополитена в 2012 - 2013 г.г.

**Ключевые слова:** береза повислая (*Betula pendula* Roth.), стабильность развития, флуктуирующая асимметрия, биоиндикация.

Оценка степени антропогенного влияния на зеленые насаждения городов является одной из актуальных задач экологии. Городские растения находятся под влиянием целого комплекса негативных факторов, связанных с антропогенным загрязнением среды обитания и соответствующим образом реагируют на него и нарушения одного компонента вызывает изменение состояния всех остальных.

Казань является крупным промышленным центром Российской Федерации. Ведущими отраслями, оказывающими существенное влияние на загрязнение атмосферного воздуха, являются машиностроение, химическая и легкая промышленность. На территории города расположено свыше 140 крупных и более 70 тысяч средних и мелких предприятий, образующих несколько крупных промышленных зон. Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух г. Казани, являются: ЛОС, оксиды азота, оксид углерода, углеводороды (без ЛОС), диоксида серы. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в г. Казани характеризуется как «высокий». Общее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников в 2012 г. составили 288,1 тыс. т, а автотранспорта — 317,3 тыс. т или 52,4% [1].

Объектом исследования для определения степени нарушения стабильности развития выбрана береза повислая (*Betula pendula* Roth.). Выбор объекта исследования обусловлен тем, что основной мишенью токсикантов при техногенном загрязнении становятся растения, которые не могут уйти от стрессового воздействия, и вынуждены адаптироваться к нему с помощью физиолого-биохимических и анатомо-морфологических перестроек организма. Площадки для отбора материала были заложены в девяти точках г. Казани, в разных районах города на расстоянии 10 — 30 м от автомобильных дорог. Отбор материала проводился в 2012 и 2013 гг.

Выбор периода наблюдений обусловлен тем, что в 2012 г в г. Казань велись интенсивные работы по строительству мостовых переходов для автотранспорта и пешеходных надземных и подземных переходов, приуроченных к проведению Универсиады — 2013 г.. Проведение строительных работ создавало большие сложности организации движения автотранспорта, создавая автомобильные пробки, что вело к интенсивному загрязнению атмосферного воздуха выбросами. К периоду вегетации растений в 2013 г. основные строительные работы были завершены. Для интегральной оценки состояния окружающей среды использован биоиндикационный подход, основанный на оценке стабильности развития организма по морфологическим признакам — флуктуирующей асимметрии. Флуктуирующей асимметрией (ФА) — называют небольшие ненаправленные (случайные) отклонения от двусторонней симметрии у организмов или их частей [2]. Показатель ФА позволяет фиксировать даже незначительные отклонения параметров среды, еще не приводящих к существенному снижению жизнеспособности особи. При выполнении работы использованы Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур), утвержденные Распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 г. № 460-р. [3].

Статистическая обработка данных проведена с использованием табличного процессора MS Excel, а визуализация полученных результатов выполнена с использованием геоинформационной системе «Surfer». Визуализация полученных данных позволила оценить распределение индекса ФА в пространстве (рис. 1 — 2).

Анализ рис. 1 показывает, что в период существенных строительных работ на территории города, в первую очередь затрагивающих дорожные зоны в 2012 г. наблюдалось увеличение по-

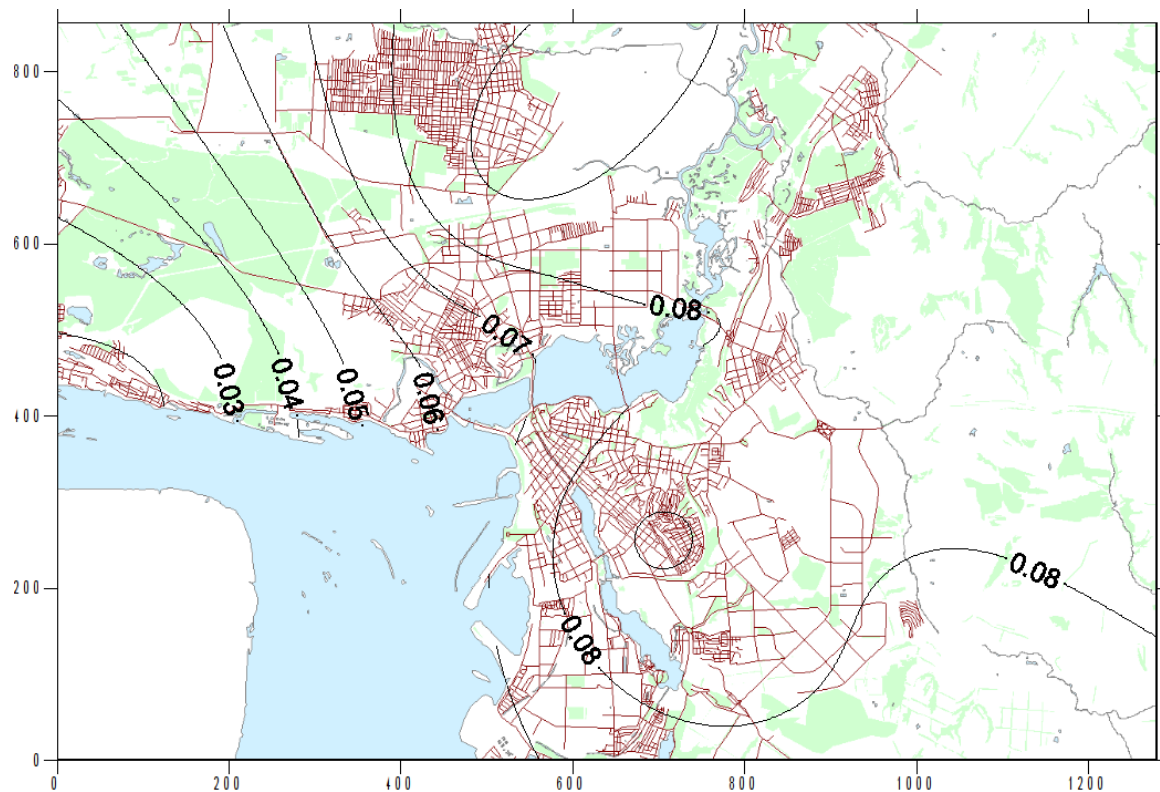


Рисунок 1. Пространственное распределение показателя ФА березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в 2012 г [4].

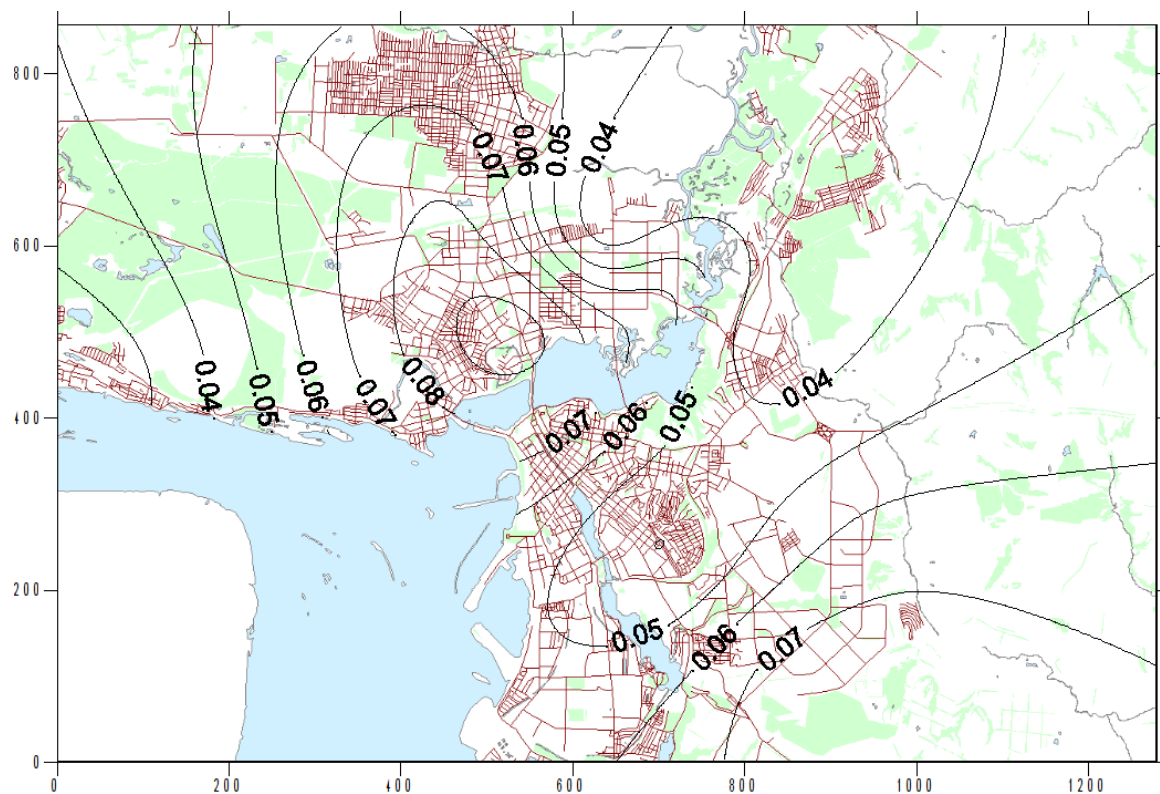


Рисунок 2. Пространственное распределение показателя ФА березы повислой (*Betula pendula* Roth.) в 2013 г.

казателя ФА с юго – запада на северо-восток. Значения индекса ФА в городе варьировались от 0,4 до 0,9. В центральной части г. Казани (Вахитовский район) отмечена область повышенного значения индекса ФА 0,08 – 0,09. В целом, прослеживаемая тенденция пространственного распределения показателя ФА березы повислой (*Betula pendula Roth.*) в г. Казань обусловлена переносом загрязняющих веществ ветром преобладающего направления (юго-западное), которое превалирует в период вегетации растений.

Анализ динамики стабильности развития березы повислой (*Betula pendula Roth.*) во второй год наблюдения (рис. 2) свидетельствует об улучшении качества окружающей среды в точках, где были проведены работы по строительству дорожных развязок. Так, если значения показателя ФА в целом по городу в 2012 г. составляли 0,08 – 0,09, то к 2013 г. они снизились до 0,04 – 0,06. Снижение значений показателя ФА позволяет говорить о самовосстановлении березы повислой (*Betula pendula Roth.*) после снижения антропогенной нагрузки, обусловленной выбросами автотранспорта. В точках отбора, в районе которых дорожные развязки не претерпевали трансформации (север Приволжского района г. Казани), улучшения стабильности среды, и понижения индекса ФА отмечено не было.

#### Заключение

Таким образом, в данной работе дана сравнительная оценка интегрального состояния окружающей среды г. Казани до и после проведения строительства и реконструкции транспортных дорожных развязок и подземных и надземных пешеходных переходов в г. Казани к Универсиаде-2013 г. по уровню асимметрии морфологических структур березы повислой (*Betula pendula Roth.*).

Установлено, что строительство транспортных дорожных развязок и подземных и надземных пешеходных переходов в г. Казани к Универсиаде-2013 г. позволило снизить негативное воздействие выбросов автотранспорта на придорожную растительность, особенно в Ново-

Савиновском районе г. Казани. Снижение значений показателя ФА позволяет говорить о самовосстановлении березы повислой (*Betula pendula Roth.*) после снижения антропогенной нагрузки, обусловленной выбросами автотранспорта.

Все обследованные пробные площади характеризовались значениями показателя ФА листьев березы повислой (*Betula pendula Roth.*), превышающими величину условной нормы, что свидетельствует о критическом состоянии среды, за исключением пробной площади в Кировском районе г. Казань (Юдино).

Проведенные исследования показывают, что Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ на примере березы повислой (*Betula pendula Roth.*) можно с успехом использовать не только для оценки интегрального состояния окружающей среды и восстановления растительности после снижения антропогенного воздействия, но и использовать при планировании реконструкции транспортных дорожных развязок.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2011 году». – Казань: 2012. – 490 с.
2. Захаров В.М. Асимметрия животных / В.М. Захаров – М.: Наука, 1987. 161 с.
3. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ. Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р.
4. Минакова Е.А., Шлычков А.П., Кустова Л.М. Оценка экологического состояния урбосистемы г. Казани с использованием метода флуктуирующей асимметрии листовой пластинке березы повислой (*Betula pendula*) // Вестник Татарстанского отделения Российской Экологической Академии «Журнал экологии и промышленной безопасности» — 2013. — № 3- С. 96-98.

USE OF GEOINFORMATION SYSTEMS FOR THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL  
CONDITION OF KAZAN CITY

Nikitina E. V.<sup>1</sup>, Minlebayeva R. A.<sup>1</sup>, Minakova E. A.<sup>1</sup>, Shlychkov A. P.<sup>2</sup>,  
Iliasova A.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan Federal University

<sup>2</sup>Institute of environmental problems and subsurface use of AN of RT

*lenysa--92@mail.ru, rusilja1993lenar@mail.ru, ekologyhel@mail.ru,  
anatoliy.shlychkov@yandex.ru, lie4ka\_101@mail.ru*

In article is carried out an assessment of changes of stability of development of the birch (*Betula pendula* Roth.) in the Kazan city in size of fluctuating asymmetry of a sheet plate. Observations were made in zones of intensive influence of motor transport on roadside sites of the city in a time interval before input of traffic intersections and subway lines.

**Keywords:** birch (*Betula pendula* Roth.), stability of the development, fluctuating asymmetry, bioindication.

## ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ ВЕРХОВЬЕВ РУЗЫ (БАССЕЙН МОСКВЫ-РЕКИ): ПРОШЛОЕ И СОВРЕМЕННОСТЬ

Озерова Н.А.

Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова РАН, Москва

[14orn@rambler.ru](mailto:14orn@rambler.ru)

Река Руза - самый крупный приток р.Москвы. Ее бассейн издавна осваивался человеком. В XX в. в верховья реки по каналу стала перебрасываться вода Вазузского водохранилища, было построено Верхнерузское водохранилище. Первые подробные сведения о гидрографии верховьев Рузы относятся ко второй половине XVIII в. и связаны с проведение Генерального межевания. Анализ 4 карт, привязанных к системе координат и позволяющих узнать длину и площадь объектов, показывает, что за последние 250 лет, несмотря на появление в бассейне реки капитальных гидротехнических сооружений, произошло сокращение площади озер и общей протяженности речной сети. Отсутствие в составе современной ихтиофауны налима, широко распространенного во второй половине XVIII в., может служить индикатором повышения температуры воды в Рузе и в ее притоках. Это может быть обусловлено не только наличием прудов и водохранилища, но и расселением в последние годы бобра.

**Ключевые слова:** Руза, бассейн Москвы-реки, гидрографическая сеть, протяженность речной сети

Река Руза — самый крупный приток Москвы-реки (145 км). Верховья этой реки, в отличие, например, от г. Москвы, где канализирована большая часть рек [1], — район с мало измененными ландшафтами, хотя и он подвергся антропогенному воздействию. В последние столетия в бассейне Рузы строились мельничные плотины, пруды. С 1977 г. в верховье Рузы осуществляется переброска воды из бассейна Вазузы. В 1989 г. у д. Черленково введено в эксплуатацию Верхнерузское водохранилище. Эти сооружения обеспечивают водоснабжение столицы. Хозяйственная деятельность человека повлияла на гидрографическую сеть, но как существенны были изменения и в чем они могли выразиться, кроме строительства водохранилища, прудов и переброски воды из Вазузы? Попробуем ответить на этот вопрос, рассмотрев верховья Рузы до устья р. Полатки (д. М. Сытьково). Выбор этой территории не случаен, т.к. автору хорошо знакома гидрографическая сеть района по личным наблюдениям. В 2005-2006 гг. в бассейне р. Костинки проводились рекогносцировочные исследования, и по собранным материалам опубликованы статьи [2, 3].

Наиболее ранние сведения о гидрографии верховьев Рузы связаны с проведением Генерального межевания в 1766-1771 гг. В экономических примечаниях к Волоколамскому и Рузскому уездам [4] упомянуты временные водотоки, есть данные о ширине и глубине рек «в жаркое летнее время в самых мелких местах». Большим подспорьем стали межевые атласы уездов, выложенные в сети Интернет (материалы РГАДА), а также работа В.С. Кусова с картой [5]. Современные сведения о гидрографической сети почерпнуты из Атласа Московской области [7], уточнены по кар-

там и космоснимкам программы SASplanet. В работе использованы листы Топографической карты РСФСР издания 1980-х гг. [8].

В результате составлено 4 карты, привязанные к системе координат, позволяющие узнать длину и площадь объектов. При этом протяженность контрольных рек Костинки, Мутни и Белой совпала с кадастровыми данными [9]. Первая карта отражает современное состояние гидрографической сети, вторая — в 1980-е гг., третья — в XVIII в. (рис. 1) [10]. Четвертая карта иллюстрирует распространение некоторых видов рыб в XVIII в.

Однако в межевых материалах отмечены не все реки и ручьи, представленные на современной карте. Так происходило, когда речки (озер в верховьях Рузы почти нет) находились в малонаселенных районах и не были границами владений. Поэтому были приняты допущения: если объект не представлен в материалах XVIII в., но известно, что на современной карте он показан как постоянный водоток, считать, что его длина в XVIII в. равна длине в XXI в. Если речка отмечена в 1980-е гг., но сейчас высохла, считать, что в XVIII в. ее длина была такой же, как на карте в 1980-е гг. Если на реке образован крупный пруд или водохранилище, то длина объекта на месте пруда равна протяженности затопленного русла, а протяженность ручьев равна длине долины, в которой они протекают. Это обусловлено незначительностью объектов и тем, что в межевых картографических материалах любого масштаба ручьи показаны условно, что исключает возможность сравнения. Будем считать, что положение русла Рузы в XVIII в. и XXI в. было одинаковым.

Итак, грубый подсчет показывает, что протяженность современной гидрографической сети



для выбранного района, по сравнению со второй половиной XVIII в., сократилась на 23% (пример-

но на 77 км). Площадь единственного озера на рассматриваемой территории (истока р. Озеренки) уменьшилась примерно на 20%.

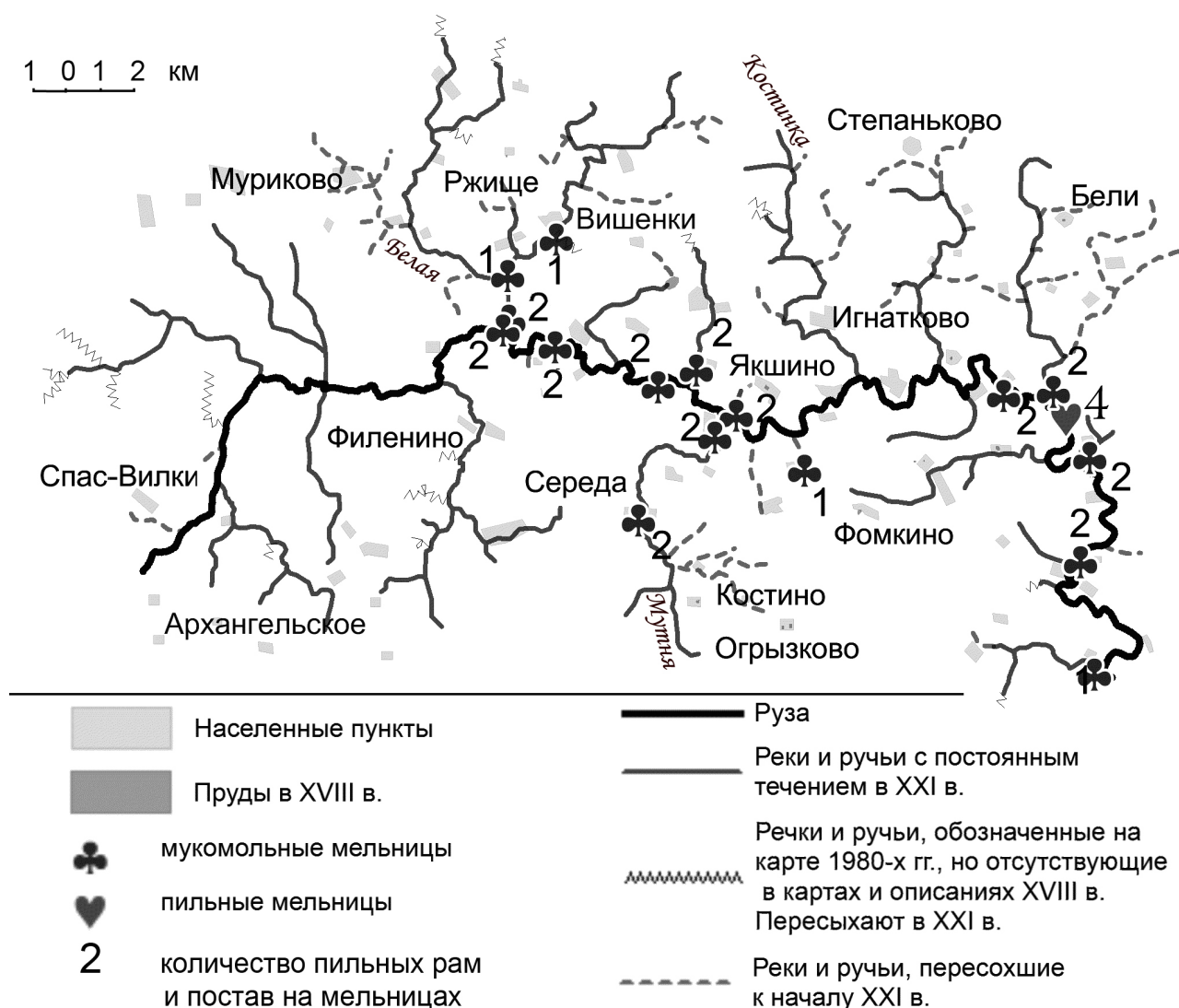


Рисунок 1. Гидрографическая сеть верхнего течения р. Рузы.

Возможно, на сокращение протяженности гидрографической сети повлияли природные циклы чередования маловодных и многоводных лет. Так, по данным гидрологических исследований [11], многоводная фаза цикла колебания стока приходилась на вторую половину XVIII в., а в начале XXI в. наблюдается маловодный период. Может быть, это — главная причина сокращения длин рек? Предыдущий многоводный период в бассейне р. Москвы был в 1975-1994 гг. Если сопоставить данные по XVIII в. с 1980-ми гг., окажется, что и в многоводные 1975-1994 гг. протяженность гидрографической сети была на 17% меньше, чем в XVIII в. Таким образом, можно говорить о тенденции сокращения длин рек, которая вряд ли обусловлена только природными колебаниями.

Площадь прудов (с мельничными прудами, но без Верхнерузского водохранилища), напротив, к началу XXI в. выросла в четыре раза, оставаясь неизменной в последние 30 лет. Эта цифра очень приближительна, т.к. водоемы XVIII в. были малы, и их не всегда обозначали в межвыходных атласах. Установить местоположение прудов в прошлом и примерно оценить площадь можно по заросшим лужам, расположенным где-нибудь в центре нынешних поселений или на полях. Редкий пруд XVIII в. прекрасно сохранился к XXI в.

В экономических примечаниях приведены сведения о качестве воды в XVIII в. Стандартная фраза в описаниях Рузского уезда звучит так: «вода в реке и речках для употребления людям и скоту здорова, а в колодезях и прудах для скота способнее» [4].

В экономических примечаниях перечислено 10 видов промысловых рыб, обитавших в верховьях Рузы: голец, пескарь, плотва, окунь, щука, налим, голавль, язь, карась и линь. Разумеется, это не полный перечень, т.к. перед землемерами не ставилась задача исследования ихтиофауны. Они собирали сведения о той рыбе, которую ловят для личных нужд и на продажу. Автору не известны работы, в которых бы описывался видовой состав рыб верховья Рузы в XIX-XXI вв. Более того, в бассейне р. Москвы вообще проводилось не так много исследований по регистрации видов рыб [12, 13, 14]. Исходя из личных наблюдений, можно утверждать, что в наши дни на отрезке Рузы между двух водохранилищ ловится 18 видов рыб (щука, окунь, судак, лещ, густера, плотва, красноперка, голавль, елец, верховка, укляка, голянь, подкаменщик, голец, щиповка, пескарь, ёрш, язь), а в прудах и водохранилищах — ротан, серебряный и золотой карась. Линь — вид, который можно поймать в канале Яуза-Руза, но под большим вопросом его присутствие в Верхнерузском водохранилище. Впрочем, не факт, что он обитал в бассейне Рузы в XVIII в.: перечень видов рыб, ловившихся в Рузе до устья р. Белой, общий с р. Иночью. Анализ карты, отражающей распространения видов рыб в XVIII в., и сопоставление ее с современными данными показывает, что температура воды в Рузе и притоках с XVIII в. могла значительно вырасти. На это косвенно указывает отсутствие в составе современной ихтиофауны налима. Этот холодолюбивый вид, перестающий питаться при температуре воды выше 15°C, и погибающий при 27°C, был очень распространен во второй половине XVIII в. Повышение температуры воды могло быть вызвано не только строительством водохранилищ, но и (особенно в последние 20 лет) расселением бобра, который в XVIII в. в бассейне Москвы-реки не водился. Бобр превращает ручьи в цепь хорошо прогреваемых прудов. Так, на р. Костинке длиной всего 12 км в 2005-2006 гг. насчитывалась 21 бобровая плотина и 15 бобровых прудов. После появления в 2006-2012 гг. бобровой плотины на притоке Костинки, вытекающего из ключевого пруда в карьере, температура воды в ручье в летние месяцы выросла с 10-12°C (в 2006 г.) до 15°C и выше (в 2012-2013 гг.).

Таким образом, за последние 250 лет сократилась не только общая протяженность гидрографической сети в верховьях Рузы, но и наблюдает-

ся заметное повышение температуры воды в реках и ручьях в летние месяцы.

### Список литературы

1. Озерова Н.А., Иофис М.А., Подземные реки. Подземные реки города Москвы // Москва. Наука и культура в зеркале веков. Все тайны столицы / О.А.Зиновьева (сост.). М.: АСТ, 2014. 607 с. С. 121-138.
2. Озерова Н.А. К истории освоения бассейна р. Рузы // История наук о Земле. 2007. Вып. 1. С. 198-207.
3. Озерова Н.А. Освоение р. Костинки: исторический аспект // Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова. Годичная научная конференция, 2007. М.: ИДЭЛ, 2008. С. 444-446.
4. РГВИА. Ф. 846. Оп. 16. Д. 18859. Ч. 1; Ч. 10.
5. Кусов В.С. Земли Московской губернии в XVIII веке. М., 2004. Т. 1; Т. 2; Карты уездов.
6. Атлас Московской области. М.: Фирма Арбалет; АСТ-Пресс, 2005.
7. Топогр. карта РСФСР. Москов. обл. Лл. N-36-011; N-36-12; O-36-113; O-36-114.
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т.10. Л., 1966.
9. Рис.1 наводит на мысль, что исторически сложившееся представление об истоке Рузы у д. Спас-Вилки (д. Верхоружье в XVIII в.) неточно. У д. Спас-Вилки начинается один из отвершков ручья (Верхоружский), впадающий в Рузу. Второй отвершек ручья (у д. Крутое Малое, возникшей в XIX в. и тоже именованной Верхоружьем) сегодня считается истоком Рузы. Однако оба они короче Дубровенки, которая, начинаясь у д. Архангельское, на 4 км длиннее, чем Руза до устья Дубровенки. Т.е. Дубровенка, принимающая еще 3 таких же коротких притока, имеет больше прав считаться началом Рузы.
10. Каргаполова И.Н. Реакция русел рек на изменение водности и антропогенное воздействие за последние столетия. Диссертация ... канд. геогр. наук. М., 2006.
11. Рыбы Подмосковья / Соколов В.Е. (отв. ред.). М.: Наука, 1988.
12. Рахилин В.К. Ихтиофауна Московского региона в XVIII в. и ее изменение во времени // История изучения, использования и охраны природных ресурсов Москвы и Московского региона. М.: Янус-К, 1997. С. 108-111.
13. Большой атлас Москвы. М.: Феория, 2013.

THE DRAINAGE OF THE RUZA'S RIVER HEAD (IN THE BASIN OF THE MOSCOW RIVER): THE PAST AND THE PRESENT

Ozerova N.A.

S.I. Vavilov Institute for the History of Science and Technology of the Russian Academy of Sciences, Moscow

[14orn@rambler.ru](mailto:14orn@rambler.ru)

The river Ruza is the longest confluent of the Moscow river. Its basin is mastered for ages. The water from Vazuza's reservoir began to come in the river head by channel in the XX century. The Verkhneruzskoye reservoir was built at the same time. The first detailed data about the drainage net of the Ruza river's head refer to the second half of the XVIII century. It is associated with the General survey. The analysis of 4 maps which are connected with the coordinate system let us know the length and the area of the objects despite of capital waterworks. It demonstrates that the area of a lake and the length of drainage net have reduced during the previous 250 years. Now burbot is absent among the fish species, but this fish was widespread in the XVIII century. This fact may indicate that the water temperature in the Ruza and its confluents has become higher. It may be the result of not only of the existence of the pools and reservoir but the beaver's resettlement.

**Keywords: the Ruza, the basin of the Moscow river, drainage net, the length of the drainage net**

## НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ НЕКОТОРЫХ ОЗЕР ГОРОДА ГОМЕЛЯ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

Толкачева А.В.

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Гомель

[dajneko@gsu.by](mailto:dajneko@gsu.by)

Среди экологических групп выделены виды растений, которые максимально накапливают различные тяжелые металлы, и могут служить индикаторами загрязнения водоемов.

Ключевые слова: водные растения, мониторинг, окружающая среда

Тяжелые металлы – это группа химических элементов с относительной атомной массой более 40. С одной стороны, концентрация металла может быть избыточной и даже токсичной, тогда этот металл называют «тяжелым», с другой стороны, при нормальной концентрации или дефиците его относят к микроэлементам [1].

Тяжелые металлы (ТМ) являются на сегодняшний день одними из самых распространенных и опасных загрязнителей окружающей среды. Ионы металлов являются неизменными компонентами природных водоемов [2]. Тяжелые металлы в составе тех или иных соединений перемещаются между различными средами, активно взаимодействуют с населяющей их биотой, оказывая отрицательное влияние на ее жизнедеятельность, заметно ухудшают пригодность воды для использования в народнохозяйственных целях [3].

В небольших количествах тяжелые металлы необходимы для нормальной жизнедеятельности высших водных растений. Такие металлы, как медь, цинк, никель входят в состав многих ферментативных систем, обеспечивающих практически все основные функции организма. В то же время избыток ТМ подавляет рост и влияет на жизнеспособность прибрежно-водных растений, нарушая физиолого-биохимические процессы в клетках. Водные растения обладают способностью аккумулировать тяжелые металлы в достаточном количестве.

**Цель работы:** изучение видовой разнообразия, экологического спектра флоры и содержания тяжелых металлов в прибрежно-водных растениях некоторых озер города Гомеля.

**Объект исследования:** прибрежно-водная растительность некоторых озер, расположенных на территории г. Гомеля.

### Методы исследования

Изучение прибрежно-водной растительности осуществлялось маршрутным методом при обходе водоема с берега. Видовой состав изучался в полевых условиях, а также виды, определение которых вызывало у нас затруднение, гербаризировались для определения в лабораторных условиях. Распределение растительности по экологи-

ческим группам осуществлялось по классификации Гигевича [4]. Содержание тяжелых металлов в некоторых видах прибрежно-водных растений изучались лабораторным методом в РНИ-УП «Институт радиологии» МЧС РБ. Полученные результаты были статистически обработаны с помощью MS Excel 2003.

Ниже приводится характеристика объектов исследования.

Объект № 1. Сельмашевское озеро северной окраины г. Гомеля. Координаты: N 52° 27' 889", E 30° 57' 638". I. Прибрежно-водная экосистема асс. *Typhetum latifoliae* Soó 1927 союза *Phragmition Koch* 1926, порядка *Phragmitetalia Koch* 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak* 1941.

II. Прибрежно-водная экосистема асс. *Typhetum angustifoliae* союза *Phragmition Koch* 1926, порядка *Phragmitetalia Koch* 1926, класса *Phragmito-magnocaricetea Klika in Klika et Novak* 1941.

Объект № 2. Озеро у горбатого моста справа. Координаты: N 52° 28' 829", E 30° 58' 491". Водная экосистема отнесена к асс. *Lemno minoris-Salvinietum natantis* (Slavnić 1956) *Korneck* 1959 союза *Lemno minoris-Salvinietum natantis Slavnić* 1956 *et. R. Tx.* 1955, класса *Lemnetea minoris R. Tx.* 1955.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* союза *Magnocaricion elatae W. Koch* 1926, порядка *Magnocaricetalia Pign.* 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak* 1941.

Примыкающая к озеру луговая экосистема отнесена к асс. *Poo-Festucetum pratensis Sapegin* 1986 союза *Festucion pratensis Sipaylova, Mirkin, Shelyag et V. Solomakha* 1985, порядка *Arrhenatheretalia Pawl.* 1928, класса *Molinio-Arrhenatheretea R. Tx.* 1937.

### Результаты исследований и их обсуждение

В ходе работы был изучен флористический состав озер. Всего было обнаружено 22 вида высших водных растений из 12 семейств и 20 родов. Наиболее многочисленные семейства: злаковые – Poaceae (22,7% от общего числа видов), осоковые – Cyperaceae (18,2%). Наибольшее количество исследуемых видов относится к гидрофитам, что составляет 63,64% от всей выявленной флоры (14

Таблица 1. Анализ проб воды изучаемых объектов г. Гомеля.

Номер объекта	Определяемый показатель, мг/л								
	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	Pb	Cd	Ni	Cr
Объект 1	<0,001	0,001	0,004	0,0004	<0,008	<0,001	<0,004	0,011	<0,0006
Объект 2	0,005	0,001	0,002	0,0004	0,075	<0,001	<0,002	0,0012	<0,0006

видов). Среди гидрофитов встречаются эугидрофиты, которые в свою очередь подразделяются: эугидрофиты, полностью погруженные, неукореняющиеся, взвешенные в толще воды (4,55%), эугидрофиты с воздушными генеративными органами, укореняющиеся (4,55%), плейстогидрофиты неукореняющиеся, свободно плавающие на поверхности воды (9,09%) и аэрогидрофиты: высокорослые (27,27%) и среднерослые (18,18%). На долю гидрофитов приходится 8 видов исследуемой флоры, что составляет 36,37%. Они в свою очередь подразделяются на эугидрофиты среднерослые (22,73%) и гидрогелофиты среднерослые (13,64%).

Проведенный анализ среднего содержания изучаемых элементов в экологических группах показал, что наибольшим содержанием железа отличались эугидрофиты с воздушными генеративными органами, укореняющиеся, а наибольшим коэффициентом накопления характеризовались плейстогидрофиты неукореняющиеся. У эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющихся отмечено наибольшее содержание меди, превышающее фоновое в 1,6 раза. Во всех экологических группах отмечалось превышение фонового содержания по цинку, особенно у эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющихся – в 26,6 раза и у гидрогелофитов среднерослых – в 18,5 раза, а КН выше у эугидрофитов, полностью погруженных, неукореняющихся, взвешенных в толще воды и плейстогидрофитов неукореняющихся. Превышение фонового содержания по марганцу было отмечено только в двух экологических группах – это у эугидрофитов с воздушными генеративными органами, укореняющихся – в 3,1 раза и плейстогидрофитов неукореняющихся – в 1,2 раза. У последних самый высокий КН. Все экологические группы накапливали свинец ниже фонового содержания. По содержанию кадмия несколько экологических групп аккумулировали его выше фона в несколько раз. Наибольшим накоплением отличались эугидрофиты, полностью погруженные, неукореняющиеся, взвешенные в толще воды, аэрогидрофиты среднерослые и эуигрофиты среднерослые. Наибольший коэффициент накопления обнаружен у аэрогидрофитов среднерослых и эуигрофитов среднерослых. Из всех экологических групп наибольшее содержание никеля было отмечено у эугидрофитов, полностью погруженных, неукореняющихся,

взвешенных в толще воды – в 4,9 раза превышающее фоновое содержание, а плейстогидрофиты неукореняющиеся аккумулировали никель выше фона в 1,9 раза. Наибольший КН зафиксирован у эуигрофитов среднерослых. Больше всего хрома содержали плейстогидрофиты неукореняющиеся – в 1,3 раза выше фона. У них же самый высокий КН.

Анализ проб воды (таблица 1) изучаемых объектов не обнаружил превышения ПДК.

Анализ проб почвы (таблица 2) изучаемых объектов г. Гомеля выявил, что наибольшее содержание железа было во 2-ом объекте в почве с берега. В 1-ом объекте в почвогрунте из воды превышение ПДК по меди составило 11,8 раза, а в почве с берега в 1,2 раза. Во всех пробах почвы в двух объектах не наблюдалось превышения ПДК по цинку, кобальту, марганцу, свинцу, никелю и хрому. Содержание кадмия во всех пробах оказалось выше ПДК в 1,75 раза.

Проведенные исследования показывают значительные различия в накоплении металлов у растений разных экологических групп. Было установлено, что наибольшим накоплением тяжелых металлов отличались эугидрофиты с воздушными генеративными органами, укореняющиеся, плейстогидрофиты неукореняющиеся и эугидрофиты, полностью погруженные, неукореняющиеся. Среди экологических групп выделяются виды растений, которые максимально накапливают различные тяжелые металлы, и могут служить индикаторами загрязнения водоемов.

#### Список литературы

1. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Израэль, Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю.А. Израэль. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 155 с.
3. Особенности формирования гидрохимического режима и качества воды водоема-охладителя АЭС и прилегающих объектов в условиях эксплуатации Запорожской АЭС: Отчет о НИР / Укр.НИГМИ. – К., 1989. – 90 с.
4. Гигевич Г.С. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / Г.С. Гигевич, Б.П. Власов, Г.В. Вынаев. – Мн.: Издательский центр БГУ, 2001. – С. 231.

**HEAVY METALS ACCUMULATION BY WATER PLANTS IN SOME LAKES IN THE CITY  
OF GOMEL, BELARUS**

**Tolkacheva A.V.**

F. Skorina Gomel State University, Gomel

[\*dajneko@gsu.by\*](mailto:dajneko@gsu.by)

It was stated that ecological groups of vascular plants could be used as indicators of water pollution.

Keywords: **water plants, monitoring, environment**

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ РАЙОНОВ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ИНДЕКСОВ И ИНДИКАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Хворостухин Д.П.

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов

[khvorostukhin89@mail.ru](mailto:khvorostukhin89@mail.ru)

В статье рассматривается методика оценки устойчивости развития муниципальных районов Саратовской области путем создания системы индексов и индикаторов. Предлагается перечень показателей и способ расчета интегрального индекса.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, индексы и индикаторы, муниципальный район, картографические модели, геоинформационные системы

Вопросы рационального природопользования и сохранения биологической продуктивности планеты стали волновать человеческие умы еще в античные времена. Однако во второй половине XX века необходимость изменения подхода человечества к использованию природных ресурсов стала особенно острой. Реакцией мирового сообщества на данную проблему стало развитие концепции устойчивого развития и принятие в 1992 году на Конференции ООН по окружающей среде и развитию двух важнейших документов: Повестки дня на XXI век и Декларации ООН по окружающей среде и развитию. С тех пор ведутся активные споры, как по самой концепции, так и по способам оценки устойчивости развития той или иной территории.

Основным способом оценки степени приближенности территории к устойчивому развитию на сегодняшний день являются системы индексов и индикаторов. Согласно Стратегии Устойчивого развития России, индикаторами устойчивого развития называют критерии и показатели, с помощью которых оценивается уровень развития того или иного географического региона (города, страны, региона, континента, всего мирового сообщества), прогнозируется его будущее состояние (экономическое, политическое, экологическое, демографическое и т.д.), делаются выводы об устойчивости этого состояния. [1]. Индекс – это агрегированный или взвешенный индикатор, основанный на нескольких других индикаторах или показателях [2].

На сегодняшний день не существует проработанной системы индикаторов, отражающих степень приближенности к устойчивому развитию территории на различных уровнях (национальном, региональном, местном). Однако, разработано большое количество систем индексов и индикаторов глобального и национального уровней. В Российской Федерации наиболее известны региональные индексы устойчивого развития Томской области и Кемеровской области. Существуют также работы по созданию систем индикаторов устойчивого развития по муниципаль-

ным образованиям. Но, несмотря на обилие исследований и множество организаций, занимающихся данной проблемой, до сих пор не выработана общепринятая структура индексов, а также не определен минимальный набор показателей, который должен быть обязательно учтен.

Подобные системы индексов и индикаторов должны охватывать все уровни государственного управления для объективной оценки ситуации. В связи с большими размерами Российской Федерации и ее субъектов, сопоставимыми иногда с крупными европейскими государствами, использование индексов только на уровне регионов и муниципальных образований может не дать достаточно объективной информации о состоянии территории. В связи с этим, задача по разработке индекса устойчивого развития муниципального района является достаточно важной и актуальной. Анализ ситуации на данном уровне обладает рядом особенностей:

- наличие показателей государственной статистики;
- возможность учета локальных экологических проблем;
- возможность выявления пространственных закономерностей на микроуровне;
- возможность анализа как природной, так и экономической и социальной составляющей на достаточно крупном масштабе [3].

Одной из важнейших задач при создании индекса устойчивого развития является обоснованный выбор исходных показателей, которые бы объективно отражали социально-экономическую и экологическую ситуацию в масштабе муниципального района. С.Н. Бобылев выделяет несколько критериев, которым должны удовлетворять индикаторы устойчивого развития:

- возможность использования на макроуровне в национальном масштабе;
- понимаемость и однозначная интерпретация для лиц, принимающих решения;
- наличие количественного выражения;

- опора на имеющуюся систему национальной статистики без требования значительных затрат для сбора информации и расчетов;
- репрезентативность для международных сравнений;
- возможность оценки во временной динамике;
- сквозное представление по уровням и секторам;
- соответствие действующим особенностям принятия решений;
- наличие ограниченного числа [4].

Согласно представленным критериям были отобраны показатели для расчета индекса устойчивого развития муниципального района. Они были распределены по трем категориям: социальные, экономические и экологические. Что в большей степени соответствует принципу построения системы индикаторов «Проблема-индикатор», наиболее простой и распространенной в современных исследованиях. Всего было отобрано 40 показателей.

Большая часть из них взято из статистических сборников и баз данных Госкомстата. Однако, зачастую этих сведений не достаточно для объективного отражения ситуации в муниципальном районе. Существуют и другие официальные источники информации о всех трех компонентах устойчивого развития. Одним из таких источников являются схемы территориального планирования муниципальных районов. В Саратовской области разработка таких схем завершена на все 38 муниципальных районов. В рамках разработки данных схем для каждого района создавалась ГИС «Муниципальный район», структура которой разработана коллективом Научно-внедренческого центра геоинформационных технологий СГУ в сотрудничестве со специалистами ФГУП «Институт «Саратовгражданпроект» Саратовской области. Данная системы наполнена обширным картографическим и статистическим материалом, отражающим многие аспекты состояния муниципального района. Структура и функции данной ГИС подробно описаны в [5].

Так как геоинформационные системы являются наиболее мощным инструментом для обработки и хранения большого объема пространственно-координированной информации, было принято решение, что для расчета индексов устойчивого развития за основу будет принята ГИС «Муниципальный район», дополненная рядом статистических показателей, не отраженных в схемах территориального планирования. Обладая необходимым математическим аппаратом, геоинформационные системы позволяют оценивать необходимые параметры без отрыва от территории, что, несомненно, важно при решении задач устойчивого развития. Приведем перечень используемых показателей.

#### Показатели социального развития:

1. Демографическая нагрузка
2. Естественное движение населения
3. Механическое движение населения
4. Обеспеченность услугами здравоохранения
5. Обеспеченность образовательными учреждениями
6. Обеспеченность учреждениями культуры
7. Уровень безработицы
8. Обеспеченность газом
9. Обеспеченность телефонной связью и телевидением
10. Наличие дорог с твердым покрытием
11. Обеспеченность общественным транспортом
12. Обеспеченность спортивными сооружениями
13. Обеспеченность пожарными бригадами
14. Обеспеченность качественной питьевой водой
15. Обеспеченность книгами и журналами
16. Общая заболеваемость населения
17. Объем продаж алкогольной продукции
18. Уровень преступности

#### Показатели экономического развития:

1. Объем инвестиций в основной капитал
2. Объем бюджета на одного жителя
3. Профицит/дефицит бюджета
4. Процент убыточных предприятий
5. Среднемесечная заработная плата
6. Численность муниципальных служащих
7. Протяженность газопроводов, водопроводов и канализационных сетей, нуждающихся в замене
8. Жилищные условия (число проживающих в ветхих и аварийных домах, ввод нового жилья)
9. Износ электроподстанций и ЛЭП
10. Валовой региональный продукт
11. Общая обеспеченность жильем
12. Оборот розничной торговли

#### Экологические показатели:

1. Площадь экологического каркаса
2. Площадь ООПТ
3. Площадь территорий, подверженных опасным экзогенным процессам
4. Техногенная нагрузка
5. Площадь территории, находящаяся в санитарно-защитных зонах
6. Процент сельскохозяйственных угодий
7. Очистка сточных вод и наличие канализации
8. Затраты на охрану окружающей среды
9. Объем выбросов в атмосферу
10. Энергопотребление

Как видно из перечня, показатели имеют различные системы измерения, поэтому требуется введение единой шкалы для их сопостав-



ления. Предлагается оценивать каждый показатель непрерывной шкалой от -1 до +1 балла в зависимости от того насколько положительным или отрицательным является показатель с точки зрения устойчивого развития муниципального района. Выделяются либо пороговые значения показателя, либо его эталонное (нейтральное) значение. Для территориальной дифференциации показатели рассчитываются по муниципальным образованиям, представляются в картографической форме, а затем производится сведение всех значений в единую интегральную оценку по району.

Так, например, для показателя демографической нагрузки пороговые значения взяты 0 и 2, эталонный показатель – 1. Соответственно для Муниципального образования имеющего демографическую нагрузку 1 – значение показателя составит 0 баллов, показатель 2 – -1 балл. Промежуточные значения рассчитываются пропорционально пороговым значениям.

В результате оценки каждого из параметров путем нахождения среднего значения вычисляются три индекса: социальный, экономический и экологический. Общий индекс является результатом вычисления среднего значения между тремя основными индексами. При этом они берутся с равными весами, что в наибольшей степени соответствует идее устойчивого развития и равенства социального и экономического

развития и экологической стабильности окружающей среды.

#### Список литературы

1. Основные положения стратегии устойчивого развития России. Под ред. М.А. Шелехова. М., 2002. – 161 с.
2. Тарасова Н.П., Кручина Е.Б. Индексы и индикаторы устойчивого развития. // Материалы международной конференции «Устойчивое развитие: природа – общество – человек». Том 2. М., 2006. С. 127-144
3. Гусев В.А., Молочко А.В., Федоров А.В., Хворостухин Д.П., Чумаченко А.Н. Схемы территориального планирования как основа для разработки индексов устойчивого развития // Изв. Саратов. ун-та. Новая серия. Сер. Науки о Земле, 2012. Т. 13, вып. 1. С. 16-20.
4. Бобылев С. Н., Зубаревич Н. В., Соловьева С. В., Бобылева Ю. С. Устойчивое развитие : методология и методики измерения : учеб. пособие. М. : Экономика, 2011. – 358 с.
5. Макаров В.З. Опыт разработки геоинформационной системы для схемы территориального планирования муниципального района / В.З. Макаров, А.Н. Чумаченко, А.М. Демин и др. // ИнтерКарто-ИнтерГИС-14. Устойчивое развитие территории: теория ГИС и практический опыт: мат-лы Междунар. науч. конф. Том 1. Саратов. – 2008. – С. 229-241.

#### SARATOV REGION MUNICIPAL DISTRICTS SUSTAINABILITY RATING BY CREATING A SYSTEM OF INDEXES AND INDICATORS USING GIS TECHNOLOGY

Khvorostukhin D.P.

Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov

[khvorostukhin89@mail.ru](mailto:khvorostukhin89@mail.ru)

In this article methodic of Saratov region municipal districts sustainable development assessing by creating of system indexes and indicators is considered. Characteristics list and method of integral index calculating are proposed.

Keywords: sustainable development, indexes and indicators, municipal district, cartographical models, geoinformation systems

## Результаты индикационных и эколого-геохимических исследований

### ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА ЛЕСА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Аверкиева И.Ю., Иващенко К.В., Грозовская И.С.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук, Пущино

[averkieva25@rambler.ru](mailto:averkieva25@rambler.ru)

На примере лесных экосистем Европейской части России показано влияние эмиссии оксидов азота на почвенно-растительные параметры. В качестве объектов исследования были выбраны леса Московской и Костромской областей с различным типом лесной растительности на дерново-подзолистых почвах. В связи с тем, что выбранные территории подвергаются различному уровню загрязнения, полученные результаты характеризуют лесные экосистемы с уровнем поступления минерального азота вместе с атмосферными осадками от 2- 15 кг N/га в год. В результате анализа получено, что существует обратная взаимосвязь между содержанием минеральных соединений азота в почве и баллом обеспеченности почв азотом по шкале Элленберга ( $R = -0,67$ ). Анализ главных компонент выявил, что существует тесная корреляционная связь между содержанием нитратов в почве и концентрацией минерального азота в снеге. Для Московской области так же выявлено, что высокое содержание нитратов в почве и его преобладание над аммонийной формой характерно для лесных массивов, которые располагаются вблизи крупных промышленных центров и автомагистралей.

Ключевые слова: Выпадения азота, почва, растительность

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ  
№ 14-04-00098 А*

Лесные экосистемы обладают высокой социальной и экологической значимостью, но из-за близости к крупным промышленным центрам и большим автострадам испытывают сильные антропогенные нагрузки. Начиная с 70-80-х годов прошлого века, заметным фактором техногенного влияния на состояние лесных биогеоценозов оказывает загрязнение воздушной среды, в том числе, оксидами азота ( $\text{NO}_x$ ). Повышенная атмосферная эмиссия азота приводит к увеличению пулов его минеральных соединений в различных звеньях биогеохимического цикла (атмосферных выпадениях, почвах, почвенно-грунтовых водах), что может явиться причиной смены в структуре видов напочвенного покрова растительности. В связи с этим актуальной становится оценка влияния загрязнения воздушной среды, в частности оксидами азота, на почвенно-геохимические и растительные параметры биогеохимического цикла азота в лесах Европейской части России.

В качестве объектов исследования на территории Костромской и Московской областей выбраны ключевые участки с различным типом леса, напочвенного покрова и уровнем эмиссии соединений азота от промышленных источников (рис.1). Тип почв на территории исследования дерново-подзолистый от легкого до тяжелого гранулометрического состава. Тип растительности представлен широким спектром лесных экосистем, однако все леса 40-60-летнего возраста,

что исключает влияние сукцессионного состояния на накопление азота в почве.

#### Материалы и методы

С целью определения особенностей трансформации атмосферных осадков в районах с различной интенсификацией техногенной эмиссии соединений азота проводилась снегосъемка в соответствии с разработанной методикой [2] с последующими химико-аналитическими исследованиями. Для изучения динамики концентрации минерального азота проводился отбор почвенных проб, в которых определено содержание  $N_{\text{общ}}$ ,  $\text{NH}_4$  и  $\text{NO}_3$  с использованием фенолятгипохлоритной реакции в модификации В.Н.Кудеярова [3], общий углерод, гранулометрический состав и другие почвенные характеристики, влияющие на характер трансформации азота в почве по стандартным методикам. Для определения характера видового состава напочвенного покрова на исследованных участках проводились геоботанические описания растительности в конце периода вегетации. С данной целью на выбранных площадках размером  $100\text{ м}^2$ , описывалось проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов; для всех ярусов растительности составляется список видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников [4]. Структурное разнообразие видов сосудистых растений определено с использованием эколого-ценотической классификации растительности [5], а так же определялась обеспеченность почв азотом по экологическим шкалам Д.Цыганова и Г.Элленберга с использова-

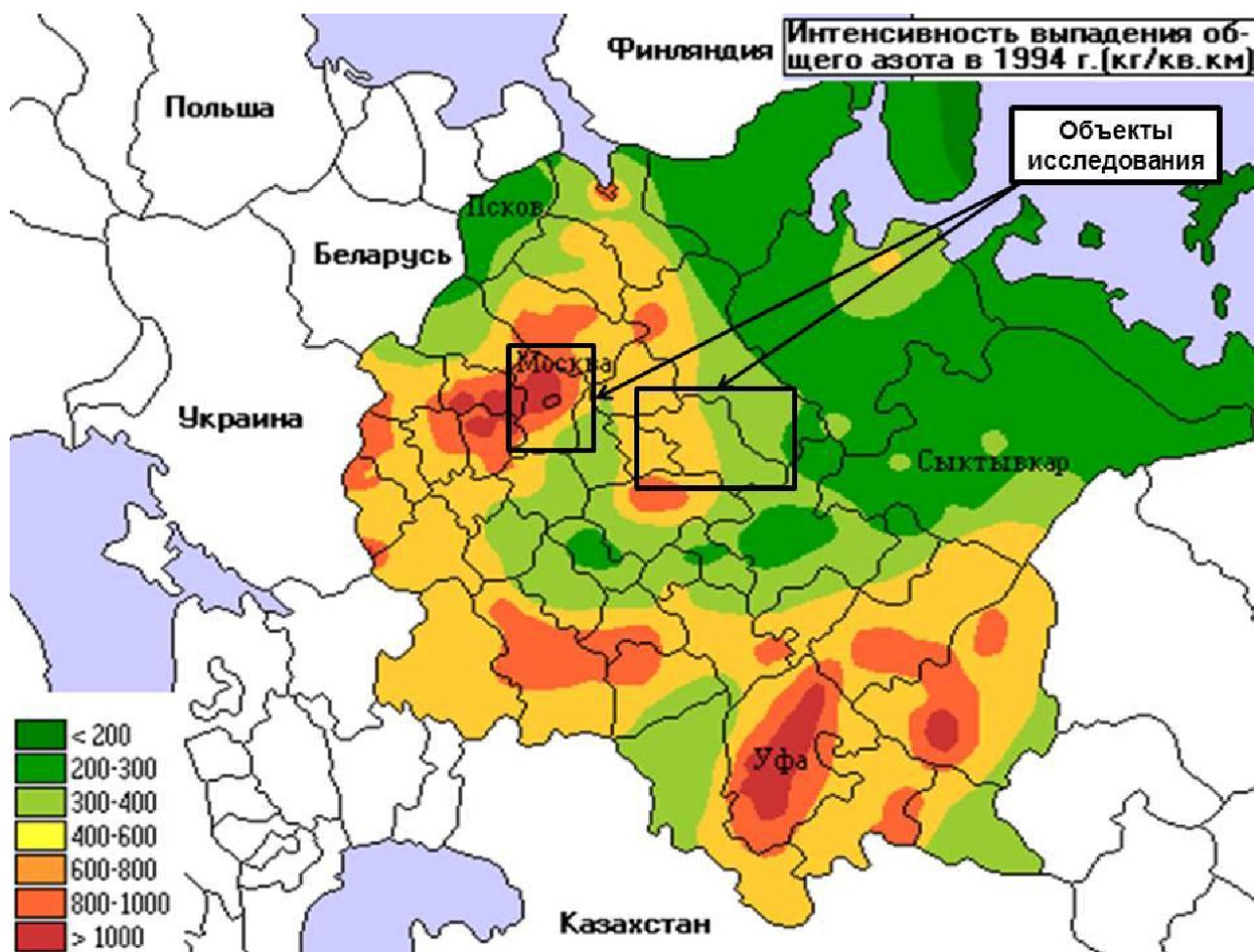


Рисунок 1. Карта-схема расположения объектов исследования и интенсивность выпадений общего азота на территории Европейской части России [1].

нием программы EcoscaleWin [6]. Используя полученный в ходе полевых исследований материал проведена оценка зависимости почвенно-геохимических и фитоценологических параметров лесных экосистем от атмосферной поставки азота с использованием анализа главных компонент в программе PCOrd [7].

#### Основные результаты

В снеговой воде концентрации химических элементов, содержащихся в атмосферных выбросах, существенно выше, чем в дождевых осадках [8]. Так же полученные результаты химического состава снежных вод представляют интерес как показатели обеспеченности лесной растительности доступным азотом в начале вегетации, когда процессы микробного разложения органического вещества еще замедлены. По полученным данным в Московской области концентрации минерального азота в снеговой воде составили от 0,5–1,5 мг·N/л, а в Костромской соответствовали от 0,1–0,4 мг·N/л. Сравнивая полученными нами данные с критическим концентрациям азота для разных трофических групп напочвенного покрова (для лишайников, мхов и олиготрофных кустарничков – 0,2–0,4 мг·N/л; для мезотроф-

ных кустарничков – 0,6–1 мг·N/л, для злаков – 3 мг·N/л [9]), можно сделать вывод о том, что для многих лесных экосистем Подмосковья содержание азота в талых снеговых водах превышает критические концентрации азота для олиготрофных и мезотрофных видов. Для лесных экосистем Костромской области превышений критическим концентрациям азота для разных трофических групп не наблюдалось.

По результатам проведенных исследований выявлено, что концентрации минеральных форм азота в почве соответствовали 5–23 мг·N/кг для Подмосковья и 2–20 мг·N/кг для Костромской области. Пул минеральных соединений азота в почвах преимущественно представлен аммонийной формой, так как превращение органических остатков в лесных экосистемах в основном идет до стадии аммиака, что обусловлено особенностями биогеохимических процессов данных экосистем [10]. В лесах Подмосковья концентрации аммонийных форм в середине вегетационного сезона изменялись в пределах 4–11 мг·N/кг почвы, а в Костромской области соответствовали 0,6 до 5 мг·N/кг почвы. Для некоторых лесов показано преобладание нитратных форм, что мо-

жет свидетельствовать как об адаптации лесных экосистем к условиям лимитированности азотом, так и о влиянии антропогенных источников. Содержание нитратных форм в лесных почвах варьировало от следовых количеств до 13 мг·N/кг в Московской области и от следовых количеств до 5 мг·N/кг в Костромской области. В Подмосковье максимальные значения (>10 мг·N/кг) содержания нитратов в почве отмечены для участков, расположенных вблизи сельскохозяйственных полей и в районах воздействия лесных пожаров. Для Костромских лесов видимых связей между увеличением концентрации нитратных соединений в почве и антропогенными объектами не наблюдалось.

Проведенная оценка обеспеченности лесных экосистем доступным азотом, с использованием метода фитоиндикации показала, что для территории Московской области характерно преобладание лесов, относящихся к местообитаниям с высоким содержанием азота в почве. Большинство лесных экосистем Костромской области по данным фитоиндикации можно отнести к местообитаниям с низким и средним уровнем содержания азота в почве. Проведенный корреляционный анализ выявил обратную взаимосвязь между содержанием минеральных соединений азота в почве и баллом обеспеченности почв азотом по шкале Элленберга ( $R = -0,67$ ).

Проведенный анализ главных компонент показал, что при сравнении совокупности биогеохимических параметров по градиенту содержания минерального азота в снеговой воде явных корреляционных зависимостей не обнаружено. Однако существует тесная корреляционная связь между отдельными параметрами: содержанием нитратов в почве, баллом по шкале обеспеченности почв азотом по шкале Элленберга и концентрацией минерального азота в снеге.

Анализ главных компонент так же позволил определить, что экосистемы Московской и Костромской областей не сильно отличаются по градиенту содержания минерального азота в снеговой воде. Для Костромских лесов не найдено повышения в его концентрации больше 0,4 мг·N/л, что находит отражение в структуре напочвенного покрова (преобладание мезотрофных и эфтрофных видов) и соотношении минеральных соединений азота в почве (преобладание аммонийных форм над нитратными). В Подмосковных лесах концентрации  $N_{\text{мин}}$  в снеговой воде для некоторых участков превышают 1,5

мг·N/л, что так же находит отражение в структуре видов напочвенного покрова (преобладание нитрофильных видов) и почвенных параметрах (преобладание нитратов над аммонием).

### Список литературы

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1995 году, М., ЦМП, 1996, 458 с.
2. Василенко В.Н., Назаров И. М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова Л.: ГИМИЗ, 1985. — 182 с.
3. Кудеяров В.Н. О биогеохимическом цикле азота //Биогеохимические циклы в биосфере. М.: Наука, 1976. — С.190-198.
4. Флинт В.Е., Смирнова О.В. Сохранение и восстановление биоразнообразия. Учебное пособие. М.: Издательство научного и учебно-методического центра, 2002. 286 с.
5. Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп видов растений лесной зоны Европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // Бюлл. МОИП. Сер. Биологическая. 2006. Т. 111. № 2. — С. 36-47.
6. Грохлина Т.И., Ханина Л.Г. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Материалы II Всероссийской научной конференции. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2006. — С. 87-89.
7. McCune, B., Mefford, M.J. 1999. PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data. Version 4.0. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, USA.
8. Вахнина И.Л., Замана Л.В. Влияние загрязнения снегового и почвенного покрова в зеленой зоне г.Читы на прорастание семян сосны обыкновенной // Лесоведение, 2013, № 2, С. 38-44.
9. De Vries W., Ros H., Reins G.J. et al. (2007) Developments in deriving critical limits and modelling critical loads of nitrogen for terrestrial ecosystems in Europe. Alterra, Alterra –rapport 1382, 206 p.
10. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. — 240 с.

**IMPACT OF AIR POLLUTION ON FOREST OF EUROPEAN RUSSIA****Averkieva I.Y., Ivashenko K.V., Grosovskaya I.S.**Institute of Physical-Chemical and Biological Problems in Soil Science Russian  
Academy of Sciences, Pushino[averkieva25@rambler.ru](mailto:averkieva25@rambler.ru)

For forest ecosystems of European Russia were shown the effect of emissions of nitrogen oxides on soil and vegetation parameters. As objects of study were selected forest Moscow and Kostroma regions with different types of forest vegetation on sod- podzolic soils . Due to the fact that the selected areas are exposed to different levels of emission of nitrogen compounds , the results characterize forest ecosystems with the level of wet nitrogen deposition from 2 - 15 kg N / ha per year . The analysis found that there is an inverse relationship between the content of mineral nitrogen compounds in the soil and a score of nitrogen richness of the soil Ellenberg ( $R = - 0,67$ ). Component analysis revealed that there is a correlation between the levels of nitrates in the soil and the concentration of inorganic nitrogen in the snow. For the Moscow region also found that high levels of nitrates in the soil and its predominance over the ammonium form characteristic of forests, which are located near major industrial centers and highways.

**Keywords: Deposition of nitrogen, soil, vegetation**

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДАМИ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Андреевская И.А.

Забайкальский государственный университет, Чита

[irina.andreevskaya.93@mail.ru](mailto:irina.andreevskaya.93@mail.ru)

В работе дана оценка фитотоксичности почвы методами биотестирования. Обнаружена почва средней токсичности. Определено, что все исследованные почвы находятся в удовлетворительном состоянии и могут быть использованы для выращивания овощных и плодовых культур.

Ключевые слова: биотестирование, почва, фитотоксичность

В настоящее время особенно остро стоит проблема загрязнения окружающей среды. В результате преобразований в природной среде происходит синтез новых соединений, которые могут быть токсичнее уже существующих [5]. Примерами таких веществ могут служить тяжелые металлы, пестициды и т.д. Вредное воздействие физических, химических и других факторов может ослабляться или усиливаться. Большая часть загрязняющих веществ со временем осаждаются и аккумулируются в почве.

Оценку степени загрязнения почв, ее токсичности проводят с помощью различных методов биотестирования, которые широко используются для определения токсических свойств окружающей среды (воздуха, воды, почвы, промышленных отходов и т.д.). Биотестирование как один из методов определения токсичности дает возможность получить интегральную токсикологическую характеристику природных сред независимо от качественного и количественного состава загрязняющих веществ, одним из которых являются тяжелые металлы [3].

*Цель исследования:* дать оценку токсичности почвы, взятой в разных районах Забайкальского края.

Для биотестирования использовалась методика, разработанная А.С. Багдасаряном (2007) [1] и Р.Р. Кабириным (1997) [5].

*Объекты исследования:* водная вытяжка почвы из Красночикийского района (с. Барахоево), Читинского района (пгт Атамановка, г. Чита ул. Татарская) и контроль (дистиллированная вода).

В качестве фитотест – системы использовали 2 биологических объекта:

1. кресс-салат посевной (*Lepidium sativum*) отличается быстрым ростом и почти стопроцентным прорастанием. Рекомендуются для определения загрязнения вредными веществами почвы и воздуха. Этот тест-объект очень чувствителен к загрязнению почвы свинцом;
2. редис посевной (*Raphanus sativus*) применяется для биотестирования сточных вод и их осадков, используемых для орошения и удобрения, является чувствительным тест-

организмом к загрязнению почвы кадмием, цинком, медью и никелем.

Для используемых биологических объектов определяли морфометрические показатели (длину корней 4 -дневного экспонирования в почвенной вытяжке, длину наземной части проростков кресс-салата и редиса). Одновременно с этими показателями мы производили расчёты по энергии прорастания (дружность появления проростков за 4 суток) и индексу токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) для каждой фитотест – системы.

Энергию прорастания (В) определяли в процентах по формуле:

$$B = \frac{a}{b} \cdot 100\%,$$

где а – число проросших семян; в – общее число семян, взятых для опыта.

Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест – объекта:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_к$$

где ТФ<sub>0</sub> – значение регистрируемой тест – системы в опыте; ТФ<sub>к</sub> – значение регистрируемой тест – системы в контроле [6]. Полученные результаты занесли в таблицу 1.

Для определения класса токсичности исследуемой почвы использовали шкалу токсичности (таблица 2):

Как видно из таблиц почва с района Атамановка обладает средней токсичностью, что вероятно связано с тем, что именно на этой территории находится автомагистраль с интенсивным движением, а также активно идет строительство.

Проведённое определение токсичности почвы на различных участках позволяет сделать следующий вывод: все исследованные почвы находятся в удовлетворительном состоянии и могут быть использованы для выращивания овощных и плодовых культур.

Таблица 1. Результаты определения фитотоксичности почвы.

Средняя длина проростков (см)				Энергия прорастания (%)		ИТФ		Средняя токсичность почвы
редис		кресс-салат		редис	кресс-салат	редис	кресс-салат	
под-земная часть	наземная часть	под-земная часть	наземная часть					
Красночикойский район (с. Барахоево)								
0,4	0,2	3,4	0,7	60	70	0,32	2,03	1,175
Читинский район (пгт Атамановка)								
1,2	0,2	0,75	0,2	20	60	0,76	0,5	0,63
г. Чита (ул. Татарская)								
1,22	0,5	1,6	0,5	80	70	0,92	1,03	1,95
Контроль (дистиллированная вода)								
1,25	0,6	1,52	0,5	100	100	1,85	2,02	1,935

Таблица 2. Оценочная шкала токсичности почвы.

Класс токсичности	Величина ИТФ	Пояснения
VI (стимуляция)	>1,10	Фактор оказывает стимулирующее действие на тест – объекты, величина тест – реакции в опыте превышает контрольное значение
V – норма	0,91 – 1,10	Фактор не оказывает существенного влияния на развитие тест – объектов, величина тест – реакции находится на уровне контрольного значения
IV – низкая токсичность	0,71 – 0,90	
III – средняя токсичность	0,50 – 0,70	Разная степень снижения величины тест – реакции в опыте по сравнению с контролем
II – высокая токсичность	< 0,50	
I- сверхвысокая токсичность, вызывающая гибель тест – объекта	Среда не пригодна для жизни тест – объекта	Наблюдается гибель тест – объекта

## Список литературы

1. Багдасарян А.С. Эффективность использования тест-систем при оценке токсичности природных сред // Экология и промышленность России, январь, 2007. – с. 64
2. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и Биотестирование: Учебное пособие для студентов вузов / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Академия, 2007. – с. 288.
3. Зырина Н. Г. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Н. Г. Зырина, С. Г. Малахова. М.: Гидрометеоиздат, 1981. 109 с.
4. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной теса-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология, №6, 1997.
5. Маячкина Н.В. Чугунова М.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки. // Вестник Нижегородского университета, 2009, № 1, С. 84-93.
6. Экологическое почвоведение // сост. Волкова И.И., Кондакова Г.В., Ярослав. гос. Ун-т. – Ярославль, 2002. – 35 с.

## PHYTOTOXICITY ASSESSMENT OF SOIL BIOASSAY METHODS

Andreevskaya I.A.

Transbaical State University, Chita

[irina.andreevskaya.93@mail.ru](mailto:irina.andreevskaya.93@mail.ru)

The paper assesses soil phytotoxicity bioassay methods. Found soil medium toxicity. Determined that all the studied soil are in satisfactory condition and can be used for growing vegetable and fruit crops.

Keywords: **bioassay, soil, phytotoxicity**



## ОЦЕНКА СРЕДОПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ РОЛИ ГРАЧА *CORVUS FRUGILEGUS* (LINNAEUS, 1758) МЕТОДОМ ФИТОИНДИКАЦИИ

Арина А.В., Миннеханова Л.Ф.

Казанский федеральный университет, Казань

[ArininaAlla@mail.ru](mailto:ArininaAlla@mail.ru), [minnekhanova@mail.ru](mailto:minnekhanova@mail.ru)

Медиопатическая деятельность организмов ведет к изменению биоценотической среды и является компонентом в процессе средообразования и преобразования экосистем. Особенно заметна средообразующая роль млекопитающих, а из птиц наибольшее влияние на среду обитания оказывают колониальные виды. Колонии грача обыкновенного располагаются, обычно, на лесозащитных посадках вдоль агроландшафтов и приурочены к населенным пунктам. Скопления грачей вызывают сукцессионные процессы, выражающиеся в трансформации фитоценозов: изреживается древесный состав, прослеживается замещение первичного древостоя инвазионными видами, обедняется кустарниковый ярус и травянистый покров.

**Ключевые слова:** Трансформация среды обитания, фитоиндикация, грач (*Corvus Frugilegus*)

Медиопатическая деятельность организмов ведет к изменению биоценотической среды и является компонентом в процессе средообразования и преобразования экосистем. Особенно заметна средообразующая роль млекопитающих, а из птиц наибольшее влияние на среду обитания оказывают колониальные виды. Колонии грача обыкновенного располагаются, обычно, на лесозащитных посадках вдоль агроландшафтов и приурочены к населенным пунктам. Гнездовой период грача в условиях РТ длится с начала марта, когда пары остаются на своих гнезδοстроительных участках [3, наши данные], до вылета слетков в середине июня. 3 месяца в году в течение ряда лет под колониями грачей почва обогащается экскрементами, растительным и животным опадом. Скопления грачей вызывают сукцессионные процессы, выражающиеся в трансформации фитоценозов: изреживается древесный состав, прослеживается замещение первичного древостоя инвазионными видами, обедняется кустарниковый ярус и травянистый покров [?]. Мы попытались оценить роль грача методом фитоиндикации – диагностировали экологические параметры местообитаний по произрастающим на нем видам растений. Наиболее известными и часто используемыми при обработке геоботанических данных для территории европейской части России являются отечественные экологические шкалы Л.Г.Раменского (1938) и Д.Н.Цыганова (1983) и европейские шкалы Г.Элленберга (1991) и Э.Ландольта (1977).

### Материал и методы

Исследования были проведены в весенне-летний период 2012-2013 гг. на шести грачиных колониях. Гнезда каждой колонии закартировали. Под проекцией колоний *Corvus frugilegus* заложили геоботанические площадки по общепри-

нятым методикам (Раменский, 1971). Под каждой колонией было заложено по три ботанических площадки со стороной квадрата 10 м. Для каждого яруса растительности учитывали такие параметры: видовой и количественный состав, обилие, проективное покрытие, фенофазу, жизненное состояние, высоту над земной поверхностью, обхват (для древесного яруса). Жизненное состояние определяли по пятибальной шкале. Фенофазу – по шкале В.В. Алехина (1961). Обилие определяли по шкале Гульга-Друде. Для описания травяно-кустарничкового яруса внутри ботанической площадки заложили по три площадки 1 м<sup>2</sup>. Учитывали проективное покрытие каждого вида (горизонтальную проекцию наземных частей растений на поверхность почвы, в %). В качестве контроля площадки были заложены в аналогичных фитоценозах, но без грачиных колоний. Видовое богатство и разнообразие фитоценозов оценили индексом Симпсона и Шеннона-Уивера (большая величина индекса соответствует большему разнообразию фитоценоза), бетта-разнообразие – по индексу видового сходства Жаккара. Видовые списки, полученные в результате геоботанического описания, тестировали по диапозонной шкале Д.Н.Цыганова (1983). Экологические условия среды обитания фитоценозов оценили по почвенным и климатическим шкалам: увлажнение почвы (hg), освещенность-затенение (L), криоклиматический показатель (T), кислотность почвы (pH) и обеспеченность растений азотом (N). Индекс толерантности рассчитали по методике Л.А. Жуковой [?]. Значимость отличий рассчитали непараметрическим дисперсионным анализом Краскела-Уолиса.

### Результаты исследования

Видовой состав деревьев на обследованных колониях представлен дубом черешчатым

Таблица 1. Индексы богатства и разнообразия видового состава растительности и видового сходства контрольных участков с колониями грача.

		Ярусы растительности		
		подрост	подлесок	травяно-кустарничковый
Индекс видового богатства (по Симпсону)	колонии	0,02	0,5	1,23
	контроль	0,06	0,23	1,84
Индекс видового разнообразия (по Шеннону)	колонии	0,30	0,69	1,25
	контроль	0,57	0,83	1,57
Индекс видового сходства (по Жаккару)	между колониями и контролем	0,25	0,25	0,17

Таблица 2. Экологическая толерантность фитоценозов.

Фитоценозы	Индексы толерантности		Индексы толерантности	
	под колониями	контрольные участки	под колониями грача	контрольные участки
колония №1	0,62-0,63	0,39-0,51	гемизврибионтная	гемистенобионтная-мезобионтная
колония №2	0,52-0,62	0,41-0,55	мезобионтная-гемизврибионтная	гемистенобионтная-мезобионтная
колония №3	0,88-1,03	0,42-0,60	эврибионтная	гемистенобионтная-гемизврибионтная
колония №4	0,95-1,10	0,65-0,85	эврибионтная	гемизврибионтная-эврибионтная

(*Quercus robur*) (преобладает), вязом обыкновенным (*Ulmus laevis* Pall.) и кленом остролистным (*Acer platanoïdes*). В основном грачи заселили дуб черешчатый и вяз обыкновенный, отдав предпочтение высоким деревьям с более толстыми и мощными стволами. Плотность древостоя под колониями в 2 раза выше плотности на контрольных участках. Сомкнутость крон под колониями составляет от 70 до 85 баллов. Однако в результате развивающейся суховершинности и механических повреждений веток кроны постепенно изреживаются.

Деятельность грача негативно сказывается на прорастании и развитии подроста (табл.1).

Сравнительный анализ показал, что под воздействием грачей выживает только подрост инвазионного вида (клена американский), причем его количество под колониями грачей снижается на несколько десятков особей. Подрост дуба, вяза и клена остролистного не выживает в агрессивной среде, встречаются очень редко, поштучно или же полностью отсутствуют и появля-

ется на достаточном удалении от колоний. Можно прогнозировать смену древесного состава.

Видовое богатство и разнообразие подлеска выше на участках контроля. Подлесок под колониями грачей практически отсутствует, тогда как на аналогичных участках, не подверженных воздействию грача, подлесок имеет хорошее жизненное состояние. Сходство фитоценозов очень низкое – 0,25.

Виды травяно-кустарничкового яруса под колониями грача и на контрольных участках практически не повторяются: индекс сходства низкий – 0,17. Видовой состав беднее на участках под колониями грача и представлен в основном адвентивной растительностью. Совпадающие виды – крапива двудомная, полынь горькая и одуванчик лекарственный. Обилие этих видов выше на участках под колониями грача. Количество нитрофильных видов (крапива двудомная, одуванчик лекарственный), их габитус и скорость онтогенеза выше под грачиными колониями, что свидетельствует о богатстве этих почв азотом. Таким образом, травяно-кустарничковый

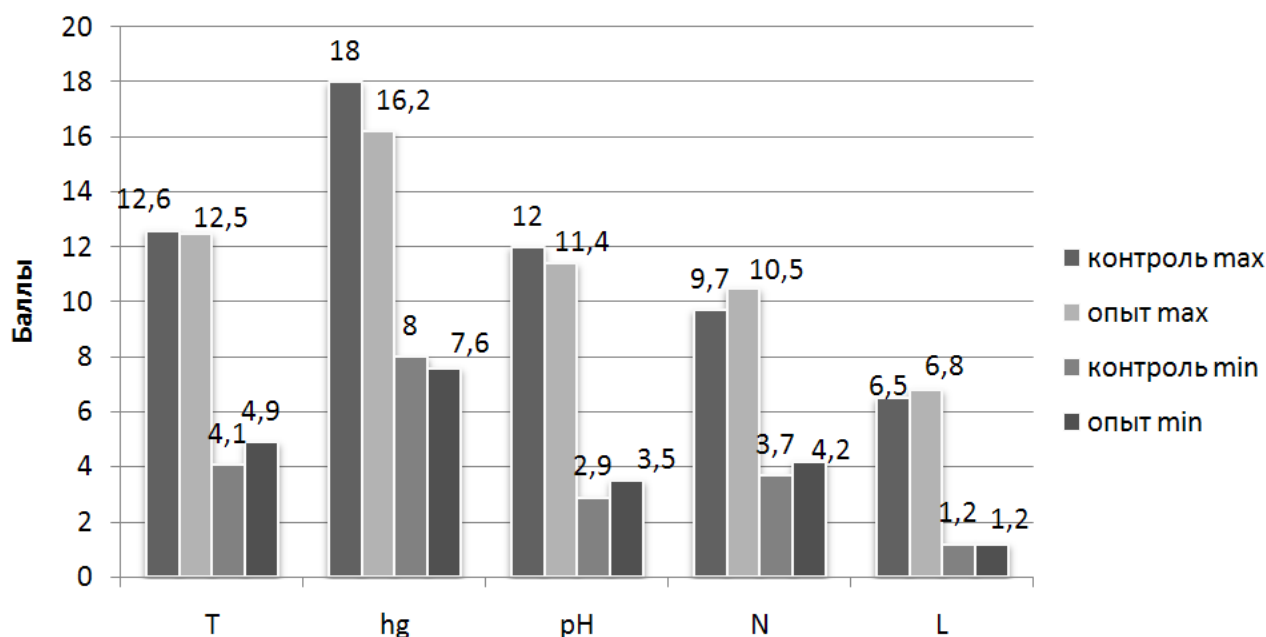


Рисунок 1. Экологические условия среды обитания фитоценозов по шкале Д.Н.Цыганова.

ярус отличается видовым составом, уровнем разнообразия и богатства. Протестировав результаты геоботанического описания площадок по шкале Д.Н.Цыганова, получили результаты, представленные на рисунке 1.

По температурной шкале (Т) значение фактора несколько выше на участках опыта. По шкале увлажнения почвы (hg) наблюдаем снижение показателей под колониями, что может быть следствием изреженности растительного покрова, выпадением древостоя на участках под колониями. По шкале кислотности почв (pH) по минимальным значениям кислотность почв выше под колониями грача, а по максимальным значениям диапазона – наоборот снижение кислотности под колониями. Значения шкалы азотообеспеченности почвы (N) выше под колониями грача, поскольку помет грача богат содержанием этого элемента. По шкале освещенности-затенения (L) по минимальным значениям позиции равны, по максимальным – некоторое увеличение наблюдается под колониями, что говорит о разреженности растительного покрова под воздействием птиц. Разность по критерию Краскела-Уолиса статистически недостоверна.

Таким образом, экологические шкалы оказались недостаточно чувствительным инструментом для доказательства трансформации растительного покрова под воздействием грача. Спроецировав методику Л.А. Жуковой (2010)

для расчета потенциальной и реализованной экологических ниш вида, мы дали характеристику не отдельного вида, а фитоценоза в целом. Индексы толерантности фитоценозов (табл.2) демонстрируют устойчивость фитоценозов под колониями грачей к органическому загрязнению.

Таким образом, растительные сообщества под колониями грача более толерантны к воздействию внешних факторов, нежели исходные фитоценозы. Средообразующая деятельность грача выражается в трансформации фитоценозов и придает местным сукцессионным процессам орнитогенный характер.

#### Список литературы

- 1 Втюрина Т.П. Средообразующая деятельность врановых птиц в местах их массовых скоплений: автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.б.н.: 03.00.16 / Т.П. Втюрина; Моск. пед. гос. ун-т. — М.: 2003. — 16 с. 2 Жукова Л.А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Л.А. Жукова, Ю.А. Дорогова, Н.В. Турмухаметова и др.- Йошкар-Ола: Марийский гос. ун-т 2010. — 352 с. 3 Мухаметзянова Л.К. Пространственное распределение и особенности экологии грача (*Corvus Frugilegus*) в Республике Татарстан : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / Л.К. Мухаметзянова; Казанский гос.ун-т. — Казань: 2004. — 167 с.

APPRAISAL OF THE TRANSFORMING ROLE ROOK CORVUS FRUGILEGUS (LINNAEUS,  
1758) BY PHYTOINDICATION

Arinina A.V., Minnehanova L.F.

Kazan Federal University, Kazan

[ArininaAlla@mail.ru](mailto:ArininaAlla@mail.ru), [minnekhanoval@mail.ru](mailto:minnekhanoval@mail.ru)

Activity of organisms leads to a change in environment and biocenosis is a component in the process of transformation ecosystems. Especially noticeable transformation role of mammals and birds from the greatest impact on the environment have colonial species. Ordinary rook colony located usually on forest protection and planting along agrolandscapes confined to Human punktam. Congestion rooks cause successional processes lead to a transformation phytocenoses: becomes rarer woody composition, traced the replacement primary growing invasive species, depleted shrub layer and grass cover.

Keywords: Transformation habitat, phytoindication, rook (*Corvus Frugilegus*)

## ДРОЖЖЕВОЕ СООБЩЕСТВО ЭПИФИТОВ НА ОРГАНАХ РАСТЕНИЙ ХЛОПЧАТНИКА

Базарбаева Д.О.

НГПИ им. Ажинияза., Каракалпакстан

[venus82@inbox.ru](mailto:venus82@inbox.ru)

В настоящее время хорошо известно, что основным местообитанием дрожжевых грибов в природе являются растения и растительные остатки. Особенно многочисленные и разнообразные дрожжевые сообщества формируются на поверхности живых частей растений (Бабьева, Чернов, 2004). Основой питания таких эпифитных дрожжей являются экссудаты – прижизненные выделения растений, в состав которых входят простые сахара, органические кислоты и другие, легко утилизируемые дрожжами соединения

Ключевые слова: дрожжевые сообщества

В настоящее время хорошо известно, что основным местообитанием дрожжевых грибов в природе являются растения и растительные остатки. Особенно многочисленные и разнообразные дрожжевые сообщества формируются на поверхности живых частей растений [1]. Основой питания таких эпифитных дрожжей являются экссудаты – прижизненные выделения растений, в состав которых входят простые сахара, органические кислоты и другие, легко утилизируемые дрожжами соединения [1]. В свою очередь, эпифитные дрожжи, потребляя экссудаты, стимулируют ассимиляционные процессы растений. Некоторые виды дрожжей могут выступать в качестве агентов биоконтроля развития фитопатогенных микроорганизмов, выделяя вещества, подавляющие их рост. Эпифитные дрожжи и растения вместе образуют единую симбиотическую коэволюционирующую систему, которая может служить хорошей моделью для изучения многих фундаментальных вопросов экологии и эволюции. Сообщества эпифитных дрожжей филлосферы и сопряженных с ней растительных субстратов (цветов, плодов, почек) являются постоянной и неотъемлемой частью любого растения, перестраивающейся в процессе его онтогенеза. По мере развития и постепенного отмирания растительных субстратов эпифитные виды дрожжевых грибов закономерно оказываются в подстилке и верхних почвенных горизонтах, где формируются специфические дрожжевые сообщества, в состав которых, кроме типичных эпифитов, входят также и автохтонные виды почвенных дрожжей.

Если на поверхности растений дрожжевые грибы существуют в основном как копрофиты, за счет потребления легкодоступных соединений из поверхностных экссудатов, то в подстилке и почвенных горизонтах в большей степени проявляется их гидролитическая активность, а также способность некоторых видов существовать в условиях олиготрофии. Известно, что эпифитное дрожжевое население растений включает виды дрожжей как аскомицетового,

так и базидиомицетового аффинитета. Преобладающими в большинстве случаев на листьях оказываются базидиомицетовые виды из родов *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Sporobolomyces*, которые по своим морфо – физиологическим характеристикам в целом более адаптированы к достаточно жестким условиям обитания на поверхности растений [2]. Такие адаптации включают наличие каротиноидных пигментов, образование хламидоспор и активно отстреливающихся баллистоспор, формирование полисахаридных капсул, широкие ассимиляционные возможности. Аскомицетовые дрожжи из родов *Metschnikowia*, *Debaryomyces*, *Pichia*, не обладающие перечисленными морфологическими особенностями, и, как правило, способные ассимилировать или анаэробно сбраживать сравнительно узкий набор соединений, обычно преобладают в растительных субстратах с повышенным содержанием простых сахаров. В разлагающихся растительных остатках также доминируют базидиомицетовые дрожжи, но среди них уже большую долю составляют виды с относительно высокой для дрожжевых грибов гидролитической активностью. В основном это представители родов *Cystofilobasidium*, *Trichosporon*, *Cryptococcus*, *Leucosporidium*.

Эпифитные дрожжи являются эккрисотрофами, то есть используют в качестве источника питания растительные экссудаты. В состав растительных экссудатов входят в основном простые сахара (глюкоза, сахароза, раффиноза, галактоза, сорбоза), сахароспирты (маннит, инозит), органические кислоты (щавелевая, лимонная и др.), а также аминокислоты. Состав экссудатов соответствует составу флоэмного сока растений, и является гипертоническим по отношению к нему [3].

Микроклимат, который создается на поверхности листьев, имеет свои существенные особенности: скорость ветра значительно снижена из-за присутствия на листьях поверхностных выростов (трихом, железистых волосков и др.), относительная влажность обычно выше, чем в окружающей атмосфере. Если температура воздуха <30 °С, то температура поверхности листа

может быть на 5-7 °С выше, если температура воздуха >30 °С — ниже. При этом в центральной части листовой пластинки температура обычно выше (примерно на 4 °С), чем по краям. Значение рН для листовой поверхности установить непросто, так как оно сильно варьирует по микролокусам, и, таким образом, различные микробные биопленки и одиночные клетки развиваются в разных условиях кислотности среды [2]. Именно к такому непростому комплексу условий эпифитам приходится адаптироваться.

Таким образом, эпифитное сообщество дрожжей предпочитает специфические локусы, богатые углеводами, органическими кислотами

и.т.п. Поскольку дрожжи – сахаролитики, они охотно формируются на поверхностях растений, пораженных тлями, развитие которых вызывает накопление сахаристых выделений.

#### Список литературы

1. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. КМК. М. 2004, с. 112-117
2. Гусев М.В., Минеева Л.А. Микробиология, 8-е изд. М. «Академия». 2008г, с 268-276
3. Рубан И.Н., Воропаева Н.Л., Рашидова С.Ш., Иминова Н.А. Клейкость волокна хлопкa-сырца. Докл. ВАСХНИЛ, 1990, с. 25-26

#### YEAST COMMUNITY EPiphyTES ON THE ORGANS OF COTTON PLANTS

Bazarbaeva D.O.

NGPI them. Ajiniyaz. Karakalpakstan

[venus82@inbox.ru](mailto:venus82@inbox.ru)

It is now well known that the main habitat of yeast fungi in nature are plants and plant residues. Especially numerous and diverse yeast community formed on the surface of living parts of plants (Babeva, Chernov, 2004). Staple food such epiphytic yeast are exudates - lifetime allocation of plants, which include simple sugars, organic acids and other easily recyclable yeast connection.

Keywords: yeast community

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛИХЕНОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА Г. ДОЛГОПРУДНОГО МО МЕТОДОМ ЭПР-СПЕКТРОСКОПИИ

Бондаренко П.В., Журавлева С.Е.

Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный  
[gangot@gmail.com](mailto:gangot@gmail.com), [solozhur@rambler.ru](mailto:solozhur@rambler.ru)

Сделан анализ количества парамагнитных центров в талломах индикаторных видов лишайников, собранных в г. Долгопрудном, (толерантных и чувствительных видов). Обсуждены возможные механизмы устойчивости толерантных видов лишайников к атмосферному загрязнению.

Ключевые слова: ЭПР-спектроскопия, лишайники, парамагнитные центры, мониторинг, биоиндикация

Биологический мониторинг совместно с физико-химическими методами исследования состояния природной среды существенно повышает точность оценки и прогнозов сдвигов в экологической обстановке. Объектами исследования являются организмы или сообщества организмов, наблюдаемые в естественных условиях обитания. Биологический мониторинг позволяет учитывать совокупное влияние нескольких токсичных компонентов (синергизм). Одним из элементов биологического мониторинга является растительный покров, чутко реагирующий на загрязнения атмосферы и гидросферы [1]. Распространенный в большинстве европейских стран биоиндикационный метод, такой как, лишайноиндикация, является перспективным и наиболее разработанным способом экологического мониторинга.

Были проведены лишайнологические исследования г. Долгопрудного МО в течение 2011-2013гг. Собранный коллекция лишайников (более 500 образцов) была изучена методом ЭПР-спектроскопии. Основаниями для применения метода ЭПР в изучении биофизических характеристик лишайников служат их низкая способность к авторегуляции и высокая степень зависимости от физико-химических параметров среды [2].

Количество парамагнитных центров (ПМЦ) широкого пика отражает физиологическое состояние таллома любого лишайника [2]. В нашем эксперименте использовались образцы эпифитных видов лишайников *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr (один из толерантных видов) и *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. (один из чувствительных видов), собранные виды были из фоновой (точка 1) и урбанизированной зон (точка 2). Образцы лишайника *X. parietina* собраны 14.09.2011г. в местах с разной антропогенной нагрузкой: точка № 1 — пос. Пестово Московской области (55° 44' 41" с. ш., 38° 3' 9" в. д.); точка 2 — г. Дол-

гопрудный Московской области (55° 56' 34" с. ш., 37° 30' 31" в. д.), является урбанизированной территорией с относительно высоким содержанием поллютантов в окружающем воздухе из-за большого количества выхлопных газов автотранспорта.

Вид *H. physodes* был собран в городском сквере (г. Долгопрудный, 55° 93' 20" с. ш. 37° 51' 45" в. д.) со стволов деревьев (точка 2), фоновой зоной служила ненарушенная территория поселка Банино (точка 1) (56° 26' 56" с. ш. 37° 19' 48" в. д.). Отбор проб осуществлялся 9.06.2012 года.

Установлено, что количество ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра в образцах лишайника *X. parietina* больше на  $3,9 \times 10^{17}$  спин/мг в точке 2 (урбанизированная зона), чем в точке 1 (фоновая зона) (Рис. 1). Аналогичные результаты получились с образцами лишайника *H. physodes*, изменение количества ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра образцов с разных зон составило  $1,2 \times 10^{17}$  спин/мг.

Количество ПМЦ в широком пике ЭПР-спектра образца различалось в фоновой зоне (точка 1) и г. Долгопрудном (точка 2) на  $3,9 \times 10^{17}$  спин/мг (табл. 1). Изменение количества ПМЦ в широком пике ЭПР-спектра образца для лишайника *H. physodes* с разной антропогенной нагрузкой составило  $1,2 \times 10^{17}$  спин/мг (табл. 2).

Данные результаты можно применить для оценки качества воздуха фоновой и урбанизированной зон, сравнивая значения количества ПМЦ (табл. 1, 2). Установлено, что качество окружающей среды в г. Долгопрудном МО неблагоприятное, сравнивая полученные результаты со значением количества ПМЦ лишайника, выдержанного в течение четырех недель в воздухе с диоксидом серы, концентрация которого соответствовала максимальной разовой ПДК по  $SO_2$  в модельном эксперименте [3].

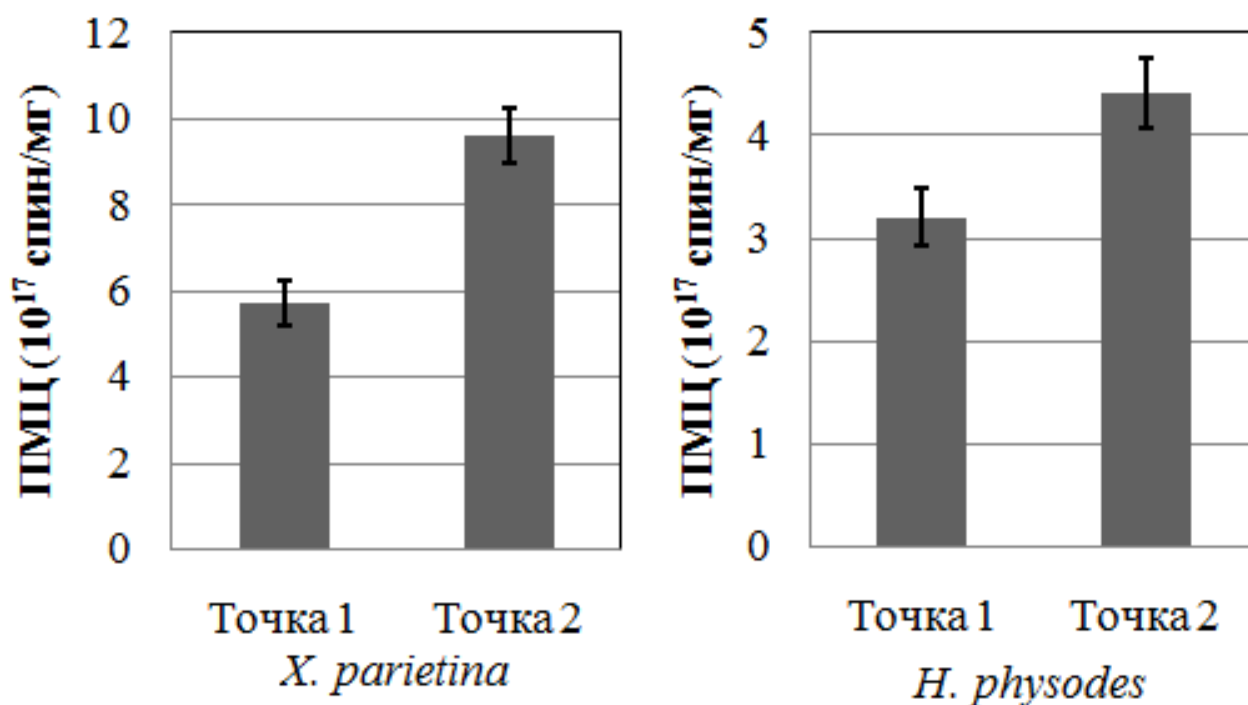


Рисунок 1. Количество ПМЦ широкого пика ( $g_1 = 2,1-2,2$ ) ЭПР-спектра в образцах лишайников *X. parietina* и *H. physodes*, собранных в фоновой (точка 1) и урбанизированной зонах (точка 2).

Таблица 1. Количество ПМЦ в образцах лишайника *X. parietina*.

Точка 1	$5,7 \pm 0,5 \times 10^{17}$ спин/мг
Точка 2	$9,6 \pm 0,6 \times 10^{17}$ спин/мг

Таблица 2. Количество ПМЦ в образцах лишайника *X. parietina*.

Точка 1	$5,7 \pm (3,2 \pm 0,3) \times 10^{17}$ спин/мг
Точка 2	$9,6 \pm (4,4 \pm 0,4) \times 10^{17}$ спин/мг

По результатам экспериментов с талломами лишайника *X. parietina* в г. Долгопрудном МО установлено, что значения количества ПМЦ в образцах таллома лишайника меняется в зависимости от сезона года. Например, минимальное содержание приходится на февраль ( $3,9 \times 10^{17}$  спин/мг), а максимум на ноябрь ( $17,2 \times 10^{17}$  спин/мг), т.е. происходит четырехкратное увеличение количества ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра (рис.6). Среднемесячные минимальные и максимальные значения относительной массы париетинового комплекса в этих же образцах, собранные в марте (0,22 мг/г) и октябре (0,91 мг/г), также различаются в четыре раза (рис. 2).

Значения массы париетинового комплекса и ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра так же могут быть связаны со среднемесячными значениями солнечной активности (рис. 2). Следовательно, лишайник *X. parietina*, который является толерантным и способным адаптироваться к широкому кругу неблагоприятных воздействий окру-

жающей среды, вырабатывает вторичные метаболиты в ответ на стресс, которые дают свой вклад в увеличение количества ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра.

Таким образом, установлено, что количество ПМЦ широкого пика ЭПР-спектра на примере лишайника *X. parietina* связано с образованием вторичных лишайниковых метаболитов, относящихся к париетиновому комплексу, обладающему защитной функцией.



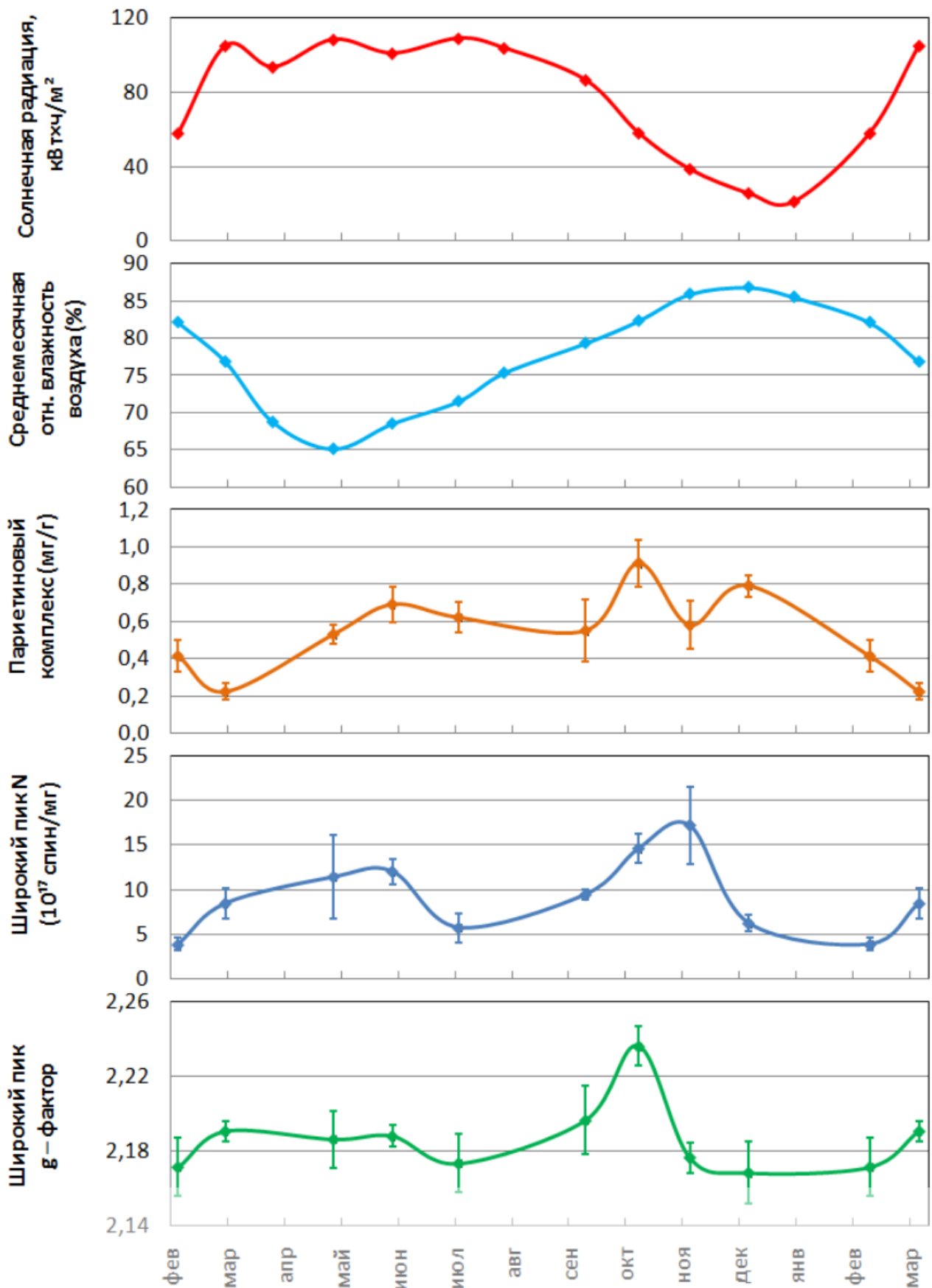


Рисунок 2. Динамика сезонных колебаний значений парамагнитных характеристик, значений концентрации париетинного комплекса и значениями некоторыми абиотическими факторами окружающей среды на примере лишайника *X. parietina*, собранного в г. Долгопрудный МО.

## Список литературы

1. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 350 с.
2. Журавлёва С.Е., Бондаренко П.В., Трухан Э.М. Биомониторинг индикаторных видов лишайников методом ЭПР-спектроскопии // Биофизика, 2013. Т. 58. Вып. 2 — С. 329-333.
3. Пат. 136177 РФ, МПК G01N33/00. Установка для исследования воздействия воздушных поллютантов на лишайники.

**PRELIMINARY RESULT OF LICHEN MONITORING DOLGOPRUDNY, MOSCOW REGION, BY EPR-SPECTROSCOPY**

**Bondarenko P.V., Zhuravleva S.E.**

Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Dolgoprudny  
[gangot@gmail.com](mailto:gangot@gmail.com), [solozhur@rambler.ru](mailto:solozhur@rambler.ru)

EPR-spectroscopy is beginning to occupy a key position in the field of quality control environment. The number of paramagnetic centers in the thallus of indicator species of lichen from Dolgoprudny (from tolerant to sensitive species), were analyzed. The possible mechanisms of resistance of tolerant species of lichens to atmospheric pollution were discussed.

**Keywords:** EPR-spectroscopy, lichens, paramagnetic centers, monitoring, bioindication.

## ИНДИКАЦИЯ ПОПУЛЯЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ У ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ

Дмитриев А.П., Гуща Н.И., Дяченко А.И.

Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины

[dmyt@voliacable.com](mailto:dmyt@voliacable.com), [m.guscha@gmail.com](mailto:m.guscha@gmail.com), [ai\\_dyachenko@hotmail.com](mailto:ai_dyachenko@hotmail.com)

В 30-км Зоне отчуждения Чернобыльской АЭС под влиянием малых доз хронического облучения протекают активные формо- и расообразовательные процессы. В результате которых происходят изменения структуры популяции возбудителя стеблевой ржавчины злаков *Puccinia graminis* Pers, одного из наиболее вредоносных фитопатогенных грибов. Обнаружена “новая” популяция этого гриба с высокой частотой встречаемости более вирулентных клонов по сравнению с другими регионами Украины. Полученные данные свидетельствуют о важности проведения мониторинга микроэволюционных процессов у фитопатогенных организмов в зонах техногенных аварий.

Ключевые слова: Грибы, *Puccinia graminis*, структура популяции

После аварии на ЧАЭС можно было ожидать существенного возрастания темпов радиационного мутагенеза. Прежде всего в популяциях тех видов микроорганизмов, которые характеризуются высокими темпами репродукции [1].

Грибы — важнейший компонент сапротрофного блока в круговороте веществ и энергии, эволюционно связанного с разложением и утилизацией растительных субстратов. Поэтому фитопатогенные грибы вызывают наиболее массовые и экономически важные болезни дикорастущих и культурных растений. Ранее было показано, что в 30-км Зоне отчуждения ЧАЭС могут происходить изменения вирулентности и агрессивности фитопатогенных грибов [2]. Мы решили изучить такую возможность на примере гриба *Puccinia graminis* Pers. (*Uredinales*, *Basidiomycetes*), возбудителя стеблевой ржавчины злаков. Он развивается на культурных видах (пшенице, ржи и овсе) и относится к числу наиболее вредоносных патогенов. Болезнь широко распространена, в том числе в России и Украине, и в отдельные годы вызывала значительные (до 20-35 %) потери урожая.

Ежегодный мониторинг расового состава возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы (*P. graminis tritici*) проводится в большинстве стран мира. Программа исследований барбариса как потенциального источника инфекции хлебных злаков включает уничтожение посадок восприимчивых к *P. graminis* сортов барбариса. В последнее время успехи в борьбе со стеблевой ржавчиной, связанные с выведением устойчивых сортов, привели к незначительному ее проявлению. Вследствие чего мониторинг состава популяций *P. graminis tritici* в европейских странах ограничен. Вместе с тем устойчивость многих районированных сортов может утрачиваться уже через 5-7 лет в результате появления новых рас, способных поражать посевы в производственных условиях [3].

Более 20 лет нами проводятся исследования влияния радионуклидного загрязнения на иммунный потенциал растений в 30-км Зоне отчуждения ЧАЭС. Биохимические исследования связаны главным образом с изучением совместного действия малых доз облучения и инфицирования на болезнестойкость злаковых растений и кукурузы. Разрабатываются тест-системы, которые могут быть полезны для оценки действия малых доз ионизирующего облучения [4]. Цель данной работы состояла в изучении изменений структуры популяции возбудителя стеблевой ржавчины в Чернобыльской зоне отчуждения. Для этого необходимо было выявить *P. graminis* на злаках, определить ареал и частоту встречаемости, установить формы патогена, его расовый и генотипический состав.

#### Материалы и методы

В 30-км зоне ЧАЭС были заложены экспериментальные участки, сходные между собой по почвенным условиям, но различающиеся по уровню радионуклидного загрязнения. Уровень гамма-фона составлял 1,4, 11 и 37 мР/ч.

В работе использовали стадию развития гриба в виде урединиоспор. Пораженность злаковых культур стеблевой ржавчиной и степень развития болезни на опытных участках в 30-км зоне ЧАЭС сравнивали с контролем — популяцией гриба на незагрязненной радионуклидами территории (урочище Маневое). Определение физиологических рас проводили с использованием классических сортов-дифференциаторов Стэкмена с известными генами устойчивости к стеблевой ржавчине [5]. При поражении линий учитывали три типа реакций: стойкий (0-2 балла), восприимчивый (3-4 балла) и гетерогенный (X). Вирулентность устанавливали на основе реакций моногенных линий с генами устойчивости [6]. Статистическую обработку экспериментальных результатов проводили по Доспехову [7].

### Результаты и обсуждение

Известно, что стеблевая ржавчина на территории Украины развивается в большей или меньшей мере ежегодно, особенно в центральных и западных областях. Установлены районы развития «материнских», или половых, популяций *P. graminis* и районы «дочерних», или бесполовых, популяций. В районах «материнских» популяций роль промежуточного хозяина *P. graminis* — барбариса состоит в возобновлении инфекционного начала гриба и размножении его на озимых сортах злаков. В районах «дочерних» популяций поражение растений происходит воздушным заносом урединоспор. Развитие *P. graminis tritici* имеет очаговый характер, то есть в отдельных районах регулярно наблюдается ее возобновление.

Удачным для наших исследований оказались данные еще с 1975 г. о структуре материнской популяции *P. graminis tritici* в одном из таких очагов — урочище Манево Каневского района Черкасской области, где рядом с производственными полями растет барбарис. Это позволило иметь своеобразную «точку отсчета» — доаварийный контроль для сравнительного анализа структуры популяции возбудителя стеблевой ржавчины, возникшей в зоне ЧАЭС под действием радионуклидного загрязнения.

При обследовании посевов пшеницы, ржи, ячменя и овса, а также дикорастущих злаковых трав на опытных участках 30-км зоны ЧАЭС стеб-

левая ржавчина была выявлена на 12 видах злаков. Степень развития болезни составляла 50-85 % при практически 100%-ной пораженности растений. По сравнению с незагрязненной радионуклидами территорией (контроль — урочище Манево) пораженность злаков стеблевой ржавчиной в 30-км зоне ЧАЭС оказалась существенно выше. У отдельных видов растений степень развития болезни также оказалась выше на опытных участках по сравнению с контролем, у других — осталась без изменения. Из образцов стеблевой ржавчины, собранных на опытных участках в 30-км зоне ЧАЭС, выделены 642 монопустульных клона, среди которых на тест-сортах выявлены восемь физиологических рас патогена, а именно: 11, 21, 34, 40, 100, 189, 3к, а также раса, характеристики которой нет в международном регистре. Мы назвали ее условно раса «Х».

Анализ расового состава показал, что в «чернобыльской» популяции *P. graminis* преобладали расы 3к (27 %) и 100 (23 %). Через три года проявились расы 11 (18 %), 21 (12 %) и 40 (6 %), но наибольшим количеством изолятов была представлена раса 34 (24 %). Таким образом, только широко распространенные расы 34, 3к и редкая раса 189 сохранились на протяжении трех лет. Все выделенные нами расы отличались высокой вирулентностью и вызывали реакцию восприимчивости на многих тест-сортах мирового набора (табл.).

Таблица 1. Характеристика физиологических рас возбудителя стеблевой ржавчины, выявленных в 30-км Зоне отчуждения ЧАЭС.

Раса	Сорта-дифференциаторы											
	Little Club	Marquis	Reliance	Kota	Arnautka	Mindum	Spelmar	Kubanka	Acme	Eincorn	Vernal	Khapli
11	4	4	3++	3	4	4	4	3	3	3	1	1
21	4	4	0	3	4	4	4	4	3	1+	0	1
34	4+	4	4	4	4	4	4	4	3	1	1	1
40	4+	4+	4	4+	4+	4+	4	4=	4	0	4=	1=
100	3	4	3	3	3	3	3	4	1	1	X	1
189	4	4	4	3++	4	4	4	4	4	4	4	4
3к	4	4	4	4	4	4	4	4	2	0	0	1

Оценка районированных сортов пшеницы (Мироновская 27, Мироновская 808, Полесская 70, Киянка) в стадии двух листьев на пораженность выделенными расами *P. graminis tritici* показала реакцию высокой восприимчивости (4 балла, реже 3). Расы 11, 21 и 34 широко известны в различных регионах мира. Раса 21 много лет доминировала в бывшем СССР и за границей. Раса 3к появилась на территории Украины в 1969 г. в Хмельницкой и Черкасской областях и со временем рас-

пространилась на территорию других областей. Особый интерес представляет раса 189, которая на всех тест-сортах вызывает реакцию высокой восприимчивости. В 1976 г. она была зарегистрирована в Грузии и Армении как новая для СССР и особо вирулентная. Анализ генотипического состава *P. graminis* на моногенных линиях показал, что вирулентные клоны в популяции встречаются с высокой частотой.

### Заключение

Ареал и частота, с которой встречается стеблевая ржавчина, а также пораженность различных видов злаковых растений, свидетельствуют о том, что на территории 30-км Зоны отчуждения ЧАЭС имеется очаг болезни. Буйно вегетирующие многолетние травы давно выкашиваются, животных на них не выпасают. Поэтому они образовали густой травостой с постоянными росами, что способствует быстрому возобновлению и накоплению ржавчины. При наличии большого количества инфекционного начала и под влиянием малых доз хронического облучения происходят активные формо- и расообразовательные процессы. Вследствие чего могут образовываться новые популяции *P. graminis*, которые характеризуются высокой частотой встречаемости более вирулентных клонов. Полученные данные свидетельствуют о важности проведения мониторинга микроэволюционных процессов у фитопатогенных организмов в зонах техногенных аварий.

### Список литературы

1. Гродзинский Д.М. Радиобиология растений. — К: Наук. думка, 1989. — 380 с.
2. Dmitriev A.P. Signal molecules for plant defense responses to biotic stress // Ботаника и микология: Совр. горизонты. Сб. тр. — К.: Академперіодика, 2007. — С. 54-67.
3. Дьяков Ю.Т. Популяционная биология фитопатогенных грибов. — М: Муравей, 1998. — 382 с.
4. Дмитриев, А.П., Гродзинский Д.М., Гуща Н.И. Влияние хронического облучения на устойчивость растений к биотическому стрессу в 30-км Зоне отчуждения ЧАЭС // Физиология растений. — 2011. — 58. — N 6. — С. 922-929.
5. Лекомцева С.Н., Волкова В.Т., Чайка М.Н. Состав популяции возбудителя стеблевой ржавчины – *Puccinia graminis tritici* на РГТ-линиях пшеницы // Вестник Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. — 1999. — N 3. — С. 48-50.
6. Семенова Л.П. Методические рекомендации по изучению расового состава возбудителей ржавчины хлебных злаков. — М: ВАСНИЛ, 1977. — 144 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М: Колос, 1979. — 416 с.

### INDICATION OF PLANT FUNGI POPULATION CHANGES IN CHERNOBYL EXCLUSION ZONE

Dmitriev A.P., Guscha N.I., Dyachenko A.I.

Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, Natl. Acad. Science of Ukraine

[dmyt@voliacable.com](mailto:dmyt@voliacable.com), [m.guscha@gmail.com](mailto:m.guscha@gmail.com), [ai\\_dyachenko@hotmail.com](mailto:ai_dyachenko@hotmail.com)

The data obtained suggest that active form- and race-producing processes occurred under low dose chronic radiation in 30-km Chernobyl exclusion zone. As a result a population structure of *Puccinia graminis*, the causal agent of stem rust of wheat, rye and oat, has been changed by appearance of a “new” population with high frequency of more virulent clones as compared to other regions of Ukraine. We believe a monitoring over microevolution processes in population of plant pathogens is important in the areas of severe industrial accidents.

Keywords: Fungi, *Puccinia graminis*, population structure, Chernobyl exclusion zone

## РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ВБЛИЗИ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Жакупова Ш.Б.<sup>1</sup>, Пивоварова О.В.<sup>1</sup>, Кусаинов Д.Б.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт радиационной медицины и экологии, г. Семей

<sup>2</sup>Государственный университет имени Шакарима г. Семей, г. Семей

[zh.sholpan@mail.ru](mailto:zh.sholpan@mail.ru)

В статье приведены результаты радиоэкологических исследований урбанизированных территорий в зоне влияния цветной металлургии: мощность экспозиционной дозы, концентрации радона в воздухе зданий, содержания радионуклидов в почве, растениях, воздухе на открытой местности, воде, потребляемой населением, продуктах питания местного производства. В целом радиационная обстановка исследуемых населенных пунктов удовлетворительная. Активность радионуклидов в объектах окружающей среды отвечает установленным требованиям и справочным значениям. По результатам исследований можно судить об осуществлении полного комплекса защитных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности.

**Ключевые слова:** Радиационная обстановка, радионуклиды, мощность дозы, радон, цветная металлургия.

Восточно-Казахстанская область (ВКО) – крупнейший промышленный регион Республики Казахстан. Здесь функционируют мощные предприятия горнодобывающей и металлургической промышленности. Действуют свинцовое, цинковое, медеплавильное, аффинажное, сернокислотное производства «Казцинк», урановое, бериллиевое, танталовое производства «Ульбинского металлургического завода», титановое, магниевое производства, цех слитков и сплавов «Усть-Каменогорского титано-магниевого комбината». Всего в городе расположено 169 предприятий, имеющих свыше 3 тыс. стационарных источников [1].

Радиационная опасность на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях обусловлена естественными радионуклидами, содержащимися в рудах и вмещающих породах. Радионуклиды, присутствующие в рудах, горных и вскрышных породах, в кларковых количествах, при процессах добычи и переработки могут концентрироваться вместе с ценными компонентами и частично попадают в отходы, создавая радиационно-опасные участки.

Помимо промышленного производства на территории ВКО до настоящего времени существуют радиоэкологические проблемы, связанные с функционированием бывшего Семипалатинского ядерного полигона (1949-1991 гг.). Согласно архивным данным и опубликованным материалам территория г. Усть-Каменогорск подверглась выпадению радиоактивных осадков от двух наземных (24.08.1956, 11.11.1962) и двух воздушных (21.09.1961, 25.10.1961) ядерных взрывов [2, 3].

Цель исследования – оценка радиационной обстановки в селитебной зоне

г. Усть-Каменогорск и п. Глубокое Восточно-Казахстанской области.

### Материалы и методы

На исследуемых территориях были проведены радиоэкологические исследования: измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД) на местности; измерение концентрации радона в воздухе жилых домов, в зданиях социально-общественного назначения; определение количественного и качественного содержания радионуклидов в объектах окружающей среды (почва, растения, воздух на открытой местности, вода, потребляемая населением, продукты питания местного производства).

Измерение МЭД осуществлялось дозиметром ДКС АТ 1121. Диапазон измерений прибора от 0,001 до 999 мкЗв/ч, основная погрешность измерений составляет  $\pm 25\%$ .

Контроль эквивалентной равновесной объемной активностью (ЭРОА) радона и торона проводился в соответствии с «Методикой экспресс измерения объемной активности радона в воздухе с помощью радиометра радона типа РРА» с помощью монитора радонового «РРА-01М-03».

Отбор проб в г. Усть-Каменогорск проводился в жилых зонах города: «условно чистой зоне» (максимально удаленной от производственных предприятий) и в «условно грязной зоне» (наиболее близко расположенной к промышленным предприятиям). Пробоотбор объектов окружающей среды проводился по стандартным методикам: Ми 5-06.001.98 (для проб почвы), СТ РК 15.09-2006 (для продуктов питания), СТ РК ГОСТ Р-51592-2003.

Бета-, гамма-спектрометрия была выполнена на соответствующем спектрометре с использованием программного обеспечения «LSRM».

### Результаты исследований

Территории г. Усть-Каменогорск, п. Глубокое по уровню гамма-активности относятся к нормальнорadioактивной зоне, МЭД на открытой местности находится в диапазоне 0,08-0,20 и 0,11-0,21 мкЗв/час соответственно. Согласно публикациям Международной комиссии по радиационной защите (МКРЗ) среднемировое значение естественного фона составляет 0,4 мкЗв/час [4]. Выявлено различие МЭД в «условно чистой» и «условно грязной» зоне г. Усть-Каменогорск в 1,3 раза.

Радиационный фон внутри помещений г. Усть-Каменогорск, п. Глубокое находится в пределах 0,06-0,20 и 0,11-0,23 мкЗв/час соответственно. Согласно Гигиеническим нормативам (ГН) эффективная доза гамма-излучения в помещениях не должна превышать мощность дозы на открытой местности более чем на 0,2 мкЗв/ч [5]. Полученные значения мощностей доз меньше нормативно допустимого значения.

Результаты исследований содержания радона в жилых домах и зданиях социально-общественного назначения показывают, что ЭРОА радона в г. Усть-Каменогорске имеет одинаковые значения в установленных зонах наблюдения и составляет в среднем  $22,25 \pm 1,2$  Бк/м<sup>3</sup>. Максимально зарегистрированное значение – 37 Бк/м<sup>3</sup>. В п. Глубокое среднее значение ЭРОА радона составляет  $22,4 \pm 1,15$  Бк/м<sup>3</sup>. Максимально зарегистрированное значение – 26 Бк/м<sup>3</sup>. Полученные значения концентрации радона меньше нормативно допустимого значения (200 Бк/м<sup>3</sup> для эксплуатируемых зданий) [4].

При проведении радиоэкологических исследований воздуха, почвы, растительности, воды, продуктов питания местного производства из более 40 определяемых аппаратурой гамма излучающих радионуклидов обнаружены: К-40, Ra-226, Th-232, Cs-137, U-238 во всех изучаемых объектах окружающей среды, что свидетельствует об однородном радиоактивном загрязнении всех исследуемых объектов окружающей среды.

Объемная активность радионуклидов во вдыхаемом воздухе для населения г. Усть-Каменогорска и п. Глубокое в  $1,4 \cdot 10^3$  (Th-232) –  $1,8 \cdot 10^8$  (Cs-137) и  $1,3 \cdot 10^3$  (Th-232) –  $2,7 \cdot 10^8$  (Th-232) раз меньше нормативно установленных значений (рис. 1).



Рисунок 1. Объемная активность радионуклидов в воздухе.

Удельная активность радионуклидов, а также удельная суммарная альфа- и бета-активности в почве и растительности г. Усть-Каменогорск, п. Глубокое соответствуют значениям характерным для данного типа почвы и растительности.

Годовое поступление радионуклидов с продуктами питания для населения г. Усть-Каменогорска в 21,6 (Ra-226) – 2081 (Cs-137) раз, п. Глубокое в 32 (Ra-226) – 3667 (Cs-137) раз меньше нормативно установленных значений. Выявлено, что основной вклад в уровень активности продуктов питания вносит природный радионуклид К-40.

Удельная активность радионуклидов в пробах воды г. Усть-Каменогорска в 6 (Ra-226) – 110 (Cs-137) раз, п. Глубокое в 5 (Ra-226) – 110 (Cs-137) раз меньше уровней вмешательства при поступлении с водой радионуклидов для населения, установленных ГН. Удельная суммарная альфа активность в пробах воды г. Усть-Каменогорск находится на уровне нормативно установленного значения. Удельная суммарная альфа активность в пробах воды п. Глубокое превышает нормативно установленное значение в 2 раза (табл. 1).

### Вывод

В целом радиационная обстановка населенных пунктов Усть-Каменогорск и Глубокое удовлетворительная. Активность радионуклидов в объектах окружающей среды отвечает установленным требованиям и справочным значениям. По результатам исследований можно судить об осуществлении полного комплекса защитных мероприятий по обеспечению радиационной безопасности населенных пунктов Усть-Каменогорск и Глубокое.

Таблица 1. Содержание радионуклидов в объектах окружающей среды и продуктах питания.

Объект / продукт питания	Н.п.	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг						
		K-40	Ra-226	Th-232	Cs-137	U-238	Сумм. альфа акт.	Сумм. бета акт.
почва	У*	529,09±22,8	21,27±1,3	28,64±1,52	4,18±0,76	26,82±1,24	33,36±1,9	356,36±13,59
	Г*	534±26,82	23,6±2,49	29,6±3,45	1,84±0,57	27,4±2,49	35±5,36	481,8±41,96
растительность	У*	240,4±27,12	0,53±0,07	0,67±0,04	<0,02	0,37±0,03	<0,003	137,8±10,69
	Г*	278,6±53,84	0,47±0,06	0,61±0,04	<0,02	0,35±0,02	<0,003	183,8±34,49
молоко	У*	32,25±2,67	<0,1	0,13±0,02	0,09±0,01	<0,1	0,05±0,01	34,5±3,88
	Г*	60,33±4,79	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,06±0,02	52,67±1,71
мясо	У*	51±13,68	0,08±0,02	0,15±0,05	0,07±0,02	0,13±0,03	0,07±0,03	47,33±10,26
	Г*	41±7,38	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,001	49±13,23
овощи	У*	108,25±20,87	0,11±0,04	0,14±0,04	0,16±0,11	0,11±0,07	0,07±0,01	89,5±15,53
	Г*	130,5±27,18	0,03±0,01	0,025±0,005	0,03±0,005	0,05±0,02	0,035±0,01	94,75±10,44

\* У – Усть-Каменогорск, Г – Глубокое.

### Список литературы

1. Вологодская Г. Спасите, задыхаемся! // Республиканская газета «Караван». – 2011. – №29. – С. 8-10.
2. Дубасов Ю.В., Зеленцов С.А., Красилов Г.А. и др. Хронология ядерных испытаний в атмосфере на Семипалатинском полигоне и их радиационная характеристика // Вестник научной программы «Семипалатинский полигон – Алтай», №4, 1994, С. 78-86
3. Отчет о деятельности диспансера № 4 за 1963 год. – Семипалатинск, 1964. С. 26-28.
4. Публикация 103 Международной Комиссии по радиационной защите (МКРЗ). Пер с англ. /Под общей ред. М.Ф. Киселёва и Н.К. Шандалы. – М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. – 343 с.
5. Постановление Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 года № 201 Об утверждении гигиенических нормативов «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности».

### RADIATION SITUATION OF SETTLEMENTS NEAR THE ENTERPRISES OF NON-FERROUS METALLURGY OF EAST KAZAKHSTAN REGION

Zhakupova Sh.B.<sup>1</sup>, Pivovarova O.V.<sup>1</sup>, Kusainov D.B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute for Radiation Medicine and Ecology, Semey

<sup>2</sup>State University named after Shakarim Semey city, Semey

[zh.sholpan@mail.ru](mailto:zh.sholpan@mail.ru)

The article contains results of radioecological investigations of urbanized territories in the zone of influence of non-ferrous metals: exposure dose rate, the concentration of radon in the air of buildings, radionuclide content in soil, plants, air, in the open country, in water, consumed by the population, in local food products. In general, the radiation situation of investigated settlements is satisfactory. Activity of radionuclides in the environment meets the established requirements and reference values. According to the research can be seen the implementation of the full range of protective measures to ensure radiation safety.

Keywords: Radiation situation, radionuclides, dose rate, radon, non-ferrous metallurgy.



РЕЗУЛЬТАТЫ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАЛЫХ РЕК ГПБЗ  
«КЕРЖЕНСКИЙ» НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ильин М.Ю., Кудрин И.А., Шурганова Г.В., Куклина Т.В.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

[maxim\\_ilin@list.ru](mailto:maxim_ilin@list.ru), [kudriniv@mail.ru](mailto:kudriniv@mail.ru), [shurganova@bio.unn.ru](mailto:shurganova@bio.unn.ru)

На основе анализа индикаторных видов зоопланктона дана оценка качества воды малых рек государственного природного биосферного заповедника «Керженский» Нижегородской области

Ключевые слова: зоопланктон, малые реки, сапробность, качество воды, биосферный заповедник

Малые реки играют заметную роль в формировании водного режима территории, а также качества вод средних и крупных рек, что определяет актуальность исследований их экологического состояния. В нашей области осталось немного водных объектов, испытывающих минимальное антропогенное влияние. К их числу относятся малые реки государственного природного биосферного заповедника (ГПБЗ) «Керженский».

Гидробиологические показатели занимают важное место в оценке состояния рек. Биологический контроль имеет преимущества перед физическими и химическими методами контроля, так как дает непосредственную оценку состояния водных экосистем и их отдельных компонентов. Известно, что сообщества зоопланктона, населяющие и, следовательно, характеризующие состояние водотоков, являются хорошими индикаторами условий их существования [1]. Целью работы является оценка качества воды малых рек, протекающих по территории ГПБЗ «Керженский» на основе анализа видовой структуры зоопланктона.

Заповедник «Керженский» расположен на территории Борского и Семеновского районов Нижегородской области, в подзоне южной тайги на её границе с подзоной смешанных хвойно-широколиственных лесов. Климат на территории Керженского заповедника, как и на всей территории Нижегородского Заволжья, расположенного в средней части умеренного пояса, умеренно-континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым сравнительно коротким летом.

Основной водной артерией заповедника «Керженский» является р. Керженец – река Нижегородского Заволжья, левый приток Волги. Протяженность его составляет 290 км. В государственный природный биосферный заповедник «Керженский» входит небольшой участок – 33,4 км этой реки в среднем её течении [2]. Русло р. Керженец характеризуется преобладанием плесовых участков с медленным течением (0.1-0.3 м/с) и глубинами 1-2 метра. Несмотря на преобладание небольших глубин в р. Керженец имеются и омуты с глубинами до 14.8 м. Ширина реки в межень

30-40 м. В пределах территории заповедника бассейн р. Керженец характеризуется плоским равнинным рельефом, расчлененным многочисленными долинами рек, густота которых составляет 0.28-0.41 км на 1 км<sup>2</sup>. В пределах заповедника р. Керженец принимает целый ряд притоков. К наиболее крупным относятся: р. Вишня, р. Черная с притоками Большая Черная и Малая Черная, р. Пугай, р. Рустайчик, р. Макариха. Из водотоков более высокого порядка речки-ручьи Чернушка, Бугровка, Ухмантей и другие [3].

Материалом для работы послужили 23 пробы зоопланктона, отобранные при единовременной съемке (9-11 июля 2013 г.) на водотоках, расположенных на территории ГПБЗ «Керженский» (рис. 1).

Пробы зоопланктона были отобраны путем процеживания 200 л воды через сеть Апштейна (газ №64). Собранные пробы были зафиксированы 40% водным раствором формалина до 4% концентрации и хранились в гидробиологических склянках. Обработка материала проводилась общепринятыми в практике гидробиологических исследований методами [4].

Идентификацию видов зоопланктона проводили с использованием определителей [5-7 и др.].

Для оценки качества воды исследованных водоемов рассчитывали индекс сапробности Пантле-Букк в модификации Сладечека [8, 9]. Класс качества воды устанавливали по «Правилам контроля качества воды в водоемах и водотоках» [10].

В составе зоопланктона малых рек нами было идентифицировано 93 вида планктонных животных, из них *Rotifera* (коловратки) – 44 видов, *Cladocera* (ветвистоусые ракообразные) – 37 видов, *Copepoda* (веслоногие ракообразные) – 12 видов. Из идентифицированных организмов 51 вид планктонных животных, в том числе 27 видов коловраток, 18 видов ветвистоусых и 6 видов веслоногих ракообразных, были обнаружены в водных объектах ГПБЗ «Керженский» впервые.

Абсолютное большинство, 80 видов, или 86% от общего числа видов (93 видов), идентифицированных в малых реках, протекаю-



Рисунок 1. Расположение точек отбора проб зоопланктона на территории ГПБЗ «Керженский»:  
 1) р. Рустайчик, среднее течение; 2) р. Рустайчик, нижнее течение; 3) р. Рустайчик, устье; 4) р. Керженец, выше устья р. Рустайчик; 5) р. Керженец, ниже устья р. Рустайчик; 6) р. Вишня, верхнее течение; 7) р. Вишня, среднее течение; 8) р. Ухмантей; 9) р. Вишня, пос. Рустай; 10) р. Вишня, устье; 11) р. Керженец, выше устья р. Вишня; 12) р. Керженец, ниже устья р. Вишня; 13) р. М. Черная, верхнее течение; 14) р. М. Черная, среднее течение; 15) р. Чернушка; 16) р. Б. Черная, верхнее течение; 17) р. Черная, нижнее течение; 18) р. Керженец, выше устья р. Черная; 19) р. Керженец, ниже устья р. Черная; 20) р. Пугайчик; 21) р. Бугровка; 21) р. Пугай, нижнее течение; 22) р. Керженец, выше устья р. Пугай.

щих по территории заповедника «Керженский», являются индикаторными. В число индикаторных входили, преимущественно, индикаторы олиго- и  $\beta$ -мезосапробных вод. Низкие индивидуальные значения сапробности, например, имеют следующие виды коловраток: *Conochiloides natans* (Seligo, 1900), *Euchlanis lyra* (Hudson, 1886), *Trichocerca cylindrica* (Imhof, 1891), ветвистоусые ракообразные: *Alona affinis* (Leydig, 1860), *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller, 1785), *Pleuroxus aduncus* (Jurine, 1820), веслоногие ракообразные: *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857), *Thermocyclops oithonoides* (Sars, 1863) и др. Кроме того, в число индикаторных видов входили: вид-показатель  $\alpha$ -мезосапробной зоны *Daphnia pulex* (Leydig, 1860), а также виды с индивидуальными значениями индекса сапробности, находящимися на границе  $\beta$ -мезосапробных и  $\alpha$ -мезосапробных вод: *Brachionus calyciflorus* (Pallas, 1776) и *Moina brachiata* (Jurine, 1820). Виды-показатели полисапробных вод отсутствовали. Индексы сапробности Пантле и Букк, рассчитанные для каждой пробы путем перемножения индикаторной значимости вида на его числен-

ность, колебалась для всех исследованных рек в достаточно больших пределах (табл.1). В реке Ухмантей доминировали *Ceriodaphnia dubia* (Richard, 1894) и *Daphnia pulex*. Последний вид имеет самый высокий индивидуальный индекс сапробности среди всех отмеченных в заповеднике видов равный 2,8 у.е., чем и было обусловлено наблюдаемое качество воды (IV класс, «грязная»).

Похожая ситуация наблюдалась в р. Чернушка, где доминирующим видом, определяющим такой высокий показатель загрязнения воды, был  $\alpha$ -мезосапроб *Daphnia pulex*. Здесь качество воды лежало в пределах  $\alpha$ -мезосапробной зоны (вода IV класса, «грязная»).

Все точки отбора проб на р. Керженец характеризовались изменениями индексов сапробности, соответствующими олигосапробной –  $\beta$ -мезосапробной зоне, II – III классу качества воды (вода «чистая – умеренно загрязненная»). При этом минимальные значения индекса были отмечены на р. Керженец выше устья р. Вишни, а максимальные – ниже устья р. Рустайчик.

Таким образом, на основании проведенных биоиндикационных исследований вода

Таблица 1. Индекс сапробности Пантле-Букк ( $J_{sn}$ , у.е.) индикаторных видов зоопланктона, зона сапробности и класс качества вод малых рек ГПБЗ «Керженский», июль 2013 года.

№	Название объекта	$J_s$	Зона сапробности	Класс качества вод
1	р. Рустайчик, среднее течение	1,61	$\beta$ -мезосапробная	III
2	р. Рустайчик, нижнее течение	1,35	олигосапробная	II
3	р. Рустайчик, устье	1,57	$\beta$ -мезосапробная	III
	Среднее значение и ошибка среднего	1,51 $\pm$ 0,08		II-III
6	р. Вишня, верхнее течение	1,47	олигосапробная	II
7	р. Вишня, среднее течение	1,56	$\beta$ -мезосапробная	III
8	р. Ухмантей	2,41	$\alpha$ -мезосапробная	IV
9	р. Вишня, пос. Рустай	1,72	$\beta$ -мезосапробная	III
10	Р. Вишня, устье	1,66	$\beta$ -мезосапробная	III
	Среднее значение и ошибка среднего	1,77 $\pm$ 0,17		II-IV
13	р. М. Черная, верхнее течение	1,40	олигосапробная	II
14	р. М. Черная, среднее течение	1,49	олигосапробная	II
15	р. Чернушка	2,75	$\alpha$ -мезосапробная	IV
16	р. Б. Черная, верхнее течение	1,40	олигосапробная	II
17	р. Черная, нижнее течение	1,34	олигосапробная	II
	Среднее значение и ошибка среднего	1,68 $\pm$ 0,27		II-IV
20	р. Пугайчик	1,62	$\beta$ -мезосапробная	III
21	р. Бугровка	1,58	$\beta$ -мезосапробная	III
22	р. Пугай, нижнее те- чение	1,38	олигосапробная	II
	Среднее значение и ошибка среднего	1,53 $\pm$ 0,07		II-III
4	р. Керженец, выше устья р. Рустайчик	1,71	$\beta$ -мезосапробная	III
5	р. Керженец, ниже устья р. Рустайчик	2,14	$\beta$ -мезосапробная	III
11	р. Керженец, выше устья р. Вишни	1,23	олигосапробная	II
12	р. Керженец, ниже устья р. Вишни	1,62	$\beta$ -мезосапробная	III
18	р. Керженец, выше устья р. Черная	1,72	$\beta$ -мезосапробная	III
19	р. Керженец, ниже устья р. Черная	1,60	$\beta$ -мезосапробная	III
23	р. Керженец, выше устья р. Пугай	1,44	олигосапробная	II
	Среднее значение и ошибка среднего	1,64 $\pm$ 0,11		II-III

большинства рек, протекающих по территории Заповедника «Керженский», может быть оценена II – III классом качества (вода «чистая – умеренно загрязненная»). Исключение составляли реки Ухмантей и р. Чернушка, характеризующиеся IV классом качества воды (вода «грязная»). Отсутствие токсического загрязнения водотоков ПБЗ «Керженский» позволяет говорить о естественном органическом загрязнении рек Ухмантей и Чернушка, характеризующихся высокой степенью трофности и имеющих благоприятные абиотические условия для массового развития планктонных ракообразных.

#### Список литературы

1. Шурганова Г.В. Динамика видовой структуры зоопланктоценозов в процессе их формирования и развития (на примере водохранилищ Средней Волги: Горьковского и Чебоксарского) // Автореф. дис.... докт. биол. наук. – Н.Новгород, 2007а. – 48 с.
2. Фридман Б.И., Кораблева О.В. Геология и рельеф Керженского заповедника // Природные условия Керженского заповедника и некоторые аспекты охраны природы Нижегородской области. Труды ГПЗ «Керженский». Т. 1. Нижний Новгород, 2001. С. 7-70.
3. Манкиш В.Д., Баянов Н.Г. Гидрологический и гидрохимический режим реки Керженец и её притоков в среднем и нижнем течении // Природные условия Керженского заповедника и некоторые аспекты охраны природы Нижегородской области. Труды ГПЗ «Керженский». Т. 1. Нижний Новгород, 2001. С. 79-108.
4. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. Л., 1982.
5. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т.1. Зоопланктон / под ред. В.Р. Алексеева. С.Я. Цалолыхина. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 495 с.
6. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т.2. Спб, 1995. 630 с.
7. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. Л.: Наука, 1970. 744 с.
8. Унифицированные методы исследования качества вод // Методы биологического анализа вод. Т. 3. М., 1976. 185 с.
9. Wegl R. Index fur die Limnosaprobität // Wasser und Abwasser. – 1983. – Т. 26. – 175 р.
10. ГОСТ 17.1.3.07.82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды в водоемах и водотоках. М., 1982.

#### RESULTS OF BIOINDICATIVE RESEARCH OF SMALL RIVERS OF STATE NATURE BIOSPHERE RESERVE "KERZHENSKY" OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION

Ilyin M.Yu., Kudrin I.A., Shurganova G.V., Kuklina T.V.

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod

[maxim\\_ilin@list.ru](mailto:maxim_ilin@list.ru), [kudriniv@mail.ru](mailto:kudriniv@mail.ru), [shurganova@bio.unn.ru](mailto:shurganova@bio.unn.ru)

Based on the analysis of indicator species of zooplankton, quality of water in the small rivers of state nature biosphere reserve "Kerzhensky" of the Nizhny Novgorod Region was evaluated

Keywords: zooplankton, small rivers, saprobity, water quality, biosphere reserve

## ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАКРОФИТОВ Р. ВОРСКЛА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЫ

Клепец Е.В., Карпова Г.А.

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

[gidrobiolog@gmail.com](mailto:gidrobiolog@gmail.com), [galakarpova@yahoo.com](mailto:galakarpova@yahoo.com)

Рассмотрена пространственная динамика структурных показателей макрофитов (видовое богатство, экологическая структура, удельная фитомасса) отрезка средней реки на участках с различным уровнем урбанизации.

**Ключевые слова:** макрофиты, структурные показатели, Ворскла, урбанизация

Историческим фактором развития многих современных городов выступают реки, выполняющие для населения ряд важных функций – транспортную, обеспечения водными и биологическими ресурсами, рекреационную, коммунально-бытовую. Вследствие усиления процессов урбанизации и масштабов антропогенного пресинга на природу речные экосистемы в зоне влияния городов попадают под угрозу полной или частичной деградации. Если малые реки в городах уже почти сплошь зарегулированы или превращены в сточные каналы, то средние и крупные реки, собирающие сток с обширных территорий и имеющие более-менее устойчивый проточный режим, демонстрируют все более явные признаки нарушения равновесия своих экосистем, что наиболее очевидно отражается на состоянии их макроскопического автотрофного компонента.

Целью данной работы было выявить степень антропогенного нарушения проточной экосистемы под воздействием урбанизации по перестройкам структуры сообществ макрофитов на примере урбанизированного отрезка реки Ворсклы.

Ворскла – типичная средняя равнинная река, левый приток Днепра, с длиной русла 464 км и площадью бассейна 14,7 тыс. км<sup>2</sup>. В своем среднем течении, а именно в районе г. Полтавы (областной центр Украины с населением 296 тыс. жителей), Ворскла подвергается комплексному влиянию урбанизации, что проявляется через зарегулирование русла шлюзами, искусственное изменение его глубины, ширины, извилистости, сооружение мостов, застройку и одамбирование берегов, сброс ливневых стоков, использование маломерного речного транспорта, создание рекреационной нагрузки (отдых на берегу и в воде, рыбная ловля с берега и с лодки).

Здесь на протяжении вегетационных сезонов 2011-2012 гг. исследовался отрезок реки длиной около 25 км, где по степени антропогенного влияния было выделено 5 участков, расположенных последовательно по течению: I – 5 км выше города (состояние реки приближено к эталонному), II – верхняя часть городского отрезка (умеренно урбанизированная зона рекреации), III –

средняя часть городского отрезка (высокоурбанизированный участок с выпусками ливневой канализации), IV – нижняя часть городского отрезка (расширенный и углубленный участок ниже сброса всех городских стоков), V – 5 км ниже города (природный ландшафт вне населенных пунктов).

Исследования велись с применением традиционных в гидробиологии методик [1]. Речные участки сравнивались по таким показателям гидрофитоценозов, как видовое богатство, состав экогрупп, а также удельная фитомасса (рис. 1).

В составе флоры всего изученного отрезка реки было выявлено 57 видов водных макрофитов, в т.ч. 49 видов цветковых, по 1 виду папоротников, хвощей и печеночных мхов, а также 5 таксонов макроскопических водорослей.

На участке выше города обнаружено 39 видов, что дает представление о богатстве флоры в относительно ненарушенных условиях (рис. 1, а). На створах городского отрезка (участки II-IV) наблюдаются максимальные и минимальные значения видового богатства, т.е. факторы урбанизации обуславливают флуктуацию видового разнообразия относительно природного фона: при незначительной антропогенной нагрузке количество видов макрофитов даже возрастает (вследствие повышения гетерогенности условий среды), однако при последующем усилении антропогенного влияния уже через несколько километров количество видов резко падает. На участке, расположенном за 5 км ниже города, несмотря на отсутствие прямых факторов урбанизации, видовое богатство относительно невысоко (33 вида) и эталонного уровня еще не достигает.

В структуре экогрупп (рис. 1, б) с наиболее широкой амплитудой изменяется видовое разнообразие погруженных гидрофитов (изменения этой экологической группы по участках аналогичны общей динамике видового богатства), что связано с широким спектром изменений гидробиологических и гидрохимических условий на всем изученном отрезке. Для гидрофитов, свободно плавающих на поверхности воды, отмечается тенденция постепенного возрастания видового разнообразия, очевидно, связанная с повышением трофности воды вниз по течению реки,

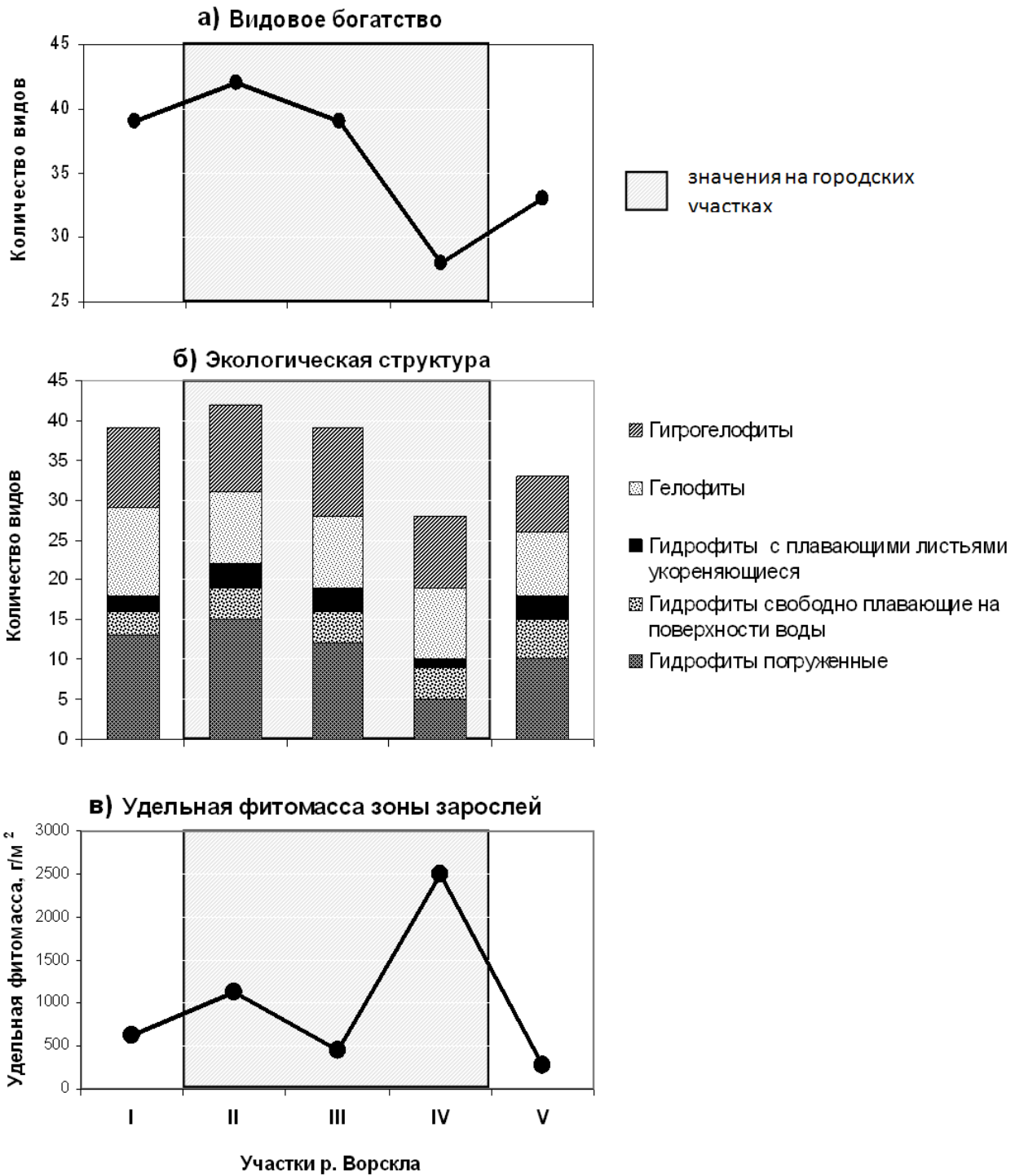


Рисунок 1. Изменение структурных показателей макрофитов на различных участках урбанизированного отрезка р. Ворскла.

в которую поступает избыточное количество биогенных элементов с городской территории (в составе ливневого и поверхностного стока). Типичные для речных систем укореняющиеся гидрофиты с плавающими листьями (*Nuphar lutea*, виды рода *Potamogeton*) представлены более-менее равномерно, исключая заметный минимум на нижегородском участке, где вследствие дноуглубительных преобразований площади их биотопов были существенно сокращены.

Для гелофитов, максимум разнообразия которых приходится на эталонный участок, характерен стабильно высокий уровень видового богатства на всех городских створах (по 9 видов) и некоторое его снижение на створе ниже города, что соответствует общей тенденции для всех макрофитов на этом участке.

Гигрогелофиты достигают максимума разнообразия на двух первых городских створах, что свидетельствует о возможном развитии здесь процессов заболачивания берегов, обусловленных ухудшением дренажных свойств русла вследствие различных видов гидротехнического строительства (мосты, шлюзы). На самом нижнем створе, где русло снова обретает природный характер, количество гигрогелофитов является минимальным.

Показатель удельной фитомассы принят нами как усредненная масса всех водных макрофитов, произрастающих на единице площади акватории, в пересчете на воздушно-сухой вес, и рассчитан для зоны зарослей, что дает возможность оценить продукционный потенциал водной экосистемы независимо от искусственно варьируемого показателя зарастания акватории. Кривая удельной фитомассы макрофитов всех экогрупп поначалу повторяет динамику кривой видового богатства (рис. 1, в). Так, на верхнегородском участке наблюдается некоторое возрастание продукции макрофитов в сравнении с природным фоном, очевидно, связанное со стимулирующим влиянием умеренного уровня урбанизации (аналогично феномену гормезиса при воздействии вредных экологических факторов на организм [2]). Но уже на среднегородском участ-

ке, где влияние урбанизации гораздо заметнее, наблюдается угнетение продукционных процессов в виде снижения удельной фитомассы зарослей относительно эталонных значений. В то же время на соседнем нижегородском створе наблюдается резкое возрастание продукции макрофитов на фоне стремительного спада на этом участке их видового богатства. Премущественное положение на этом участке получает лишь ограниченное число видов (преобладают фитocenозы на основе *Lemna minor*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Phragmites australis*), которые в условиях повышенной трофности среды развивают высокую биомассу. Это наглядно иллюстрирует биоценотическое правило Тинемана и подтверждает обострение экологических условий до критического уровня в связи с синергизмом здесь многих антропогенных факторов. На участке ниже города, где антропогенный пресс на экосистему постепенно падает, а видовое разнообразие заметно восстанавливается, продукционные показатели макрофитов даже несколько ниже эталонных, что свидетельствует о еще не полном устранении негативных влияний на гидрофитоценозы реки на расстоянии 5 км от города.

Таким образом, пространственная динамика изученных структурных показателей макрофитов указывает на определяющее влияние комплекса факторов урбанизации на развитие речной макрофитобиоты, основными из которых являются загрязнение воды, нарушение гидрологического режима, трансформация литогенной основы речного русла. Урбанизация умеренного уровня способствует повышению всех изученных структурных показателей макрофитов. В условиях урбанизации наиболее сильно нарушен нижегородский участок исследованной реки.

#### Список литературы

1. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. – Л.: Наука, 1981. – 187 с.
2. Реймерс Н. Ф. Экология (теории, законы, правила принципы и гипотезы). – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – С. 76.

#### THE CHANGE OF MACROPHYTE STRUCTURE INDEXES OF THE RIVER VORSKLA IN CONDITIONS OF URBANIZED ENVIRONMENT

Klepets E.V., Karpova G.A.

Institute of Hydrobiology of National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

[gidrobiolog@gmail.com](mailto:gidrobiolog@gmail.com), [galakarpova@yahoo.com](mailto:galakarpova@yahoo.com)

It was examined the space dynamics of macrophytes structure indexes (species richness, the composition of ecological groups, specific phytomass) from various plots of an average river, which differ by the level of urbanization.

Keywords: m macrophytes, structure indexes, river Vorskla, urbanization

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ ОРГАНИЧЕСКИХ АГРОЦЕНОЗОВ ВОСТОЧНОГО ЗАКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Кольцова Т.Г.<sup>1,2</sup>, Сунгатуллина Л.М.<sup>1</sup>, Григорьян Б.Р.<sup>1,2</sup>, Либельт А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань

<sup>2</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

[t@shmain.ru](mailto:t@shmain.ru), [sunlyc@yandex.ru](mailto:sunlyc@yandex.ru), [bobgrig007@gmail.com](mailto:bobgrig007@gmail.com), [ponochka157@yandex.ru](mailto:ponochka157@yandex.ru)

Результаты исследования показали, что органическое земледелие способствует благоприятному развитию почвенной микрофлоры, улучшению гумусного состояния черноземных почв и оптимизации их кислотного и питательного режимов.

**Ключевые слова:** органическое земледелие, конвенциональное земледелие, чернозем выщелоченный, чернозем типичный, агрохимические свойства, почвенная микрофлора

Органическое сельское хозяйство как альтернативная форма землепользования активно развивается в России. Основным принципом органического земледелия является сохранение плодородия почв. Рациональное и бережное расходование природных ресурсов и охрана окружающей среды – второй базовый принцип биологического земледелия. Использование природных механизмов регулирования в аграрной экосистеме – важнейший принцип органического земледелия, реализация которого достигается следующими механизмами: введением более разнообразных севооборотов; внедрением почвозащитных и противоэрозионных методов обработки почвы; регулированием степени засоренности полей сорными видами растений механическими методами; целенаправленной закладкой живых изгородей и формированием различных биотопов. При органическом сельскохозяйственном производстве запрещено использование пестицидов, синтетических минеральных удобрений, регуляторов роста растений, генетически модифицированных организмов.

С целью контроля и биомониторинга состояния почв в органических агроценозах необходим набор информативных показателей, отражающих все основные свойства почв и позволяющие выявить направленность протекающих в почве процессов и разработать меры по предотвращению их деградации и агроистощения.

В связи с чем целью представленной работы явилось изучение основных агрохимических, физико-химических и биологических свойств черноземных почв при органическом сельскохозяйственном возделывании и динамики их изменения в природно-климатических условиях Восточного Закамья Республики Татарстан.

Объект исследования – выщелоченный среднесуглинистый чернозем (ЧВ) и типичный среднесуглинистый чернозем (ЧТ) в зернотравном и зернопаровом севооборотах органических и конвенциональных агроценозов. Отбор почвенных проб проводился стандартными ме-

тодами в весенне-осенний период с 2011 по 2013 г.г. на территории органического крестьянско-фермерского хозяйства и сельскохозяйственного предприятия с конвенциональным типом земледелия, расположенных в Мензелинском районе Республики Татарстан, находящемся в экологически благополучной зоне.

Определение содержания гумуса в пробах почв проводили по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова (ГОСТ 26213-91), подвижных форм фосфора и калия – по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91), общего азота – по методу Несслера (ГОСТ 26107-84), степени кислотности почв (рН водный) – потенциметрическим методом (ГОСТ 26423-85). Определение общего числа микроорганизмов осуществлялось методом посева на мясо-пептонном агаре (МПА), численности актиномицетов – на крахмало-аммиачном агаре, численности микромицетов – на подкисленную среду Чапека, численности педотрофов – на почвенном агаре (ПА), встречаемости азотфиксирующих микроорганизмов рода *Azotobacter* – методом комочков обрастания на среде Эшби.

Проведенные исследования позволили установить, что черноземные почвы при органическом земледелии характеризуются оптимальными значениями агрохимических показателей, благоприятными для выращивания основных сельскохозяйственных культур: пахотный слой имеет слабокислую реакцию почвенного раствора, сильногумусирован, с очень высоким содержанием элементов питания – подвижного фосфора, обменного калия и общего азота.

На органическом поле с выщелоченным черноземом отмечено снижение степени кислотности со слабокислой (в среднем 6,26 – в 2011г., 6,34 – в 2012г.) до нейтральной (в среднем 6,87 в 2013г.), более оптимальной для выращивания основных зерновых культур. Нейтральная реакция почвенного раствора обеспечивает благоприятные физические условия, оструктуренность почв, интенсивную микробиологическую деятельность, оптимальные условия фосфорного,



азотного и в целом минерального питания, высокий уровень плодородия. Степень кислотности почв пахотного горизонта типичного чернозема варьирует в узком диапазоне слабокислых значений (в среднем от 6,06 до 6,26). В черноземных почвах, возделываемых в условиях конвенционального земледелия, выявлена обратная закономерность: смещение реакции почвенного раствора с нейтральной к слабокислой.

В ходе статистического анализа по сравнению средних значений исследуемых агрохимических показателей выявили, что содержание подвижного фосфора достоверно выше в черноземных почвах органических агроэкосистем (для выщелоченного чернозема  $t_{St} = 4,21$  при  $p=0,008$ ; для типичного чернозема  $t_{St} = 2,93$  при  $p=0,033$ ), чем конвенциональных. По содержанию в почвах валового азота достоверно значимые различия между средними значениями зафиксированы для пахотного горизонта типичного чернозема, обеспеченность общим азотом которого выше при органическом земледелии ( $t_{St} = 2,60$  при  $p=0,048$ ).

Отношение углерода к азоту, C/N, является информативным критерием для характеристики гумусного состояния почв. Степень обогащенности гумуса азотом черноземных почв органических агроэкосистем низкая (C/N в среднем равно 12,8 для ЧВ и 12,5 для ЧТ), что отражает общую пониженную микробиологическую активность почв исследуемого района. Черноземные почвы конвенциональных агроценозов характеризуются очень низкой степенью обогащенности гумуса азотом (C/N в среднем равно 14,4 и 14,1 соответственно). По всей видимости, в почвах органических агроэкосистем более активно протекают процессы микробиологической трансформации азотсодержащих органических веществ, поскольку беспестицидная технология возделывания сельскохозяйственных культур на протяжении более 16 лет в модельном органическом хозяйстве способствует сохранению почвенной микрофлоры и повышению ее разнообразия. В результате формируется органическое вещество почвы с более высоким содержанием азота.

По степени обогащенности микроорганизмами черноземные почвы органических агроце-

нозов относятся к богатым и очень богатым. Значения индекса педотрофности (отношение численности микроорганизмов, выросших на ПА, к численности микроорганизмов, выросших на МПА), вычисленные для микробценозов органических агроэкосистем, указывают на уравновешанность интенсивности процессов разложения углеродсодержащего вещества и трансформации азотсодержащего (ПА/МПА в пахотном горизонте ЧВ и ЧТ в среднем равно 1,0; 1,15 соответственно), что создает предпосылки для накопления стабильного органического вещества и сохранения плодородия.

Для комплексной оценки биологических и агрохимических свойств черноземных почв, возделываемых в условиях разных систем земледелия, использован многомерный метод. Результаты дискриминантного анализа, проведенного по ряду агрохимических (содержание гумуса, общего азота, подвижного фосфора и обменного калия, степень кислотности) и биологических (общее число микроорганизмов, численность актиномицетов и микромицетов, встречаемость микроорганизмов рода *Azotobacter*) параметров указывают на значимость различий эколого-агрохимического состояния черноземных почв, возделываемых в условиях органического и конвенционального земледелия (рис.1, табл. 1). Наиболее значимыми показателями, определяющими различия между свойствами черноземных почв разных систем земледелия, являются степень кислотности (Wilks' Lambda: 0,162542,  $p=0,004854$ ) и встречаемость микроорганизмов рода *Azotobacter* (Wilks' Lambda: 0,110368,  $p=0,044070$ ). Наибольшие различия между органической и конвенциональной системой земледелия по комплексу биологических и агрохимических свойств отмечены для выщелоченного чернозема ( $p=0,017315$ ) (табл. 1).

Таким образом, черноземные почвы органических агроценозов Восточного Закамья Республики Татарстан характеризуются оптимальными значениями агрохимических, физико-химических и биологических параметров, способствующих поддержанию высокого плодородия почв.

Таблица 1. Квадрат расстояния Махаланобиса между центроидами распределения агрохимических и биологических параметров черноземных почв при разных системах земледелия (Wilks' Lambda: 0,0576206 approx.  $F(27,35) = 2,190163$   $p < 0,0142$ ).

Система земледелия	органическое земледелие, ЧВ	органическое земледелие, ЧТ	конвенциональное земледелие, ЧВ	конвенциональное земледелие, ЧТ
органическое земледелие, ЧВ	0,00000	9,12571	19,00796	6,05411
органическое земледелие, ЧТ	9,12571	0,00000	18,58761	9,09441
конвенциональное земледелие, ЧВ	19,00796	18,58761	0,00000	10,28586
конвенциональное земледелие, ЧТ	6,05411	9,09441	10,28586	0,00000

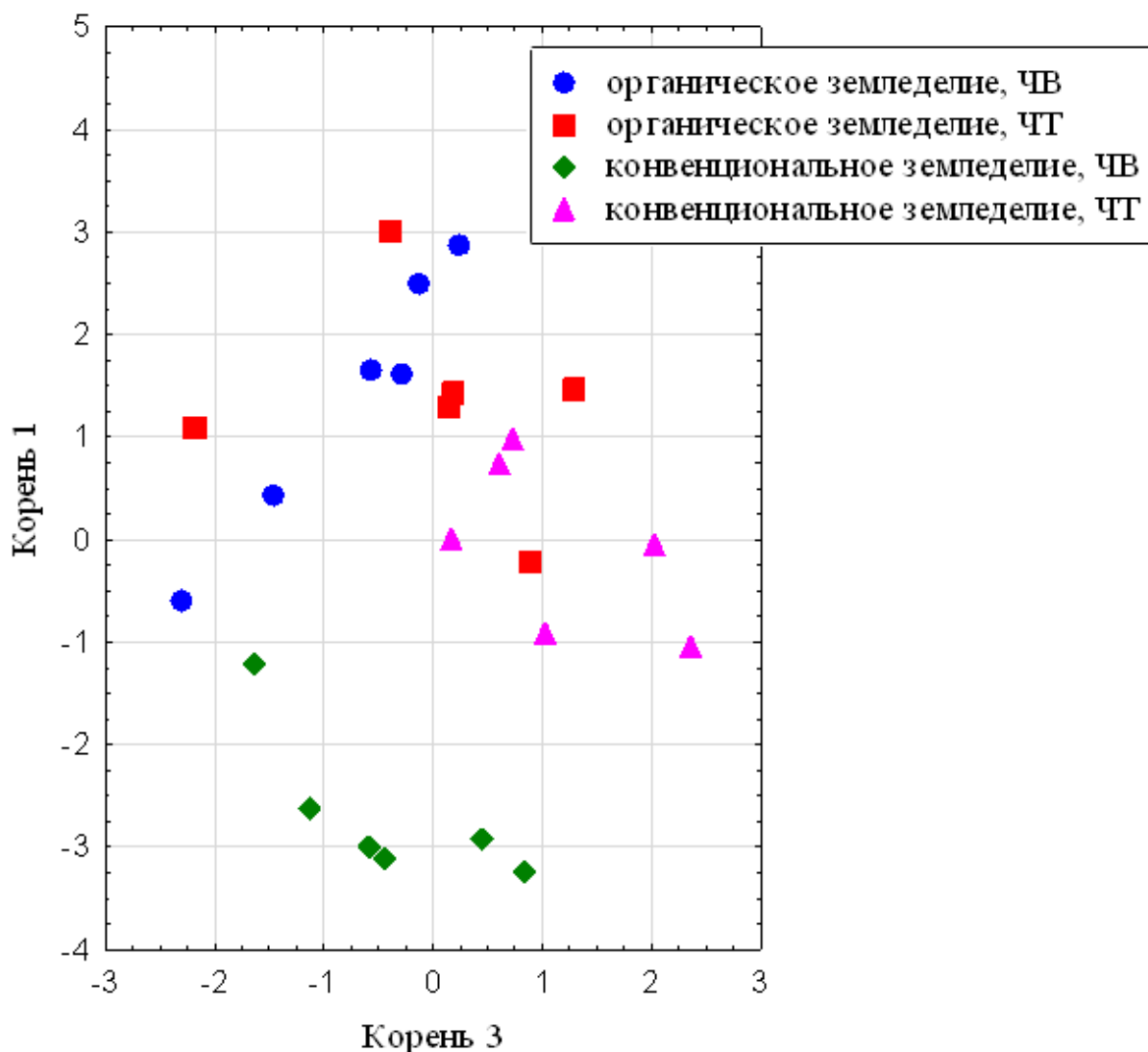


Рисунок 1. Ординация черноземных почв, возделываемых при разных системах земледелия, в плоскости двух дискриминантных осей (по комплексу биологических и агрохимических характеристик).

**BIOLOGICAL AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF CHERNOZEM SOILS OF  
ORGANIC AGROCENOSIS IN THE EASTERN ZAKAME OF THE TATARSTAN  
REPUBLIC**

**Koltsova T.G.<sup>1,2</sup>, Sungatullina L.M.<sup>1</sup>, Grigoryan B.R.<sup>1,2</sup>, Libelt A.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of  
Sciences, Kazan

<sup>2</sup>Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

[t@shmain.ru](mailto:t@shmain.ru), [sunlyc@yandex.ru](mailto:sunlyc@yandex.ru), [bobgrig007@gmail.com](mailto:bobgrig007@gmail.com), [ponochka157@yandex.ru](mailto:ponochka157@yandex.ru)

Organic agriculture contributes to the favorable development of soil microflora, improving the state of humus of chernozem soils and optimizing the degree of acidity and nutrient regime of soils is shown in the article.

**Keywords: organic agriculture, conventional agriculture, chernozem soils, agrochemical properties, soil microflora**

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ МАЛЫХ ОЗЕР ПУРОВСКОГО РАЙОНА (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ, ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ) К ПРОЦЕССАМ ЗАКИСЛЕНИЯ

Кремлева Т.А., Кононова А.С.

Тюменский государственный университет

[kreml-ta@yandex.ru](mailto:kreml-ta@yandex.ru), [alexandra\\_kononova92@rambler.ru](mailto:alexandra_kononova92@rambler.ru)

В настоящей работе по данным гидрохимического анализа состава вод девяти озер Пуровского района Тюменской области проведена оценка их буферной способности и кислотонейтрализующей способности. Рассчитаны основные критерии, позволяющие судить о потенциальной устойчивости или уязвимости обследованных озер к техногенному поступлению кислотообразующих веществ. На основании расчетов сделан вывод о высокой степени уязвимости большей части озер.

**Ключевые слова:** закисление, кислотонейтрализующая способность, малые озера

Понятие “закисление” связано с выбросом в атмосферу кислотообразующих оксидов и последующим влиянием кислотных осадков на состояние окружающей среды. В Западной Сибири следует обратить особое внимание на проблему сжигания попутного газа. Факелы на нефтяных месторождениях являются источником хронического многолетнего загрязнения атмосферы кислотообразующими оксидами на обширных территориях. Следовательно, можно ожидать, что для севера Западной Сибири, где сосредоточено наибольшее количество факельных площадок, возможно выпадение кислотных осадков [1, 2].

*Объекты исследования.* Для обследования были выбраны малые озера, находящиеся в Пуровском районе (Ямало-Ненецкий автономный округ, север Тюменской области), расположенные на территории, удаленной от непосредственных источников техногенного загрязнения. Пробы были отобраны в 9 озерах, площадь водного зеркала этих озер не превышает 20 км<sup>2</sup>.

### Материалы и методы

Аналитическая программа работ включала в себя определение рН, электропроводности ( $\chi$ ), основных ионов минерализации ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ), щелочности (Alk), цветности (Цв), различных форм азота ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ , TNb), общего (ТС) и органического углерода (ТОС), общего фосфора (ТР), фосфатов ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) и др.

*Критерии закисления вод.* Симптомом закисления вод является не только снижение рН воды (это уже скорее следствие), но и изменение ионного состава воды, потеря стабильности рН. Однако низкие значения рН – не всегда свидетельство антропогенного закисления. Они могут быть обусловлены также природным подкислением при больших содержаниях гумусовых кислот. Но бесспорным остается тот факт, что низкие значения рН и цветности при доминирующем положении сульфатов в анионном составе являются признаками антропогенного закисления вод [1].

Изменение концентрации анионов в сторону преобладающего положения анионов сильных кислот в анионной композиции – симптом закисления вод. Для оценки развития закисления был рассмотрен *показатель соотношения молярной концентрации анионов*:  $[\text{HCO}_3^-]/([\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-])$ , отражающий, с одной стороны, увеличение нагрузки сульфатов и нитратов, а с другой – снижение буферной емкости вод.

Для оценки роли относительной значимости вклада сульфатов и нитратов в процессы закисления вод предложен показатель KNS, который определяется как соотношение [1]:

$$\text{KNS} = \text{NO}_3^- / (\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-). \quad (6)$$

В регионах, где определяющим фактором закисления являются сульфаты, значения KNS близки к нулю и возрастают по мере увеличения доли нитратов в анионном составе вод.

В мировой практике показатель кислотонейтрализующей способности ANC – общепринятый критерий закисления вод. Показатели кислотонейтрализующей способности вод находят двумя методами [2, 3]:

$$\text{ANC}_1 = [\text{Ca}^{2+}]^* + [\text{Mg}^{2+}]^* + [\text{Na}^+]^* + [\text{K}^+]^* - [\text{SO}_4^{2-}]^* - [\text{NO}_3^-]^*, \quad (7)$$

$$\text{ANC}_2 = [\text{HCO}_3^-] + [\text{An}^-] - [\text{H}^+] - [\text{Al}^{3+}] \quad (8)$$

где An – концентрация органического аниона, которую можно рассчитать по значению ТОС (общий органический углерод) [2].

Содержание элементов представляется в эквивалентах и корректируется на устранение доли элементов, поступающих в составе морских аэрозолей (по их отношению к хлору). Принимается, что в природных водах, где преобладает атмосферное питание, хлориды имеют только морское происхождение, а кальций, магний

и сульфаты приносятся в пропорциях, соответствующих таковой в морских водах. Это позволяет выделить концентрации катионов, которые поступают в водные системы вследствие их химического выветривания с водосбора и обеспечивают нейтрализацию сильных кислот, а также выделить концентрации сульфатов, выпадающих на водосбор из загрязненной атмосферы, которые приводят к закислению вод. Концентрации основных ионов с коррекцией на морские аэрозоли рассчитываются следующим образом [1, 3]:

$$[\text{Ca}^{2+}]^* = [\text{Ca}^{2+}] - 0,037 [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{Mg}^{2+}]^* = [\text{Mg}^{2+}] - 0,198 [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{Na}^+]^* = [\text{Na}^+] - 0,858 [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{K}^+]^* = [\text{K}^+] - 0,018 [\text{Cl}^-]$$

$$[\text{SO}_4^{2-}]^* = [\text{SO}_4^{2-}] - 0,103 [\text{Cl}^-].$$

При достоверном химическом определении всех составляющих компонентов химического состава вод и хорошем показателе баланса ионов значения ANC 1 и ANC2, согласно литературным данным, должны быть близки. Значение ANC менее 50 мэкв/дм<sup>3</sup> считается критическим, и уязвимость таких водоемов в отношении кислотных выпадений крайне высока.

### Результаты эксперимента и их обсуждение

Пуровский район представляет собой уникальную территорию российского Крайнего Севера. В недрах района богатейшие залежи нефти и газа. Начавшаяся в 1965 году разработка углеводородов привела к возникновению на территории района новых городов и поселков, автомобильных и железных дорог, нефте- и газопроводов, крупных предприятий, созданных на основе современных технологий переработки природного сырья, что в значительной степени влияет на состояние водных экосистем. В программу исследования не включали озера, находящиеся на территории непосредственного влияния нефте- и газодобывающих компаний, для того, чтобы можно было оценить удаленное, рассеянное воздействие на водоемы.

По степени минерализации все озера относятся к группе ультрапресных, их минерализация не превышает 50 мг/дм<sup>3</sup>. Величина удельной электрической проводимости, косвенно характеризующая общее содержание ионов во всех озерах находится в интервале 7,3 – 17 мкСм/см, что подтверждает данные о низкой минерализации вод. Значение водородного показателя варьирует от 4,9 до 6,3. Такое значение pH, при общей низкой минерализации и буферной способности вод позволяет судить об их потенциаль-

ной уязвимости в отношении процессов закисления. По классификации О.А. Алёкина большая часть озер (шесть) относится к гидрокарбонатно-кальциевым, первого (два озера) и второго (четыре озера) типа. Однако в трех озерах из девяти доминирующими в анионной композиции являются сульфаты и озера относятся к сульфатно-кальциевым второго типа. Сам факт преобладания среди анионов сульфатов зачастую уже свидетельствует о техногенном воздействии на водоем (в отсутствие сульфатов в горных породах водосбора).

Для оценки устойчивости обследованных озер Пуровского района к закислению были проведены расчеты основных критериев: мольного соотношения  $[\text{HCO}_3^-]/([\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-])$ , коэффициента KNS и кислотонейтрализующей способности  $ANC_1$  и  $ANC_2$  по формулам, приведенным выше. Результаты расчетов представлены в таблице 1.

По результатам расчетов выявлены озера с низкими буферными свойствами, потенциально уязвимые к процессам закисления, с низкими значениями KNS, указывающими на доминирование сульфатов среди анионов.

Значения показателя кислотонейтрализующей способности, рассчитанные по формулам 2 и 3, для каждого озера приведены в таблице 2.

Из данных таблицы следует, что значения показателей нейтрализующей способности, рассчитанные разными способами, значительно различаются. Это может быть связано со значительным удалением территории Пуровского района от Баренцева моря и незначительным влиянием морских аэрозолей. Насколько необходима при расчетах в этом случае коррекция концентраций главных ионов – вопрос достаточно сложный и в рамках данной работы на него ответить невозможно. Поэтому о потенциальной уязвимости озер правомернее судить по значению  $ANC_2$ . В таблице жирным шрифтом выделены значения  $ANC_2$ , находящиеся в интервале 50-100, свидетельствующие о невысокой буферной способности соответствующих озер.

Таблица 1. Значение основных критериев для оценки процесса закисления (числитель – медиана, знаменатель – пределы варьирования).

рН	<6.0	<6.0	6.0-7.0
Цв, град.	10-100 (4 озера)	>100 (1 озеро)	10-100 (4 озера)
Alk, мэкв/л	0,05 0,01-0,2	0,02	0,09 0,04-0,14
H <sup>+</sup> , мкэкв/л	3,28 1,0-12,5	4,9	0,51 0,40-0,83
Σ <sub>кат</sub> , мкэкв/л	214 174-353	460	178 153-302
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]/([SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ] + [NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ])	3,9 0,62-5,2	0,80	3,42 0,39-6,35
KNS	0,083 0,013-0,34	0,16	0,69 0,003-0,85
An <sup>-</sup> , мкэкв/л	46 30-71	81,06	36,2 24-44,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мкэкв/л	12,5 8,9-37	21,03	7,2 3,3-127
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мкэкв/л	2,38 0,21-6,13	4,03	15,7 0,4-20
Cl <sup>-</sup> , мкэкв/л	0,19 0,09-0,79	0,23	0,42 0,27-0,44

Таблица 2. Распределение озер по классам и типам (классификация О.А. Алекина) и значения кислотонейтрализующей способности.

Озера	Класс, тип	ANC <sub>1</sub> , мкэкв/л	ANC <sub>2</sub> , мкэкв/л
озеро 1	гидрокарбонатно-кальциевый, первый	20	227
озеро 2	гидрокарбонатно-кальциевый, второй	92	77
озеро 3	гидрокарбонатно-кальциевый, второй	89	106
озеро 4	сульфатно-кальциевый, второй	-38	90
озеро 5	гидрокарбонатно-кальциевый, первый	129	162
озеро 6	гидрокарбонатно-кальциевый, второй	232	158
озеро 7	сульфатно-кальциевый, второй	239	87
озеро 8	сульфатно-кальциевый, второй	61	62
озеро 9	гидрокарбонатно-кальциевый, второй	271	73

## Список литературы

1. Моисеенко Т.И. Закисление вод: факторы, механизмы и экологические последствия. М: Наука. 2003, 276с.
2. Смоляков Б.С. Проблема кислотных выпадений на севере Западной Сибири // Сибирский экологический журнал. 2000. №1 С. 21-30.
3. Oliver B.G., Thurmann E.M., Malcom R.L. The Contribution of Humic Substances to the Acidity of Natural Waters // Geochim. Cosmochim. Acta. 1983. 47. P. 2031-2035.

STABILITY ESTIMATE OF SMALL LAKES PUROVSKY REGION (YAMAL-NENETS  
AUTONOMOUS OKRUG, TYUMEN REGION) TO THE PROCESSES OF ACIDIFICATION

Kremlyova T.A., Kononova A.S.

Tyumen State University

[kreml-ta@yandex.ru](mailto:kreml-ta@yandex.ru), [alexandra\\_kononova92@rambler.ru](mailto:alexandra_kononova92@rambler.ru)

In this paper, according to hydrochemical analysis of water nine lakes Purovsky district of the Tyumen region evaluated their buffering capacity and acid neutralizing capacity. Calculate the main criteria to judge the potential resistance or vulnerability to anthropogenic lakes surveyed receipt of acidifying substances. Based on calculations, concluded the high vulnerability of most of the lakes.

Keywords: acidification, acid neutralizing capacity, small lakes

## РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ PINUS SYLVESTRIS КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Кудрявцева Т.А.

Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова, Ишим

[kudryavtseva.tanya2013@mail.ru](mailto:kudryavtseva.tanya2013@mail.ru)

Статья рассматривает морфометрические характеристики и всхожесть семян *Pinus sylvestris* вызревших в условиях малого города юга Тюменской области.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., биоиндикация, всхожесть, репродукция

Современная жизнь человека, его деятельность существенно затрагивают и трансформируют природное окружение. Часто эти изменения несут непоправимый негативный характер, отрицательно сказывающийся и на здоровье самого человека. Во многих странах созданы службы мониторинга, а в 1988 году организован Всемирный центр мониторинга охраны природы (ВЦМОП). Составной частью экологического мониторинга является биоиндикация, то есть определение качества среды с помощью биоиндикаторов, установление биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов и их сообществ.

Сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) широко используют в качестве тест-объекта техногенного загрязнения. Проводятся исследования морфологических признаков, таких как рост хвои и побегов, их состояние. Окружающая среда влияет не только на внешний вид, но и на способность вида воспроизводить себе подобных, поэтому очевидно, что в условиях города растения будут испытывать стресс, что скажется на их репродуктивной способности.

Сотрудниками Института проблем освоения Севера (ИПОС СО РАН, г. Тюмень) было проведено исследование подтверждающее существенное влияние городской среды Тюмени на репродуктивные качества деревьев сосны обыкновенной, особенно отчетливо проявляющееся в центральных районах города. Установлено, что линейные размеры и масса шишек, а также масса семян сосны в различных зонах влияния города имеют незначительные отличия, но все же проявляют тенденцию к увеличению в направлении от центра к зеленой зоне города [1, 2]. Используя методику ИПОС СО РАН [1, 2], мы поставили перед собой цель — выяснить наблюдается ли установленная зависимость состояния репродуктивного потенциала сосен в условиях малого города, с низким уровнем развития промышленности. Наше исследование проводилось на юге Тюменской области в г. Ишиме. Это районный центр, являющийся сельскохозяйственным центром и узлом дорог и снабжения, население около 65 тысяч жителей. В Ишиме начиная с 1997 года, наблюдается тенденция к увеличению уровня загрязненности атмосферного воздуха, особенно

это заметно на улицах с оживленным движением транспорта.

Нами было выделено три учетных площадки в городе – сквер во дворе жилого дома по улице К. Маркса (центральная улица города, точка 2, рис.1), сквер во дворе Богоявленского собора (точка 1, рис.1) и сосны, высаженные по периметру автовокзала (точка 3, рис.1.). Как контроль взяты шишки собранные на территории регионального памятника природы Синицинский бор, расположенного от города в 15 км. Возраст сосен на всех площадках определялся путем подсчета мутовок и составил 25 – 30 лет.

Наблюдения проводятся на протяжении двух лет. Исследованы шишки урожая 2012 года, в текущий момент мы располагаем предварительными данными по шишкам урожая 2013 года. Материал был собран в конце января 2013 и 2014 года.

На каждой учетной площадке было собрано по 100 шишек (по 10 шишек растущих на высоте вытянутой руки с 10 деревьев). Каждая шишка была промаркирована, измерена, взвешена и высушена до стадии высыпания семян при температуре 26 °С в течение двух недель.

Далее для каждого участка было отобрано произвольно 100 семян, семена отделены от крыла, взвешены и пророщены в лабораторных условиях.

Оценка всхожести семян сосны осуществлялась согласно ГОСТа в условиях лаборатории физиологии растений ИГПИ им. П.П. Ершова. При обработке данных использовался программный продукт Statistica Base.

Из таблицы (табл. 1) видно, что размеры и масса шишек, а также масса семян сосны в различных зонах города имеют заметные отличия, они проявляют тенденцию к уменьшению величины в зависимости от степени антропогенной нагрузки. Так, самые крупные размеры зафиксированы для Синицинского бора, а самые низкие отмечены для шишек и семян, собранных на улице К.Маркса – центральной автомагистрали города. По-видимому, показатели отражают влияние факторов внешней среды на репродуктивную функцию деревьев. Нельзя не заметить, что в условиях города формируется намного больше дефектных шишек, которые в последствие не рас-





Рисунок 1. Расположение учетных площадок на территории города.

Таблица 1. Показатели шишек и семян *Pinus silvestris* L., вызревших в различных условиях.

	2*		3*		1*		4*	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Длина шишки, см	3,733±0,7	3,755±0,6	3,97±0,2	3,525±0,2	4,523±0,4	4,108±0,1	4,728±0,2	4,385
Вес шишки, гр	3,543±0,4	5,025±0,2	5,05±0,6	4,483±0,5	4,673±0,3	6,794±0,4	5,583±0,3	8,933±0,2
Дефектные шишки	17	18	8	10	4	2	2	6
Нераскрывшиеся шишки	13	7	8	4	5	4	3	2
Цвет крыла семян	Белосерый		Коричневый		Насыщенно-коричневый		Насыщенно-коричневый	
Длина крыла семени, см	1,13±0,3	1,33±0,1	1,43±0,3	1,43	1,49±0,2	1,45	1,5±0,2	1,5±0,1
К-во взшедших семян в лаб. условиях	75	Опыт заложен 11.02.14	Не определялось	Опыт заложен 11.02.14	83	Опыт заложен 11.02.14	52	Опыт заложен 11.02.14

\* 2 – Двор жилого дома ул. К. Маркса (Центр города), 3 – Периметр автовокзала (С-В окраина города), 1 – Двор Богоявленского собора (Ю-З окраина города), 4 – Синицинский бор (Контроль).

крываются. Под дефектными шишками мы понимали значительно искривленные шишки, либо поврежденные вредителями. Причем повреждения вредителями наблюдались только в условиях Синицинского бора.

В 2013 году было отмечено увеличение дефектных шишек в сборах из Синицинского бора, однако большинство из них раскрылось и дало семена.

Наиболее информативными показателями степени негативного влияния служат показатели качества образующихся семян, важнейшее из них — всхожесть. Под всхожестью мы понимаем это способность семян образовывать нормально развитые проростки за определенный для вида промежуток времени. Согласно ГОСТ 13056.6-97 [3] продолжительность проращивания семян сосны в лабораторных условиях составляет 15 дней. В день окончательного учета (т.е. на 15-й день) снимают с ложа, оставшиеся не проросшими семена и проводят их анализ. Результаты проращивания семян урожая 2012 года отражены в таблице 1.

Самой высокой всхожестью обладают семена, собранные на территории Синицинского бо-

ра, самой низкой — семена, вызревшие в центре города.

Для семян урожая 2013 года опыт по проращиванию заложен 11 февраля 2014 года.

Исследование влияния загрязнения воздуха на городские растения, в том числе и на сосну обыкновенную, может послужить важной основой для разработки мероприятий по оптимизации городской среды.

#### Список литературы

1. Казанцева М.Н. Особенности репродукции сосны обыкновенной в насаждениях города Тюмени и его зеленой зоне [электронный ресурс] — <http://www.ipdn.ru/rics/doc0/DV/3-kaz.htm> — (дата обращения: 01.10.13)
2. Казанцева М.Н., Зенкова Е.Л. Влияние техногенного загрязнения г.Тюмени на репродуктивную способность сосны обыкновенной // Урбоэкология: проблемы и перспективы развития: Мат-лы III междунар. науч.-практ. конф. Ишим: ИППИ, 2008. — С.94-95.
3. Семена деревьев и кустарников. Метод определения всхожести [электронный ресурс]. URL: <http://vsegost.com/Catalog/89/8989.shtml> (дата обращения: 30.01.2014)

#### REPRODUCTIVE POTENTIAL OF PINUS SYLVESTRIS INDICATES QUALITY OF URBAN ENVIRONMENT

Kudryavtseva T.A.

Ishim State Pedagogical Institute after P.P. Yershov, Ishim

[kudryavtseva.tanya2013@mail.ru](mailto:kudryavtseva.tanya2013@mail.ru)

This article analyzes morphometric characteristics and germination of pine seeds matured in a small town south of the Tyumen region.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., bioindication, germination, reproduction

## АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ЮГА О. САХАЛИН (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДОВ ЮЖНО-САХАЛИНСК И КОРСАКОВ)

Лебедев Я.О.

Московский государственный педагогический университет

[ya.o.lebedev@ya.ru](mailto:ya.o.lebedev@ya.ru)

В статье сравниваются результаты многолетних исследований почв фоновых территорий острова Сахалин и степень их антропогенной трансформации в городской черте на примере подвижных форм тяжелых металлов и при различной степени влияния некоторых факторов почвообразования.

**Ключевые слова:** Sakhalin, Yujno-Sakhalinsk, Korsakov, mobile forms of heavy metals, anthropogenic transformation of the chemical properties of soils, the influence of the sea, urban soils

Целью исследования являлось установление степени и особенностей трансформации химических свойств почв юга Сахалина в результате антропогенной нагрузки, испытываемой территориями городов, по сравнению с фоновыми и условно-фоновыми территориями различных ландшафтных обстановок острова.

Так как не существует нормативов по которым можно градуировать степень трансформации химических свойств почв, за условные маркеры нами были приняты значения исследованных природных территорий (фон) и данные нормативов СанПиН (в качестве ПДК), средние значения диапазона (фон-ПДК) и значения, превышающие ПДК – всего 4 степени (рис.1).

Важно отметить, что нами определялось содержание именно подвижных форм металлов, так как они активно вовлекаются в процессы почвообразования, участвуют в трансформации химических свойств почв и являются доступными для растений и микроорганизмов [1].

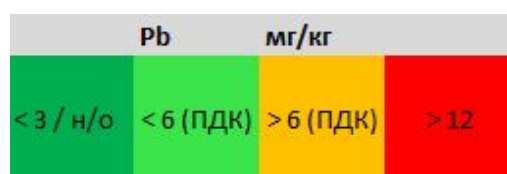


Рисунок 1. Градация степени загрязнения почв подвижными формами металлов по Гигиеническому Нормативу 2.1.7.2041-06 от 19.01.2006 на примере Pb.

Известно, что при снижении значений рН увеличивается подвижность токсичных соединений некоторых металлов, усиливается пептизация почвенных коллоидов с последующим ухудшением физических свойств почв. При определении степени трансформации показателя кислотности почв островных территорий необходимо учитывать среди прочих факторов степень удаленности территории от побережья моря, под воздействием которого ППК почв насыщается щелочными аэрозолями, в том числе талассофильными основаниями (например, соединени-

ями стронция), приводя к подщелачиванию почв (рис. 2).

Темнохвойная елово-пихтовая тайга, как преобладающий тип растительности на острове, является основным источником органических кислот, поступающих в почву и подкисляющих её. В минеральных горизонтах подкисление почвы происходит за счет горных пород основного состава. Реакция почвенного раствора слабкокислая, кислая. В отличие от внутриостровных территорий, почвы побережий отличаются нейтральной или слабощелочной реакцией почвенного раствора, происходит насыщение почвенного поглощающего комплекса различными основаниями. В результате, в зависимости от удаленности от моря, степень насыщенности почв основаниями может отличаться в 2-5 раз (рис. 3).

Насыщенность горизонтов Ad (At) основаниями (%). Точки 3/07 и 14/07 максимально удалены от моря, точки 15/07, 16/07 - максимально приближены к морю.

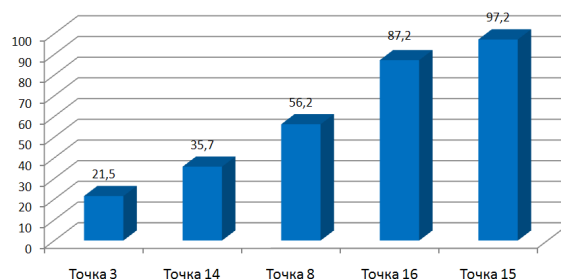


Рисунок 3. Изменение степени насыщенности почв основаниями в зависимости от отдаления от моря (точка 3 – 15 км; точка 14 – 20 км; точка 9 – ок. 30 км; точка 15, 16 – 200-300 м от моря).

Антропогенное загрязнение приводит к подщелачиванию почвенной среды, в то время, как фоновые значения соответствуют слабкокислой и кислой реакции. Подщелачивание снижает миграционную способность ионов металлов, вследствие чего они накапливаются в почве (результатов валового анализа на момент выхода статьи нет), или образуют хелатные комплексы, легко усваиваемые растениями. Ареалы значе-

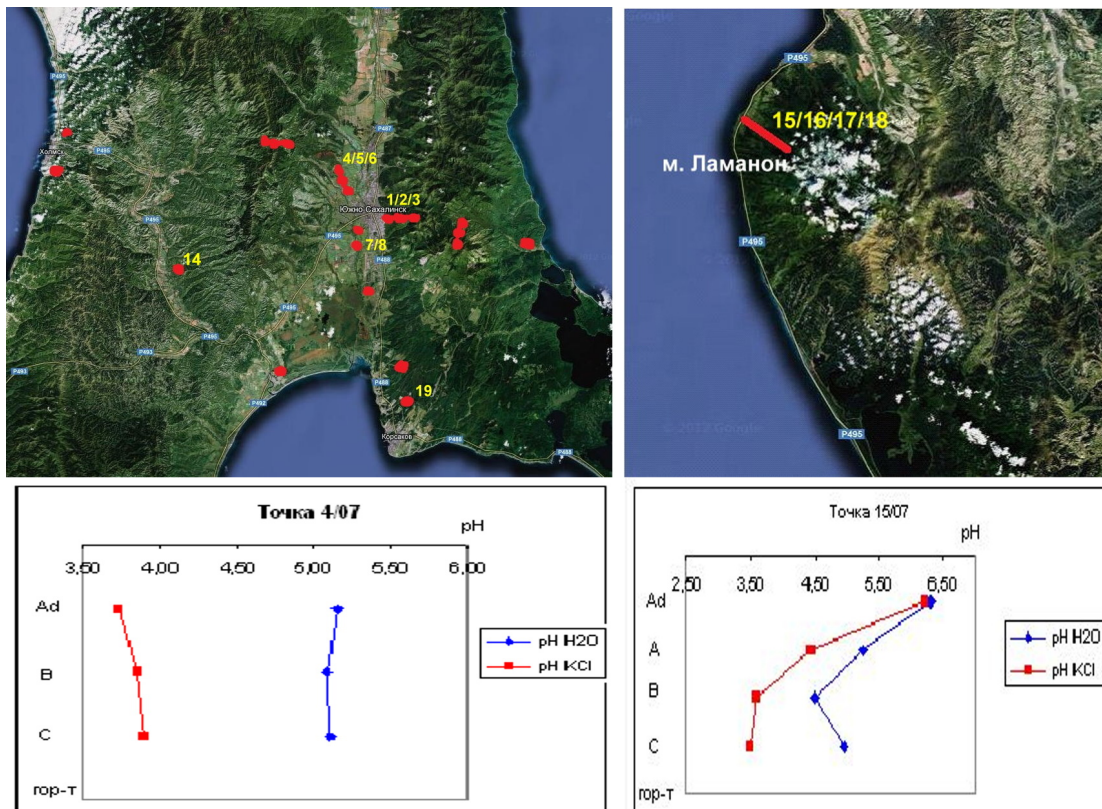


Рисунок 2. Сравнение кислотности дерново-перегнойной луговой почвы, Сусунайская долина, отдаленная от моря (4/07), и бурой лесной почвы, мыс Ламанон, рядом с морем (15/07).

ний рН вытянуты вдоль транспортных путей и соответствуют розе ветров города (рис. 4).

В качестве основных источников загрязнений нами были выделены: автомобильный транспорт (точки №№ 13 (Коммунистический пр-т, д.80 – Площадь им. В.И. Ленина), 20 (ул. Комсомольская, д.189), 21 (пр-т Победы – пр-т Мира), 22 (пр-т Победы – Площадь Победы)), промышленная зона (на территории бывшего завода – точки №№ 7 (ул. Репина – ул. Ленина), 10 (ул. Украинская – ж/д переезд, д. 70 А)), ж/д депо (точка №18 (ул. Железнодорожная – ул. Хлебная)), автомобильные стоянки и мойки (точки №№ 8 (пр-т Мира – р. Уюновка, правый берег), 20 (ул. Комсомольская, д.189), 34 (ул. Ленина – р. Еланька, правый берег)) [5].

При приближении к побережью увеличивается степень насыщенности ППК, реакция почвенного раствора становится слабощелочной и щелочной, в отличие от периферии города.

Антропогенное загрязнение регистрируется на побережье при подкислении почв на фоне щелочной реакции и на периферии при активном подщелачивании почвы с кислой реакцией. Ареалы значений рН соответствуют розе ветров города (рис. 5).

Щелочная реакция почвенной среды должна сказываться на содержании подвижных форм тяжелых металлов, образуя малоподвижные труднорастворимые соединения (результатов ва-

лового анализа на момент выхода статьи нет). В этом случае показатели концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве не должны превышать показатели ПДК.

Проведенные исследования почв фоновых территорий на содержание геохимически – подвижных форм тяжелых металлов (Mn, Zn, Cu, Pb) [4], как важных показателей, характеризующих направленность и интенсивность перераспределения химических элементов по генетическим горизонтам и влияющих на особенности процесса почвообразования, позволяют определить степень антропогенной нагрузки на почвы в городской среде с учетом влияния некоторых факторов почвообразования.

Города Южно-Сахалинск и Корсаков, располагающиеся в пределах Сусунайской долины (центр и юг, соответственно), подвержены в разной степени влиянию факторов почвообразования, в частности, находятся на разном удалении и испытывают разное влияние моря. Располагаясь между Западно-Сахалинскими горами и Сусунайским хребтом, относительно ровная долина обеспечивает беспрепятственную миграцию воздушных масс с юга на север и наоборот, в зависимости от времени года. Как следствие, рассеивание загрязняющих элементов, в том числе, тяжелых металлов и их подвижных форм, в большинстве случаев совпадает с основными направлениями ветров в течение года.

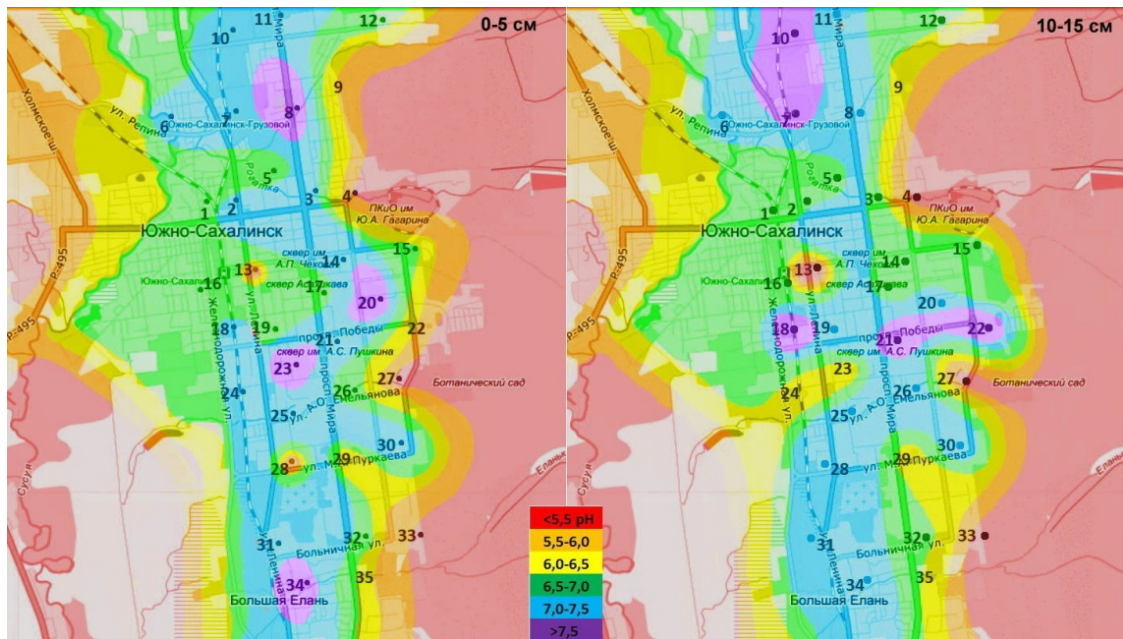


Рисунок 4. Южно-Сахалинск. Антропогенное изменение кислотности почв на глубине 0 – 15 см.

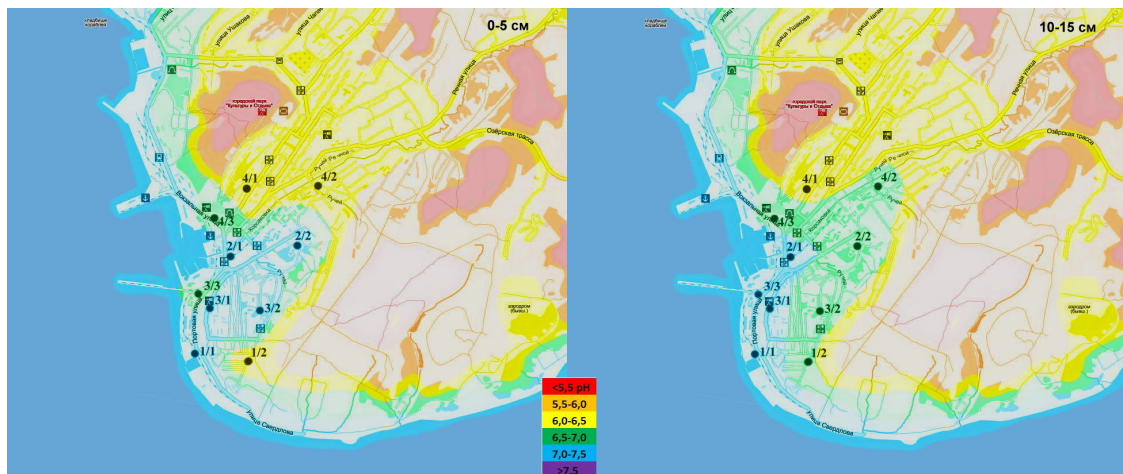


Рисунок 5. Корсаков. Антропогенное изменение кислотности почв на глубине 0 – 15 см.

Нами были проанализированы результаты исследования концентрации подвижных форм тяжелых металлов в пределах территорий данных городов с учетом, помимо прочих, факторов ветрового рассеивания загрязнений и влияния моря.

Повышенная щелочная среда в районе промышленного загрязнения в г. Южно-Сахалинск (точка №№ 5 (ул. Бумажная – ул. Милицейская), 7 (ул. Репина – ул. Ленина), 8 (пр-т Мира – р. Уюновка, правый берег), 10 (ул. Украинская, «Димыч» пивзавод – ж/д переезд (д. 70 А)), 11 (ул. Украинская, «Новая компания» пивзавод – пр-т Мира, д. 5 А-Б)) является причиной активного накопления марганца [2] (химический элемент 3 класса опасности) (рис. 6) в верхнем почвенном слое, так как более щелочная реакция на глубине 10-15 см приводит к нейтрализации и коагуляции соединений марганца (точка №7 (ул. Репина – ул. Ленина)). При смене источника

загрязнения и прекращения поступления соединений металла в почву, происходит его постепенная миграция вглубь с последующим переходом в хелатные комплексы [3] при значении pH выше 7,0 (промышленная зона, точка №10 (ул. Украинская – ж/д переезд, д. 70 А)).

В то же время, в условиях нейтральной и слабокислой среды на границе города при наличии постоянного источника загрязнения (автомобильная парковка, складской комплекс), соединения марганца находятся в подвижной форме, что способствует их постепенному накоплению в приповерхностном слое (точки № 32 (пр-т Мира, д.430), 33(ул. Больничная – ул. Комсомольская)). Промышленное развитие города привело к тому, что территории, примыкающие непосредственно к неработающему в настоящее время металлургическому комбинату (точки №№ 5 (. Бумажная – ул. Милицейская), 7 (ул. Репина – ул. Ленина)) загрязнены марганцем в concentra-

циях, превышающих ПДК [6] в 1,5 – 2 раза (до 233,34 мг/кг – точка №7 (ул. Репина – ул. Ленина)). Некоторые селитебные территории (точки №№ 2 (ул. Сахалинская – ул. Ленина), 3 (ул. Сахалинская – пр-т Мира)) также испытывают загрязнение марганцем в концентрациях, превышающих ПДК (до 194,92 мг/кг – точка №2 (ул. Сахалинская – ул. Ленина)) [5]. Ареал рассеивания элемента соответствуют розе ветров города.

Концентрации марганца в почвах города Корсаков не превышают ПДК на всей исследуемой площади города (рис. 7). Вероятно, постоянное привнесение солей щелочных и щелочно-земельных металлов препятствует присутствию тяжелых металлов в почве в подвижной форме и способствует их накоплению в верхних горизонтах. К предприятиям города будут относиться точки №№ 1/1 (ул. Свердлова, 46, консервный завод) и 2/1 (ул. Октябрьская, 9/1 – Герсах, пивоваренный завод).

Точки повышенной концентрации цинка (1 класс опасности) в Южно-Сахалинске приурочены к местам с интенсивным автомобильным движением, промышленной зоне, несанкционированным свалкам в районе высокой речной поймы (точка № 6 (ул. Репина – р. Красносельская, правый берег)). Однако, ни в одном из перечисленных случаев, превышение предельно допустимых концентраций (23 мг/кг) цинка в Южно-Сахалинске не выявлено (рис. 8). Благодаря высокой миграционной способности, цинк активно мигрирует в ниже лежащие горизонты, что позволяет судить о наличии постоянных источников загрязнения (точки №№ 5 (ул. Бумажная – ул. Милицейская), 7 (ул. Репина – ул. Ленина), 9 (ул. Пионерская – ул. Родниковая) – промышленная зона, точки №№ 1 (ул. Сахалинская, д. 88 Б – ж/д переезд), 3 (ул. Сахалинская – пр-т Мира) – селитебные районы рядом с оживленными развязками автомобильной и железной дороги); также цинк входит в состав почвообразующих пород, выходящих на поверхность в районе точки № 9 (ул. Пионерская – ул. Родниковая, селитебный район).

В почвах города Корсакова концентрации цинка меняются с глубиной (рис. 9), что указывает на его высокую способность к миграции даже в щелочных условиях почвенной среды. Не исключено, что этому способствует локальное подкисление почв, вызванное промышленной деятельностью человека. Например, в точке № 1/1 (ул. Свердлова, 46 – Корсаковский Консервный завод) увеличение концентрации цинка происходит с глубиной, тогда как на поверхности его присутствие крайне мало. Это может объясняться сезонностью поступления металла в почву, так как специализируется завод на производстве рыбных консервов, пик приходится на лето, а зимой поступление затруднено снеговым покровом.

В приповерхностном слое цинк распределяется по центральному и промышленному району города (точки №№ 2/1 (ул. Октябрьская, 9/1 – пивзавод Герсах), 3/3 (ул. Портовая, д.19), 4/2 (ул. Авиационная – пер. Авиационный)). Скорее всего, поступление цинка незначительно, так как в нижележащие горизонты его миграция в этих районах не происходит.

В накоплении меди (2 класс опасности) в почвах Южно-Сахалинска можно выделить несколько аномалий, соответствующих промышленной зоне (точки №№ 5 (ул. Бумажная – ул. Милицейская), 7 (ул. Репина – ул. Ленина), 10 (ул. Украинская – ж/д переезд, д. 70 А)), оживленными перекрестками (точки №№ 1 (ул. Сахалинская, д. 88 Б – ж/д переезд), 2 (ул. Сахалинская – ул. Ленина), 6 (ул. Репина – р. Красносельская, правый берег), 8 (пр-т Мира – р. Уюновка, правый берег), 19 (ул. Ленина, 254 – Ремонтно-Механический завод)), несанкционированной свалке (точка № 6 (ул. Репина – р. Красносельская, правый берег)), железнодорожному переезду в районе депо (точка № 18 (ул. Железнодорожная – ул. Хлебная)), авторемонтной мастерской с парковочными площадями (точка № 34 (ул. Ленина – р. Еланька, правый берег)). Значения концентрации меди на этих территориях превышает ПДК (3 мг/кг) в 2 – 3 раза и до 5 (!) раз [6] (до 9,14 мг/кг – в точке № 5, 15,93 мг/кг – в точке № 7 (ул. Репина – ул. Ленина)). Селитебные территории на фоне подобных загрязнений отличаются показателями, не превышающими ПДК (рис. 10). Концентрация меди в приповерхностном слое точки № 7 значительно превышает показатели нижележащих, что, при высокой миграционной способности меди, предполагает наличие современного источника загрязнения, который может быть отнесен к складским комплексам с химической продукцией сельскохозяйственного направления. О смене источников загрязнения или уменьшения поступления меди свидетельствуют данные точек №№ 10 (промышленная зона), 16 (железнодорожное депо, разгрузочный узел) в слое 10-15 см.

В почвах города Корсакова превышений ПДК геохимически-подвижных форм меди обнаружено не было. На общем фоне значений, близких к фоновым (рис. 11), выделяется центральный район города (в т.ч точка № 4/1 (ул. Дачная, д.15 – ПТУ №8)) с припортовой частью (точки № 3/3 (ул. Портовая, д.19), 4/3 (ул. Вокзальная – ул. Краснофлотская, средняя школа №1)) и долина реки Корсаковка, протянувшаяся через весь город (точка № 4/2 (ул. Авиационная – пер. Авиационный)). Территории промышленных предприятий загрязнения медью не испытывают по причине её отсутствия в технологических процессах.

С глубиной ареал распределения меди не меняется, что свидетельствует о наличии постоянного источника поступления меди в почву.

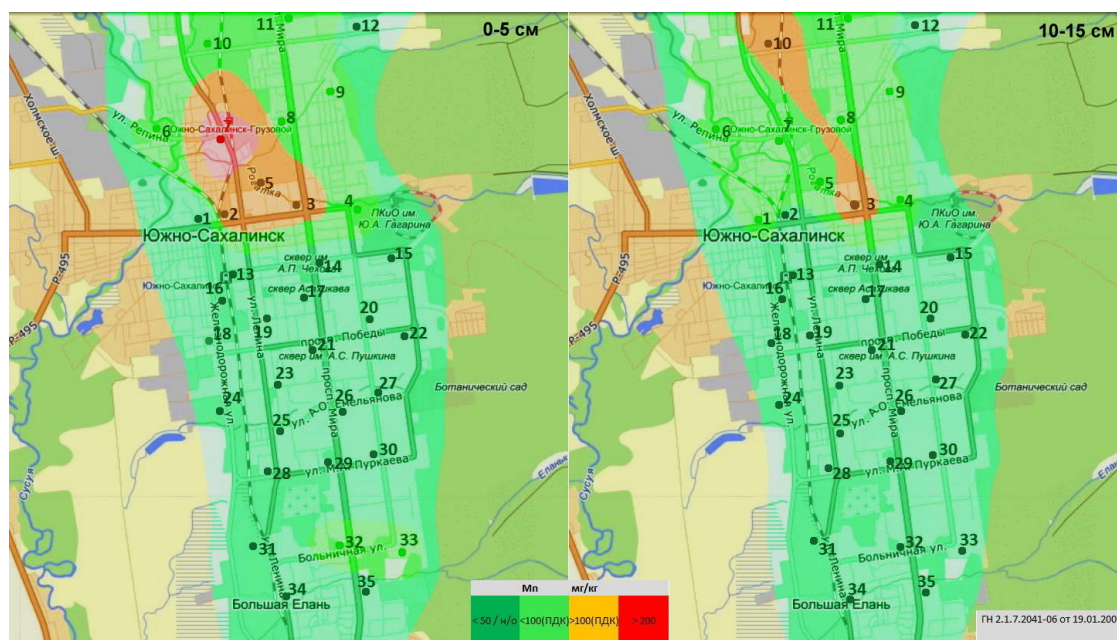


Рисунок 6. Изменение концентрации марганца в почвах г. Южно-Сахалинск в приповерхностных почвенных слоях.

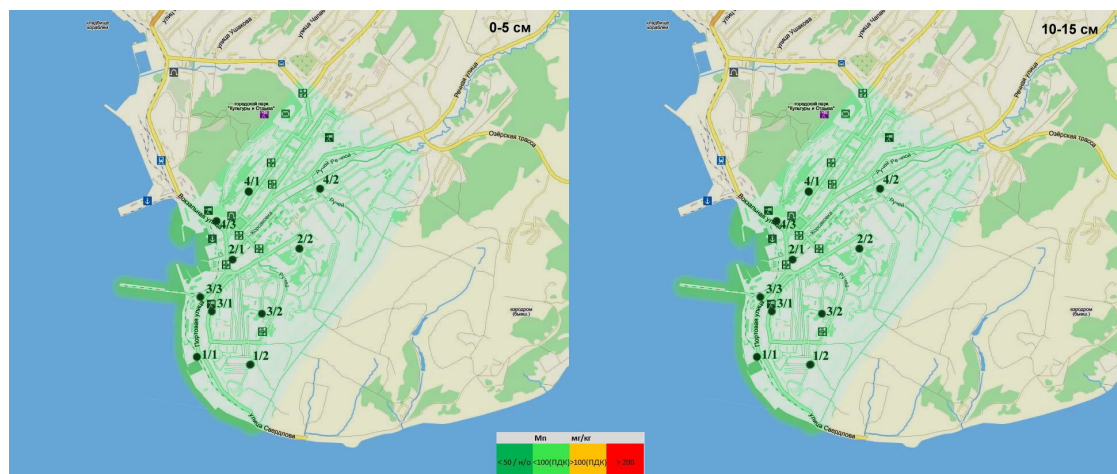


Рисунок 7. Изменение концентрации марганца в почвах г. Корсакова в приповерхностных почвенных слоях.

Ареал распространения металла также соответствует розе ветров города.

Свинец (1 класс опасности) преимущественно концентрируется в минеральных горизонтах, что является следствием его низкой подвижности [2]. Таким образом происходит активная миграция свинца в нижележащие горизонты (рис. 12). Как и в случае с медью, максимальная концентрация свинца приурочена к территории промышленной зоны и территории бывшего металлургического комбината – до 19,11 мг/кг в точке № 5 (ул. Бумажная – ул. Милицейская) (превышение ПДК (6 мг/кг) в 3 раза) и до 32,58 мг/кг в точке № 10 (ул. Украинская, 70 А – Димыч пивзавод) (превышение ПДК в 5 раз!). Благодаря постепенной миграции вглубь, увеличивается концентрация свинца в точках №№ 16 (железнодорожное депо, разгрузочный узел), 2 (ул. Са-

халинская – ул. Ленина) и 3 (ул. Сахалинская – пр-т Мира) (оживленные перекрестки в жилителебной зоне), 6 (ул. Репина – р. Красносельская, правый берег) – перекресток в районе несанкционированной свалки на высокой пойме реки, с превышением ПДК свинца в 4 раза [6] (25,75 мг/кг). Жилителебные территории города в значениях концентрации свинца не превышают предельно допустимые концентрации.

Концентрация свинца в почвах города Корсакова незначительно меняется с глубиной и в точках №№ 3/2 (ул. Калинина, д.18), 4/3 – оживленный перекресток, близкая к порту территория (ул. Вокзальная – ул. Краснофлотская, средняя школа №1), его содержание немного увеличивается. Отмечается характерная для свинца низкая подвижность с постепенным накоплением в нижележащих горизонтах. В слое 0 – 5 см содер-

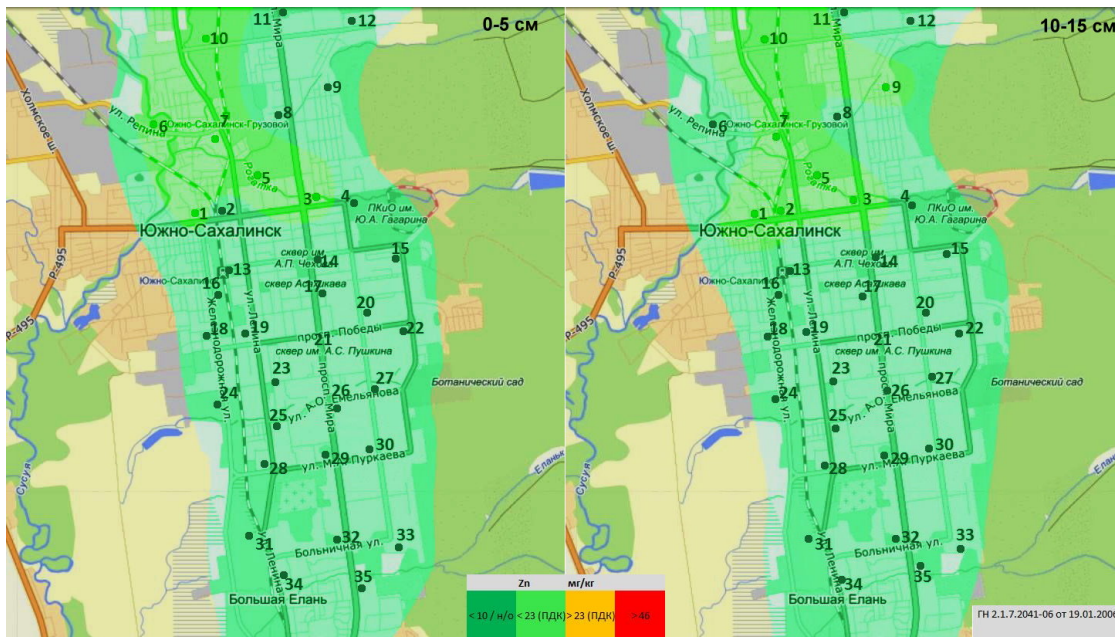


Рисунок 8. Изменение концентрации цинка в почвах г. Южно-Сахалинск приповерхностных почвенных слоях.

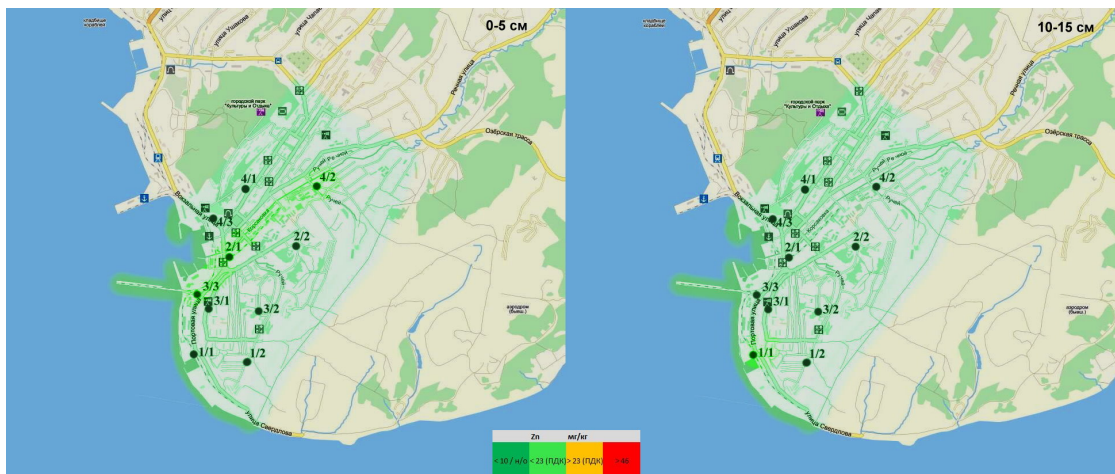


Рисунок 9. Изменение концентрации цинка в почвах г. Корсаков в приповерхностных почвенных слоях.

жание свинца не превышает фоновые показатели.

Значительная антропогенная трансформация химических свойств почв юга Сахалина была отмечена нами в городе Южно-Сахалинске, основные районы загрязнения тяжелыми металлами которого относятся к промышленной зоне, железнодорожному депо с разгрузочным узлом, территориям промышленных складов, оживленным перекресткам и авторемонтным станциям с парковочными площадями. Нами выявлены опасные превышения ПДК ГПФ [6] металлов: в 2 раза для марганца (точка № 7 – ул. Репина – ул. Ленина, перекресток возле промышленных складов), в 5 раз для меди и для свинца (точка № 5 – ул. Бумажная – ул. Милицейская, промышленная зона, территория бывшего металлургического комбината).

Город Корсаков, как и Южно-Сахалинск, наряду с промышленным загрязнением, испытывает загрязнение автомобильным транспортом, имеет активно используемую товарную железнодорожную ветку, а также территорию порта, которая является источником загрязнения при разгрузке-погрузке судов и составов. Данные проведенных исследований на предмет загрязнения почв города Корсакова геохимически-подвижными формами тяжелых металлов не превышают значений ПДК.

Значительные отличия в концентрациях геохимически-подвижных форм тяжелых металлов в почвах Южно-Сахалинска и Корсакова связаны с интенсивностью источников загрязнений и с различной степенью влияния моря (морских аэрозолей) на процессы почвообразования.



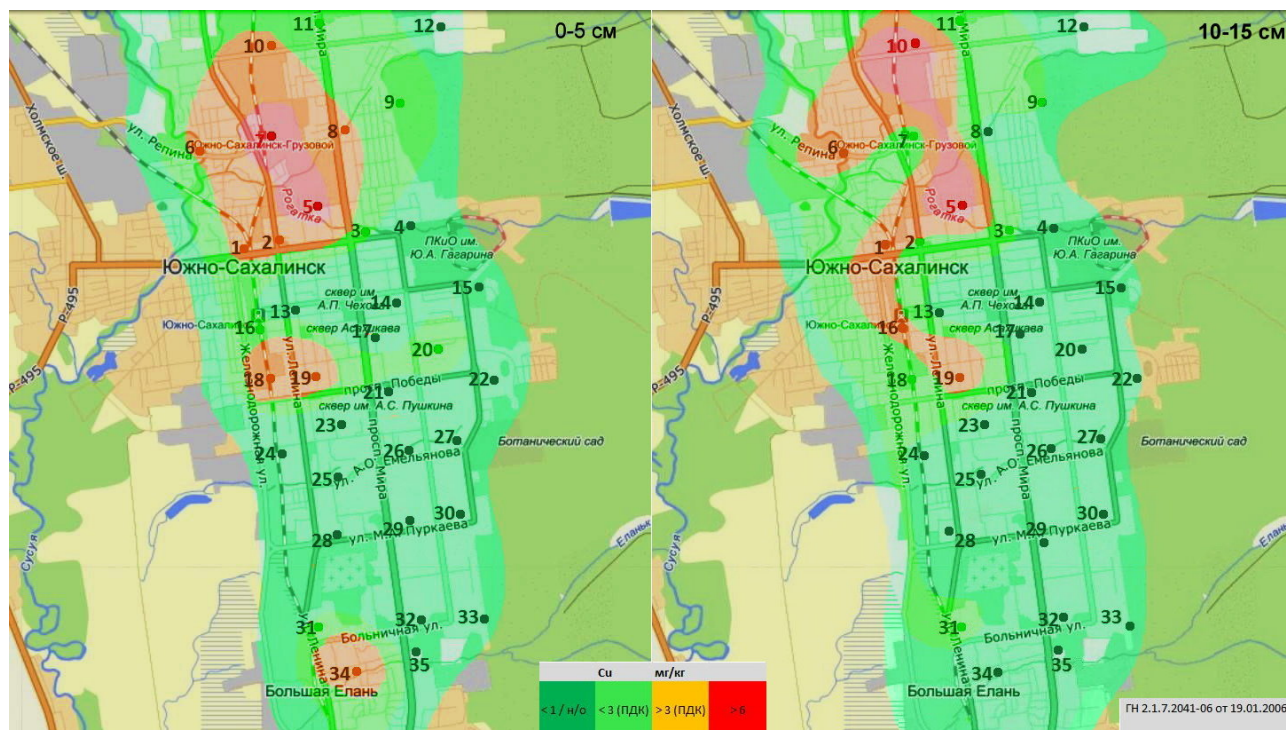


Рисунок 10. Изменение концентрации меди в почвах г. Южно-Сахалинск в приповерхностных почвенных слоях.

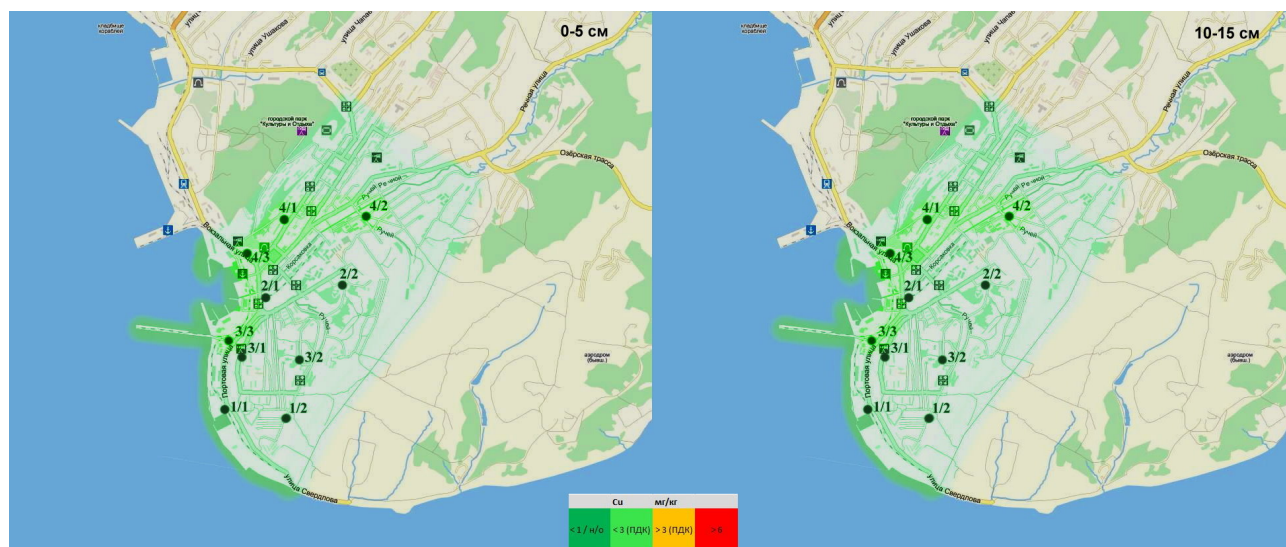


Рисунок 11. Изменение концентрации меди в почвах г. Корсакова в приповерхностных почвенных слоях.

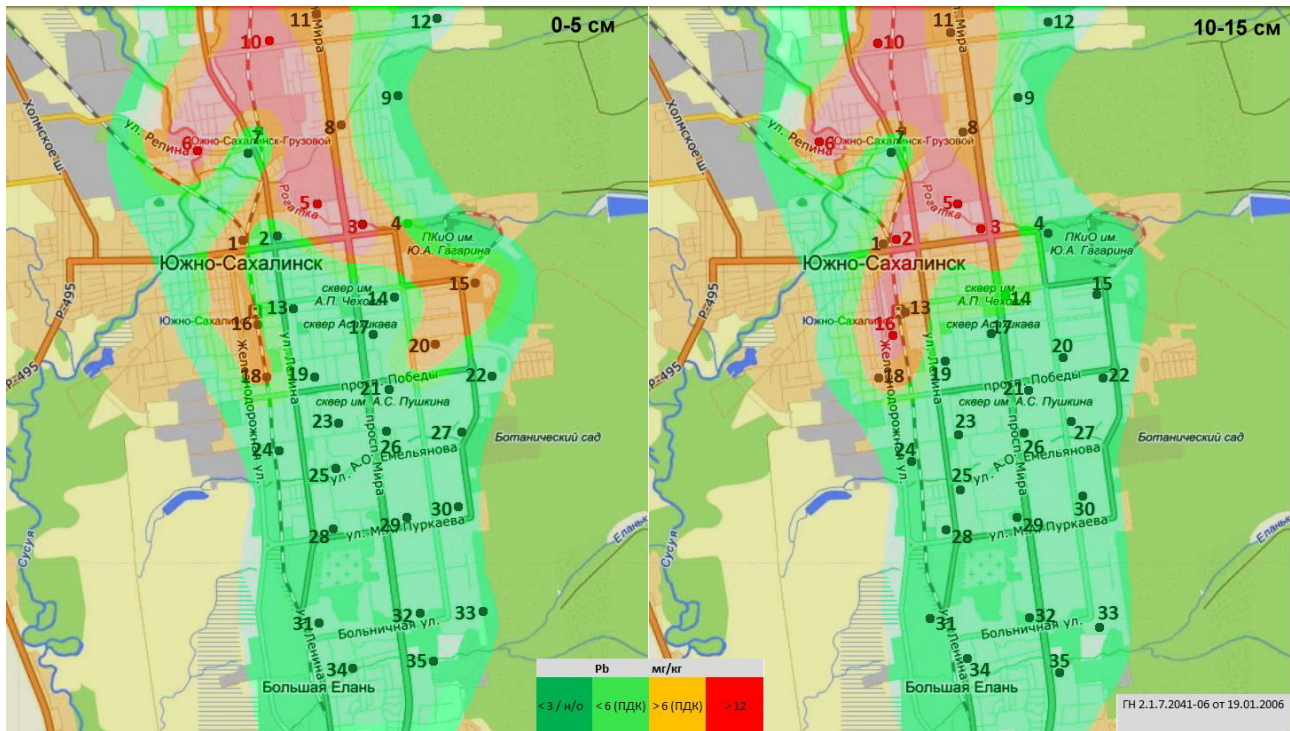


Рисунок 12. Изменение концентрации свинца в почвах г. Южно-Сахалинск в приповерхностных почвенных слоях.

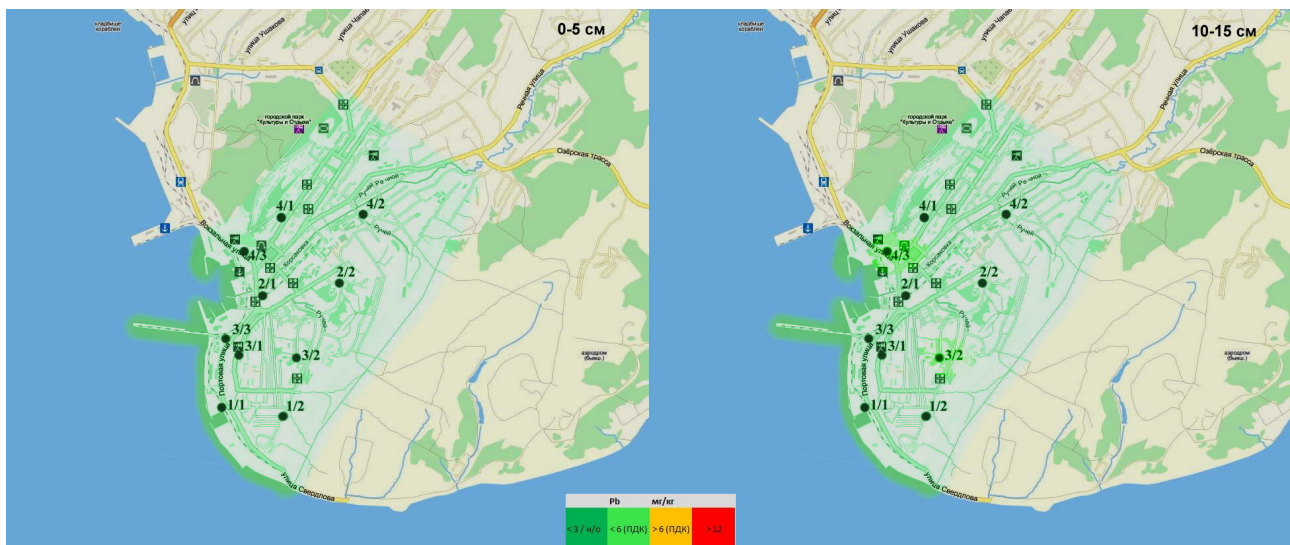


Рисунок 13. Изменение концентрации свинца в почвах г. Корсакова в приповерхностных почвенных слоях.

## Список литературы

1. Голубовская Э.К., Биологические основы очистки воды, изд. «Высшая школа», М., 1978.
2. Добровольский В.В., Глобальная геохимия свинца, изд. «Наука», М., 1987.
3. Добровольский В.В., Глобальные циклы миграции и особенности биологического круговорота тяжелых металлов на океанических островах, Почвоведение №7, 1987.
4. Лебедев Я.О., Марганец, цинк, медь и свинец в почвах юга острова Сахалин, изд. «ИРСО», Южно-Сахалинск, 2012
5. Лебедев Я.О., Геохимически-подвижные формы тяжелых металлов в городских почвах юга острова Сахалин (на примере города Южно-Сахалинск), сборник трудов конференции, изд. «Буки-Веди», М., 2013
6. Гигиенический норматив ГН 2.1.7.2041-06 от 19.01.2006

**ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF THE CHEMICAL PROPERTIES OF SOILS OF THE SOUTH OF SAKHALIN ISLAND (IN THE CITIES YUZHNO-SAKHALINSK AND KORSAKOV)**

**Lebedev Y.O.**

Moscow Teacher Training State University (Moscow Pedagogical State University)

[ya.o.lebedev@ya.ru](mailto:ya.o.lebedev@ya.ru)

The article compares the results of years of research soils background territories of Sakhalin island and the degree of anthropogenic transformation at the territory of the cities on the example of mobile forms of heavy metals and at different degrees of influence of some factors of soil formation.

**Keywords:** Sakhalin, Yujno-Sakhalinsk, Korsakov, mobile forms of heavy metals, anthropogenic transformation of the chemical properties of soils, the influence of the sea, urban soils

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПЫЛЬЦЫ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УРБОТЕХНОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ ГОРОДА КРИВОЙ РОГ

Левченко В. А., Силич И.А.

Криворожский педагогический институт ГБУЗ «КНУ», Кривой Рог

[lerazhe@mail.ru](mailto:lerazhe@mail.ru), [Irinylich@yandex.ru](mailto:Irinylich@yandex.ru)

В статье анализируется пыльца древесных растений в урботехногенных районах города Кривого Рога с разным уровнем и качественным составом загрязнителей. Наблюдается прямая связь между уровнем загрязнения и стерильностью пыльцы, количеством аномальных пыльцевых зерен. Установлено, что *Robinia pseudoacacia* является чувствительным тест-объектом для выявления уровня мутагенности среды по опосредованному показателю (уровень стерильности пыльцы, количество дефектных пыльцевых зерен).

**Ключевые слова:** урбоэкосистема, *Robinia pseudoacacia*, стерильность, дефектность, фитоиндикатор

Экосистемы города испытывают огромную нагрузку хозяйственной и промышленной деятельности человека. Под таким влиянием происходит трансформация природной среды. Кривой Рог не является исключением, поскольку он считается одним из крупных промышленных городов Украины. В урботехногенных экосистемах постоянно повышается степень поступления вредных выбросов в атмосферу на единицу площади, которые приводят к повышению мутагенного фона. Именно поэтому важным является контроль над состоянием окружающей среды и своевременный анализ загрязненности территории города.

При определении уровней загрязнения используют разнообразные методы. В современных исследованиях все чаще применяют косвенные показатели мутагенного действия, к которым, в частности, может быть отнесен тест на определение стерильности пыльцы. То есть, оценка состояния пыльцы растений используется как индикатор загрязнения окружающей среды [1, 3]. Целью нашей работы является индикация состояния окружающей среды Криворожской урбоэкосистемы по стерильности пыльцы древесных пород. В качестве объекта исследования мы выбрали растение, которое относится к четвертой группе устойчивости — акацию белую (*Robinia pseudoacacia*) [2].

Исследование было проведено на территории двух районов города (Октябрьский, Саксаганский), в пределах которых было выделено 4 мониторинговые участка: сквер вблизи детской больницы №4 (участок № 1), остановка «Шахта Северная» (участок № 2), ЦГОК (участок № 3), сквер возле остановки «Октябрь» (участок № 4).

Пробы отбирали с юго-восточной стороны кроны на одинаковых ярусах и одном и том же порядке ветвления. Для определения токсичности воздушного бассейна использовали тест «Стерильность пыльцы индикаторных растений» [2]. Количество фертильных и стериль-

ных пыльцевых зерен определяли на временных препаратах, измерения и количество пыльцы осуществлялись под микроскопом с увеличением  $7 \times 40$ . В каждом препарате просматривали до 2500 пыльцевых зерен. Кроме подсчета стерильных пыльцевых зерен, фиксировали количество и характер аномалий в виде морфологических изменений. Полученные показатели переводили в единую безразмерную систему условных показателей поврежденности (УПП) биосистем. Для оценки уровня поврежденности объектов использовали единую унифицированную шкалу [2].

В результате исследования во всех образцах было зафиксировано клетки с различными аномалиями, а именно: образование гигантских или миниатюрных стерильных зерен; отхождения содержимого пыльцевого зерна от оболочки. То есть наблюдается зависимость между ростом частоты дефектной пыльцы и уровнем загрязнения.

Анализируя полученные данные необходимо отметить, что наибольшее количество морфологически измененных пыльцевых зерен — 93 шт. зафиксировано на участке № 2, который находится непосредственно возле автодороги, а наименьшее — 12 шт. на участке № 1, который является рекреационным. Количество морфологически аномальных пыльцевых зерен может служить дополнительным биоиндикационным признаком степени техногенной трансформации городских экосистем и уровня аэрогенного загрязнения [4].

Стерильность пыльцы древесных растений увеличивается в зависимости от места расположения мониторинговой точки, поэтому показатели различаются на участках различных функциональных зон города. Большое количество стерильных зерен зафиксировано на участках № 2-112 шт., № 3-109 шт. На участках № 1 и № 4 наблюдали наибольшее количество фертильных зерен (2417 и 2404 шт. соответственно). Соглас-

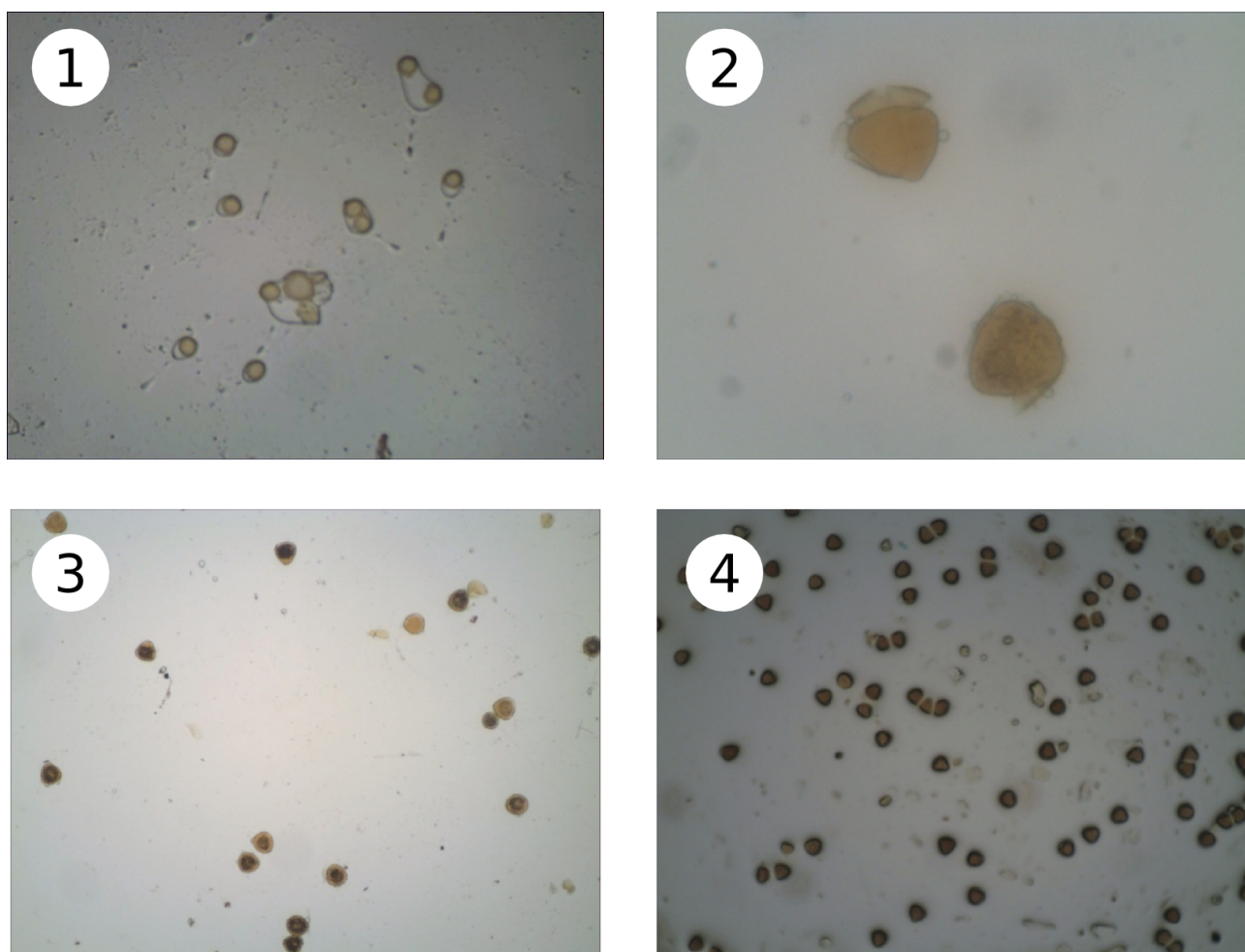


Рисунок 1. Пыльца акации белой, которая произрастает в урботехногенных условиях: №1 – сквер вблизи детской больницы №4; №2 – остановка «Шахта Северная»; №3 – ЦГОК; №4 – сквер вблизи остановки «Жовтень».

но полученным результатам был рассчитан процент стерильных пыльцевых зерен: для участка №1-1,18 %; №2-4,41 %; №3-4,23 %; №4-0,94 %. Условный показатель поврежденности находится в пределах от 0,01 для участка №1,4 до 0,07 для участков №2,3. Согласно унифицированной оценочной шкале, данные показатели соответствуют низкому уровню поврежденности биосистемы, что находится в пределах безопасной категории по токсико – мутагенному фону классификации территорий. На рис. 1 представлены пыльцевые зерна акации белой, что растет в зонах урботехногенного загрязнения.

Таким образом, использование пыльцы в качестве фитоиндикатора позволяет диагностировать уровень мутагенного фона в мониторинговых точках с разным уровнем урботехногенного загрязнения. В ходе исследования было обнаружено, что гаметофит *Robinia pseudoacacia* чувствителен к действию экотоксикантов и может быть использован для диагностики ранних генетических нарушений, вызванных техногенными воздействиями. Поэтому для дальнейшего определения интенсивности мутагенного фона

на урбанизированных территориях необходимо создать систему биоиндикаторов и биомаркеров.

#### Список литературы

1. Бессонова В.П. Влияние загрязнения окружающей среды на мужскую фертильность декоративных цветочных растений / В.П. Бессонова, Л.М. Фендюр // Бот. журн. – 1997. – Т.82, № 5. – С. 38-44.
2. МР 2.2.12-141-2007. Обследование и районирование территории по степени влияния антропогенных факторов на состояние объектов окружающей среды с использованием цитогенетических методов / [С. А. Рыженко, А. И. Горовая, Т. В. Скворцова и др.]. – М.: Главное базовое издательство МОЗ Украины ГП "Центр информационных технологий", 2007. – 35 с.
3. Погосян В.С. Оценка генотоксического действия антропогенных факторов на растения в городских условиях / В. С. Погосян, Е. Г. Симонян, Э. М. Джигарджян, Р.М. Арутюнян //

- Цитология и генетика . — 1991 . — Т. 25 , № 1 .  
— С. 23-30 .
4. Кавеленова Л.М. Проблемы организации систем фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи / Л.М. Кавеленова – Самара: Самарский ун-т, 2003. – 124 с.

**ASSESSMENT OF POLLEN OF WOODY PLANTS IN THE URBANITY OF MAN-MADE ECOSYSTEMS CITY OF KRIVOY ROG**

**Levchenko V.A., Silich I.A**

Krivoy Rog Pedagogical Institute, Ukraine

[lerazhe@mail.ru](mailto:lerazhe@mail.ru), [Irinysich@yandex.ru](mailto:Irinysich@yandex.ru)

The article analyzes the pollen of woody plants in areas urbotehnogennyh city of Krivoy Rog with different levels of quality and composition of pollutants. There is a direct relationship between the level of pollution and pollen sterility, abnormal amount of pollen grains. Found that *Robinia pseudoacacia* is a sensitive test object to identify the level of mutagenicity environment mediated by index (level of pollen sterility, the number of defective pollen grains).

**Keywords: urboehkosistemy, Robinia pseudoacacia, sterility, defects, fitoindikator**

## ПРИРОСТ ЕЛИ В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ В ЭПОХИ 11-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Лежнева С. В.

Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

[Lezhnevasv@mail.ru](mailto:Lezhnevasv@mail.ru)

В работе приведены результаты исследования внутривекового влияния 11-летних циклов солнечной активности на прирост деревьев. Выявлены особенности формирования годичного прироста ели в Великоустюгском районе Вологодской области и показана возможность использования реперов активности Солнца для прогноза роста деревьев.

**Ключевые слова:** Дендроиндикация, годичные кольца, солнечная активность, ель, прирост деревьев

Взаимосвязь прироста деревьев и солнечной активности изучается специалистами на протяжении многих лет [1–7, 9, 11, 15–17]. Ранее нами был проведен анализ внутригодового распределения чисел Вольфа, температуры воздуха, количества осадков в годы максимумов и минимумов прироста ели [12, 13]. В этой работе рассмотрено многолетнее влияние активности Солнца на прирост ели. Материалом для анализа прироста послужили серии годичных колец деревьев в ельниках Великоустюгского лесничества Вологодской области, их характеристики приведены в таблице 1. Методика отбора кернов описывалась ранее [8, 10, 14, 15].

Измерения кернов дали возможность определить ежегодный прирост и его межгодовую и многолетнюю изменчивость в районе исследований. Для приведения измерений обобщенных серий измерений по каждой пробной площади к сопоставимому виду и нивелирования так называемой «кривой большого роста», присущей всем биологическим системам, проводилось нормирование измерений от 10-летней календарной нормы. По данным нормированных приростов годичных колец (индексов) построены дендрограммы (рис.1).

На рисунке отчетливо прослеживается согласованный ход индексов прироста деревьев в кисличнике, черничнике и травяно-болотном типах леса, с колебаниями в диапазоне от 60 до 130%. Обобщенная серия прироста ели по трем типам леса приведена в таблице 2. Величины коэффициента корреляции индексов после 5-летнего сглаживания представлены в таблице 3.

Для выявления значения солнечной активности в качестве реперов использованы даты максимумов и минимумов 11-летних циклов в XX веке (табл.4).

Анализ прироста ели выполнен по методу наложенных эпох, его результаты приведены на рисунке 2. Фаза увеличения прироста в эпоху максимума солнечной активности начинается за 7 лет до экстремума и продолжается 5 лет до -2 года, а затем снижается до +3 года. В эпоху минимумов наблюдается почти зеркальное распре-

ление прироста. Фаза увеличения прироста продолжается от -4 года до +1 года, а затем снижается до +7 года. Смещение экстремальных значений приростов ели в обеих фазах активности Солнца дает основание судить об опосредованной роли солнечной активности, а пересечение двух кривых в противоположных фазах на одном уровне нулевой линии дает возможность судить о сходстве реакций ели экстремальные значения активности Солнца. Величина амплитуды колебаний прироста ели в эпохи максимума несколько больше, чем в эпохи минимума.

Как известно, изменения прироста и факторов среды отличаются полиритмичностью, и все же есть основания судить о существенной роли активности Солнца в 11-летних циклах в изменении роста ели через комплекс факторов среды. Выявленные даты экстремумов прироста ели относительно максимумов и минимумов солнечной активности могут использоваться для его прогноза на гелиофизической основе.

Работа выполнена под руководством профессора, доктора биологических наук Н. В. Ловелиуса.

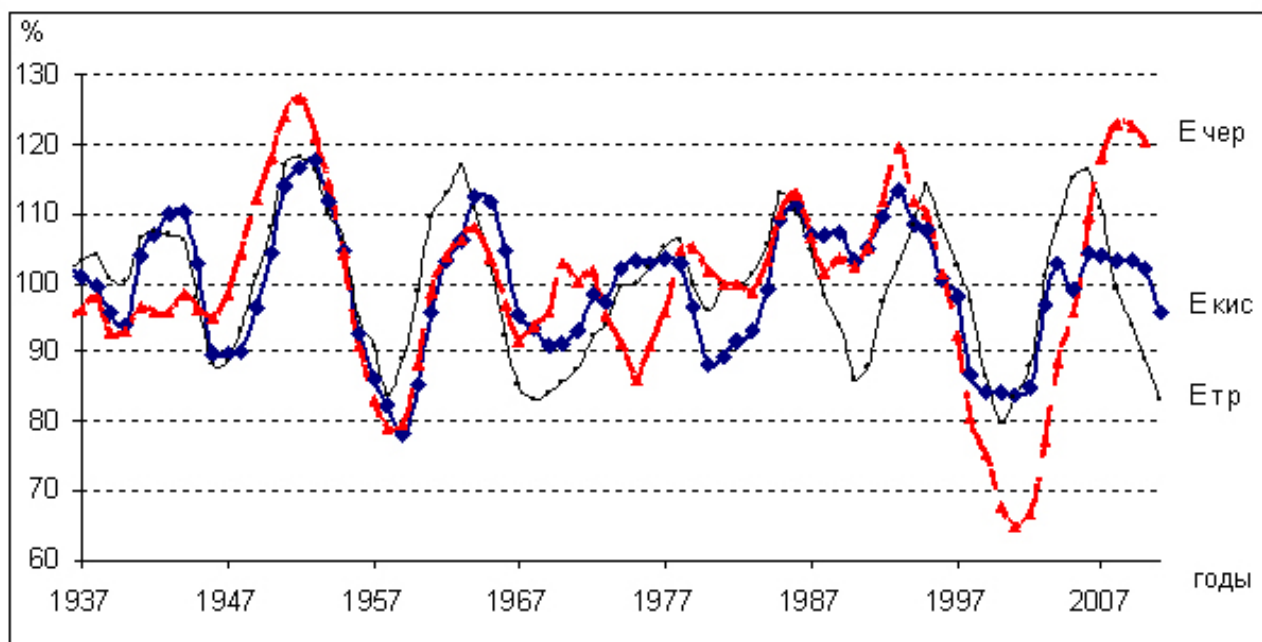


Рисунок 1. Фрагмент дендрограммы ели в индексированных значениях в разных типах леса (1937-2012 гг.).

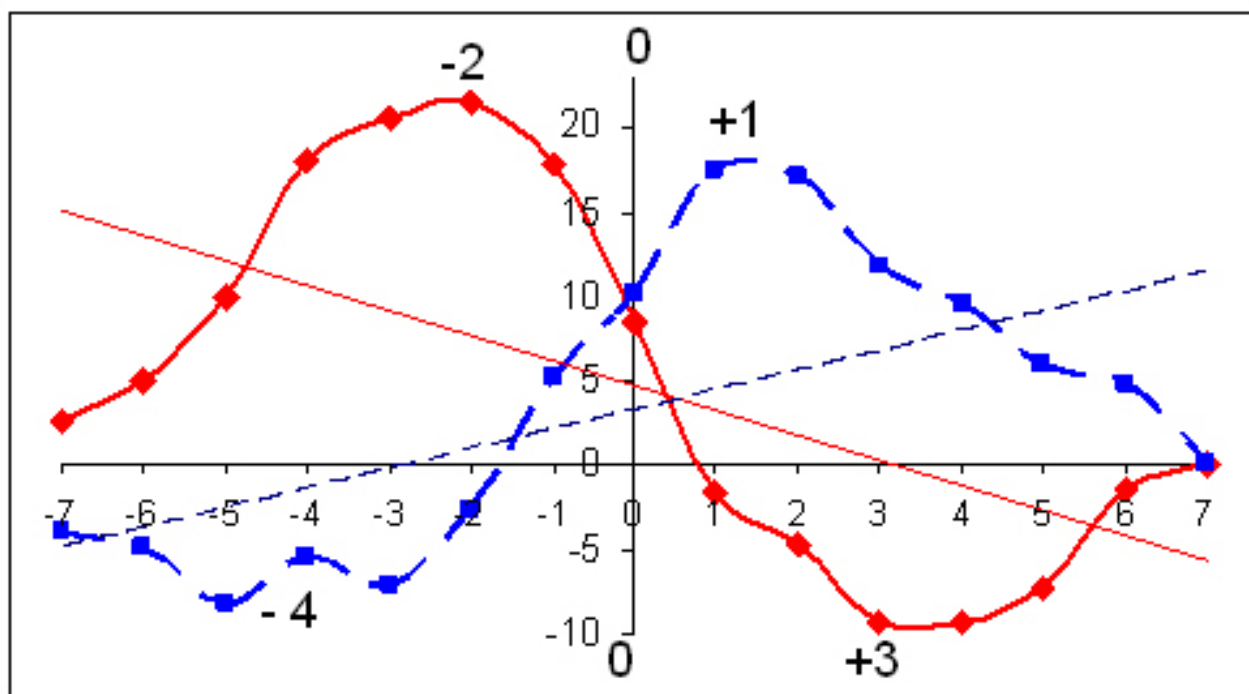


Рисунок 2. Распределение чисел Вольфа в годы больших (сплошная линия) и малых (пунктирная линия) приростов ели.



Таблица 1. Характеристика пробных площадей и координаты мест отбора кернов.

№ пробной площади, дата сбора	Тип леса	Квартал, выдел	Координаты	Высота над уровнем моря	Средний диаметр	Средняя высота	Напочвенный покров
Опокское участковое лесничество							
ПП 1 6.08.2013	Ельник кисличный	квартал 5, выдел 52	60°34' 209-228" с.ш., 45°25' 213-243" в.д.	141 м	41,7 см	23 м	кислица, черника, осоковые;
ПП 5 8.08.2013	Ельник травяно-болотный	квартал 5, выдел 44	60°32'598"- 33°024" с.ш., 45°26' 391-421" в.д.	159 м	35,2 см	22 м	осоковые, злаковые, сфагновые мхи;
Великоустюгское участковое лесничество							
ПП 6 10.09.2012	Ельник черничный	квартал 61, выдел 4	60°22'248"- 329" с.ш., 45°27'939"- 45°28'114" в.д.	180 м	35,6 см	20 м	черника, осоковые, кислица;
Среднее по ели				150 м	37,5 см	21,6 м	

Таблица 2. Обобщенная серия величины ели по трем типам леса (мм).

годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1900							2,33	2,28	2,35	2,30
1910	2,41	2,27	2,49	2,05	2,44	1,83	1,80	1,59	1,94	1,77
1920	2,02	2,47	2,39	2,76	2,51	2,19	2,68	2,25	2,35	2,30
1930	2,10	2,11	1,87	1,90	1,93	2,08	2,22	1,88	1,93	1,95
1940	1,57	2,01	2,39	1,91	1,91	1,63	1,43	1,61	2,00	2,26
1950	2,27	2,06	2,36	2,16	2,03	1,70	1,42	1,25	1,59	1,55
1960	1,32	1,69	1,72	1,64	1,48	1,44	1,42	1,17	1,09	1,43
1970	1,30	1,50	1,14	1,31	1,22	1,50	1,47	1,24	1,46	1,35
1980	1,42	1,26	1,55	1,84	1,70	1,84	1,95	1,66	1,43	1,48
1990	1,47	1,31	1,48	1,59	1,54	1,30	1,34	1,02	1,26	0,90
2000	0,97	1,13	1,08	1,46	1,76	1,49	1,25	1,47	1,46	1,56
2010	1,41	1,11	1,14							

Таблица 3. Коэффициент корреляции величины прироста в ельниках разных типов.

Тип леса	Ельник кисличный	Ельник травяно-болотный	Ельник черничный
Ельник кисличный	1		
Ельник травяно-болотный	0,58	1	
Ельник черничный	0,66	0,34	1

Таблица 4. Годы экстремальных значений активности Солнца в 11-летнем цикле.

Максимумы								
1905	1917	1928	1937	1947	1957	1968	1979	1989
Минимумы								
1901	1913	1923	1933	1944	1954	1976	1986	1996

## Список литературы

1. Битвинкас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеиздат, 1974, 172 с.
2. Витинский Ю.И. Цикличность и прогнозы солнечной активности. Л. – 1973.
3. Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г. В. Статистика пятно образовательной деятельности Солнца. – М.: Наука., 1986. – 296 с.
4. Дзердзеевский Б.Л. Общая циркуляция атмосферы как необходимое звено цепи: солнце – колебания климата // Известия Всесоюз. геогр. об-ва 1962, т. 94, вып. 4, С. 295-303.
5. Дружинин И.П. Витинский Ю.И., Сазонов Б.И. Космос – Земля. Прогнозы. – М.: «Мысль», 1974. – 288 с.
6. Костин С.И. Солнечная активность и влияние ее на прирост деревьев и состояние лесных насаждений в центральной части лесостепи Русской равнины // Труды главной географической обсерватории им. А. И. Воейкова, 1961, вып. 111, С. 108-117.
7. Костин С.И. Связь колебаний прироста деревьев с солнечной активностью // Лесное хозяйство, 1965. – №4. – С. 12-14.
8. Лежнева С.В. Особенности межгодовых различий прироста сосны на северо-востоке Вологодской области // Общество. Среда. Развитие. – СПб., 2013. – №4. – С. 260-265.
9. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений. Л.: Наука, 1979. – 231 с.
10. Ловелиус Н.В. К методике дендроиндикационных исследований // Изучение биоценозов тундры и лесотундры. Л., 1972. – С. 106-110.
11. Ловелиус Н.В. Колебания прироста древесных растений в 11-летнем цикле солнечной активности // Ботан. журн. 1972. Т. 57. – № 1. – С. 64-68.
12. Ловелиус Н.В. Лежнева С. В. Особенности межгодовых различий прироста ели в разных типах леса Вологодской области // Наука и образование: проблемы и тенденции развития: материалы Международной научно-практической конференции (Уфа, 20-21 декабря 2013 г.): в 3-х ч. Часть I. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. – С. 18-24.
13. Ловелиус Н.В., Лежнева С.В. Закономерности межгодовой и многолетней изменчивости температур воздуха и атмосферных осадков в Вологодской области в связи с солнечной активностью. // Экологическое равновесие: антропогенные изменения географической оболочки земли, охрана природы: материалы IV междунар. науч.-практ. конф., 28-29 окт. 2013. – СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2013. – С. 149-151.
14. Ловелиус. Н.В., Лежнева С. В. Прирост ели в оптимальных условиях произрастания на Андомской возвышенности (Вологодская область) // География: проблемы науки и образования. – материалы ежегодной Международной научно-практической конференции LXVI Герценовские чтения. 18-20 апреля 2013 г. – СПб.: Астерион, 2013. – С. 36-39.
15. Матвеев С.М. Румянцев Д.Е. Дендрохронология: учебное пособие; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2013. – 140 с.
16. Скрябин М.П. Леса и солнечная активность // Астрономический сборник, 1960, вып. 3-4. – С. 158-164.
17. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976. – 367 с.

**GROWTH OF SPRUCE IN THE MIDDLE TAIGA IN THE ERA OF 11-YEARS CYCLE OF SOLAR ACTIVITY.**

Lezhneva S.V. Herzen State Pedagogical University of Russia. St.Petersburg. Russia

[Lezhnevasv@mail.ru](mailto:Lezhnevasv@mail.ru)

The paper presents the results of a research of inter-influence of 11-year cycles of solar activity on the growth of trees. Peculiarities of formation of annual growth of spruce in Veliky Ustyug area in the Vologda region and demonstrates the use of trees as environmental indicators.

**Keywords:** Dendroindication, tree rings, solar activity, spruce, growth of trees

СОДЕРЖАНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ДИКОРАСТУЩИХ ГРИБАХ  
ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

Лескова О.А., Лесков А.П.

Забайкальский государственный университет, Чита

[leskova-olga@inbox.ru](mailto:leskova-olga@inbox.ru), [hanter.2014@inbox.ru](mailto:hanter.2014@inbox.ru)

В работе приведены данные о содержании микро- и макроэлементов в грибах Забайкальского края. Обнаружено наибольшее содержание фосфора и калия. Определено, что максимальное концентрирование элементов происходит в шампиньонах.

**Ключевые слова:** Макроэлементы, микроэлементы, грибы, калий, фосфор

Большинство видов съедобных грибов считаются богатыми источниками микро- и макроэлементов. Известно, что во многих видах грибов накапливается достаточное количество калия, магния, фосфора, железа, марганца, меди [2, 3, 5]. Исследователи отмечают, что в основном содержание химических элементов зависит от состава почв, состояния окружающей среды, видовой специфики и т.д.

Цель данной работы – изучить содержание минеральных элементов в наиболее распространенных видах съедобных грибов Забайкальского края.

Сбор материала проводился в окрестностях с. Вершино-Шахтама (Забайкальский край) в августе 2012 года согласно общепринятым методикам [4]. Объектами исследования служили следующие роды грибов: подосиновик, масленок, груздь, шампиньон, моховик. Анализ полученных образцов проводили в лаборатории рентгеновских методов анализа в институте геохимии СО РАН (г. Иркутск) на рентгенофлуоресцентном анализаторе S4 Pioneer немецкой фирмы Bruker.

Данные о содержании исследованных химических элементов в грибах приведены в таблицах 1, 2.

Как видно из таблицы из представленного перечня элементов наибольшее содержание отмечено для фосфора. По данным других исследователей именно этот химический элемент способен накапливать грибы в относительно больших количествах [1]. Следует отметить, что данный элемент в наибольшем количестве зафиксирован в шампиньонах.

Кремний и хлор в наибольшем количестве зафиксированы в шампиньоне, в минимальном в моховиках. Как известно, сера входит в состав протеиногенных аминокислот и следовательно выполняет важнейшую функцию. Максимальное количество данного элемента обнаружено в подосиновиках, минимальное в моховиках.

Как видно из таблицы 2 из представленного перечня биогенных элементов – металлов наибольшее содержание отмечено для калия, причем максимальное его количество обнаружено в шампиньонах. Максимальное содержание на-

трия, кальция и железа так же зафиксировано в шампиньонах. Следует отметить, что наименьшее содержание всех элементов зафиксировано в моховике.

Таким образом, большинство видов исследуемых грибов являются источниками фосфора и калия. Почти все определяемые химические элементы в максимальном количестве обнаружены в шампиньонах. Моховики, произрастающие на территории Забайкальского края бедны биогенными элементами.

Таблица 1. Содержание элементов – неметаллов в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), %.

Образец	Si	P	S	Cl
Подосиновик	0,0176	0,589	0,810	0,1416
Масленок	0,0130	0,899	0,282	0,0419
Шампиньон	0,1839	1,593	0,465	0,7978
Груздь	0,0666	0,480	0,122	0,0375
Моховик	0,0085	0,541	0,101	0,0226
ПДК	—	—	—	—

Таблица 2. Содержание элементов – металлов в съедобных дикорастущих грибах (Забайкальский край), %.

Образец	Na	K	Ca	Fe
Подосиновик	0,0146	3,074	0,0082	0,0059
Масленок	0,0119	4,223	0,0085	0,0048
Шампиньон	0,0709	5,074	0,0320	0,0370
Груздь	0,0121	3,334	0,0110	0,0103
Моховик	0,0044	4,701	0,0030	0,0033
ПДК	—	—	—	—

## Список литературы

- Бакайтис В.И., Басалаева С.Н. Содержание макро- и микроэлементов в дикорастущих грибах Новосибирской области // Техника и технология пищевых производств. 2009. №2. С. 73 – 76.
- Безель В.С. и др. Продукция природных экосистем в пищевых рационах населения Свердловской области // Аграрный вестник Урала. 2010. №6. С.61 – 65.
- Иванов А.И., Костычев А.А., Скобанев А.В. Аккумуляция тяжелых металлов и мышьяка базидиомами макромицетов различных эколого-трофических и таксономических групп // Поволжский экологический журнал. 2008. №3. С. 190 – 199.
- Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / под ред. Н.Г. Зырина, С.Г. Малахова. М.: Гидрометеиздат, 1981. 109 с.
- Попова М.Г. О дикорастущих съедобных грибах Центральной Якутии // Наука и техника в Якутии. 2009. №1(16). С. 94 – 96.

## CONTENT OF SOME CHEMICAL ELEMENTS IN WILD MUSHROOMS TRANSBAICAL TERRITORY

Leskova O.A., Leskov A.P.

Transbaical State University, Chita

[leskova-olga@inbox.ru](mailto:leskova-olga@inbox.ru), [hanter.2014@inbox.ru](mailto:hanter.2014@inbox.ru)

The paper present date on the content of macro- and microelements in the Transbaical Territory wild mushrooms. Found the highest concentration of of potassium and phosphorus. Petermined that the maximum concentration of elements occurs in champignous.

Keywords: The paper present date on the content of macro- and microelements in the Transba

## БИОИНДИКАЦИЯ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РАЙОНЕ ОЗЕР ИЛЬМЕНСКОЕ И АРГАЯШ

Нутфуллина В.Х., Кострюкова А.М.

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск

[venera\\_yrg@mail.ru](mailto:venera_yrg@mail.ru), [anmikost@mail.ru](mailto:anmikost@mail.ru)

В данной работе представлены результаты изучения качества атмосферного воздуха в районе озер Ильменского государственного заповедника. На основании биоиндикационных исследований флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой дана оценка экологического состояния воздуха.

**Ключевые слова:** биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, береза повислая, качество воздуха.

Для биоиндикационной характеристики качества окружающей природной среды часто используют оценку стабильности развития живых организмов на основе анализа уровня асимметрии морфологических структур – флуктуирующей асимметрии (ФА) [1]. Это незначительные ненаправленные отличия морфологических признаков от нормальных показателей, возникающие как результат нарушения развития в условиях негативного воздействия. При этом метод оценки экологического состояния среды по ФА достаточно чувствителен и позволяет фиксировать даже незначительные отклонения параметров среды, еще не приводящих к существенному снижению жизнеспособности особи [2]. В качестве объекта исследования лучше использовать растения, в данной работе использовалась береза повислая (*Betula pendula* Roth.).

В работе проводилось изучение загрязненности атмосферного воздуха в районе озер Ильменское и Аргаяш в летний период 2013 гг. методами биоиндикации с использованием в качестве тест-системы флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой.

Озеро Ильменское расположено вблизи г. Миасса [3]. На западном берегу находится Ильменская база отдыха, частные гостиницы и оздоровительный детский лагерь. На северном берегу озера расположены жилые дома, проходят железная дорога и автомобильная трасса Миасс–Чебаркуль. Восточный берег находится на территории Ильменского заповедника. Южный берег сильно заболочен.

Озеро Аргаяш полностью располагается на территории Ильменского заповедника, постоянной антропогенной нагрузки нет [3].

Сбор материала производился с 6 точек (рис. 1). Точка 1 (научно-производственная база), точка 2 (кордон лесника), точки 3 и 4 располагаются на территории заповедника. Точки 5 и 6 – вблизи железной дороги, точки 7 и 8 – между железной и автомобильной дорогами (дикий пляж).

Листья собирались с близко растущих деревьев площадью 10x10 метров – по 30 листьев на каждого человека, всего – 90 листьев с одной

площадки [2]. С каждого листа снимались показатели по 5-ти параметрам с левой и правой стороны листа (рис. 2) [2].

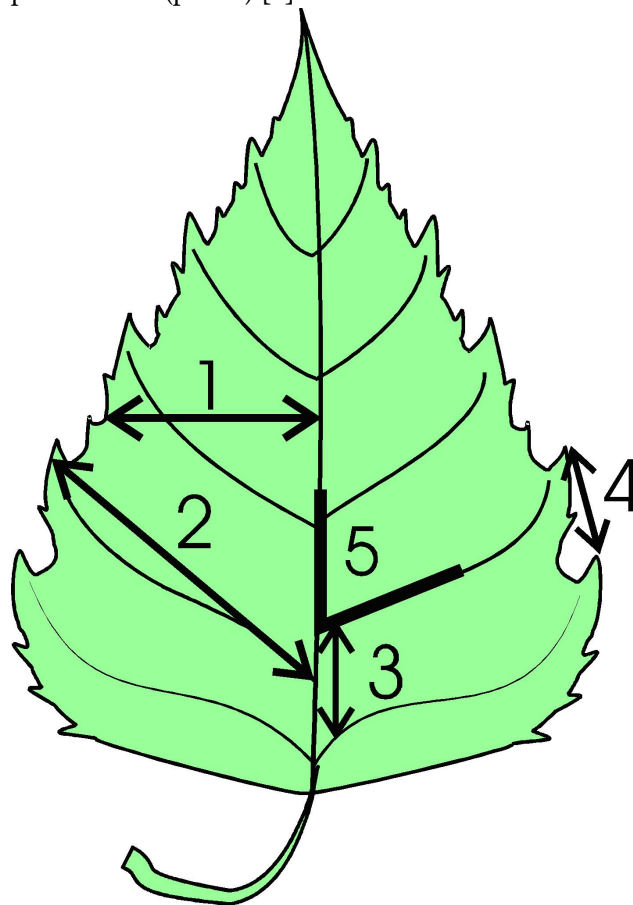


Рисунок 2. Схема промеров, используемых для оценки стабильности развития березы повислой. 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка.

Далее по методике [2] вычислялось среднее относительное различие на признак для всей

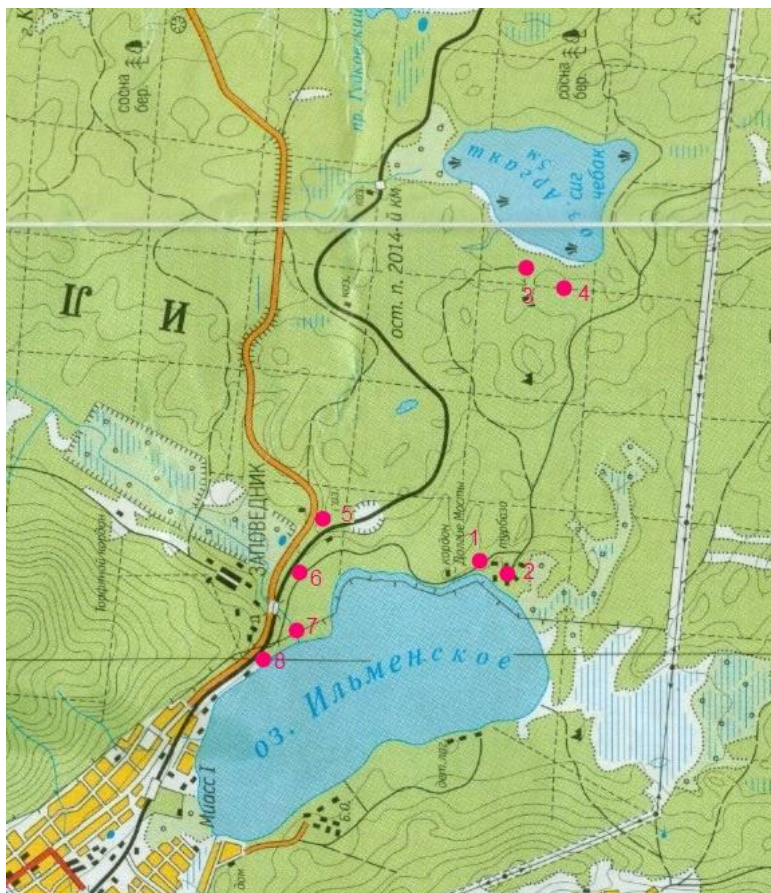


Рисунок 1. Точки сбора материала.

Таблица 1. Шкала отклонения от нормы.

Балл	Среднее относительное различие
1 (условная норма)	До 0,055
2 (начальное отклонение от нормы)	0,055-0,060
3 (средний уровень отклонения от нормы)	0,060-0,065
4 (значительное отклонение от нормы)	0,065-0,070
5 (критическое состояние)	Более 0,070

Таблица 2. Результаты исследования качества атмосферного воздуха.

Точки сбора материала	Параллельные измерения			Баллы
	1	2	3	
1	0,056±0,013	0,056±0,013	0,053±0,012	1-2
2	0,055±0,013	0,054±0,011	0,053±0,012	1
3	0,044±0,011	0,048±0,009	0,050±0,012	1
4	0,051±0,009	0,055±0,013	0,049±0,011	1
5	0,058±0,011	0,058±0,010	0,061±0,012	2
6	0,057±0,010	0,062±0,013	0,058±0,011	2
7	0,064±0,014	0,065±0,013	0,062±0,012	3
8	0,063±0,015	0,063±0,009	0,060±0,011	3

выборки. Полученный показатель характеризует степень асимметричности организма (табл. 1).

Результаты исследования представлены в таблице 2.

Оценка качества атмосферного воздуха по результатам изучения флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой показала, что на территории заповедника, где воздух практически не подвергается антропогенному воздействию, состояние растений не изменяется. Там же, где действует антропогенный фактор (железная и автомагистральная дороги), отклонение от нормы проявляется в начальной и средней степенях, и воздух можно уже считать загрязненным.

#### Список литературы

1. Константинов Е.Л. Особенности флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula* Roth. ) как вида биоиндикатора: автореф. дисс. канд. биол. наук. Калуга, 2001. 20 с.
2. Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 288 с.
3. Ильменский государственный заповедник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://igz.ilmeny.ac.ru>

#### BIOINDICATION OF AIR QUALITY IN THE LAKES ILMENSKOE AND ARGAIASH

Nutfullina V.X., Kostrukova A.M.

South Ural State University, Chelyabinsk

[venera\\_yrg@mail.ru](mailto:venera_yrg@mail.ru), [anmikost@mail.ru](mailto:anmikost@mail.ru)

This paper presents the results of a study of air quality in the area of lakes Ilmensky national park. Based on research bioindicative fluctuating asymmetry of birch leaves evaluated ecological condition of air.

Keywords: **bioindication, fluctuating asymmetry, silver birch, air quality.**

## ПЛАНИРОВАНИЕ ПРИРОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ВОДОСБОРАХ МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

Петина М.А.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, НИУ «БелГУ»,  
Белгород  
[petina\\_m@bsu.edu.ru](mailto:petina_m@bsu.edu.ru)

Статья посвящена вопросам планирования природоохранных мероприятий в связи с ухудшением гидроэкологической ситуации региона. Автором проведена комплексная оценка гидроэкологического состояния малых водных объектов, выявлены участки русел рек и прудов, требующих реализации различных комплексов мероприятий по экологической реабилитации и предложена стратегия управления водными ресурсами территории.

**Ключевые слова:** Природоохранные мероприятия, гидроэкологическая ситуация, малые водные объекты, рекреация, водоохранные зоны.

*Выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации (№ МК-6142.2014.5) на 2014-2015 гг «Оценка и прогноз состояния подземных и поверхностных вод на территориях с ограниченными запасами водных ресурсов (на примере Белгородской области)».*

Белгородская область принадлежит к числу регионов с крайне ограниченными водными ресурсами с высоким уровнем концентрации населения и при активном водопотреблении [1]. Ограниченность водных ресурсов усугубляется неравномерностью их временного распределения (более 70 % местного стока проходит весной) и по территории. Ситуация осложняется еще и тем, что регион, располагаясь в зоне неустойчивого увлажнения, подвержен периодическим засухам и суровым ветрам.

Маловодность территории приводит к ухудшению гидроэкологической ситуации. Учитывая установившийся состав источников антропогенного загрязнения и современные тенденции климатических изменений, приводящих к уменьшению водности естественных водотоков, наметившиеся тенденции к росту рекреационного использования малых рек в регионе, намечен поиск дополнительных вариантов по уменьшению поступления количества поллютантов в водную среду.

Нами предлагается модель реабилитации долин малых рек в сельских условиях на староселенных территориях (рис. 1).

Предлагаемая структура модели направлена на восстановление и поддержание отдельных участков долины в состоянии стабильного функционирования. На основании предложенной методики впервые проведена комплексная оценка гидроэкологического состояния малых водных объектов, выявлены участки русел рек и прудов, требующих реализации различных комплексов мероприятий по экореабилитации.

Ниже представлены фото и картографические материалы, отражающие процессы реализации мероприятий по улучшению гидроэкологического состояния водных объектов (рис.2, 3а, 3б).

Инструментарием для планирования мероприятий по уменьшению водной эрозии почв является построение топографических карт с выявлением границ потенциально высокого поверхностного стока [2]. В Белгородской области участки водосборных площадей крутизной более 4 градусов обеспечивают наибольший вынос вредных химических веществ.

Выявлена необходимость расширения объема и перечня природоохранных мероприятий при проведении работ по определению и закреплению на местности водоохранных зон водоемов и водотоков. В Белгородской области данный вид работ в настоящее время практически не реализуется. Закрепление на местности водоохранных зон водных объектов и их прибрежных защитных полос, проведение недорогостоящих природоохранных мероприятий и установление на территории водоохранных зон и прибрежных защитных полос специального режима хозяйственной и иной деятельности является одной из первоочередных задач по охране и восстановлению поверхностных водных объектов, улучшению их гидрологического режима и санитарного состояния.

Стратегия управления водными ресурсами территории в регионе предполагает:

- увеличение водных ресурсов путем воздействия на процессы осадконакопления;
- регулирование местного стока прудами и водохранилищами;
- переводу части стока из поверхностного в подземный.

Для оздоровления водоемов и водотоков Белгородской области рекомендуется формирование защитных лесных насаждений на критически важных участках водосборов: вблизи автодорог с высокой интенсивностью движения и скло-



нах крутизной более 4 градусов и прибрежной части водоемов. Планирование природоохранных мероприятий данного направления целесообразно проводить на основе картографических моделей крупного масштаба [3, 4]. Электронный вариант карты позволяет планировать мероприятия, как для отдельных водных объектов, так и для конкретных населенных пунктов и районов области.

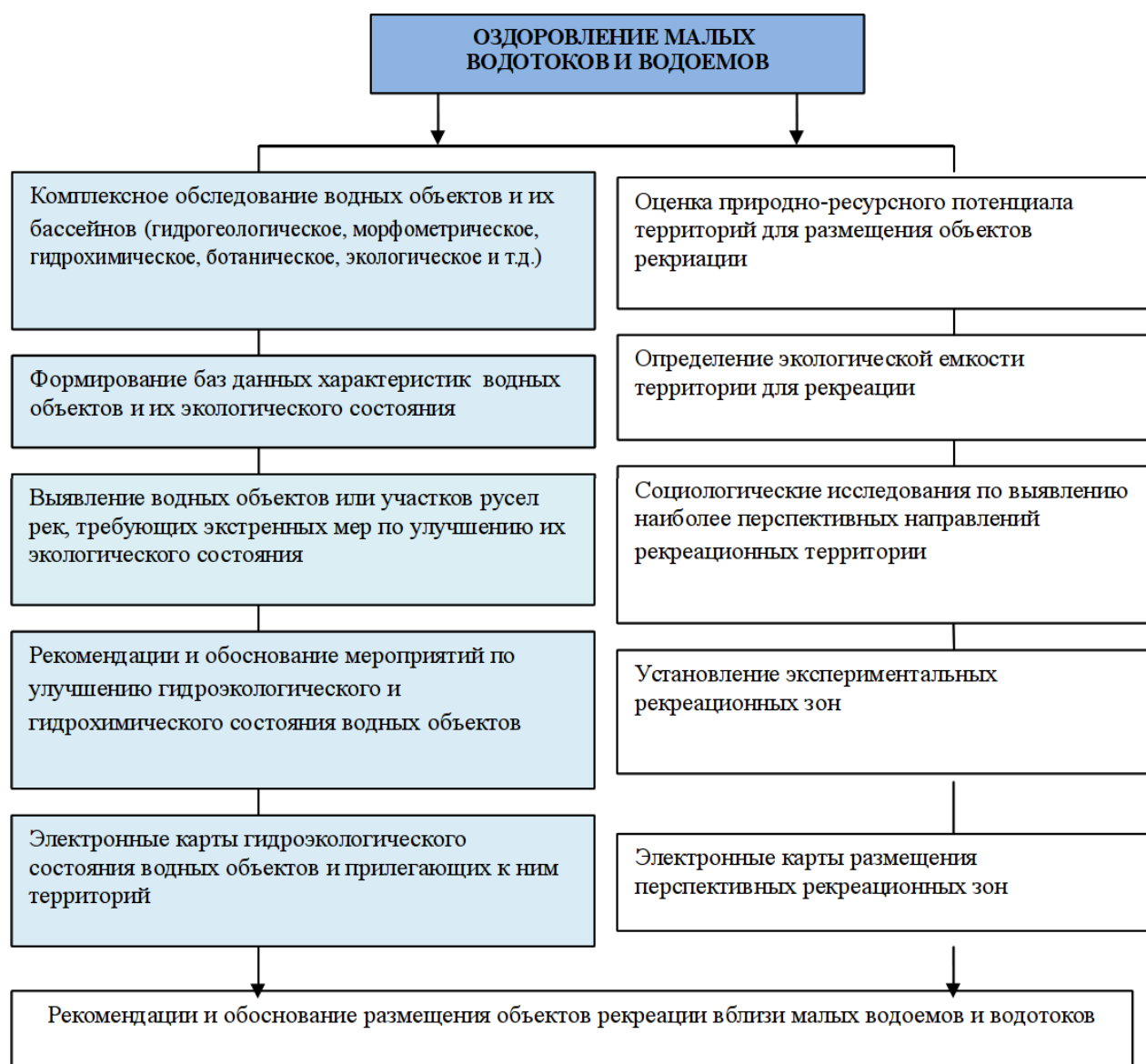


Рисунок 1. Модель оздоровления малых водных объектов и развития объектов рекреации.

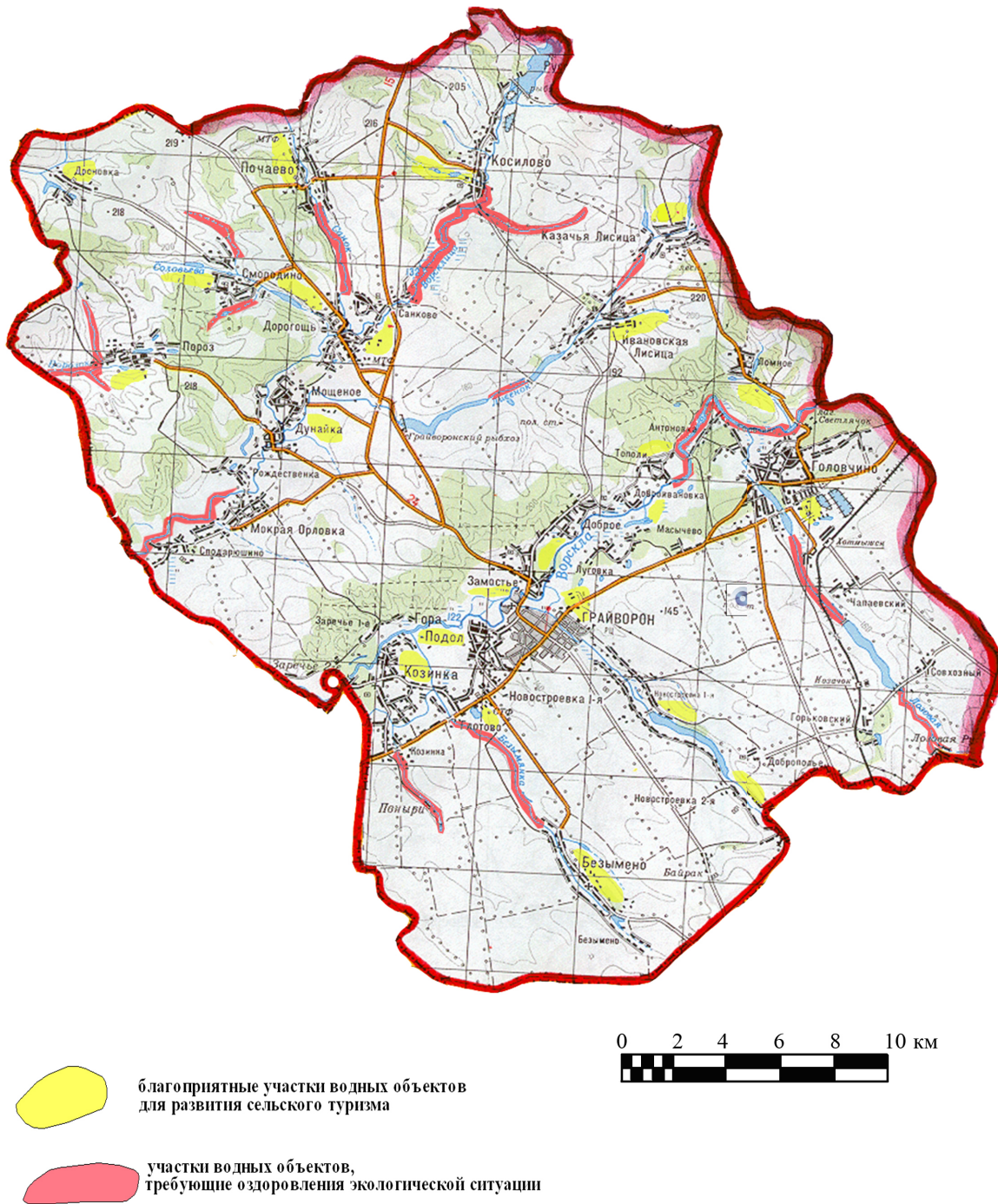


Рисунок 2. Карта геоэкологического состояния водосбора р. Ворскла с выделением благоприятных и критических участков.



Рисунок 3. Экспериментальный участок русла р. Ворскла (а – до обустройства; б – после проведения рекультивационных работ).

## Список литературы

1. Авакян, А.Б. Рациональное природопользование и охрана водных ресурсов / А.Б. Авакян, В.М. Широков. – Екатеринбург: Виктор, 1994. – 319 с.
2. Алексеевский Н.И. Сток и эрозия почв на водосборах как факторы экологической обстановки на реках / Алексеевский Н.И., Коронкевич Н.И., Литвин Л.Ф, Чалов Р.С., Ясинский С.В. // Известия РАН. Сер. Гегрп. 2000, №1. – с. 52 – 63.
3. Андрейчук, Ю.М. Водоохранные исследования бассейнов малых рек с использованием гис-технологий / Ю.М. Андрейчук, Е.А. Иванов, И.Ц. Краальчук // Двадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Ульяновск, 2005. – С. 98–100
4. Петина М.А. Использование геоинформационных технологий в системах поддержки принятия решений при управлении водными ресурсами (на примере Белгородской области) // Научные ведомости БелГУ, № 21 (92) 2010, Выпуск 13. – С. 151-156.

## ENVIRONMENTAL PLANNING IN THE CATCHMENT AREAS OF SMALL RIVERS (BELGOROD REGION)

Petina M.A.

Belgorod State National Research University, Belgorod

[petina\\_m@bsu.edu.ru](mailto:petina_m@bsu.edu.ru)

Article focuses on environmental planning in view of the deteriorating hydroecological situation in the region. The author has made a comprehensive assessment of the state of small hydro-water bodies identified areas rivers and ponds, requiring the implementation of various complex ecological rehabilitation measures and proposed a strategy of water management area.

Keywords: Environmental protection measures, hydroecological situation, small bodies of water, recreation, water protection zones.

**ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИМ БАКТЕРИОЦЕНОЗОМ В УСЛОВИЯХ «IN VITRO»**

Размахнина М.А.

Забайкальский Государственный Университет, Чита

[rma\\_1973@mail.ru](mailto:rma_1973@mail.ru)

Данная статья посвящена анализу использования биологических параметров для оценки состояния нефтезагрязненных земель. В процессе жизнедеятельности микро – макронаселения почв, в результате обмена веществ во внешнюю среду с другими соединениями выделяется определенное количество биологически активных веществ – ферментов. Живое население почвы периодически отмирает. После разрушения клеточных оболочек ферменты также поступают в почву. И в силу специфических особенностей они еще долгое время сохраняют свою активность. К настоящему времени сложилось представление о том, что трансформация различного рода органических соединений в почве определяется характером естественного энзимологического комплекса почвы, т.к. ферменты оказывают воздействие на все биохимические процессы, происходящие в почве. Поэтому ферментная активность – один из важнейших показателей биологического состояния почв, может быть использована для характеристики напряженности происходящих в почве биологических процессов. В заключении автор приходит к выводу о том, что современные экологические условия вынуждают человечество искать недорогие и безопасные пути решения. Одно из таких решений - применение микроорганизмов. Микроорганизмы чутко реагируют на изменение экологических условий, и по количеству и активности определенных физиологических групп можно судить о качестве загрязнителей и скорости их утилизации.

**Ключевые слова:** Ферменты, трансформация, энзимологический комплекс, дегидрогеназы, дегидрогенирование, индикация, инокуляция

Использование биологических параметров для оценки состояния нефтезагрязненных земель нами рассмотрена ферментативная активность каштановой почвы.

Ферменты в почве – продукт метаболизма почвенного биоценоза, но вопрос об участии различных компонентов в их накоплении мало изучен. Одни исследователи считают, что основная роль в обогащении почвы ферментами принадлежит корневым выделениям растений, другие – почвенным животным, большинство же отдадут предпочтение микроорганизмам.

Наличие в почве биологически активных соединений ферментов издавна привлекало внимание как отечественных, так и зарубежных ученых.

В почве ферменты находятся в поглощенном состоянии. Это препятствует их быстрому разложению и выносу, а также дает возможность участвовать в различных превращениях веществ.

Все почвенные энзимы биологического происхождения. В процессе жизнедеятельности микро – макронаселения почв, в результате обмена веществ во внешнюю среду с другими соединениями выделяется определенное количество биологически активных веществ – ферментов. Живое население почвы периодически отмирает. После разрушения клеточных оболочек ферменты также поступают в почву. И в силу спе-

цифических особенностей они еще долгое время сохраняют свою активность.

Ферментам придается большое значение в переводе почвенных соединений в доступную для растений форму. В.Ф. Купревич считает, что имеется объективная возможность оценить суммарную биологическую активность, в некоторой степени, плодородие почвы путем определения таких ферментов как инвертаза, каталаза, уреазы [1]. А.В.Барановская и др. указывают, что в пределах одной климатической дозы активность ферментов находится в прямой зависимости от уровня плодородия почвы [2].

Многие авторы считают правомочным использовать активность ферментов как показатель биологического состояния почв при исследовании вопросов связанных с обработками [3].

К настоящему времени сложилось представление о том, что трансформация различного рода органических соединений в почве определяется характером естественного энзимологического комплекса почвы, т.к. ферменты оказывают воздействие на все биохимические процессы, происходящие в почве. Поэтому ферментная активность – один из важнейших показателей биологического состояния почв, может быть использована для характеристики напряженности происходящих в почве биологических процессов [4].

Наиболее полную характеристику биологической активности почвы дают окислительно-восстановительные ферменты и ферменты класса гидролаз.

Дегидрогеназы катализируют реакции дегидрогенирования органических веществ и выполняют роль промежуточных переносчиков водорода в процессе дыхания. Поэтому их активность может служить показателем общего мик-

робного дыхания. Дегидрогеназы участвуют в процессе катаболизма всех типов питательных веществ. Реакции с их участием лежат в основе биологического окисления, тесно связанного с обеспечением клеток энергией. Активность дегидрогеназ зависит от многих факторов, в том числе от влажности почв, температуры, кислотности и содержания гумуса [5].

Таблица 1. Изменение активности дегидрогеназы в дефлированной нефтезагрязненной каштановой почве при инокуляции накопительными культурами микроорганизмов.

Варианты опыта	Сроки инокуляции, сутки					
	6	12	18	24	30	36
контроль	0,01	0,01	0,009	0,011	0,006	0,009
Керосин, 1л/м <sup>2</sup> почвы	0,01	0,02	0,046	0,052	0,05	0,05
Масло, 1л/м <sup>2</sup> почвы	0,01	0,02	0,028	0,052	0,051	0,048
Бензин, 1л/м <sup>2</sup> почвы	0,01	0,018	0,022	0,02	0,019	0,024
дизельное топливо, 1л/м <sup>2</sup> почвы	0,01	0,014	0,016	0,017	0,016	0,017

Полученные нами в ходе инокуляции накопительной культуры микроорганизмов-деструкторов нефти на нефтезагрязненную каштановую дефлированную почву дегидрогеназной активности являются несколько заниженными.

Это связано с определением дегидрогеназы в воздушную – сухих образцах почвы. Дегидрогеназная активность не обнаруживается вне клеток микроорганизмов, поэтому этот вид активности весьма чувствителен к малейшим изменениям условий среды, которые интенсифицируют или замедляют скорость метаболизма микроорганизмов. В данном случае таким изменениям было высушивание почвенных образцов. Тем не менее, в процессе инокуляции была выявлена четкая закономерность изменения дегидрогеназной активности во времени и в зависимости от разных нефтепродуктов. Внесение бензина и дизельного топлива также способствовало некоторому увеличению дегидрогеназной активности, однако по сравнению с другими вариантами характер динамики отличался более плавной и стабильной активностью дегидрогеназ.

Биологическая минерализация различных органических соединений белков, углеводов, жи-

ров и ряда других компонентов, сопровождается накоплением перекиси, разложение которой осуществляется каталазой. Каталаза является индикатором степени окислительных процессов в почве.

Фермент выделяется почвенными микроорганизмами, обладает высокой устойчивостью, накапливается и длительное время сохраняется в почве, в силу чего активность этого фермента может рассматриваться как показатель функциональной активности почвенной микрофлоры и может отражать плодородие почвы [6].

Нефтяные загрязнения вызывают нарушение биологического равновесия тем самым отрицательно воздействуя на биоту. Важную роль в процессе самоочищения играет естественный углеводородокисляющий бактериоценоз осуществляющий деструкцию. Способность микроорганизмов к биодegradации при высоком загрязнении нефтепродуктами зависит от многих факторов: состава нефтепродуктов, их концентрации, способности адаптироваться к росту в различных экологических условиях.

Современные экологические условия вынуждают человечество искать недорогие и безопасные пути решения. Одно из таких реше-

ний – применение микроорганизмов. Микроорганизмы чутко реагируют на изменение экологических условий, и по количеству и активности определенных физиологических групп можно судить о качестве загрязнителей и скорости их утилизации.

#### Список литературы

1. Купревич, В. Ф. Первые итоги исследований по ферментам почвы / Минск: Наука и техника, 1968. С. 3-10.
2. Бабьева И. П., Зенова Г. И., Биология почв / Почвоведение. Москва: АН СССР, 1989. С. 232-248.
3. Галстян А. Ш. Об активности ферментов и интенсивности дыхания почвы. / Докл. АН СССР, 1959. Т. 127. № 5. С. 1092-1102.
4. Красильников Н. А. Микроорганизмы и высшие растения. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 464 с.
5. Козлов К. А. Ферментативная активность почв как показатель их биологической активности. / Докл. сибир. почвоведов к VIII Междунар. почвенному конгрессу. Новосибирск, 1964. С. 96-106.
6. Щербакова, Т. А. Ферментативная активность почв и трансформация органического вещества / Минск, 1983. – С. 131-167.

#### DYNAMICS OF ENZYME ACTIVITY IN BROWN SOIL INOCULATION HYDROCARBON BACTERIOCENOSIS UNDER «IN VITRO»

Razmahina M.A.

Transbaikal State University, Chita

[rma\\_1973@mail.ru](mailto:rma_1973@mail.ru)

This article is devoted to the analysis of biological parameters for the assessment of contaminated lands. In the process of life micro - makronaseleniya soil, resulting in the exchange of substances into environment with other compounds allocated a certain amount of biologically active substances - enzymes. Population living soil periodically dies. After the destruction of the cell membranes and enzymes enter the soil. And because of the specific features they have for a long time retain their activity. To date, give the impression that the transformation of various types of organic compounds in the soil is determined by enzymological complex nature of natural soil because enzymes have an impact on all the biochemical processes occurring in the soil. Therefore, the enzyme activity - one of the most important indicators of the biological condition of the soil, can be used to characterize the tension occurring in the soil biological processes. In conclusion, the author concludes that the current environmental conditions have caused mankind to look cheap and safe solutions. One such solution - the use of microorganisms. Microorganisms are sensitive to changes in environmental conditions, and the number and activity of certain physiological groups can judge the quality and speed of pollutant disposal.

Keywords: Enzymes, transformation, enzymologically complex, dehydrogenase, dehydrogenation, display, inoculation

## ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИКРОБНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ МОНОКУЛЬТУРЫ КУКУРУЗЫ

Романычева А.А.

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва

[kai-ren@yandex.ru](mailto:kai-ren@yandex.ru)

Впервые в условиях центрально-черноземной зоны исследована структура и специфика функционирования микробного сообщества в длительных посевах монокультуры кукурузы (более 50 лет) молекулярным методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии, что позволило идентифицировать 44 бактериальных вида, относящихся к 32 родам.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, микробное сообщество, монокультура кукурузы.

Вовлечение почвенного покрова в сельскохозяйственное использование нарушает течение естественных процессов почвообразования. В новых условиях отмечается не только изменение физико-химических свойств почвы, но и происходит перестройка структуры почвенных микробоценозов, их биохимической и функциональной активности. В этом аспекте особый интерес представляют исследования устойчивости микробных сообществ почв агроэкосистем: их способности сохранять свою структуру и основные функции (поддержание плодородия и продуктивности) при внешних воздействиях (в том числе антропогенных).

Цель исследования – сравнительный анализ эколого-трофической структуры микробного сообщества чернозема выщелоченного под длительной монокультурой кукурузы с архивными образцами почв.

### Материалы и методы

Исследования проводили на стационарном опыте Воронежского филиала ВНИИ кукурузы РАСХН, который был заложен в 1960 г.. Почвенные образцы Апах 0 – 20 см. были отобраны 05.1966 (архив), а также 06.2011, 05.2012, 05.2013, вариант монокультура кукурузы без удобрений. Содержание углерода и азота определяли на экспресс-анализаторе CHNS analyzer, VARIO III-EL. Агрохимические данные получены в соответствии с ГОСТ 26483-85, ГОСТ 26204-91. Состав микробного сообщества реконструировали по микробным маркерам (жирным кислотам, гидроксикислотам и альдегидам жирных кислот), которые определяли после кислого метанолиза почвенных образцов молекулярным методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии (ГХ-МС). Анализ проводили на ГХ-МС системе HP-5973 Agilent Technologies (США). [4]. Биоразнообразие и выравненность определяли с помощью индекса Шеннона, доминирование оценивали с помощью индекса Бергера-Паркера [3]. Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программ MS Excel 2003 и Statistica 10.

### Результаты и обсуждение

Содержание  $C_{орг}$  в  $A_{пах}$  (0-20 см) составило: 3,9%–3,2%;  $N_{общ}$ : 0,4%–0,3%; подвижного  $P_2O_5$ : 4,5–4,7 мг/100 г; подвижного  $K_2O$ : 11,2–7,8 мг/100 г;  $pH_{kcl}$ : 5,2–5,8 в 1966 и 2011–2013 гг., соответственно.

Наши исследования подтвердили наличие микробных маркеров в архивных образцах почвы, что соответствует данным бактериальной палеонтологии [5]. Всего в сообществах реконструировано 44 бактериальных вида, относящихся к 32 родам (табл.1). Индекс биоразнообразия (Шеннона) во все годы исследования достаточно высок: 4 – 5. Максимальное число видов в почве под монокультурой кукурузы (39) отмечено в 1966 г, тогда как к 2013 г видов становится меньше (до 37). Общая численность микроорганизмов во все годы исследования примерно одинакова и составляет  $3,5 - 1,7 \times 10^7$  кл/г почвы. Количество грибов увеличивается 2012, 2013 гг. в 4 и более раз (табл.1). Индекс выравненности Бергера-Паркера в 1966 г был равен 10, тогда как в 2011–2013 гг. снизился в 2 раза, что свидетельствует об уменьшении разнообразия сообщества и увеличении степени монодоминирования.

Таким образом, мы видим, что в течение 45 лет возделывания монокультуры кукурузы микробоценоз перестраивался. Первоначально микробное сообщество более разнородно, доминируют виды *Rhodococcus spp* и *Propionibacterium spp*. (до 10% каждый), относящиеся к филуму *Actinobacteria*. Велико количество субдоминантных популяций микроорганизмов (до 5 групп), доля каждой из них до 10%. Из филума *Actinobacteria* отмечены аэробные бактерии рода *Arthrobacter sp.*, способные к деградации сложных углеводов. Присутствуют виды *Mycobacterium spp.* – активные аэробные гидролитики, ассоциативный азотфиксатор *Acetobacter sp.*, отмечена высокая численности аэробных микроорганизмов рода *Nocardiosis sp.*, которые могут использовать в качестве источников углерода сложные полисахариды. В 2011-2012 гг. доминирующими являлись *Mycobacterium spp.* и



Таблица 1. Видовой состав реконструированного микробного комплекса и численность микроорганизмов чернозема по данным ГХ-МС (начало).

Микроорганизмы		Варианты опыта, численность микроорганизмов $\times 10^6$ кл/г			
		1966	2011	2012	2013
Proteobacteria					
1	<i>Acetobacter</i> sp.	0,75	1,89	0,97	0,14
2	<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,45	2,75	1,04	0,00
3	<i>Agrobacterium radiobacter</i>	0,24	0,51	0,61	0,00
4	<i>Caulobacter</i>	0,88	0,67	0,00	0,30
5	<i>Desulfovibrio</i> sp.	0,94	0,45	0,53	0,60
6	<i>Methylococcus</i> sp.	0,28	0,37	0,00	0,57
7	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,37	1,07	1,20	0,50
8	<i>Pseudomonas putida</i>	0,29	0,40	0,00	0,16
9	<i>Pseudomonas vesicularis</i>	0,07	0,38	0,26	0,00
10	<i>Sphingomonas adgesiva</i>	0,21	0,52	0,56	0,13
11	<i>Sphingomonas capsulata</i>	0,19	1,39	1,56	0,25
12	<i>Xanthomonas</i> sp.	0,21	0,53	0,32	0,08
13	WARB*	0,10	0,40	0,00	0,04
14	FeRed	0,04	0,00	0,00	0,00
15	<i>Nitrobacter</i> sp.	0,12	0,00	0,05	0,31
16	Enterobacteriaceae	0,00	0,18	0,00	2,08
	Общее количество	5,09	11,51	7,10	5,16
Actinobacteria					
17	<i>Actinomadura roseola</i>	0,03	0,37	0,23	0,31
18	<i>Bifidobacterium</i> sp.	0,07	0,07	0,00	0,00
19	<i>Corynebacterium</i> sp.	0,15	0,35	0,28	0,09
20	<i>Nocardiosis</i>	1,57	1,88	2,10	1,22
21	<i>Mycobacterium</i> sp.	1,21	7,32	3,03	4,36
22	<i>Propionibacterium</i> sp.	0,63	1,04	0,43	0,71
23	<i>Propionibacterium jensenii</i>	1,46	2,00	0,00	1,12
24	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	0,55	1,18	0,00	0,23
25	<i>Pseudonocardia</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,12
26	<i>Rhodococcus equi</i>	0,27	4,81	0,72	0,30
27	<i>Rhodococcus terrae</i>	1,42	0,00	1,58	0,28
28	<i>Nocardia carnea</i>	0,00	0,14	0,00	0,09
29	<i>Arthrobacter</i> sp.	0,96	1,66	1,55	1,16
	Общее количество	8,29	20,82	9,92	9,99
Firmicutes					
30	<i>Acetobacterium</i> sp.	0,49	0,30	0,89	0,00
31	<i>Bacillus subtilis</i>	0,43	0,37	0,90	0,26
32	<i>Bacillus</i> sp.	0,56	0,36	0,00	0,26
33	<i>Butyrivibrio</i> 1-4-11	0,77	0,00	0,00	0,43
34	<i>Butyrivibrio</i> 7S-14-3	0,11	0,74	0,00	0,15
35	<i>Eubacterium</i> sp.	0,00	0,00	0,00	0,00
36	<i>Eubacterium lentum</i>	0,21	0,00	0,03	0,07
37	<i>Clostridium pasteurianum</i>	0,28	0,37	0,00	0,57
38	<i>Clostridium perfringens</i>	0,02	0,00	0,05	0,00
39	<i>Butyrivibrio</i> 1-2-13	0,03	0,03	0,28	0,00
	Общее количество	2,88	2,17	2,15	1,74

\*WARB – *Wolinella-Acholeplasma-Roseomonas-Burkholderia*

Таблица 1. Видовой состав реконструированного микробного комплекса и численность микроорганизмов чернозема по данным ГХ-МС (окончание).

Микроорганизмы		Варианты опыта, численность микроорганизмов × 10 <sup>6</sup> кл/г			
		1966	2011	2012	2013
Bacteroidetes					
40	<i>Bacteroides hypermegas</i>	0,00	0,04	0,00	0,01
41	<i>Bacteroides ruminicola</i>	0,10	0,17	0,35	0,02
42	<i>Cytophaga sp.</i>	0,15	0,32	0,17	0,00
43	<i>Riemirella</i>	0,17	0,00	0,00	0,00
44	<i>Sphingobacterium spiritovorum</i>	0,11	0,37	0,32	0,24
Общее количество		0,52	0,90	0,84	0,27
Суммарное количество		16,77	35,40	20,01	17,16
Грибы, мкг/г		3,76	4,34	21,92	31,33
Дрожжи, кл/г × 10 <sup>6</sup>		0,09	0,15	0,15	0,013

*Propionibacterium spp.*, причем доля микобактерий возрастает в сообществах до 20%. Количество субдоминантных видов микроорганизмов уменьшается. С течением времени в почве под длительной монокультурой кукурузы складывается специфическая устойчивая аэробно-анаэробная ассоциация *Mycobacterium spp.* – *Propionibacterium spp.* Микобактерии – хемоорганотрофные аэробные бактерии, типичные для почвенной среды, характеризуются способностью легко разлагать сложные органические соединения (в агроценозе с кукурузой это пожнивные остатки, возможно углеводороды) и в такой доминирующей ассоциации поставлять более простые органические субстраты для метаболизма анаэробных бродильщиков – пропионовых бактерий (*Propionibacterium jensenii*, *Propionibacterium freudenreichii*). Несмотря на то, что пожнивные остатки кукурузы содержат большое количество труднорастворимых соединений (клетчатка и ее производные), изучена [1] способность микобактерии к образованию поверхностно-активных веществ, способствующих адгезии бактерий к субстрату и, за счет более экономичного расходования экзоферментов, к его гидролизу. Кроме того, микобактерии обладают антагонистической активностью в отношении к фитопатогенам, т.к. способны выделять антибиотики [2], а также, благодаря своей способности образовывать цисты, хорошо развиваются в черноземной почве даже при минимальной влажности и при высокой температуре.

Итак, за длительный период (более 50 лет) культивирования кукурузы произошло изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного (снижение на 20%  $C_{орг}$  и  $N_{общ}$ , уменьшение содержания подвижных форм калия на 40%). Микробное сообщество почв в большей степени претерпело изменение в разнообразии – произошло уменьшение числа видов

и количества доминирующих популяций. Произошла перестройка структуры микробоценоза, уменьшилось разнообразие. За трехлетний период нашего наблюдения показано доминирование аэробно-анаэробной ассоциации *Mycobacterium spp.* – *Propionibacterium spp.* Эколого-трофические взаимоотношения этих видов, по-видимому, определяют устойчивость почвы под монокультурой без снижения ее продуктивности (урожай культуры претерпевает колебания, но не снижается значительно).

#### Список литературы

1. Гоготов, И.Н. Биосурфактанты: продуценты, свойства и практическое использование / И.Н.Гоготов, С.В. Белоножкин, Р.С.Ходаков, А.Н. Шкидченко // Материалы 3-й Международной конференции “Международное сотрудничество в биотехнологии: ожидания и реальность”. – Пущино: ИЦ “Биоресурсы и экология”. – 2006. – С. 104–111.
2. Козловская Н. В. Выделение и идентификация культур рода *Mycobacterium* – антагонистов фитопатогенной микрофлоры / Н. В. Козловская, И. О. Обгольцева, Е. П. Яковлева // Антибиотики и химиотерапия. – 1998. – №6. – С. 20-23.
3. Мэггаран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. – 181 с.
4. Осипов, Г.А. Способ определения родового (видового) состава ассоциации микроорганизмов/ Г.А Осипов // Патент на изобретение №2086642 от 10.08.1997. – 12 с.
5. Dale, V. H. Ecological Responses to the 1980 Eruption of Mount St. Helens /V. H. Dale, F. J. Swanson, C. M. Crisafulli, J. F. Franklin / New York, United States, Springer-Verlag New York Inc., 2005. – 342 p.

**ECOLOGO-TROPHIC RESEARCHES OF MICROBIAL DIVERSITY IN LEACHED  
CHERNOZEM UNDER LONG-TERM MAIZE MONOCULTURE**

**A.A. Romanycheva**

Moscow State University, Moscow

[\*kai-ren@yandex.ru\*](mailto:kai-ren@yandex.ru)

For the first time structure and specifics of functioning microbial community in long-term corn monoculture (over 50 years) in the Central Chernozem Region was researched by molecular method gas chromatography-mass spectrometry, which allowed the identification of 44 bacterial species belonging to 32 genera.

**Keywords: leached chernozem, microbial community, corn monoculture**

## ОЦЕНКА ФОНОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ СОВМЕСТНОМ АНАЛИЗЕ МЕТОДАМИ НАА И ААС

Румянцев И.В.<sup>1</sup>, Дунаев А.М.<sup>1</sup>, Гриневич В.И.<sup>1</sup>, Фронтасьева М.В.<sup>2</sup>, Гундорина С.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ивановский государственный химико-технологический университет, Иваново

<sup>2</sup>Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

[Igorek.rum@mail.ru](mailto:Igorek.rum@mail.ru), [amdunaev@ro.ru](mailto:amdunaev@ro.ru), [grin@isuct.ru](mailto:grin@isuct.ru), [marina@nf.jinr.ru](mailto:marina@nf.jinr.ru), [sgund@nf.jinr.ru](mailto:sgund@nf.jinr.ru)

Методом нейтронно-активационного анализа и атомной абсорбции определены концентрации 36 элементов в почвенном покрове фоновых участков Ивановской области. Найденные величины были сравнены с нормативными значениями и литературными данными, что позволило оценить качество почв области. Потенциальные источники загрязнения почв были выявлены при совместном использовании факторного анализа и геоинформационного картографирования. Совокупность полученных данных позволяет охарактеризовать почвы Ивановской области как чистые.

**Ключевые слова:** Экологический мониторинг, почвы, региональный фон, нейтронно-активационный анализ, атомная абсорбция

*Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект № 12-05-97516-р\_центр\_а.*

Мониторинг фонового загрязнения окружающей среды в настоящее время представляет собой важную задачу в оценке устойчивости естественных экосистем. В первую очередь это касается качества почвенного покрова, для которого государством установлено наименьшее число контролируемых параметров. В частности, действующими нормативами ПДК [1] и ОДК [2] в совокупности охвачено лишь не более десятка тяжелых металлов (ТМ). Однако в Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель [3] говорится, что в качестве ОДК могут выступать удвоенные величины региональных фоновых концентраций загрязняющих веществ в почве.

В настоящее время проводятся интенсивные исследования качества окружающей среды в Ивановской области, поэтому определение величины регионального фона токсикантов является весьма актуальной задачей. Ивановская область расположена в центральной части Европейской территории РФ в междуречье р. Волга и р. Клязьма. Преобладающим типом почв являются дерново-подзолистые почвы с близким к нейтральному водородным показателем. Пробоотбор был осуществлен летом 2010 г. Было заложено 45 точек пробоотбора со средним расстоянием между точками 20 км. В каждой точке было отобрано по одной обобщенной пробе почвы по методу «конверта» [4].

После высушивания до воздушно-сухого состояния и удаления включений и журавчиков, почвы подвергались анализу на тяжелые металлы (Pb, Cd, Cr, Cu, Co, Ni, Mn, Fe и Zn) методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с атомизацией в пламени. В образцах почв опре-

делялись концентрации валовых форм металлов (экстракция концентрированной  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), а также подвижных форм (экстракция ацетатно-аммонийным буфером с  $\text{pH}=4,8$ ). Дополнительно 30 образцов были проанализированы методом нейтронно-активационного анализа (НАА) на базе Объединенного института ядерных исследований в г. Дубна. Погрешность измерений составила в среднем 20 % (ААС) и 10 % (НАА).

Анализ полученных данных показал удовлетворительное согласие НАА и ААС для пересекающихся элементов (Cr, Co, Ni, Mn, Fe и Zn). В дальнейшем для расчетов будут использованы данные НАА, за исключением Pb, Cd, и Cu. Более подробно с результатами полученными методом ААС можно ознакомиться в [5]. В таблице приведены измеренные концентрации валовых форм элементов, а также некоторые расчетные и справочные величины.

Нами были рассчитаны региональные фоновые уровни содержания (Ibg) различных элементов в почве как среднее значение для десяти образцов с наименьшим содержанием данного элемента. В частности было установлено, что хотя свинец и кадмий встречаются в почвенном покрове Ивановской области, но это лишь проявление локального антропогенного воздействия, а не свойство почв региона.

Для доминирующего большинства элементов значения региональных фоновых концентраций значительно ниже литературных значений [6-7], что свидетельствует о высоком качестве почвенного покрова Ивановской области, вызванного, в первую очередь, отсутствием крупных промышленных предприятий. Средние значения концентраций элементов в почве также ниже фоновых (и естественно предельно-допустимых), за исключением двух элементов – молибдена и мышьяка. ПДК и ОДК для молибдена отсутствуют, поэтому его можно сравнивать

Таблица 1. Измеренные концентрации валовых форм элементов и некоторые расчетные и справочные величины.

Элемент	Среднее	Мин-Макс	lbg	ПДК(ОДК) мг/кг	Фон [6]	Фон [7]
Cr	56.8	19.6-87.8	39		140	70
Mn	746	14.3-1610	343	1500	650	750
Ni	15.3	3.3-39.0	6.8	80	51	37.3
Co	7.21	1.5-11.2	4.5			15
Zn	39.9	10.5-71.5	23.0	220	49	74
As	2.94	1.07-7.51	1.8	2		
Mo	0.62	0.19-1.07	0.4		1.5	0.5
V	34.1	3.13-62.4	19.5	150	72	
Cu	6.43	0.2-20.0	1.6	132	23	24.9
Cd	0.028	0.002-0.167	отсутствие	2		0.375
Pb	0.22	0.02-3.32	отсутствие	32	19	30
Na	5000	706-7410	2860			
Mg	1300	152-2350	769			
K	12100	1120-20700	5960			
Ca	3730	762-9850	2110			
Sc	5.37	0.49-9.97	2.9			
Ti	3140	483-5480	1830			
Al	26700	6030-50400	16800			
Fe	12200	4800-19200	8300			
Br	1.92	0.60-3.32	1.0			
Rb	52.3	5.33-84.7	30			
Sr	73.2	19.5-126	35			
Zr	214	60.4-315	214			
Nb	8.34	2.73-13.4	8.3			
Sb	0.379	0.071-0.613	0.24			
Ba	371	69.3-626	247			
Cs	1.43	0.21-2.59	0.82			
Ta	0.653	0.142-0.976	0.410			

лишь с фоновыми значениями, а для мышьяка средняя концентрация превысила величину ПДК в 1.5 раза.

Для выяснения причин подобного явления были построены векторные карты распределения элементов в почве (рис. 1). Так, для мышьяка было установлено, что зоны с повышенным его содержанием носят точечный характер и расположены у границ ивановской области. В первом случае – это северная граница Приволжского района, примыкающая непосредственно к Волгереченску, где расположена одна из крупнейших в регионе тепловых станций, причем доминирующее направление ветра способствует переносу загрязняющих веществ в сторону Ивановской области. Таким образом, данная территория испытывает сильное антропогенное воздействие со стороны близлежащего региона. Аналогичная причина объясняет происхождение второй зоны со значительным содержанием мышьяка – на границе Южского района Ивановской области и Ковровского района Владимирской области. В данном случае источником поступления токсикантов в почву являются паводковые воды р. Клязьма, затапливающие значительные участки тер-

ритории юга Южского района. Выше по течению расположены крупные промышленные центры – г. Ковров и пос. Клязьминский городок, характеризующиеся развитой черной металлургией и металлообработкой.

Таким образом, проведенное исследование позволило оценить уровень загрязнения почв Ивановской области, установить региональные значения фонового содержания для 36 элементов и определить потенциальные источники антропогенного воздействия на почвенный покров.

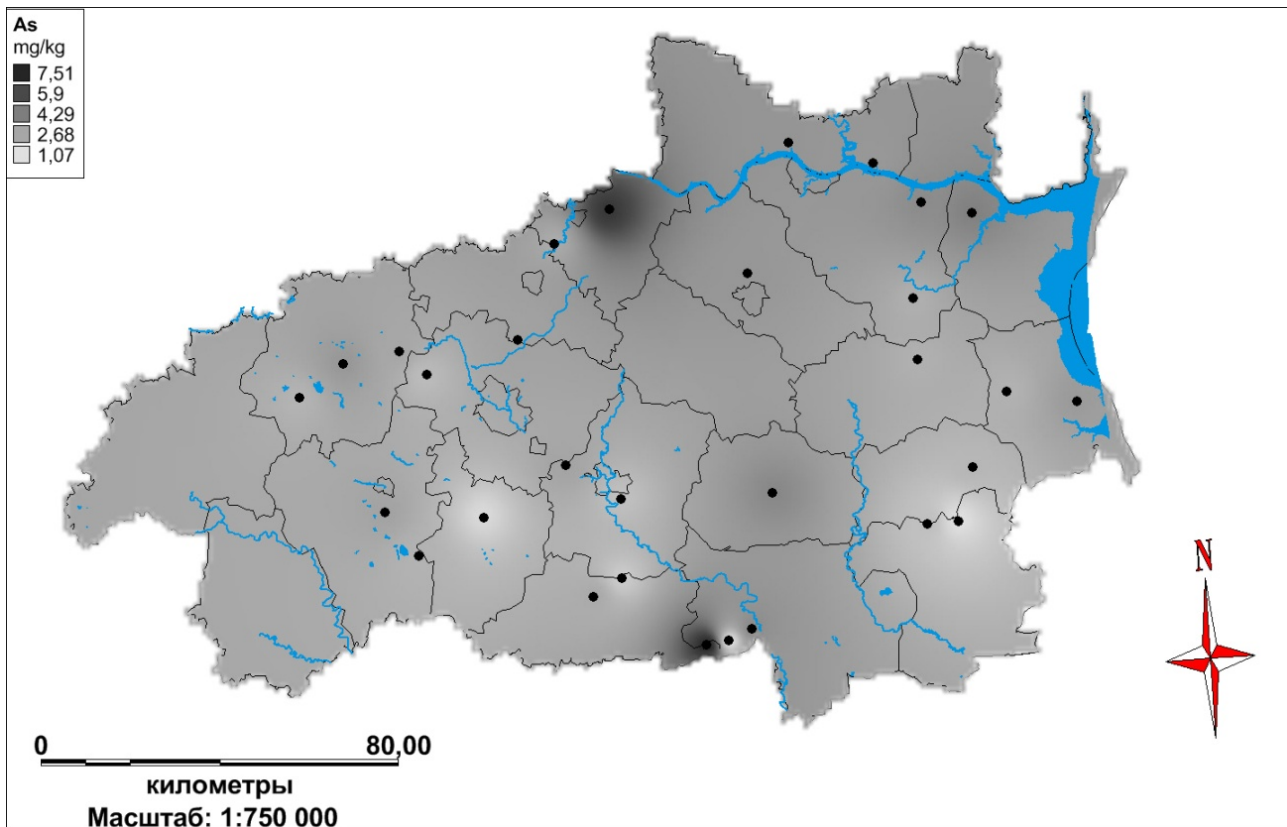


Рисунок 1. Распределение As в почвах Ивановской области.

### Список литературы

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ от 19 января 2006 г.
2. ГН 2.1.7.2042-06. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Утверждены Главным государственным санитарным врачом РФ от 19 января 2006 г.
3. Письмо Роскомзема №3-15/582 от 27 марта 1995 г. Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель
4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Утвержден Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 декабря 1984 г. № 4731.
5. Дунаев А.М., Латухина К.С., Абдалла А.А., Никифоров А.Ю. // Изв. ВУЗов. Химия и хим. технология. (2011) – Т. 54(6). с. 109-111.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах и продукции растениеводства. Утверждены Заместителем Министра сельского хозяйства РФ 10 марта 1992 г.
7. Пилюгина М.В., Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты. – Архангельск: Поморский университет – 2007. 46 с.

ASSESSMENT OF THE IVANOVO REGION BACKGROUND SOIL CONTAMINATION BY  
JOINT ANALYSIS NAA AND AAS

Rumyantsev I.V.<sup>1</sup>, Dunaev A.M.<sup>1</sup>, Grinevich V.I.<sup>1</sup>, Frontasyeva M.V.<sup>2</sup>,  
Gundorina S.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo

<sup>2</sup>Joint Institute of Nuclear Research, Dubna

[Igorek.rum@mail.ru](mailto:Igorek.rum@mail.ru), [amdunaev@ro.ru](mailto:amdunaev@ro.ru), [grin@isuct.ru](mailto:grin@isuct.ru), [marina@nf.jinr.ru](mailto:marina@nf.jinr.ru),  
[sgund@nf.jinr.ru](mailto:sgund@nf.jinr.ru)

The soil concentrations of 36 elements at background sites of Ivanovo region have been determined by neutron activation analysis and atomic absorption. Obtained values were compared with standards and literature data to assess soil quality. The potential origins of soil contamination have been revealed by combined factor analysis and GIS technique. The given data characterize soils of Ivanovo region as clean.

**Keywords:** Environmental monitoring, soils, regional background concentrations, neutron activation analysis, atomic absorption.

## ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РАКОВ *PONTASTACUS LEPTODACTYLUS* (ESCH.) В ПРЕДЛИНОЧНЫЙ ПЕРИОД

Сафронова Д.В.

Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург

[dollydolly@mail.ru](mailto:dollydolly@mail.ru)

Статья посвящена измерению частоты сердечных сокращений и других параметров сердечной активности раков вида *Pontastacus leptodactylus* (Esch.) в предлиночный период.

Ключевые слова: раки, линька, кардиоактивность

Экспериментальные данные настоящего исследования были получены в ходе изучения циркадной активности раков вида *Pontastacus leptodactylus* (Esch.), когда в процессе непрерывного отведения кардиограммы были зарегистрированы случаи линьки животных. Раки данного вида успешно используются в качестве биоиндикаторов качества водной среды, и потому особенно важным представляется изучение особенностей кардиоактивности этих животных на разных этапах жизненного цикла. Ранее линька раков изучалась в основном в связи с уровнем смертности животных или их ростом, что вызвало необходимость дополнительных исследований активности сердечно-сосудистой системы раков во время линьки [7], [10], [11]. Данное явление представляет собой отдельную научную проблему, таким образом, целью настоящего исследования было изучить влияние процесса линьки на изменение кардиоактивности раков.

В работе был использован разработанный в лаборатории экспериментальной экологии водных систем Санкт-Петербургского Научно-Исследовательского Центра Экологической Безопасности Российской Академии Наук (СПб НИ-ЦЭБ РАН) неинвазивный инструментальный биоаналитический метод оценки качества воды [5]. В основе данного метода лежит регистрация сердечной активности раков с помощью закрепленного на их карапаксе волоконно-оптического датчика с возможностью вывода информации в режиме реального времени на персональный компьютер. Суть метода заключается в следующем: в лазерном волоконно-оптическом фотоплетизмографе формируется световой поток инфракрасного диапазона, который подводится к карапаксу рака с помощью тонкого оптического волокна с маленьким датчиком на конце, вес которого составляет менее 2 граммов. Датчик закрепляется на карапаксе животного с помощью специального устройства в виде съемного "седла". Световой поток подводится к карапаксу в область расположения сердца рака, облучая сердечную сумку через карапакс диффузно рассеянным лазерным светом. Отраженный от сердца оптический сигнал содержит информацию о периодических изменениях формы и размеров серд-

ца, связанных с его работой. После необходимого усиления и соответствующей фильтрации в лазерном волоконно-оптическом фотоплетизмографе выделенная составляющая сердечных сокращений в форме аналогового электрического сигнала поступает в аналоговый цифровой преобразователь, а затем в персональный компьютер через USB-порт для последующей обработки [3]. По результатам измерений строится фотоплетизмограмма, которая в дальнейшем анализируется с использованием математических и статистических методов. Оригинальная компьютерная программа "VarPulse" автоматически считывает данные с аналогового цифрового преобразователя, определяет длительность каждого кардиоинтервала в режиме реального времени и высчитывает набор характеристик variability сердечного ритма животного.

Для изучения распределения кардиоинтервалов и зависимости их формы от функционирования сердечно-сосудистой системы был использован модифицированный метод вариационной пульсометрии [1]. Вариационная пульсометрия позволяет выявить закон распределения случайного процесса, каким и является ритм сердца, и охарактеризовать его количественно [2]. Сущность метода заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов как случайных величин, закон распределения которых есть функция функционального состояния животного. Под кардиоинтервалом (обозначается временем, выраженным в секундах) понимается расстояние между двумя соседними пиками на кардиограмме, отражающими циклы последовательных сокращений сердца. При этом все основные характеристики вариационной пульсометрии вычисляются по гистограмме распределения кардиоинтервалов, которая должна с достаточной точностью аппроксимировать плотность распределения данной случайной величины. Модификация метода вариационной пульсометрии применительно к ракообразным основывалась на рассмотрении следующих характеристик: частота сердечных сокращений (ЧСС), стандартное отклонение ЧСС (СКО) и стресс-индекс (СИ), формула которого следующая [5], [9]:



$$СИ = 1/(2 \cdot KI_{cp} \cdot SKO^2),$$

где  $KI_{cp}$  – среднее значение кардиоинтервала, связанное с величиной ЧСС зависимостью  $ЧСС = 60/KI_{cp}$ .

Благодаря тому, что СИ зависит не только от ЧСС, но и от вариабельности сердечного ритма (обратно пропорционален квадрату SKO), динамический диапазон его изменения в первые минуты стрессорного воздействия в сотни и тысячи раз превышает диапазон изменения величин ЧСС, что позволяет более надежно обнаруживать начальные изменения функционального состояния животного.

Предварительно были проведены эксперименты по выявлению воздействия аппаратуры на поведение животных, которые показали, что оптическое волокно и датчик, закрепленный на карапаксе, не оказывают влияния на поведение и сердечную активность раков и, соответственно, не приводят к стрессорным реакциям у животных [5], [9].

Все экспериментальные животные – половозрелые особи, самцы раков вида *Pontastacus leptodactylus* (Esch.), без внешних признаков заболеваний и с хорошо выраженной реакцией эпистотонуса. Животные содержались по одиночке в 20-литровых аквариумах, заполненных на одну треть проточной водой из водозабора водоема-источника питьевой воды. Температура воды в аквариумах колебалась от 10 до 23 °С в зависимости от сезона. В зимнее время осуществлялся дополнительный подогрев воды специальным нагревателем. Линька раков происходила при температуре от 12 до 19 °С, в то время как оптимальной температурой для линьки считается 16 °С [7]. Каждый аквариум был снабжен убежищем для укрытия животного, в верхней части убежища имелся продольный вырез, что позволяло не препятствовать свободному передвижению рака с датчиком. Каждые три дня проводилась чистка аквариумов, а животных кормили порциями личинок мотыля (*Chironomus sp.*). Однако, поскольку раки считаются всеядными животными, питающимися водной и полупогруженной растительностью, бентосными беспозвоночными и детритом, а их рацион зависит от возраста, сезонных ритмов и других особенностей условий окружающей среды и самих организмов, экспериментальных животных также периодически подкармливали растительной пищей [6], [8].

Под предлиночным периодом в жизни раков понимался период от начала процесса линьки, характеризующегося размягчением панциря, до момента его сбрасывания. Продолжительность предлиночного периода колебалась у разных раков от полусуток до полутора суток. Поскольку линька является весьма энергозатратным процессом, было высказано предположение, что физиологическое состояние животных в момент линь-

ки может быть сходно с состоянием стресса. Действительно, физиологические данные, полученные при регистрации кардиограмм, позволяют выделить данный период в жизни раков по изменению сердечной деятельности животных из их обычной циркадианной активности. Если в дневное время в состоянии покоя ЧСС раков составляет около 30 уд/мин., а величина СИ – единицы-десятки условных единиц [4], то в предлиночный период значения этих величин существенно изменяются. Происходит подъем ЧСС в 1,5-3 раза, а СИ – в 2,5-13 раз. В конце записи наблюдается резкое падение величин ЧСС и СИ до минимальных значений: для ЧСС это в 2-3 раза ниже фона, для СИ – в десятки-сотни раз ниже фоновых значений.

### Список литературы

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.
2. Клецкин С.З. Вариационная пульсометрия// Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы: Справочник. – М., 1986. – С. 156-162.
3. Федотов В.П., Холодкевич С.В., Строчило А.Г. Изучение сократительной активности сердца раков с помощью нового неинвазивного метода// Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2000. – Т. 36, № 3. – С. 219-222.
4. Федотов В.П., Холодкевич С.В., Удалова Г.П. Активность сердца пресноводных раков при бодрствовании, покое и «животном гипнозе»// Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2006. – Т. 42, № 1. – С. 41-48.
5. Холодкевич С.В., Иванов А.В., Корниенко Е.Л., Куракин А.С. Способ биологического мониторинга окружающей среды (варианты) и система для его осуществления. Патент РФ № 2308720 С1, МПК G01N 33/18 (2006.01); G01N 21/17 (2006.01). Приоритет от 20.06.2006.
6. Budd T.W., Lewis J.C., Tracey M.L. The filter-feeding apparatus in crayfish// Can. J. Zool. – 1978. – V. 56. – P. 695-707.
7. Hammond K.S., Hollows J.W., Townsend C.R. et al. Effects of temperature and water calcium concentration on growth, survival and moulting of freshwater crayfish, *Paranephrops zealandicus*// Aquaculture. – 2006. – V. 251, № 2-4. – P. 271-279.
8. Jones P.D., Momot W.T. Crayfish productivity, allochtony, and basin morphometry// Can. J. Fish. Aquat. Sci. – 1981. – V. 38. – P. 175-183.
9. Kholodkevich S.V., Ivanov A.V., Kurakin A.S., Kornienko E.L., Fedotov V.P. Real time biomonitoring of surface water toxicity level at water supply station// Environmental Bioindicators. – 2008. – V. 3. – P. 23-34.

10. Rukke N.A. Effects of low calcium concentrations on two common freshwater crustaceans, *Gammarus lacustris* and *Astacus astacus*// Functional Ecology. – 2002. – V. 16. – P. 357-366.
11. Taugbøl T., Skurdal J. Growth, mortality and moulting rate of noble crayfish, *Astacus astacus* L., juveniles in aquaculture experiments// Aquaculture and Fisheries Management. – 1992. – V. 23. – P. 411-420.

**CARDIAC ACTIVITY PECULIARITIES OF CRAYFISH SPECIES PONTASTACUS  
LEPTODACTYLUS (ESCH.) DURING THE PRE-MOLT PERIOD**

Safronova D.V.

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

[dollydolly@mail.ru](mailto:dollydolly@mail.ru)

This article is dedicated to the heart rate and other cardiac activity parameters measurement of crayfish species *Pontastacus leptodactylus* (Esch.) during the pre-molt period.

Keywords: **crayfish, molt, cardiac activity**

## ПРИРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИОНОВ КАДМИЯ И СВИНЦА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Сейлханова Г.А., Кенжалина Ж.Ж., Имангалиева А.Н.

Казахский Национальный университет им. аль-Фараби, Алматы

[g\\_seilkhanova@mail.ru](mailto:g_seilkhanova@mail.ru), [kenzhalina.zhanna@gmail.com](mailto:kenzhalina.zhanna@gmail.com), [runia\\_i91@mail.ru](mailto:runia_i91@mail.ru)

Проведены исследования сорбционной активности глины Кускудукского месторождения. Определены способность глины поглощать из модельных растворов ионы кадмия и свинца. Показана зависимость поглотительной способности сорбентов от их характеристик.

Ключевые слова: глинистые материалы, сорбция, ионы кадмия (II), ионы свинца (II), термодинамические характеристики.

В настоящее время очистка сточных вод предприятий от ионов металлов является актуальной экологической проблемой. Особую опасность представляют такие широко распространенные металлы, как кадмий, свинец, железо, никель и цинк, так как, попадая в обычные канализационные стоки, они нарушают работу очистных систем и отравляют водоемы. Для удаления ионов металлов из растворов традиционно используют такие методы, как реагентная обработка [1], ионный обмен [2] и мембранные методы [3]. Наиболее простыми, менее дорогостоящими, доступными и эффективными являются сорбционные методы очистки.

Глинистые породы обладают развитой структурой с микропорами, имеющими различные размеры в зависимости от вида минерала. Большая часть из них обладает слоистой жесткой или расширяющейся структурой.

### Экспериментальная часть

В работе использованы реагенты марки «ч.д.а.». Исходные растворы солей кадмия(II) и свинца(II), 5% раствор ортофосфорной кислоты готовили согласно методике, описанной в работе [4].

Сорбцию проводили в статических условиях при температуре 22°C, масса сорбента составила  $1,00 \pm 0,01$  г. Исходными концентрациями металла 2 мкг/мл, 4 мкг/мл, 6 мкг/мл, 8 мкг/мл, 10 мкг/мл. Объем составлял 100 мл. Сорбцию определяли по отношению количества кадмия до и после сорбции. Концентрацию ионов металла определяют атомно-адсорбционным методом на приборе марки «Shimadzu 6200».

### Обсуждение результатов

Определение изменений структуры и поверхности морфологии частиц природного сорбента при модификации проводилось методом СЭМ (сканирующая электронная микроскопия).

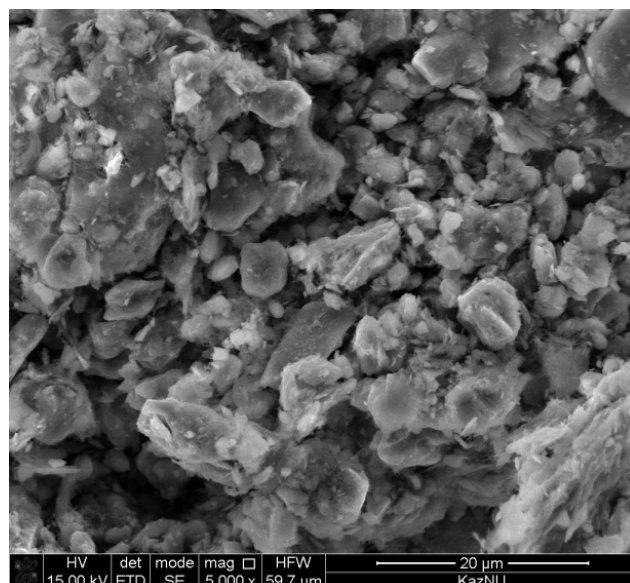


Рисунок 1. Микрофотография исходной кускудукской глины.

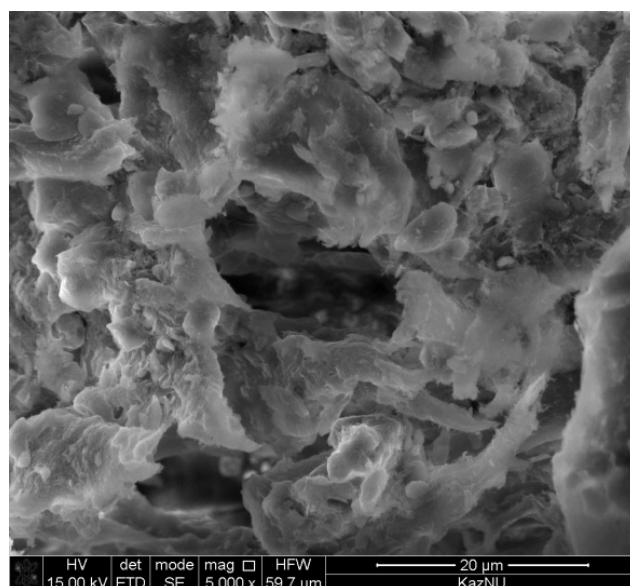


Рисунок 2. Микрофотография кускудукской глины после модификацией опилками.

Модифицированный сорбент, полученный в результате добавления опилок, имеет более развитую структуру, наблюдается увеличение пор в сравнении с исходной глиной (рис.1-2).

Для определения параметров, характеризующих сорбционные свойства модифицированной глины, были получены изотермы сорбции ионов  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$  из водных растворов соответствующих металлов (рис. 3)

Сравнение кривых (рис.3) говорит о более эффективном извлечении ионов свинца на модифицированном сорбенте, так как наибольшим радиусом обладает ион свинца (0,126 нм), следовательно, сорбционная емкость сорбентов по отношению к ионам свинца должна быть выше, чем к ионам кадмия, что подтверждается экспериментальными данными.

Из изотерм сорбции определена статическая обменная емкость (СОЕ), которая в изучаемых условиях составляет  $0,44 \pm 0,1$  мг-экв/г для кадмия,  $0,64 \pm 0,1$  мг-экв/г для свинца.

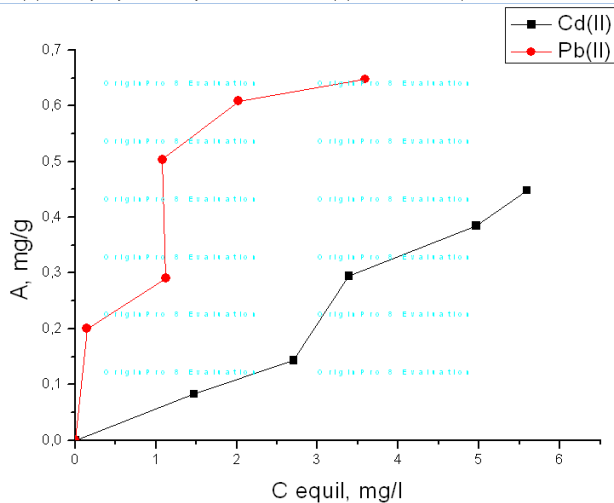


Рисунок 3. Изотерма сорбции ионов Cd (II) и Pb (II) модифицированным сорбентом.

Для сравнения значений адсорбции, рассчитанных по уравнениям Лэнгмюра и Фрейндлиха с экспериментальными значениями адсорбции, строят изотермы адсорбции в координатах:  $A_{экc} = f(C_{равн})$ ,  $A_{Лэнг} = f(C_{равн})$ ,  $A_{Фр} = f(C_{равн})$  на одном графике.

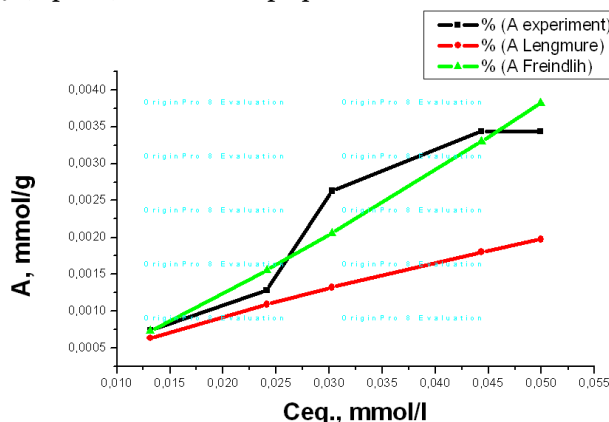


Рисунок 4. Изотерма сорбции ионов Cd (II) модифицированным сорбентом.

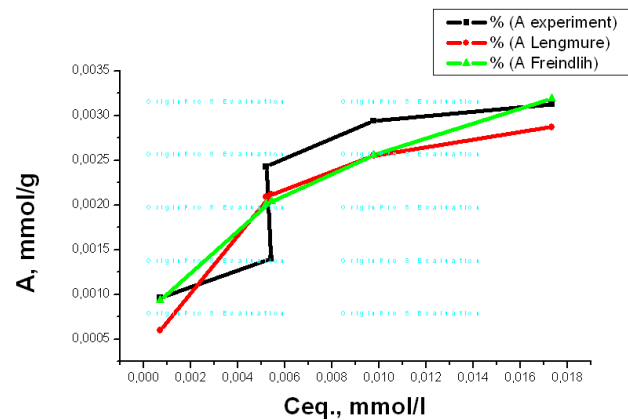


Рисунок 5. Изотерма сорбции ионов Pb (II) модифицированным сорбентом.

Из графика можно сделать вывод о том, что уравнение Фрейндлиха точнее отражает процесс адсорбции ионов кадмия и свинца из водных растворов на модифицированном сорбенте.

### Заключение

Результаты проведенных исследований показали, что при модифицировании глины значительно повышается адсорбционная способность адсорбента, способствуя тем самым повышению эффективности очистки сточных вод. Указанный эффект связан с образованием более развитой структурой адсорбента.

Установлены зависимости величины сорбции от концентрации ионов металлов в диапазоне от 2 мг/л до 10,0 мг/л, определено, что минимальное время установления равновесия в системе ион металла — глина составляет 3 часа.

Из изотерм адсорбции найдены СОЕ, которые в изучаемых условиях составляют  $0,44 \pm 0,1$  мг-экв/г для кадмия,  $0,64 \pm 0,1$  мг-экв/г для свинца.

Таким образом, из анализа представленных данных следует, что для извлечения ионов Cd (II) и Pb (II) из сточных вод модифицированная кускудукская глина является потенциально эффективным сорбентом.

### Список литературы

1. Удаление металлов из сточных вод. Нейтрализация и осаждение: Пер с англ. / Под ред. Дж.К. Кушни. М., 1987.176 с.
2. Когановский М.А. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. Киев, 1983.239 с.
3. Мундер М. Введение в мембранную технологию. М., 1999. 513 с.
4. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. М., 1964.

NATURAL SORBENTS FOR THE REMOVAL OF CADMIUM AND LEAD IONS FROM  
AQUEOUS SOLUTIONS

Seilkhanova G.A., Kenzhalina Z.Z., Imangalieva A.N.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty

[g\\_seilkhanova@mail.ru](mailto:g_seilkhanova@mail.ru), [kenzhalina.zhanna@gmail.com](mailto:kenzhalina.zhanna@gmail.com), [runia\\_i91@mail.ru](mailto:runia_i91@mail.ru)

Researches were performed to investigate sorption activity of clay Kuskuduksk's deposit. Determined the ability of clay to absorb ions from model solutions of cadmium and lead. The dependence of the absorption capacity of sorbents on their characteristics were studied.

Keywords: clay materials, sorption, cadmium ions (II), lead ions (II), the thermodynamic characteristics.

## МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА НА ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Селютин В.С.

[selyutin.valentin@yandex.ru](mailto:selyutin.valentin@yandex.ru)

Анализируются особенности изменений дат образования и разрушения устойчивого снежного покрова, продолжительности его залегания, средней декадной и максимальной суточной высоты снежного покрова на территории Брянской области.

**Ключевые слова:** Брянская область, устойчивый снежный покров, средняя декадная высота снега

Состояние снежного покрова — одна из важнейших характеристик регионального климата. На фоне глобального потепления, наблюдаемого в последние десятилетия, происходят изменения и анализируемого метеорологического параметра.

### Исходные данные и методы анализа

Для выявления динамики характеристик снежного покрова на территории Брянской области использовались данные суточного разрешения по постоянным рейкам по 8 станциям (ст.) и 8 постам (п.) с 1951/52 по 2010/11 гг., выбранные из Курского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ЦГМС-Р), а также непосредственно из архива метеостанции Брянское опытное лесничество (Брянск, оп. лес) и сельскохозяйственной опытной станции Новозыбков (с.х. оп. ст. Новозыбков). Анализируются даты образования и разрушения устойчивого снежного покрова (УСП), продолжительность его залегания, средняя декадная и максимальная суточная высоты снежного покрова. В качестве меры интенсивности происходящих изменений использовались линейный тренд и полином 2-й степени за периоды 1951/52–2010/11 гг., а также 1976/77–2010/11 гг. Для оценки достоверности линейной и полиномиальной функций использовался коэффициент детерминации ( $R^2$ ). С помощью критерия Фишера [1, 2] определялось минимальное значение  $R^2$ , при котором тренд считался значимым на 95%-ном уровне (т. е. с долей вероятности 95% полученные результаты можно считать достоверными, а возможность ошибки не превышает 5%) для соответствующего числа степеней свободы. Для линейного тренда доверительной границей для ряда данных с 1951/52 по 2010/11 гг. (60 лет) являлся  $R^2 \geq 0,065$  (6,5%), с 1976/77 по 2010/11 гг. (35 лет) — 0,112, для полинома 2-й степени — 0,100 и 0,171 соответственно.

### Результаты

Анализ многолетних рядов дат образования устойчивого снежного покрова на территории Брянской области как за период 1951/52–2010/11 гг., так и с 1976/77–2010/11 гг. не выявил

статистически значимых тенденций. Сроки же разрушения устойчивого снежного покрова претерпели существенные изменения. За временной интервал с 1951/52 по 2010/11 гг. на 38% пунктов (на 3 самых северных и 3 южных) обнаружено достоверное смещение дат схода УСП на более ранние числа. Этот сдвиг объясняется резким повышением температуры воздуха в марте, когда на большей части сети происходит разрушение устойчивого снежного покрова. Линейный тренд составляет на разных станциях и постах от -2,42 дня/10 лет (п. Псурь) до -4,14 дня/10 лет (п. Новоямское) (табл. 1). В последние десятилетия (1976/77–2010/11 гг.) изменения даты схода УСП статистически не значимы.

Оценка продолжительности залегания устойчивого снежного покрова с 1951/52 по 2010/11 гг. показала, что на большей части сети значимых изменений не выявлено. Однако на п. Крутояр и ст. Навля имеет место тенденция сокращения длительности залегания УСП. Линейный тренд в первом пункте составляет -5,58 дня/10 лет, а во втором — -3,86 дня/10 лет. За период 1976/77–2010/11 гг. изменения продолжительности залегания УСП на всех станциях и постах недостоверны.

Тенденции, обнаруженные в рядах средних декадных высот снежного покрова, сходны с изменениями сроков разрушения УСП. За временной интервал 1951/52–2010/11 гг. на пунктах, располагающихся вблизи северо-восточной, северной, западной и юго-западной границ, наблюдается уменьшение мощности снегового покрова со 2-й декады февраля по 1-ю декаду апреля (или внутри указанного периода), что обусловлено значительным потеплением с февраля по апрель. А на ст. Брянск, оп. лес., кроме этого, отмечается еще снижение наибольшей за зиму декадной высоты снега. Линейный тренд составляет на разных станциях и постах от -2,45 см/10 лет до -4,62 см/10 лет (табл. 2). В те же годы (1951/52–2010/11 гг.) на ст. Карачев и ст. Навля происходит увеличение толщины снежного покрова в 1-й декаде февраля, а на п. Глазово — рост наибольшей за зиму декадной высоты. Но, очевидно, для обоснования последнего вывода необходимо привле-

Таблица 1. Линейный тренд сроков разрушения устойчивого снежного покрова (1951/52–2010/11 гг.) для случаев со статистической значимостью  $\geq 95\%$ , дни/10 лет.

Пункты	Псурь	Жуковка	Крутояр	Трубчевск	Новozyбков	Новоямское
Тренд	-2,42	-3,29	-3,62	-2,96	-3,23	-4,14

Таблица 2. Линейный тренд средней декадной высоты снежного покрова (1951/52–2010/11 гг.) для случаев со статистической значимостью  $\geq 95\%$ , см/10 лет.

Пункты	Февраль		Март			Апрель	Наибольшая за зиму
	2	3	1	2	3	1	
Псурь	—	—	-2,71	-3,06	-3,08	●	—
Жуковка	—	—	—	-2,57	-2,38	●	—
Крутояр	—	—	—	—	-2,61	●	—
Брянск, оп. лес.	—	-2,68	-4,02	-4,62	-3,81	-2,45	-2,98
Красная Гора	—	—	—	-2,32	-2,80	●	—
Ущерпье	-2,69	-3,21	-3,31	-3,73	-3,70	●	—
Погар	—	—	—	-2,76	-2,69	●	—

Примечание: Знак прочерка (—) означает, что тренд статистически не значим, а знак точки (●) — что снежный покров в данную декаду или месяц наблюдался менее чем в 50% зим, поэтому тренд не вычислялся.

каль данные об изменениях температуры воздуха и режима осадков более мелкого масштаба (декада, сутки).

Тенденции изменения средних декадных высот снежного покрова, наблюдающиеся за промежутков с 1976/77 по 2010/11 гг., отличаются от таковых за 60-летний период. Видимо, это связано с отсутствием значимых линейных трендов в рядах температуры воздуха с 1976 по 2010 гг. за холодный период. Для аппроксимации многолетних изменений снежного покрова за период 1976/77–2010/11 гг. наилучшим оказался полином 2-й степени. Анализ показал, что на большинстве пунктов (за исключением ст. Навля и п. Ущерпье), с зимы 1976/77 гг. до зим 1988/89–1996/97 гг. происходило уменьшение глубины снежного покрова в сезонном интервале от 3-й декады января по 3-ю декаду февраля (на некоторых пунктах по 1-ю декаду марта) и понижение наибольшей его декадной высоты. В последующие годы мощность снега начала возрастать.

### Заключение

При исследовании изменений характеристик снежного покрова на территории Брянской области были выявлены следующие особенности:

1. За период 1951/52–2010/11 гг. на 38% пунктов (на 3 самых северных и 3 южных) региона наблюдается смещение дат разрушения устойчивого снежного покрова на более ранние сроки, обусловленное значительным потеплением в марте.

2. За те же годы (1951/52–2010/11 гг.) только на п. Крутояр и ст. Навля произошло уменьшение продолжительности залегания УСП.
3. За временной интервал с 1951/52 по 2010/11 гг. на пунктах, располагающихся вблизи северо-восточной, северной, западной и юго-западной границ, прослеживается тенденция к снижению толщины снежного покрова со 2-й декады февраля по 1-ю декаду апреля (или внутри указанного периода), что обусловлено существенным потеплением с февраля по апрель. А на ст. Брянск, оп. лес., кроме этого, отмечается также уменьшение наибольшей за зиму декадной высоты снега.
4. За промежутков 1976/77–2010/11 гг. на всей сети (за исключением ст. Навля и п. Ущерпье) с зимы 1976/77 гг. до зим 1988/89–1996/97 гг. происходило убывание мощности снежного покрова в сезонном интервале от 3-й декады января по 3-ю декаду февраля (на некоторых пунктах по 1-ю декаду марта) и понижение наибольшей его декадной высоты. В последующие годы толщина снега стала увеличиваться.

### Список литературы

1. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 488 с. ил.
2. Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Пер. с англ. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 242 с.

**LONG-TERM CHANGES OF SNOW COVER CHARACTERISTICS ON THE TERRITORY OF  
BRYANSK REGI**

**Selyutin V.S**

Bryansk State University named after Academician I.G. Petrovsky

[\*selyutin.valentin@yandex.ru\*](mailto:selyutin.valentin@yandex.ru)

Analyses the peculiarities of changes in the dates of formation and destruction of stable snow cover duration of its occurrence, the average decadal and maximum daily snow cover on the territory of the Bryansk region

**Keywords: Bryansk region, steady snow cover, the average decadal snow**



## СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ЗЛАТОУСТ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Семенова И.Н.<sup>1</sup>, Биктимерова Г.Я.<sup>1</sup>, Аглиуллина А.Х.<sup>2</sup><sup>1</sup>Институт региональных исследований Республики Башкортостан, Сибай<sup>2</sup>Сибайский институт (филиал) Башкирского государственного университета, Сибай

sibfan@mail.ru, sibfan@mail.ru, sibfan@mail.ru

Определено содержание меди в почве и в различных органах *Achillea millefolium* L. на территории окрестностей г.Златоуст Челябинской области. В почве отмечено повышенное содержание металла: до 3,2 ПДК по валовому содержанию и до 7,5 раз – по подвижным формам. В растениях превышение содержания металла по сравнению с нормальными значениями выявлено в соцветиях и корнях, в меньшей степени – в листьях и стеблях. Максимальная аккумуляция меди была характерна для соцветий (коэффициент биологического накопления достигал 3,8).

Ключевые слова: тяжелые металлы, коэффициент биологического накопления

Распространение основных источников загрязнения природной среды Южного Урала связано с особенностями геологического строения его территории. В Челябинской области известно более 650 месторождений полезных ископаемых (бурого угля, черных и цветных металлов, золота и стройматериалов), где действует около 200 горнодобывающих и перерабатывающих предприятий. Чрезвычайно интенсивное по масштабам и темпам использование местного и привозного минерального сырья является одной из основных причин неудовлетворительного состояния окружающей среды на Южном Урале и, в частности, в Челябинской области. Негативное воздействие на окружающую среду оказывает ряд токсикантов, в том числе тяжелые металлы (ТМ), которые накапливаются в почвах, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи.

В данной работе нами исследовано содержание ТМ в почвах и тысячелистнике обыкновенном *Achillea millefolium* L., являющимся широко распространенным видом на Южном Урале. Исследования проводились в г. Златоуст Челябинской области на территории, прилегающей к карьере шлаковых отвалов металлургического завода. Пробы почвенных образцов из слоя 0-20 см, а также растительного материала отбирались на удалении 20, 50, 100, 500 м от источника загрязнения. Содержание меди в образцах определяли методом атомной абсорбции [1]. Полученные данные использовали для вычисления коэффициента биологического накопления (КБН), представляющего отношение содержания элемента в растении к содержанию его в почве. Содержание валовых и подвижных форм меди в почве превышало ПДК практически во всех отобранных образцах (до 3,2 ПДК по валовому содержанию и до 7,5 раз – по подвижным формам), за исключением почвы пробной площадки, расположенной в 100 м от карьера, в которой валовое содер-

жание изученного металла было пониженным. Максимальное содержание меди выявлено в почвах, расположенных в 500 м от карьера (рис. 1).

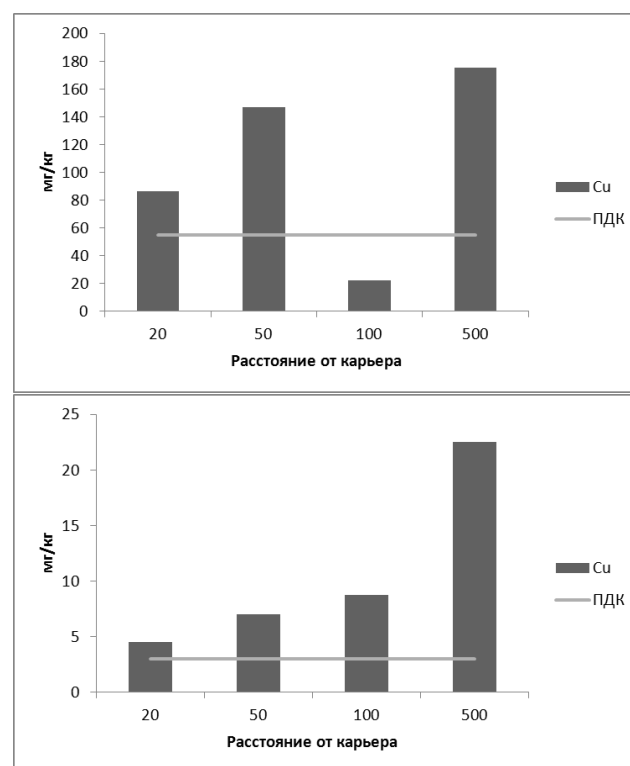


Рисунок 1. Содержание меди в почвах: А –валовое содержание, Б –содержание подвижных форм, (пунктирными линиями выделен уровень ПДК).

Интервал нормального содержания меди в *Achillea millefolium* L. соответствует 1 – 10 мг/кг [2]. Таким образом, содержание Cu превышало норму: в соцветиях и корнях – во всех изученных точках отбора, в листьях – на расстоянии 50 м от карьера (рис. 2). Содержание Cu в стеблях *Achillea millefolium* L. соответствовало нормальным значениям. На расстоянии 20 м от карьера

растений *Achillea millefolium* L. обнаружено не было.

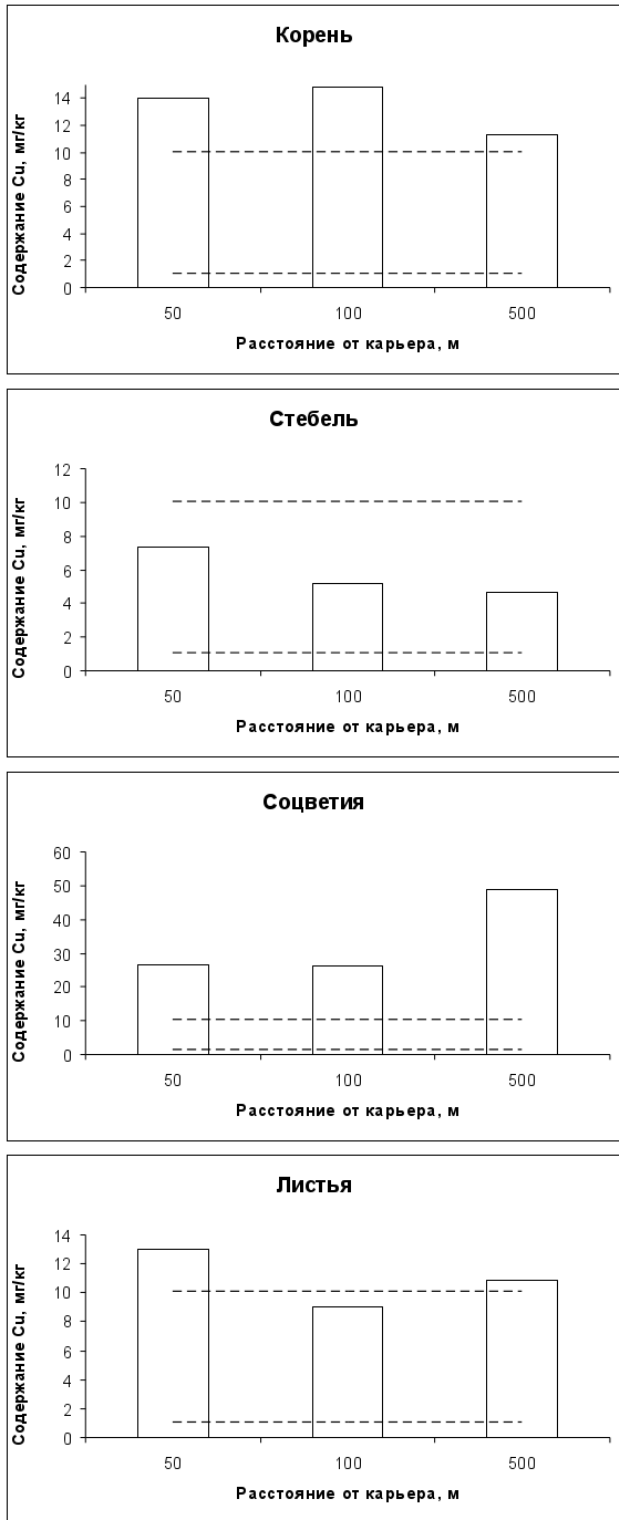


Рисунок 2. Содержание меди в органах *Achillea millefolium* L. (пунктирными линиями выделен интервал нормальных значений).

В растительном материале прослеживалась четкая закономерность снижения накопления меди (КБН>1) по мере удаления от карьера во всех изученных органах растения (рис. 3).

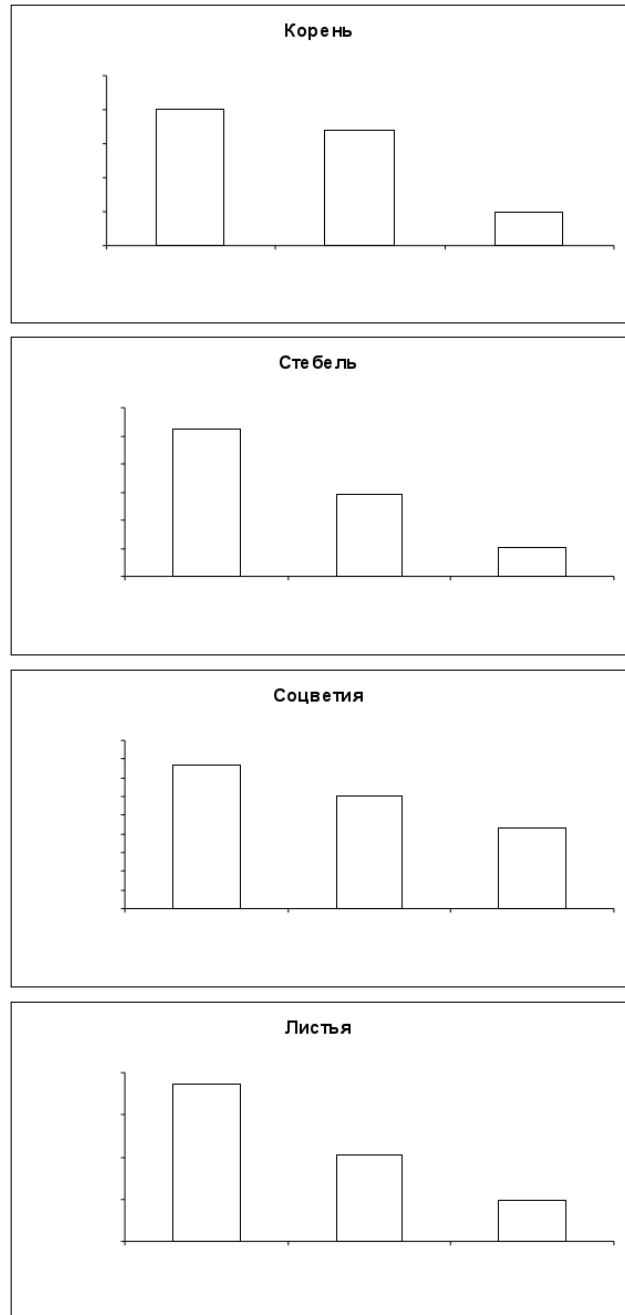


Рисунок 3. Показатели коэффициента биологического накопления Cu в органах *Achillea millefolium* L.

Аккумуляция металлов растениями обусловлена их химическими свойствами, биологическим сродством, физиологическими функциями и жизненным состоянием органов [3,4,5,6]. Распределение микроэлементов, в том числе меди, в органах растений сильно варьируется в зависимости от функций элемента в организме. Установлено, что наибольшее количество металлов содержится в корнях, затем в стеблях и листьях и, наконец, — в семенах, клубнях, корнеплодах, т.е. растение обладает определенной защитной системой от токсикантов.

Накопление меди в *Achillea millefolium* L., произрастающего в естественных ненарушенных

сообществах на целинных почвах на территориях с отсутствием техногенного загрязнения, является максимальным в корне и уменьшается в ряду цветков → стебель → листья [7]. Полученные нами данные по накоплению меди в органах *Achillea millefolium* L., собранного на территории, сопредельной с карьером шлаковых отвалов металлургического завода, свидетельствуют о том, что этот металл аккумулируется в большом количестве в цветках (до 48,7 мг/кг), в меньшей степени в корнях, затем в листьях и стеблях. Возможно, что в условиях повышенного содержания ТМ в почве корневая система уже не справляется с нагрузкой и в меньшей степени выполняет свои защитные функции.

### Список литературы

1. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растений. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
3. Скарлыгина Уфимцева М.Д., Черняхов В.Б., Березкина Г.А. Биогеохимические особенности медно-колчеданных месторождений Южного Урала. Л., 1976. 150 с.
4. Алексеева-Попова Н.В. Устойчивость к тяжелым металлам дикорастущих видов. Л.: Наука, 1991. 214 с.
5. Лянгузова И.В. Толерантность компонентов лесных экосистем севера России к аэротехногенному загрязнению. Автореф. дисс. на соискание доктора биол. наук, 2010. — 39 с.
6. Опекунова М.Г. Диагностика трансформации ландшафтов на основе биоиндикации. – Автореф... дисс. на соискание доктора географ. наук, 2013. 36 с.
7. Ягафарова Г.А., Бускунова Г.Г., Аминева А.А., Янтурин С.И. Экологическая оценка лекарственного сырья растений рода *Achillea* L. в условиях и др. геохимической провинции Южного Урала. Уфа: РИЦ БашГУ, 2012. 194 с.

### COPPER CONTENT IN SYSTEM «SOIL-PLANT» IN THE NEIGHBORHOOD OF THE CITY OF ZLATOUST (SOUTH URAL)

Semenova I.N.<sup>1</sup>, Biktimerova G.Ya.<sup>1</sup>, Agliullina A.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Regional Researches of the Republic of Bashkortostan, Sibay, Russia

<sup>2</sup>Sibay Institute of Bashkir State University, Sibay

[sibfan@mail.ru](mailto:sibfan@mail.ru)

This article provides an analysis of the content of copper in the soil and in various organs of *Achillea millefolium* L. in the neighborhood of the city of Zlatoust Chelyabinsk region. In the soil the high-concentration of metal is noted: to 3,2 maximum concentration limits according to the gross contents and to 7,5 times – in mobile forms. In plants high-concentration of the content of metal in comparison with normal values is revealed in inflorescences and roots, to a lesser extent – in leaves and stalks. The maximum accumulation of copper was characteristic for inflorescences (the coefficient of biological accumulation reached 3,8)

Keywords: heavy metals, factor of biological accumulation

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ Г. КРИВОЙ РОГ

Силич И. А., Гусейнова Е. Р., Высоцкая К. Ю.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет» Криворожский педагогический институт

*Irinysich@yandex.ru*

В результате исследования установлено, что для почв Криворожской урбоэкосистемы характерна щелочная реакция и среднее содержание гумуса в пределах 2%. Эти показатели можно считать удовлетворительными так как количество гумуса типичное для данной местности, а щелочная реакция влияет на уменьшения миграционной активности тяжелых металлов. Также зафиксировано, что Саксаганский район имеет самый высокий показатель уровня суммарного загрязнения.

Ключевые слова: почва, буферность, кислотность, гумус, тяжелые металлы

Интенсивное развитие горнодобывающей и металлургической отрасли приводит к необратимым нарушениям экосистем. Особенно это отражается на качестве водно-химических показателей почв. Поэтому в ряду первоочередных составляющих охраны природы является периодический контроль динамики основных почвенных процессов не только в естественных условиях, а также при антропогенных нагрузках. Основная задача такого мониторинга – это прогноз эколого-экономических последствий деградации земельных участков с целью разработки и внедрения охранных мероприятий [3].

Вопросами загрязнения почв Криворожья тяжелыми металлами (ТМ) различной формы подвижности занимались такие ученые как Гапон В. А., Гришко В. Н., Савосько В. Н. [1, 2, 7]. Но все исследования были направлены на определение уровней загрязнения центральной и северной части города. Кроме того не достаточно освещены вопросы поступления тяжелых металлов в эдафотопы с учетом их буферных свойств. Именно поэтому целью нашей работы является изучение региональных особенностей миграционной активности ТМ с учетом их буферных свойств.

Для исследования были выбраны два района города Кривой Рог – Октябрьский и Саксаганский. В их пределах выделено по 8 мониторинговых полигонов. На каждом полигоне проводили отбор образцов почв методом конверта с глубины 0-20 см. Подготовка образцов почв проводилась по стандартным методикам. Подвижные формы ТМ определяли атомно-абсорбционной спектрофотометрии в аммонийно – ацетатной вытяжке с рН 4,8. Содержание гумуса определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО. Также была определена актуальная и обменная (в растворе КС) кислотности рН – метром [6]. Полученные результаты обрабатывали методами вариационной статистики на уровне значимости  $P \leq 5\%$  [5].

Результаты исследования содержания подвижных форм ТМ приведены в табл. 1. Анализ полученных данных свидетельствует, что суще-

ствуют превышение значений ПДК по таким металлами как свинец, марганец, цинк. В частности в Октябрьском районе содержание свинца в почвах находится в пределах  $2,69 \pm 0,54$ , что в 1,3 раза превышает значение ПДК, содержание марганца –  $57,48 \pm 0,71$ , что в 1,1 раза превышает значение ПДК. Выявлено, что в почвах Саксаганского района количество свинца находится в пределах  $6,34 \pm 1,32$ , что в 3,1 раза превышает значение ПДК, содержание марганца –  $67,62 \pm 0,81$ , что в 1,35 раза превышает значение ПДК, содержание цинка  $24,9 \pm 0,91$ , что в 1,1 раз превышает ПДК.

Кроме того был рассчитан показатель суммарного загрязнения [8]. Так для Октябрьского района он составляет 0,52, а для Саксаганского – 31,66. Согласно этого показателя почвы Октябрьского района относятся к допустимой категории загрязнения, а Саксаганского – к умеренно опасной.

Согласно современным представлениям оценка опасности загрязнения должна проводиться с учетом буферных свойств почвы, к которым относят количество органического вещества и кислотность почвенного раствора [8]. Ведь чем меньше буферность почв, тем большую опасность представляют загрязняющие вещества. В нашем исследовании это подвижность тяжелых металлов (табл. 2).

В результате исследований выявлено, что содержание гумуса в Октябрьском районе составляет  $2,20 \pm 0,31\%$ , а в Саксаганскому  $2,01 \pm 0,41\%$ . Данные показатели являются типичными для Криворожья [4].

Показатели актуальной кислотности находится в пределах  $8,47 \pm 0,19$ ; обменной –  $7,58 \pm 0,16$  для Октябрьского района. В Саксаганском районе установлены следующие показатели:  $8,44 \pm 0,13$  для водного раствора и  $7,89 \pm 0,14$  для солевого. Таким образом, исследованные почвы можно охарактеризовать как среднещелочные.

Итак, содержание подвижных форм тяжелых металлов в эдафотопях г. Кривой Рог имеет определенные превышение ПДК. Крупные пре-

Таблица 1. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Кривой Рог.

Тяжелый металл	ПДК	Статистические параметры			
		Min	Max	M	m
Октябрьской район					
Pb	2	0,76	4,85	2,69*	0,54
Cd	0,7	0,003	0,11	0,05	0,01
Zn	23	0,24	12,74	4,87	1,61
Ni	4	0,45	1,83	1,1	0,2
Cu	5	0,03	1,09	0,32	0,13
Mn	50	41,87	88,87	57,48*	0,71
Fe	-	0,63	2,88	1,50	0,29
Саксаганский район					
Pb	2	2,36	11,09	6,34*	1,32
Cd	0,7	0,05	1,42	0,43	0,22
Zn	23	2,28	61,81	24,9*	0,91
Ni	4	0,69	2,12	1,59	0,21
Cu	5	0,55	220,11	55,7	0,45
Mn	50	17,34	139,13	67,62*	0,81
Fe	-	1,76	23,26	7,62	3,42

Примечание: Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; M – среднее значение выборки; m – абсолютная погрешность среднего значения; \* – превышение нормативов ПДК.

Таблица 2. Буферные свойства почв г. Кривой Рог.

Буферные свойства	Статистические параметры			
	Min	Max	M	m
Октябрьской район				
гумус, %	0,99	3,06	2,20	0,31
pH (актуальная)	7,42	9,27	8,47	0,19
pH (обменная)	6,62	7,94	7,58	0,16
Саксаганский район				
гумус, %	1,23	2,84	2,01	0,41
pH (актуальная)	8,19	8,8	8,44	0,13
pH (обменная)	7,67	8,27	7,89	0,14

Примечание: Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; M – среднее значение выборки; m – абсолютная погрешность среднего значения.

вышение зафиксированные по показателям со-

держания свинца и марганца. В Саксаганском районе города установлено умеренно опасную категорию загрязнения почв.

### Список литературы

- Гапон В. А. Особенности загрязнения территории санитарно – защитной зоны металлургического комбината тяжелыми металлами техногенного происхождения// Довкілля і здоров'я – № 3 (14). – 2000. – С. 25-27.
- Гришко В. М. Вміст різних за рухомістю форм важких металів в едафотобах, що зазнають техногенного впливу/ В. М. Гришко, О. В. Сициква, О. В. Данильчук // Вісник ДНУ. Серія біологія. Екологія, 2002. – В.10, Т.1, С. 181 – 185.
- Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на при-
- родне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська/ І. Д. Багрій, А. М. Білоус, Ю. Г. Вілкул, П. Ф. Гожик та ін. – К.: Фенікс, 2000. – 110с.
- Жовинський Э. Я., Кураева И. В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины// Э. Я. Жовинський, И. В. Кураева: К. – Наукова думка, 2002. – 213с.
- Лакин Г. Ф. Биометрия/ Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 528с.
- Практикум по почвоведению/ под. ред. И. С. Кауричева. – М.: Агротомиздат, 1986. – С. 10-25.

7. Савосько В. М. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, прилегающих к Северному горнообогатительному комбинату (Кривбасс)// Вісник ДНУ. Серія біологія. Екологія. – Д.: ДНУ, 2000. – Вип.8, Т. 2. – С. 64 – 69.
8. Тарасова В. В., Малиновський А. С., Рибак М. Ф. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище/ заг. ред. проф. В. В. Тарасової. – Навч. посібник – К.: Центр учбової літератури, 2007. – С. 203 – 206.

**REGIONAL FEATURES OF THE ACCUMULATION OF MOBILE FORMS OF HEAVY METALS IN SOILS IN THE CITY OF KRIVROY ROG**

Silich I. A., Gyseinova E. R., Vysotska K. Y.

[Irinysich@yandex.ru](mailto:Irinysich@yandex.ru)

As a result of a survey it was proved that an alkali reaction and humus content 2  
Keywords: soil, buffer, acidity, humus, heavy metals

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИСТОРИЧЕСКИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

Снытко В.А.<sup>1</sup>, Собисевич А.В.<sup>1</sup>, Широков Р.С.<sup>2</sup>, Чеснов В.М.<sup>1</sup>, Широкова В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт криосферы Земли Сибирского отделения РАН, Тюмень

[vsnytko@yandex.ru](mailto:vsnytko@yandex.ru), [sobisevich@mail.ru](mailto:sobisevich@mail.ru), [shirocov@gmail.com](mailto:shirocov@gmail.com), [vmtsches61@gmail.com](mailto:vmtsches61@gmail.com), [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

В 2013 г. участники Комплексной экспедиции по изучению исторических водных путей Института истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова РАН провели изучение участков рек Березина и Днепр, являющихся срединной зоной пути «Из варяг в греки». Целью экспедиции было проведение экологических исследований исторических водных путей, выявления изменений в природной среде до и после постройки гидротехнических сооружений, изучение влияния старинных и новейших каналов и водных объектов на окружающую природную среду. Анализ современного состояния исторических водных путей позволил сформировать базу для составления экспертных заключений и рекомендаций по их дальнейшему использованию. Наиболее полно решить эти задачи позволяет использование ГИС-технологий. Применение ГИС-технологий дало исследователям возможность проанализировать полученные в ходе изысканий блоки гидролого-гидрохимических данных. Было проведено наложение карт различных периодов, в том числе и спутниковых снимков, которые затем использовались для определения изменения в работе с системой воды и последствия этих изменений. Составлены карты-схемы по промерным точкам пространственно-временного распределения гидролого-гидрохимических величин: рН, минерализация, температура воды, содержание кислорода. В результате была создана геоинформационная система, которая объединила собранные гидролого-гидрохимические данные, ландшафтные описания, фото- и видеоизображения, архивные и опубликованные материалы по исследованным водным путям.

Ключевые слова: ГИС, гидрология, география, гидрохимия, водные пути

*Работа выполнена по проектам 12-05-00316 и 14-05-10010 РФФИ*

Водные пути играли значительную роль в освоении огромной территории Европейской части России. Анализ их современного состояния позволяет сформировать базу для составления экспертных заключений и рекомендаций по дальнейшему использованию исторических водных систем. Наиболее полно эти задачи могут быть решены с привлечением систем анализа и визуализации географических данных. Использование геоинформационной основы позволяет в ходе исследований получать необходимую информацию о земной поверхности, а затем нанести на цифровую карту полученные данные.

В 2013 г. силами Комплексной экспедиции по изучению исторических водных путей (КЭИВП) Института истории естествознания и техники имени С.И.Вавилова Российской академии наук было проведено изучение рек Березина (от города Березино до устья) и Днепр (от места впадения в него Березины до города Речица), представляющих собой часть срединной зоны исторического пути «Из варяг в греки». Главная цель экспедиции заключалась в проведении экологических исследований исторических водных путей как целостных ландшафтно-

историко-навигационных объектов, в выполнении их историко-научного, ландшафтного и гидролого-гидрохимического изучения, в выявлении изменений в природной среде до и после постройки гидротехнических сооружений систем, а также их ландшафтной обусловленности, в изучении влияния старинных и новейших каналов и водных объектов на окружающую природную среду [1].

Применение ГИС-технологий дало исследователям возможность проанализировать полученные в ходе изысканий блоки гидролого-гидрохимических данных. Для создания единой геоинформационной базы по исследуемым водным объектам было проведено выявление и наложение карт различных исторических периодов и космоснимков с целью выявления изменений режима водной системы и последствий этих изменений; изучения гидролого-гидрохимического режима территории, в частности, пространственно-временного распределения гидролого-гидрохимических показателей [см. подробнее 2-4]. Также было выполнено прогнозирование перспектив развития экогидрологического состояния исторических водных путей. В результате была создана геоинформационная система, которая объединила собран-



Рисунок 1. Карто-схема минерализации воды на участке Березино–Речица.

ные КЭИВП гидролого-гидрохимические данные, ландшафтные описания, фото- и видеоизображения, архивные и опубликованные материалы по каждому исследованному водному пути [5, 6].

В ходе проведения гидролого-гидрохимических работ с помощью портативных анализаторов были зафиксированы температура, электропроводность, кислотность (рН) и содержание кислорода в водах Березины и Днепра более чем в 60-ти точках маршрута (в среднем - через каждые 2000-3000 м). Одновременно определялись координаты места измерения (с помощью GPS-навигатора), морфометрические характеристики — ширина реки (дальномером «Leica Geovid») и её глубина (эхолотом «Lowrance HDS-5x Gen2»).

Анализ этих материалов с применением ГИС-технологий позволил получить практические результаты по изучению и выявлению гидролого-гидрохимического режима и пространственно-временной изменчивости качества воды. Так, были составлены карты-схемы (по промерным точкам) пространственно-временного распределения гидролого-гидрохимических величин: рН, минерализации, температуры воды, содержания в ней растворенного кислорода. Полученные резуль-

таты были сведены в таблицу, и создана серия тематических карт.

Полученные результаты позволили выяснить, что качество воды в Березине меняется вследствие бытовых и промышленных стоков крупных городов (Борисова, Бобруйска и Светлогорска), значительное негативное воздействие оказывает и сильно загрязненный приток, река Свислочь, протекающая через Минск. Березина после впадения в неё Свислочи может быть охарактеризована уже не как умеренно загрязненная, а как загрязненная: резко падает содержание растворенного кислорода (от 7,09 мг/л до 4,73 мг/л) и возрастает минерализация (от 328 мг/л до 458 мг/л). Далее можно наблюдать процесс самоочищения реки, и 10-тью километрами ниже минерализация составляет всего 374 мг/л. Подобное ухудшение качества воды (от умеренно загрязненной (III класс) до загрязненной (IV класс) и снижение уровня растворённого кислорода (с 7,68 мг/л до 6,31 мг/л), наблюдалось также в районе Бобруйска, что объясняется сбросом недостаточно очищенных городских стоков.

В районе же Светлогорска отмечено, напротив, повышение содержания кислорода, что обусловлено несколькими причинами: большим расходом воды в реке при приближении к устью, впадением в неё многочисленных притоков (наиболее значителен из которых - река Выдрица),





Рисунок 2. Карто-схема содержания растворенного в воде кислорода на участке Березино–Речица.

и, очевидно, в полной мере работающими очистительными сооружениями. Далее вниз по течению реки по мере поступления сточных городских вод экологическая ситуация снова ухудшается. После впадения Березины в Днепр за счёт смешивания вод минерализация снижается с 356 мг/л до 326 мг/л, и увеличивается количество растворённого в воде кислорода с 11,35 мг/л до 13,24 мг/л.

На основе сочетания метода визуального дешифрования с ретроспективным анализом старых и современных карт и космических снимков была сформирована векторная (цифровая) карта исследуемого района, были уточнены географические координаты водных и гидротехнических объектов. Данные созданной геоинформационной системы позволили полнее изучить гидролого-гидрохимический режим и пространственно-временную изменчивость качества воды рек Березина и Днепр: выявить изменения режима водной системы и их последствия, а также оценить влияние старинных и новейших каналов и водных объектов на природную среду прилегающих к этим сооружениям территорий.

#### Список литературы

1. Широкова В.А., Чеснов В.М., Снытко В.А., Озерова Н.А., Собисевич А.В. Комплексная экспедиция по изучению исторических водных путей: к 10-летию создания // Институт истории естествознания и техники им. С.И.Вавилова. Годичная конференция, 2013. М. 2013. Т. 1. С. 67-72.
2. Низовцев В.А., Постников А.В., Снытко В.А., Фролова Н.Л., Чеснов В.М., Широков Р.С., Широкова В.А. Исторические водные пути Севера России (XVII-XX вв.) и их роль в изменении экологической обстановки: экспедиционные исследования: состояние, итоги, перспективы. М.: Парадиз. 2009. 246 с.
3. Широкова В.А., Снытко В.А., Чеснов В.М., Фролова Н.Л., Низовцев В.А., Дмитрук Н.Г., Широков Р.С. Вышневолоцкая водная система: ретроспектива и современность. Гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути. Экспедиционные исследования: состояние, итоги, перспективы. М.: ООО "ИПП "КУНА". 2011. 248 с.
4. Широкова В.А., Снытко В.А., Низовцев В.А., Фролова Н.Л., Дмитрук Н.Г., Чеснов В.М.,

- Озерова Н.А., Широков Р.С. Тихвинская водная система: ретроспектива и современность: гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути: экспедиционные исследования: состояние, итоги, перспективы. М.: ООО "Акколитъ". 2013. 342 с.
5. Широкова В.А, Ерошкина Л.А. Использование гис-технологий в современных геоэкологических исследованиях // Актуальные проблемы естественно-географического образования: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Биробиджан, 14–15 ноября 2013 г. Биробиджан: Изд. центр ПГУ им. Шолом-Алейхема. 2013. С. 135-139.
6. Озерова Н.А., Широков Р.С., Снытко В.А., Широкова В.А. Индикационные исследования геосистем исторических водных путей // Труды второй международной конференции молодых ученых "Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование", 25-28 апреля 2013 года: Сборник статей. М.: ООО "Буки Веди". 2013. С. 230-233.

**THE USAGE OF GIS TECHNOLOGIES FOR STUDYING GEO-ECOLOGICAL STATE OF HISTORICAL WATERWAYS**

Snytko V.A.<sup>1</sup>, Sobisevich A.V.<sup>1</sup>, Shirocov R.S.<sup>2</sup>, Chesnov V.M.<sup>1</sup>, Shirocova V.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for the history and science and technology named after S.I.Vavilov RAS, Moscow

<sup>2</sup>Institute of the Earth Cryosphere Siberian Branch of the RAS, Tyumen

[vsnytko@yandex.ru](mailto:vsnytko@yandex.ru), [sobisevich@mail.ru](mailto:sobisevich@mail.ru), [shirocov@gmail.com](mailto:shirocov@gmail.com), [vmtsches61@gmail.com](mailto:vmtsches61@gmail.com), [shirocova@gmail.com](mailto:shirocova@gmail.com)

Waterways played a significant role in the development of the vast territory of the European part of Russia. The analysis current state of historical water systems allows to form the scientific basis for preparation of expert opinions and recommendations for its further use. That tasks could be solved with the assistance of systems analysis and visualization of geographic data. In 2013, the expedition for studying the historical waterways in the Institute of the History of Science and Technology named after S.I. Vavilov RAS finished the investigation of Berezina river (from the city to the mouth Beresino) and Dnepr (from its confluence with Berezina to town Retchitsa). That length represents the middle part of waterway "From the Vikings to the Greeks." The aim of that expedition was to conduct environmental studies historical waterways as landscape of historical and navigation facilities. The studying of landscape, hydrology and hydrochemistry helps to identify changes in the environment before and after the construction of waterworks systems, the influence of channels and water bodies to the environment was investigated also. The application of GIS technology has given us the opportunity to analyze collected hydrological and hydrochemical data. The analysis of database about the investigated water bodies was conducted to identify and overlay maps of various historical periods. Satellite images were used to identify changes in operating the water system and the implications of these changes. The study of the hydrological and hydrochemical regime was conducted to obtain the data of their temporal and spatial distribution. The creation of geographic information system was the result of that investigation, which combines hydrological and hydrochemical data, landscape descriptions, photo and video, archival and published materials for the investigated waterway.

**Keywords:** GIS, hydrology, geography, hydrochemistry, waterways, Berezina

## ДЕТОКСИФИЦИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ГУМИНОВЫХ ПРЕПАРАТОВ

Сорокин Н.Т.<sup>1</sup>, Иванов Е.С.<sup>2</sup>, Гальченко С.В.<sup>2</sup>, Чердакова А.С.<sup>2</sup><sup>1</sup>ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии, Рязань<sup>2</sup>Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань[gnu@vnims.ryazan.ru](mailto:gnu@vnims.ryazan.ru), [ecology@rsu.edu.ru](mailto:ecology@rsu.edu.ru), [s.galchenko@rsu.edu.ru](mailto:s.galchenko@rsu.edu.ru), [cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)

В статье приводятся результаты исследования по изучению детоксицирующих свойств гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами и радионуклидами.

Ключевые слова: Гуминовые препараты, восстановление почв

Наряду со многими экологическими проблемами современности, деградация почв является одной из наиболее важных. Основными процессами, приводящими к деградации почв являются следующие: водная и ветровая эрозия, заболачивание, засоление, опустынивание, подтопление, подкисление и загрязнение (тяжелыми металлами, радионуклидами, пестицидами, нитратами, патогенной микрофлорой, и др). Причем, на фоне техногенеза, тенденция к ухудшению качества почв наблюдается практически во всех субъектах РФ и характерна для всех типов почв [1].

В связи с этим, весьма актуальной становится проблема изыскания различных способов и методов, способствующих восстановлению почв. Некоторые авторы считают, что наиболее перспективными в этом отношении являются препараты гуминовых веществ, полученных на основе торфа [2, 3]. Известно, что гуминовые препараты обладают широким спектром положительного действия, улучшают структуру почвы, ее водный, воздушный и тепловой режимы, повышают биологическую активность микроорганизмов. Как следствие, возрастает почвенное плодородие, урожайность возделываемых культур, стабилизируется обеспеченность растений питательными веществами, позволяя тем самым снизить дозы внесения минеральных удобрений и пестицидов. Отдельно стоит отметить детоксицирующую способность гуминовых веществ по отношению к основным органическим и неорганическим экотоксикантам (тяжелым металлам, радионуклидам, углеводородам нефти и нефтепродуктов, полихлорированным и полициклическим соединениям, пестицидам, синтетическим поверхностно активным веществам и т.д.). Гуминовые вещества способны образовывать различного рода комплексные соединения с ионами тяжелых металлов и радионуклидов, что снижает их миграционную активность и биодоступность, и как следствие, препятствуя поступлению в живые организмы. Установлено существенное влияние гуминовых веществ на поведение и органических загрязнителей. Благодаря наличию сорбционных, связывающих и поверхностно-активных

свойств гуминовые вещества образуют нетоксичные комплексы с органическими поллютантами. Помимо этого, способствуя повышению биологической активности почв и активизации аборигенной микрофлоры почвенного биоценоза, гуминовые вещества стимулируют естественные процессы деструкции загрязнителей и повышают способность почвы к самоочищению.

Учитывая актуальность данного вопроса, ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии разработал и изготовил технологическую линию, в виде блочно-модульного комплекса, по производству гуминовых препаратов. Новизна технологических решений позволяет производить гуминовые препараты с использованием, как традиционной технологии щелочной экстракции торфа, так и с применением инновационных технологий ультразвукового и кавитационного воздействия на торфяную суспензию.

Производимые на установке гуминовые препараты представляют собой комплексные органо-минеральные удобрения, сочетающие в себе свойства традиционных органических и гуминовых удобрений, произведенные без применения химикатов, но с высоким содержанием гуминовых и фульвокислот [3, 4].

В 2013 г. ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии была проведена серия вегетационных опытов по изучению влияния гуминовых препаратов, полученных с применением различных технологий на фитотоксичные свойства техногенно-измененной серой лесной почвы (зональной для Рязанской области), загрязненной тяжелыми металлами (кадмий, цинк, свинец, медь) и радионуклидами (цезий-137). В качестве тест-культуры использовался кресс-салат.

По результатам вегетационного опыта установлено, что внесение гуминовых препаратов в серую лесную почву, загрязненную тяжелыми металлами и радионуклидами, в значительной степени способствует, снижению фитотоксичного действия данных загрязнителей. Так, на варианте без внесения гуминовых препаратов, при условии полиметаллического загрязнения почвы, семена кресс-салата практически не взошли. При этом, применение гуминовых препара-

тов способствовало увеличению всхожести семян кресс-салата на 80-90 %. Максимальный положительный эффект отмечался при их использовании на препаратах, полученных с применением инновационной технологии ультразвукового диспергирования торфяной суспензии.

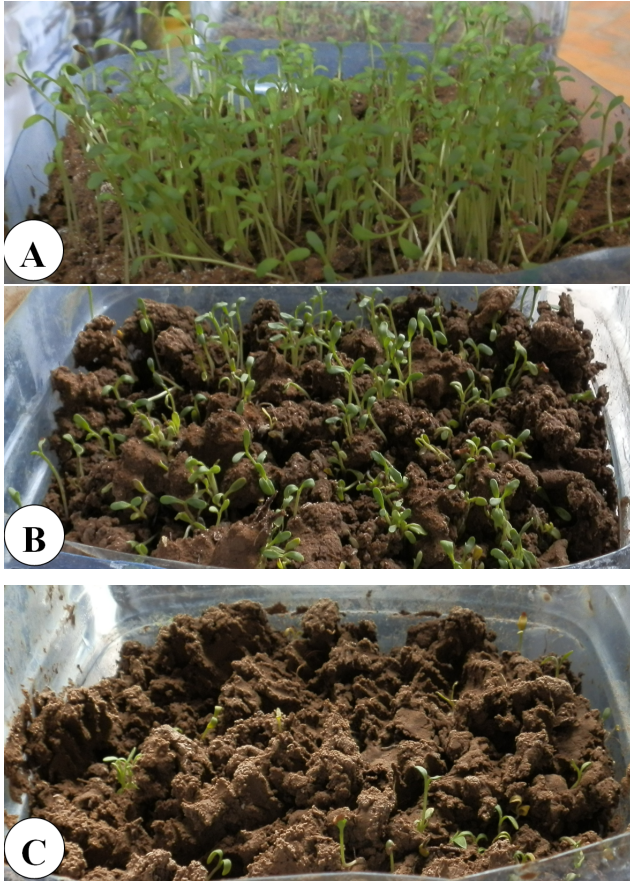


Рисунок 1. Всхожесть и длина надземной части кресс-салата в опыте (А – внесение ГП, полученных ультразвуковым диспергированием торфяной суспензии; В – внесение ГП, полученных с применением традиционной технологии щелочной экстракции торфа, С – без внесения ГП).

Детоксифицирующее и биостимулирующее действие гуминовых препаратов также проявилось в увеличении длины и массы надземной части растений по сравнению с вариантами опы-

та без их внесения (рисунок 1). При этом, длина надземной части растений была наибольшей на тех вариантах опыта, где были внесены гуминовые препараты, полученные методом ультразвукового диспергирования торфа.

Таким образом, установлено, что получаемые ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии гуминовые препараты проявляют биостимулирующие и детоксифицирующие свойства в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами и радионуклидами. Результаты проведенных экспериментов указывают на возможность применения гуминовых препаратов с целью восстановления нарушенных и деградирующих почв. На данный момент, необходимо провести серию дальнейших научно-обоснованных комплексных исследований по изучению всех качественных показателей состояния почвы, изменяющихся под воздействием гуминовых препаратов.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году» [Электронный ресурс] – 2011. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=130175>.
2. Гайбарян М.А., Смышляев Э.И., Сидоркин В.И. Технология производства и очистки гуминовых удобрений с использованием ультразвукового диспергирования. //Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сборник научных трудов/ ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань, 2012. С. 138-144.
3. Смышляев Э. И. Время гуматов пришло//Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сборник научных трудов/ ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань, 2012. С. 121-131.
4. Смышляев Э. И. Экономическая эффективность применения гуминовых препаратов в сельскохозяйственном производстве. //Проблемы механизации агрохимического обслуживания сельского хозяйства: сборник научных трудов/ ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии. – Рязань, 2012. С. 117-121.

**DETOXIFYING PROPERTIES OF HUMIC PREPARATIONS****N.T. Sorokin<sup>1</sup>, Ivanov E.S.<sup>2</sup>, Galchenko S.V.<sup>2</sup>, Cherdakova A.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>State scientific institution all-Russian research Institute of mechanization of agrochemical service of agriculture of the Russian Academy of agricultural Sciences, Ryazan

<sup>2</sup>Ryazan state University named S.A. Esenin, Ryazan

[gnu@vnims.ryazan.ru](mailto:gnu@vnims.ryazan.ru), [ecology@rsu.edu.ru](mailto:ecology@rsu.edu.ru), [s.galchenko@rsu.edu.ru](mailto:s.galchenko@rsu.edu.ru),  
[cerdakova@yandex.ru](mailto:cerdakova@yandex.ru)

In the article the results of research on the study of detoxifying of humic substances, obtained with application of various technologies in the conditions of soil contamination with heavy metals and radionuclides.

**Keywords: Humic preparations, soil recovery, heavy metals, radionuclides**

## МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА ОАО «АПАТИТ»

Тимофеева Ю.Р.

Санкт-Петербургский государственный Университет, Санкт-Петербург

[tima204@yandex.ru](mailto:tima204@yandex.ru)

Целью работы являлся мониторинг площадей нарушенных земель территории горно-обогатительного комбината ОАО «Апатит», расположенного в Мурманской области.

В задачи исследования входило выявление местоположения и площадей нарушенных земель, анализ данных отчетов по мониторингу, а также картографических материалов.

Проведённые исследования показали, что за период исследования с 1999 по 2012 года площадь нарушенных земель увеличилась. Установлено что, в перспективе площадь нарушенных земель будет сокращаться за счет совершенствования технологии горнодо-бывающих работ.

**Ключевые слова:** мониторинг, нарушенные земли, рекультивация

В современном мире человек оказывает все большее влияние на окружающую среду. При растущем уровне урбанизации остро встает необходимость в объективных и точных методах наблюдения, фиксации и контроле за состоянием природной среды. Решению этой задачи призвано ведение мониторинга экосистемы. Согласно федеральному закону «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. мониторинг — это комплексная система наблюдения за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза его изменений под воздействием природных и антропогенных факторов [1].

Поскольку земля является важнейшей частью окружающей среды, главным средством производства в сельской хозяйстве, а также пространственно-операционным базисом, то вопросы мониторинга земель требуют единого государственного подхода, который должен осуществляться на основе систематических и комплексных наблюдений. Одной из главных его задач является своевременное выявление изменений состояния земель, оценка этих изменений, прогноз и выработка рекомендаций о предупреждении и устранении последствий негативных процессов [2, с. 59-66].

Особую актуальность приобретает мониторинг земель в горнопромышленных регионах, так как здесь наблюдается более интенсивное техногенное воздействие на территорию.

В современный период интенсивного хозяйственного освоения природных ресурсов наиболее уязвимой является территория Крайнего Севера. Ландшафт этой местности формировался в условиях холодного климата – дефицит тепла и, как следствие, непродолжительный вегетационный период, высокая степень увлажнённости и резкое колебание температуры. Техногенные изменения в данном случае остро влияют на глав-

ные составляющие ландшафта – почву, биоту и водные ресурсы.

Целью данной работы был мониторинг площадей нарушенных земель территории горно-обогатительного комбината ОАО «Апатит», расположенного в Мурманской области в непосредственной близости от городских округов г. Апатиты и г. Кировска.

Горно-обогатительный комбинат ОАО «Апатит» производит добычу апатито-нефелиновой руды на шести месторождениях четырьмя рудниками и она осуществляется комбинированным открыто-подземным и открытым способами, что негативно сказывается на ландшафте и окружающей среде.

Кроме рудников в состав горно-химического объединения входят три обогатительные фабрики, из которых в настоящее время функционируют две и два хвостохранилища, одно из которых действующее. Строительство хвостохранилищ для обогатительных фабрик не только отрицательно влияет на ландшафт, но и нарушает природный баланс территории. Совместно с выбросами с фабрик прилегающая территория загрязняется и пылью от хвостохранилища.

Основной выпускаемой продукцией предприятия является апатитовый и нефелиновый концентраты, используемые в основном для производства минеральных удобрений.

Главными экологическими проблемами Мурманского региона являются нарушение земель горными разработками, загрязнение вод суши и атмосферного воздуха и деградация лесных массивов. Кроме этого в этот список необходимо отнести ветровую и водную эрозию территорий незакрепленных отвалов.

Исследования по выявлению динамики нарушенных земель проводились в период с 1999 года по 2012 год. Основной задачей стало выяв-

ление местоположения и площадей нарушенных земель с разной степенью их нарушенности.

Для реализации данной задачи были использованы следующие методы: картографический; аналитический; статистический и описательный. В ходе работы использовались космическая информация, фондовые картографические материалы, статистические данные и результаты наземных полевых исследований.

На федеральном уровне мониторинг Мурманской области осуществляется Управлением федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр) [3]. Кроме этого, горно-обогатительный комбинат имеет стратегию в области защиты окружающей среды, в которую входит: рациональное использование сырья; снижение воздействия полигонов хранения на среду посредством совершенствования их эксплуатации; применение новых приемов по защите окружающей среды.

На основе анализа картографических и статистических данных было выявлено, что на 01.01.1999 г. в городском округе г. Апатиты с подведомственной территорией по данным мониторинга нарушенными землями было занято 2266,49 га. К концу 2012 года площадь нарушенных земель увеличилась на 80 га (3,6% от общей площади нарушенных земель) и составила 2347 га. Увеличение произошло за счет расширения площади отвалов на хвостохранилище АНОФ-2 на 67,06 га и в результате размещения земельных участков городской свалки (6,30 га и 7,16 га).

В городском округе г. Кировск с подведомственной территорией по данным мониторинга на 01.01.1990 г. нарушенными землями было занято 7444,91. Спустя 13 лет площадь нарушенных земель увеличилась на 167,77 га и составила 7612,68 га. Увеличение произошло за счет расширения площади нарушенных земель на некоторых карьерах и отвалах.

Наиболее распространенными типами техногенного нарушения земель в обоих городских округах являются разработка твердых полезных ископаемых, гидротехнические нарушения (создание отстойника апатитоневелиновой обогатительной фабрики), наземное строительство, а также складирование промышленных и бытовых отходов.

С каждым годом эксплуатации обогатительных фабрик количество отходов уменьшается. Эта тенденция объясняется снижением объемов производства апатитоневелинового концентрата и улучшением качества работ по рекультивации, позволяющей закрепить пылящие поверхности хвостохранилищ. Хвосты апатитовой и нефелиновой флотации обогатительных фабрик ОАО «Апатит» согласно разработанным классификациям можно отнести к породам, пригодным для биологической рекультивации, но

требующим агрофизического и агрохимического улучшения [4, 5]. Такие свойства позволяют уменьшить затраты на восстановление нарушенной территории при своевременной и качественной проведенной системе рекультивации.

В ходе анализа данных мониторинга выявлены следующие закономерности.

1. Общая площадь нарушенных земель за период исследования увеличилась:
  - в городском округе г. Кировск за последние 13 лет на 167,77 га,
  - в городском округе г. Апатиты — на 80 га.
2. В результате полученные данные позволили актуализировать информацию о состоянии и использовании земель по состоянию на 2012 г.
3. Полевые исследования показали, что большая часть слабо- и средненарушенных земель под недействующими карьерами по добычи апатитоневелинового концентрата и отвалами, естественным образом заросли кустарником и мелколесьем.
4. В перспективе ежегодного увеличения площади отвалов будут сокращаться за счет совершенствования технологии горнодобывающих работ, которые позволят уменьшить темпы расширения площади карьеров, а также сократить площади размещения вскрыши от нового производства в отработанные карьеры при неизменном ежегодном объеме добычи руды.
5. Для усовершенствования системы мониторинга на региональном уровне необходимо получать достоверную и своевременную общедоступную информацию по экологическому состоянию земель, а также применять современные методы наблюдений и анализа полученных материалов.

#### Список литературы

1. Закон Российской Федерации "Об охране окружающей среды" от 10 января 2002 г. ФЗ № 7 // Собрание законодательства Российской Федерации
2. Управление земельными ресурсами: Учеб. пособие / Под ред. д-ра биол. наук В.Л. Богданова, д-ра с.-х. наук В.К. Константинова. – СПб.: Издательство С.-Петербургского Университета, 2008. – с. 172
3. Доклад «О состоянии и использовании земель в Мурманской области. По состоянию на 01 января 2012. – с. 43
4. Коробов Б.Л., Томчук Н.П. Минерально сырьевая база ОАО «Апатит» // Горный журнал. – 1999 — № 9. – С. 19-22.
5. Петровский А.А. Перспективы комплексного использования апатитоневелиновых руд // Горный журнал. – 1999 — № 9. – С. 42-45.

LAND MONITORING ON THE MINING AND PROCESSING ENTERPRISE JOINT-STOCK  
"АПАТИТ"

Timofeeva J.R.

St. Petersburg State University, St. Petersburg

[tima204@yandex.ru](mailto:tima204@yandex.ru)

The aim of our study was monitoring the area by disturbed land in the mining and processing enterprise joint-stock "Apatit", located in the Murmansk region.

The objectives of the study were to identify the location and area by disturbed land, to analysis dates, to monitor reports and cartographic materials .

These studies have shown that over the study period from 1999 to 2012 the area of disturbed land has increased .We also established that in the future the area of disturbed land will be reduced by improving the technology of mining works.

Keywords: **monitoring, disturbed land, reclamation**



## КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В Г. ВОЛЖСКОМ И СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

Трефилова Т. С.

Волжский гуманитарный институт (Филиал) Волгоградского государственного университета, г. Волжский, Волгоградская область

[trefilova.tania@yandex.ru](mailto:trefilova.tania@yandex.ru)

Актуальность данной работы заключается в том, что на сегодняшний день смертность населения в городе Волжском неизменно на очень высоком уровне, что зачастую связано с высокими показателями заболеваемости населения. Если учитывать тот факт, что в атмосфере города содержатся опасные для здоровья, в том числе канцерогенные вещества, и ситуация с годами существенно не изменяется, то с некой долей уверенности можно предположить, что повышенные показатели заболеваемости населения связаны именно с неблагоприятным экологической ситуации в городе.

Ключевые слова: воздух, загрязнение, заболеваемость

В 2011 году город Волжский занял 14 место (с показателем ИЗА равным 14 — очень высокий уровень загрязнения атмосферы) в списке самых загрязнённых городов России с численностью населения 100 тыс. и более человек [1].

Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в г. Волжском по данным Роспотребнадзора являются пыль, диоксид серы, диоксид азота, аммиак, формальдегид, хлористый водород. Каждое из этих веществ оказывает негативное влияние на состояние здоровья населения.

Объём выбросов, поступивших в атмосферу от стационарных источников в 2011 году составил 53,2 тысяч тонн, в 2010 — 51,7 тысяч тонн, в 2009 — 46,8 тысяч тонн и в 2008 — 53,5 тысяч тонн [2, с. 200]. Таким образом, на одного жителя в городе Волжском за 2011 год пришлось около 162,5 кг загрязняющих веществ, но не стоит забывать о том, что около 60% загрязняющих атмосферный воздух веществ в городе поступает от автотранспорта, следовательно, реальная нагрузка на организм человека ещё более мощная.

Для того чтобы оценить негативное воздействие загрязняющих веществ атмосферного воздуха города Волжского на здоровье населения были проанализированы зафиксированные стационарными постами наблюдения среднесуточные концентрации загрязняющих веществ в среднем за 2011 и 2012 годы. Использовались именно среднесуточные концентрации загрязняющих веществ, так как необходимо оценить хроническое воздействие на здоровье.

Превышение ПДК среднесуточной в среднем за год является доказательством хронического, длительного и постоянного негативного воздействия загрязняющих атмосферный воздух веществ на здоровье населения города.

К числу наиболее загрязнённых районов относятся зоны наибольших среднесуточных концентраций [3]. По результатам проведённого анализа в нашем городе можно выделить по-

добные зоны. К ним относятся: северо-западная часть и северо-восточная граница города. Наиболее опасными веществами для здоровья населения, с точки зрения их постоянного присутствия в больших концентрациях в атмосферном воздухе, являются: аммиак, диоксиды азота, озон.

Степень опасности загрязнения атмосферного воздуха оценивается по двум основным классам веществ — канцерогенным и неканцерогенным веществам. Загрязняющие атмосферный воздух города Волжского вещества, выделенные в ходе анализа относятся к неканцерогенным. Для неканцерогенных веществ предполагается существование пороговых уровней, ниже которых вредные эффекты не возникают [4, с. 94].

Характеристика риска является связующим звеном между собственно оценкой риска для здоровья и управлением риском. Характеристика риска развития неканцерогенных эффектов осуществляется либо путем сравнения фактических уровней экспозиции с безопасными уровнями воздействия, в качестве которых используют референтные дозы или концентрации (индекс/коэффициент опасности), либо на основе параметров зависимости «концентрация — ответ», полученных в эпидемиологических исследованиях. Референтная доза (концентрация) — суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое устанавливается с учетом всех имеющихся современных научных данных и, вероятно, не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья чувствительных групп населения [5, с. 14]. Приемлемый риск — это вероятность наступления события, негативные последствия которого настолько незначительны, что ради получаемой при этом выгоды человек, группа людей, общество в целом готово пойти на предполагаемый риск [6, с. 10].

Почти для всех веществ риск оказался неприемлем, так как предельно допустимая среднесуточная концентрация практически во всех случаях равна референтной дозе. Лишь для ам-

Таблица 1. Средние зафиксированные среднесуточные концентрации загрязняющих атмосферный воздух г. Волжского веществ, превышающих ПДК<sub>сс</sub> за 2011-2012 гг. и референтные дозы этих веществ.

	Зафиксированная концентрация (мг/м <sup>3</sup> )	Референтная концентрация (мг/м <sup>3</sup> )	ПДК <sub>сс</sub> (мг/м <sup>3</sup> )
Аммиак	0,046	0,1	0,04
Диоксид азота	0,07	0,04	0,04
Озон	0,037	0,03	0,03

миака ПДК среднесуточная (0,04 мг/м<sup>3</sup>) ниже, чем референтная доза (0,1 мг/м<sup>3</sup>). А для оксидов азота и озона ПДК среднесуточная равна референтной дозе, следовательно, риск для данных веществ неприемлем, так как их содержание в воздухе города значительно превышает среднесуточные нормативы. Можно сделать предварительный вывод о том, что неприемлемый неканцерогенный риск характерен для оксидов азота и озона.

Для получения более точной информации необходимо рассчитать коэффициент опасности концентраций загрязняющих веществ в воздухе города для населения. Для этого мы отобрали те вещества, среднесуточная концентрация которых превышает нормативы (ПДК<sub>с</sub>) в среднем за 2011 и 2012 годы (таблица). Несмотря на то, что ранее мы отнесли концентрацию оксида азота к неприемлемому риску, так как её значения превышали ПДК<sub>с</sub>, сейчас мы не учитываем это вещество, так как в среднем за 2011 и 2012 года среднесуточная концентрация оксида азота ниже ПДК<sub>с</sub>.

Теперь выберем те вещества, концентрация которых в результате усреднений превышает референтную концентрацию: диоксид азота и озон.

Характеристику риска развития неканцерогенных эффектов для отдельных веществ проводят на основе расчета коэффициента опасности  $Q$  по формуле 1 [5, с. 106]:

$$Q = C_{av}/C_{rf}$$

где  $Q$  – коэффициент опасности;

$C_{av}$  – средняя концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$C_{rf}$  – референтная (безопасная) концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Таким образом для концентраций диоксида азота коэффициент опасности будет равен:

$$Q = 0,07/0,04 = 1,75$$

А для концентраций озона:

$$Q = 0,037/0,03 = 1,23$$

Так как коэффициенты опасности в обоих случаях выше единицы, концентрации озона и диоксида азота представляют реальную опасность для здоровья населения города.

По мнению экспертов ВОЗ (1997) 23% всех заболеваний и 25% всех случаев рака обусловлены воздействием факторов окружающей среды [7, с. 4].

К «болезням риска», вызываемым загрязнением среды обитания, относятся злокачественные новообразования, заболевания верхних дыхательных путей, врожденные пороки развития, заболевания нервной системы, органов пищеварения, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки.

В 2011 году г. Волжский стал территорией риска в Волгоградской области по показателям врождённых аномалий первого года жизни: на 1000 детей первого года жизни этот показатель составляет 134,1, в то время, как в среднем по области 65,45 (в 2 раза меньше). В городе очень высокие показатели численности детей с врождёнными аномалиями, по сравнению с областными показателями.

Ситуация объясняется негативным влиянием на организм беременных женщин как основных загрязнителей атмосферного воздуха города, так и метилмеркаптана и бенз(а)пирена, концентрации которых в воздухе зачастую достаточно велики. По мнению ряда авторов, на первом месте среди факторов среды обитания, которые провоцируют возникновение врождённых аномалий, является состояние атмосферного воздуха территории.

Необходимо отметить, что, начиная с 2008 года в г. Волжском смертность по причине врождённых аномалий увеличена по сравнению с тем же показателем по России в 1,8 раза. Приоритетными загрязнителями воздуха в городе Волжском по-прежнему остаются взвешенные вещества, диоксид азота, сероуглерод, аммиак, формальдегид. Последний врачи считают одним из самых опасных для здоровья человека. Формальдегид, кроме раздражающего и общетоксического действия, вероятно, является канцерогенным веществом, то есть способным вызвать онкологические заболевания.

Загрязнение атмосферного воздуха в г. Волжском на протяжении многих лет является приоритетным фактором, негативно влияющим на состояние здоровья. Основные загрязнители атмосферного воздуха – оксиды серы, азота, сероводород, пыль, формальдегид, аммиак явля-

ются ингредиентами, для которых органы дыхания являются мишенью негативного воздействия. Присутствие данных ингредиентов в атмосферном воздухе способствует снижению иммунитета, оказывают раздражающее действие на органы дыхания и способствуют росту заболеваемости населения хроническими бронхитами, фарингитами, бронхиальной астмой, ринитом и повторными ОРВИ. Поэтому проблема охраны атмосферного воздуха в г. Волжском является актуальной задачей служб и ведомств города, осуществляющих контроль в этой области.

#### Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году».
2. Доклад «О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2011 году»/ Ред. колл.: П. В. Вергун [и др.]; комитет охраны окружающей среды и природопользования Волгоградской области. – Волгоград: «СМОТ-РИ», 2011. – 352 с.
3. Руководство по контролю загрязнения атмосферы РД 52.04.186-89: руководящий документ.
4. Ревич Б. А., Авалиани С. Л., Тихонова Г. И. Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека. Пособие по региональной экологической политике. – М.: Акрополь, ЦЭПР, 2004. – 268 с.
5. Руководство Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. – Москва, 2004. – 132 с.
6. Ушаков И. Б. Экологический риск и качество жизни// Экология человека, № 6. – 2004, С. 7-10
7. Онищенко Г. Г., Новиков С. М., Рахманин Ю. А., Авалиани С. Л., Буштуева К. А. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Под ред. Рахманина Ю. А., Онищенко Г. Г. – М.: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

#### AMBIENT AIR QUALITY IN THE VOLZSKY CITY AND STATE OF HEALTH OF THE POPULATION

Trefilova T.S.

Volzhsky Humanities Institute (Branch of) Volgograd state University, Volzhsky, Volgograd region

[trefilova.tania@yandex.ru](mailto:trefilova.tania@yandex.ru)

The relevance of this research lies in the fact that today the mortality of the population in Volzhsky-always at very high level, often associated with high morbidity of the population. If to consider that fact, that in the atmosphere of the city contains dangerous for health, including carcinogens, and the situation over the years has not significantly changed, with a kind of confidence we can assume that the increased morbidity of the population coupled with deprivation of the ecological situation in the city.

Keywords: air, health, pollution, incidence, risk, population

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАСРЕДЕЛЕНИЯ И МИГРАЦИИ $^{137}\text{Cs}$ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ГИДРОМОРФИЗМА

Шишов С.И., Тобратов С.А.

Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина, Рязань

[s.shishov@rsu.edu.ru](mailto:s.shishov@rsu.edu.ru), [tobratovsa@mail.ru](mailto:tobratovsa@mail.ru)

В статье даётся анализ распределению и годовому циклу миграции естественных радионуклидов и  $^{137}\text{Cs}$  в некоторых зональных почвах и в гидроморфных почвах западин на примере территории центра Восточно-Европейской равнины (в границах Рязанской области).

**Ключевые слова:** Миграция радионуклидов, западины, гидроморфные почвы, цезий  $^{137}\text{Cs}$ , естественные радионуклиды, Восточно-Европейская равнина, Рязанская область.

Актуальность изучения миграции радиоактивных элементов обусловлена дискуссионностью проблемы поведения в ландшафтах техногенных радионуклидов, в частности чернобыльского  $^{137}\text{Cs}$ . Существуют свидетельства как его стабильного состояния в подвергшихся радиоактивному загрязнению почвах, так и роста мобильности с течением времени [9]. Наименее изучен вопрос о динамике поведения  $^{137}\text{Cs}$  в условиях меняющегося климата. Одним из аспектов современных изменений климата является рост увлажненности ландшафтов в Центре России, что, в частности, приводит к росту площади гидроморфных почв [1, 10].

Одними из наиболее типичных примеров таких почв являются западинные подзолы. Западины – это характерные формы мезорельефа развивающиеся на некоторых слабо дренируемых поверхностях (плоских водоразделах, обширных надпойменных террасах и т.д.) и являющиеся индикатором затруднённого латерального стока. Как правило, они имеют округлую форму, площадь от нескольких десятков м<sup>2</sup> до нескольких га и глубину от 20-30 см до 1-2 м. Западины выступают в роли «перехватчиков» поверхностного стока, особенно в весенний сезон. Большую часть года под западинами существует «подушка» грунтовых вод, как следствие аккумуляции влаги весеннего снеготаяния [2]. Таким образом, западины в ландшафте выполняют функцию, в чём-то аналогичную линейным эрозионным формам – они канализуют поверхностный сток и способствуют его активизации, но в оврагах и балках сток значительно более интенсивен и имеет латеральный характер, а в западинах характер стока радиальный, и интенсивность его существенно ниже. Вследствие этого в западинах развиваются гидроморфные почвы с преобладанием восстановительных обстановок большую часть года. Они резко контрастируют с зональными почвами, окружающими западины, и, безусловно, имеют свои специфические черты геохимических процессов.

Современный рост атмосферного увлажнения приводит к увеличению площади западин и соответствующих им переувлажнённых почв. Известны случаи их возникновения на месте плодородных пахотных зональных чернозёмов [1, 10]. Экологически существенно то, что западины, выполняя гидроаккумулирующую функцию, накапливают также токсичные элементы, в том числе техногенные радионуклиды, поведение которых в западинных подзолах существенно отличается от такового в зональных почвах. Можно полагать, что в связи со значительно большей интенсивностью водной миграции в западинах токсиканты там будут наиболее миграционно активны, что создаёт условия для загрязнения сопряженных ландшафтных сред, в частности грунтовых и поверхностных вод.

Для проверки данной гипотезы нами в период 2008-2013 гг. проведены ландшафтные исследования западин и фоновых зональных почв в северной части Окско-Донской равнины и в юго-восточном секторе Мещёрской низменности. Нами были отобраны образцы почв из всех генетических горизонтов, а также опробованы осадки и почвенные (лизиметрические) воды. Пробоподготовка и испытания образцов выполнены в лаборатории геохимии ландшафтов при кафедре физической географии РГУ имени С.А. Есенина. Определение удельной активности радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{232}\text{Th}$ ) производилось на сцинтилляционном гамма-спектрометре «УСК Гамма-плюс» с программным обеспечением «Прогресс» с использованием стандартных методик подготовки счетных образцов и выполнения измерений.

Почвенно-радиоэкологические исследования выполнены на ключевых участках, характеризующих комплекс ландшафтных факторов, способствующих развитию локального переувлажнения и формированию западинных урочищ (неотектоника и благоприятные литологические условия). На каждом из участков опробовались 2 объекта-аналога – гидроморфная почва западины и зональная автоморфная почва из

окружающего западину водораздельного урочища (плакора). По-видимому, в большинстве случаев изученные нами западинные подзолы развивались на месте зональных почв, и их геохимические различия обусловлены последствиями нарастающего гидроморфизма. Ниже приводится краткое описание зонального почвенно-геохимического фона ключевых участков.

- I. Тумское плато (центр Мещерской низины, подтайга;  $h_{abc} = 124$  м): дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы, распаханы; на глубине 3-4 м залегает местный водоупор – перемытая морена;

- II. Ижевский блок (юго-восточная Мещера, подтайга, область современного тектонического опускания, в контурах доплейстоценового русла Оки;  $h_{abc} = 111$  м): дерново-подзолистые легко- и среднесуглинистые почвы, пустоши (заброшенная пашня);

- III. Салтыковский прогиб (северо-восток Окско-Донской равнины, зона широколиственных лесов, область слабого опускания, в контурах палеозойских и неогеновых долин;  $h_{abc} = 136$  м): светло-серые лесные тяжелосуглинистые почвы на покровных суглинках, подстилаемых неогеновыми песками (фактор усиления суффозии);

- IV. Старорязанское плато (север Окско-Донской равнины, зона широколиственных лесов, пологий склон тектонического поднятия;  $h_{abc} = 142$  м): серые лесные почвы на покровных средних суглинках, подстилаемых меловыми песками, пашня;

- V. Окско-Донское плоскогорье (современный водораздел Оки и Дона, граница Окской и Донской покатостей Окско-Донской равнины с преобладанием плоских водоразделов, в контурах неогеновой долины Палео-Дона;  $h_{abc} = 161$  м): черноземы выщелоченные тяжелосуглинистые с вторым гумусовым горизонтом, подстилаемые неогеновыми песками с глубины 1,5-2,5 м, пашня;

- VI. Неогеновый Окско-Донской водораздел (в 23 км к северо-западу от участка V, периферия Окско-Донского плоскогорья с большей плотностью эрозионного расчленения и преобладанием пологоувалистых междуречий;  $h_{abc} = 164$  м): черноземы выщелоченные легкоглинистые, пашня.

Внутрипрофильное распределение радионуклидов по горизонтам почв западин и окружающих их зональных почв представлено в табл. 1. В верхней части данной таблицы сгруппированы почвы с максимальным сходством генетического профиля (объекты I-III): здесь и в зональных, и в западинных почвах имеются осветленные горизонты A2 – свидетельства глеевых процессов и сезонного переувлажнения, однако в западинных подзолах эти процессы более интенсивны, и их профиль более дифференцирован относительно зональных почв. В нижней части таблицы

представлены зональные почвы, лишённые горизонта A2 (объекты III-VI), что свидетельствует о наиболее значительных отличиях их водного режима от западинных подзолов. Следует ожидать, что в почвах объектов III-VII контрастность распределения радионуклидов по горизонтам будет невелика, а подвижность – минимальна.

Индикатором элювиально-иллювиальной дифференциации элементов служит удельная активность естественных радионуклидов (ЕРН). Как видно из табл. 1, наибольшая контрастность такой дифференциации характерна для зональной дерново-подзолистой почвы наиболее лёгкого состава (объект I – Тумское плато): имеет место типичный процесс накопления ЕРН в иллювиальном горизонте В. С утяжелением механического состава (объекты II-III) иллювиирование ЕРН наблюдается на меньшей глубине (как правило, на 30-35 см, тогда как в зональных почвах Тумского плато – в 1,5 раза глубже). Наименее контрастным распределением ЕРН отличаются черноземы юга Рязанского региона (объект V). В то же время в почвах западин контрастность распределения ЕРН не столь очевидна. Даже в условиях лёгкого механического состава (объект I) максимум активности ЕРН наблюдается на глубине 30 см, что аналогично тяжелосуглинистым зональным почвам. Очевидно, в западинных подзолах существует процесс, препятствующий вертикальной миграции вещества – ещё более эффективный, чем в зональных почвах, отличающихся меньшим гидроморфизмом. Действует принцип отрицательной обратной связи: рост радиальной водной миграции активизирует защитные реакции геосистем, препятствующие обеднению почв элементами.

Данные соображения подтверждаются особенностями поведения  $^{137}\text{Cs}$ , который может рассматриваться как техногенный маркер почвообразовательных процессов [11]. Если в зональных почвах  $^{137}\text{Cs}$  достаточно активно участвует во внутрипрофильной миграции, то в почвах западин такая миграция блокируется уже на уровне горизонта A2B, и ниже – в горизонте В – он полностью отсутствует. В то же время в зональных почвах радиоцезий способен «доходить» до иллювиального горизонта, где его активность может составлять до 14% от таковой в горизонте Апх (объект I). В почвах Старорязанского плато (объект IV)  $^{137}\text{Cs}$  достигает второго гумусового горизонта (ВГГ), располагающегося на глубине 80 см и представляющего собой реликт горизонта A1 раннеголоценовых чернозёмов (по результатам радиоуглеродной датировки, калиброванный возраст гуминовых кислот из ВГГ составляет  $7665 \pm 89$  лет: ИГАН 3948). Характерно также, что в ВГГ данной почвы активность ЕРН примерно на 20% выше, чем в Апх, что, без сомнения, обусловлено выносом элементов из верхних горизонтов при деградационных процессах – преобразова-

Таблица 1. Удельная активность гамма-излучающих радионуклидов в генетических горизонтах почв западин и их зональных аналогов, Бк/кг.

Морфоструктуры	Западные подзолы					Зональные почвы						
	генетические горизонты	глубина, см	<sup>137</sup> Cs	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K	генетические горизонты	глубина, см	<sup>137</sup> Cs	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>40</sup> K
I. Тумское плато	A1	2-14	77,40	21,6	18,8	402,0	A <sub>пак</sub>	0-25	22,5	16,4	18,5	383,2
	A2g	14-34	1,95	20,0	26,7	450,0	A2+A2B	25-39	0	17,4	18,4	372,3
	A2Bg	34-55	0	16,4	25,5	423,3						
	B1	55-95	0	4,0	1,5	108,2	B	39-107	3,07	22,4	32,2	557,0
	B2 <sub>ort</sub>	95-110	0	5,3	6,9	147,5	C	св. 107	0	12,9	19,0	321,8
BC	110-152	0	6,8	14,0	210,3							
II. Ижевский блок	C	св. 152	0	9,0	16,0	219,8	A <sub>пак</sub>	0-24	60,08	19,4	19,4	316,8
	A1	0-15	110,9	28,2	16,9	351,4	A2	24-32	0	19,3	25,1	409,9
	A2g	15-25	2,29	18,6	20,7	375,1						
	A2g+A2Bg	25-35	1,97	18,4	18,8	352,4	A2B	32-40	0,22	20,0	31,5	462,8
	A2Bg	35-49	1,00	19,4	24,6	335,1	B1B2	св. 68	0	15,5	24,4	342,2
	B1	49-72	0	20,5	23,5	360,3						
	B2	св. 72	0	16,3	21,0	288,0	A <sub>пак</sub>	0-33	74,26	26,9	31,0	465,3
III. Салтыковский прогиб	A1	0-22	124,30	26,6	35,9	508,0	A2g	33-37	2,46	29,3	39,6	654,0
	A2g	22-30	0,16	25,3	36,9	572,5	A2B	37-57	0	15,2	37,9	465,9
	A2Bg	30-44	0,04	20,7	34,4	438,8	B1	св. 57	0,35	12,6	29,1	315,2
	B1B2	44-112	0	21,7	36,6	458,8						
	A1	0-10	25,06	19,0	28,7	452,4	A <sub>пак</sub>	0-32	29,57	19,0	31,5	431,9
IV. Старорязанское плато	10-35	1,11	25,5	33,1	566,5	-	-	-	-	-	-	-
	A2g	35-48	0,35	26,7	34,8							
	A2Bg	48-73	0	21,7	34,4	468,0	A1-AB	32-70	2,23	26,5	34,5	541,0
	B1B2	73-112	0	19,8	33,1	440,7	[A1]	70-130	0,57	24,8	35,7	508,0
	BC	св. 112	0	22,5	32,0	508,0	B	130-154	0	18,5	33,2	432,3
	A1A2	0-17	79,90	23,2	32,4	459,6	A <sub>пак</sub>	0-35	20,11	17,8	29,2	476,0
V. Окско-Донское плоскоместье	A2g	17-30	0	25,1	39,8	524,0	-	-	-	-	-	-
	A2Bg	30-47	0	24,5	44,1	598,0						
	B1B2	47-120	0,38	22,6	37,0	506,0	A1-AB	35-65	19,74	19,7	28,5	493,0
	A1	7-13	341,30	29,0	38,3	552,0	[A1]	65-125	0,63	19,6	30,3	424,6
	A2g	13-49	0	26,0	44,3	558,0	B	св. 125	0,99	25,7	30,7	422,5
VI. Неогеновый Окско-Донской водораздел	A2Bg	49-55	0	24,4	44,0	541,0	A <sub>пак</sub> -A1	0-42	61,12	26,2	32,1	529,0
	B1B2	55-95	0,75	20,5	38,9	520,0	-	-	-	-	-	-
	C	св. 224	2,56	13,1	34,0	261,9						
							AB	42-69	0	19,6	36,7	507,0
							B	69-140	0,53	14,4	22,3	332,3

нии чернозёма в серую лесную почву при нарастании увлажнения во второй половине голоцена. Не исключено, что данному процессу способствовала и распашка почв. Судя по достаточно активному перераспределению  $^{137}\text{Cs}$  по профилю, когда даже на глубине 50 см его активность уменьшается всего в 10 раз, процесс внутривертикальной дифференциации вещества в зональной почве Старорязанского плато весьма активен и сейчас. В то же время в смежном западном подзолье уже на глубине 10 см удельная активность цезия падает в 23 раза, а на глубине 50 см снижается до нуля, что в очередной раз свидетельствует о меньшей подвижности  $^{137}\text{Cs}$  в гидроморфных почвах западин.

В профиле черноземов юга Рязанской области, также иногда обладающими ВГТ (объект V), радиоцезий ещё подвижнее, чем в более легких по мехсоставу серых лесных почвах Старорязанского плато, и лишь контрастность дифференциации ЕРН почти не выражена – сказываются особенности степного педогенеза (табл. 1). В зональном чернозёме объекта VI  $^{137}\text{Cs}$  также достаточно глубоко проникает вниз по профилю и достигает горизонта В. Возможный механизм миграции – вынос по почвенным трещинам и ходам землероев. В соответствующих западных подзолах миграция вновь эффективно блокируется на уровне горизонта А2g, и лишь в самой нижней части профиля (горизонты В2 и С) активность  $^{137}\text{Cs}$  может вновь возрастать, но остаётся на несколько порядков ниже, чем в горизонте А1, и никак не связана с вертикальной миграцией вещества. Указанный рост обусловлен боковой миграцией  $^{137}\text{Cs}$  из окружающих зональных почв. Роль боковой миграции возрастает с ростом глубины, что отчётливо видно на примере объекта VI.

Таким образом, несмотря на промывной водный режим и гидроморфность западных подзолов, радиоактивные элементы, и в первую очередь  $^{137}\text{Cs}$ , проявляют признаки менее интенсивной внутривертикальной миграции по сравнению с зональными почвами. Хорошо известно [6], что гидроморфные обстановки стимулируют вторичное огливание – формирование в переувлажнённых почвах определённого класса вторичных глинистых минералов, равновесных с данными жесткими условиями. Такими минералами являются гидрослюда, тогда как в зональных почвах значительная часть илистой фракции представлена монтмориллонитовой компонентой. Гидрослюда способны к наиболее активному поглощению ряда элементов, к числу которых относится и  $^{137}\text{Cs}$ . Причина заключается в его оптимальном ионном радиусе, что способствует вхождению в кристаллические структуры гидрослюд. При этом минералам группы монтмориллонита столь высокое сродство к  $^{137}\text{Cs}$  не свойственно: фиксация идет по пути ионного обме-

на на поверхности, и образующиеся связи существенно менее прочные. Это и является причиной большей миграционной стабильности  $^{137}\text{Cs}$  (а также ряда ЕРН) в гидроморфных почвах по сравнению с зональными. В этой связи закономерно, что наиболее интенсивное блокирование вертикальной миграции радионуклидов неоднократно отмечалось нами именно в глеевом горизонте А2g.

Внутривертикальное распределение элементов – это косвенный индикатор миграционных процессов, и его нельзя рассматривать как способ их количественной оценки. Для такой оценки необходимы балансовые исследования, которые и были предприняты нами в 2012-2013 гг. на протяжении всего годового цикла. Было изучено поступление радионуклидов в западины с атмосферными осадками, а также их радиальный вынос из верхних почвенных горизонтов с лизиметрическими водами. Модельными объектами послужили западины на Тумском плато и на Окско-Донском плоскогорье (объекты I и V: табл. 1), поскольку именно в них удалось получить почвенный раствор, сформированный исключительно под влиянием радиальной водной миграции без какого-либо вклада боковой, что нередко наблюдается при переполнении западин грунтовыми водами. Было установлено, что количество почвенного раствора, поступившего в водоприёмники лизиметрических установок, существенно превышает сумму осадков в контурах западин, которые могли быть источниками для их формирования: в обоих случаях разница превысила 12 раз. Очевидно, что данные различия покрываются за счёт латерального притока с территорий, окружающих западины. Зная количество осадков и их радионуклидную композицию, можно не только оценить масштаб ежегодного привноса радионуклидов в данное урочище с боковым поверхностным стоком, но и определить водосборную площадь западины (по крайней мере, в относительных единицах – в сопоставлении с её собственной площадью). Согласно нашим расчётам, на Тумском плато водосбор превышает размер западины в 12,4 раза, а на Окско-Донском плоскогорье – в 24,6 раз.

Как видно из табл. 2, латеральный привнос  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$  с окружающих западину полей со снеговыми водами в марте-апреле обеспечивает 48-95 % их годового поступления (максимально – для радиоцезия). Следовательно, геохимическая роль осадков, выпадающих непосредственно в западине, достаточно низка, а аккумулятивный режим данных форм рельефа проявляется в первую очередь в период снеготаяния. Именно в марте-апреле 1987 г. осуществилось масштабное внутриландшафтное перераспределение чернобыльского  $^{137}\text{Cs}$ , в процессе которого его удельная активность в западных подзолах почти повсеместно повысилась в 2-3,5 раза по сравнению

с окружающими пахотными почвами (табл. 1). Атмогидрохимическая подвижность  $^{232}\text{Th}$  и  $^{40}\text{K}$  очень низка, существенному перераспределению со стоком талых вод они не подвержены. По-видимому,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$ , в отличие от иных радионуклидов, отличаются нахождением в почвах и атмосферных осадках в наиболее мобильных формах, способных к активной внутриландшафтной миграции (растворённая и мелкоколлоидная фазы).

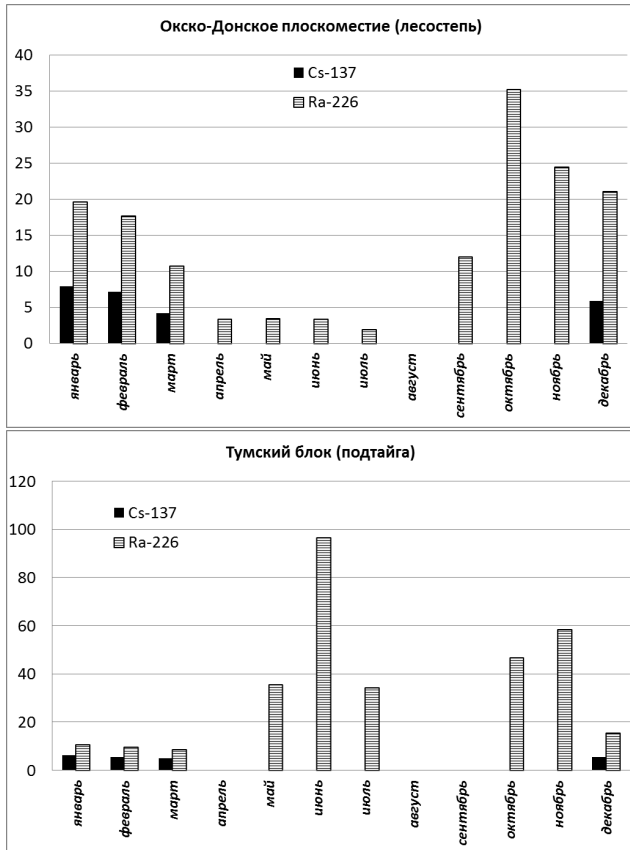


Рисунок 1. Плотность атмосферного потока  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в западинах, Бк/м<sup>2</sup> · год (2012-2013 гг.).

Одним из важных факторов такой мобильности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{226}\text{Ra}$  является биогенная миграция, на наличие которой указывает годовой ход их атмосферной поставки с осадками. Литературные данные [5] и результаты наши исследований [7] свидетельствуют, что осадки, прошедшие через кроны древесных растений, подвергаются существенной биологической метаморфизации, и их химический состав определяется уже не дальней атмосферной миграцией элементов, а годовым ходом физиологической активности растений. Как видно рис. 1, в наибольшей степени биогенная мобилизация свойственна  $^{226}\text{Ra}$ , причём универсальной закономерностью является наличие осеннего максимума его поставки. Данный максимум связан с активизацией выделения элементов из осенних листьев и характерен для геохимических аналогов  $^{226}\text{Ra}$  – кальция и магния [7]. В подтаёжной зоне наблюда-

ется и весенний максимум  $^{226}\text{Ra}$ , обусловленный его выделением из листьев с ещё неокрепшей и проницаемой кутикулой. Вторая половина лета – это период нулевой удельной активности  $^{226}\text{Ra}$  в осадках.

Характерно, что осенний максимум «продолжается» в зимний сезон (по крайней мере, при отсутствии сильных морозов и глубокого промерзания почвы). Это свидетельствует, что и зимой фитогеохимическая активность продолжается. При этом растения не только осуществляют «самоподкормку» биогенными элементами, но и освобождаются от некоторых токсикантов, поглощённых пассивно и не участвующих в метаболизме. Аналогичные особенности биогенной миграции ранее были отмечены нами как для эссенциального азота (в форме  $\text{N-NH}_4$ ), так и для токсичного  $\text{Cd}$  [7]. Как видно из рисунка, «по пути»  $\text{Cd}$  идет наиболее типичный токсикант среди радионуклидов –  $^{137}\text{Cs}$ , полностью чуждый биосфере. В среднестатистический год он присутствует в атмосферных осадках исключительно зимой, его отсутствие в весенне-летний период связано с работой барьерных механизмов, предотвращающих биопоглощение и фитогенное рассеяние  $^{137}\text{Cs}$  даже в условиях загрязнённых этим элементом западных подзолов [8, 9].  $^{226}\text{Ra}$  обладает существенно большей биофильностью [4] и, кроме того, отличается безбарьерным типом биопоглощения [3, 8], поэтому в начале и конце вегетационного периода его аэрофитогенные ореолы столь отчетливо выражены.

Необходимо подчеркнуть, что в разные годы особенности фитогенной миграции  $^{137}\text{Cs}$  существенно меняются. В частности, интенсивное переувлажнение западных почв, вызванное обилием зимних осадков в 2012 г., стимулировало биогенную миграцию цезия в условиях активизации глеевых процессов. В результате высокого и длительного стояния грунтовых вод весной 2012 г. растворение и перекристаллизация вторичных минералов в почвах западин увеличились, подвижность изоморфных примесей к ним (в том числе и  $^{137}\text{Cs}$ ) возросла, соответственно увеличилась его доступность для биопоглощения. Как следствие, возросла и его концентрация осадках: модуль аэрального поступления  $^{137}\text{Cs}$  в западные подзолы объекта V в июне 2012 года доходил до 30 Бк/м<sup>2</sup> в месяц, а в более сухую весну 2013 г. снизился до нуля (рис. 1).

В балансовых расчётах (табл. 3) мы использовали средние значения данного модуля, учитывая условия 2012, и 2013 гг. Как видно из таблицы, из всех изученных радионуклидов наибольшей относительной мобильностью характеризуется  $^{226}\text{Ra}$ : масштабы его входных и выходных потоков вполне сопоставимы с запасом в верхнем 0-10-см слое гумусового горизонта западных подзолов.



Таблица 2. Доля различных источников поступления радионуклидов в урочища западин, % от годового модуля аэрального поступления.

Источники аэрального поступления	$^{137}\text{Cs}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{40}\text{K}$
I. Тумское плато				
Поступление с зимними осадками, выпадающими непосредственно в западине	5,2	6,6	—	—
Латеральный привнос талых снеговых вод с окружающей территории (март-апрель)	94,8	47,9	—	—
Поступление с осадками теплого полугодия, выпадающими в западине	0,0	45,5	—	—
V. Окско-Донское плоскогорье				
Поступление с зимними осадками, выпадающими непосредственно в западине	4,7	5,0	0	—
Латеральный привнос талых снеговых вод с окружающей территории (март-апрель)	76,2	87,4	0	—
Поступление с осадками теплого полугодия, выпадающими в западине	19,1	7,6	100	—

Причиной такой мобильности, кроме фитогенной мобилизации  $^{226}\text{Ra}$ , является строение электронных оболочек его атомов и положение данного элемента в радиоактивном ряду урана. Радиус иона  $^{226}\text{Ra}^{2+}$  (0,144 нм) отличается от такового  $^{40}\text{K}^+$  (0,133 нм) не более чем на 15%, электроотрицательность данных ионов также сходна (соответственно 0,90 и 0,82). Это, согласно правилу Гольдшмидта, означает возможность изоморфного замещения радием ионов калия в межпакетном пространстве гидрослюд (иллита, вермикулита и др.) – наиболее типичных глинистых минералов гидроморфных почв. Именно процесс изоморфного замещения калия радиоцезием «ответственен» за прочную фиксацию последнего в данных почвах. Однако, в отличие от  $^{137}\text{Cs}$ , для радия (подобно его геохимическому аналогу стронцию, в том числе  $^{90}\text{Sr}$ ) такая изоморфная смесимость с калием в почвенных минералах выражена очень слабо и наблюдается лишь в магматических, первичных породах [8] – например, в смешанных калий-бариевых полевых шпатах. Благоприятная, на первый взгляд, предпосылка закрепления радия в почве не реализуется по следующим причинам:

1) ионы  $^{226}\text{Ra}$ , будучи продуктами радиоактивного распада *in situ*, являются «атомами отдачи» с высокой кинетической энергией, что стимулирует их геохимическую подвижность [3];

2) для компенсации избыточного отрицательного заряда гидрослюд необходимо вхождение в их межпакетное пространство не двух-, а одновалентных катионов; так что радиоцезий, как щелочной металл, существенно предпочтительнее при изоморфном замещении калия, поэтому глинистыми минералами поглощается именно он, а не  $\text{Ra}^{2+}$ ;

3) радий активно поглощается растениями совместно со своими биофильными геохимическими аналогами – кальцием и магнием, причем безбарьерно. Особенно интенсивное поглощение Ra свойственно гумидокатным видам (приспособленным к питанию катионами, подвижными в кислых гумидных обстановках) – осине, березе, иве и др. [8], то есть видам – эдификаторам западных сообществ.

Таким образом,  $^{226}\text{Ra}$  практически не имеет возможности прочно ассоциироваться с твердой фазой гидроморфных почв и «вынужденно» пребывает в биогенных и водных потоках. Этим объясняется и биогенно-аккумулятивный тип внутрипочвенного распределения  $^{226}\text{Ra}$  в большинстве западных почв – высокие концентрации в гумусовых горизонтах и закономерное достаточно резкое снижение концентрации вниз по профилю (наиболее типичные примеры – объекты II, III, VI; см. табл. 1). По-видимому, в большинстве лет реализуется положительный баланс  $^{226}\text{Ra}$  в западинах. Согласно полученным нами полевым данным (табл. 3), такая ситуация наблюдалась в объекте V, а в объекте I на Тумском плато в условиях почв более легкого механического состава баланс миграции  $^{226}\text{Ra}$  оказался резко отрицательным. Следует полагать, что данная ситуация может меняться из года в год в зависимости от количества зимних осадков.

Тем не менее, весьма примечательно, что, в отличие от радия, атмогидрохимическая миграция  $^{137}\text{Cs}$  в урочищах западин крайне незначительна: ежегодная мобилизация в почвенный раствор не превышает нескольких процентов относительно его почвенных запасов, независимо от природной зоны и механического состава почв (табл. 3). При этом все исследуемые западины оказались аккумулятивными по отношению к

Таблица 3. Баланс радионуклидов в гумусовых горизонтах западных подзолов (данные 2013 г.).

Объект	Процесс	$^{137}\text{Cs}$		$^{226}\text{Ra}$		$^{232}\text{Th}$		$^{40}\text{K}$	
		Бк/кг	%*	Бк/кг	%*	Бк/кг	%*	Бк/кг	%*
I. Западина на Тумском плато (подтайга)	Привнос с осадками	+428,7	+4,6	+592,9	+22,9	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0
	Запасы в 0-10см слое почвы (гор. А1)	9288,0	100	2593,4	100	2256,3	100	48240,0	100
	Вынос с лизиметрическими водами	-300,2	-3,2	-2348,8	-90,6	-0,0	-0,0	-0,0	-0,0
	<b>Невязка баланса</b>	<b>+1,4%</b>		<b>-67,7%</b>		<b>0%</b>		<b>0%</b>	
V. Западина на Окско-Донском плоскогорье (лесостепь)	Привнос с осадками	+512,6	+5,3	+1179,5	+42,4	+27,7	+0,7	+0,0	+0,0
	Запасы в 0-10см слое почвы (гор. А1)	9588,0	100	2782,0	100	3882,9	100	55146,0	100
	Вынос с лизиметрическими водами	-240,6	-2,5	-854,6	-30,7	-0,0	-0,0	-12785,1	-23,2
	<b>Невязка баланса</b>	<b>+2,8%</b>		<b>+11,7%</b>		<b>+0,7%</b>		<b>-23,2%</b>	

\*относительно запасов в 0-10см слое горизонта А1 западных подзолов, расположенном над коллектором лизиметров.

потокам  $^{137}\text{Cs}$  (водный вынос меньше ежегодного привноса с осадками). Полученные данные свидетельствуют о существенной зависимости поведения радиоактивных элементов в ландшафте от строения их атомов, положения в радиоактивных рядах, степени биофильности, а также о том, что деградационные изменения в почвах под влиянием экстремального переувлажнения не абсолютны: существуют механизмы отрицательной обратной связи (в частности, вторичное огливание) способствующие снижению мобильности элементов, что проявляется в блокировании водной миграции  $^{137}\text{Cs}$ . Следовательно, наша первоначальная гипотеза о росте вертикальной миграции радиоцезия в западных подзолах оказалась неверной. Этот факт снижает экологическую значимость загрязнения гидроморфных почв данным радионуклидом.

#### Список литературы

- Ахтырцев А.Б. Гидроморфные почвы и переувлажненные земли лесостепи Русской равнины // Монография / Воронеж: Воронежский государственный педагогический университет. 2003. – 224с. ;
- Базилевич Н.И. Лесостепные солоды. М.: Наука, 1967. 97 с.
- Бекман И.Н. Радий. – М.: Изд-во МГУ, 2010. – 142 с.
- Вернадский В.И. О концентрации радия живыми организмами. // Доклады АН СССР. 1929. № 2. С. 33-34.
- Елпатьевский П.В. Геохимия миграционных потоков в природных и природно-техногенных геосистемах. М.: Наука, 1993. 253 с.
- Зайдельман Ф.Р. Процессы глееобразования и его роль в формировании почв / М.: МГУ, 1998. – 316 с.
- Кривцов В.А., Тобратов С.А., Водорезов А.В., Комаров М.М., Железнова О.С., Соловьева Е.А. Природный потенциал ландшафтов Рязанской области / Монография // под ред. В.А. Кривцова, С.А. Тобратова: Ряз. гос. ун-т имени С.А. Есенина. – Рязань, 2011. – 768 с.
- Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей-2000, 1999. – 768 с.
- Романцова Н.А. Особенности биогеохимических циклов цезия-137 в травянистых экосистемах на радиоактивно загрязненной территории Тульской области. Дисс. ... канд. биол. наук. – Тула, 2012. – 126 с.
- Сафронов С.Б. Почвы замкнутых западин севера Тамбовской равнины в условиях поверхностного и грунтового переувлажнения. Дисс. ... канд. биол. наук. – Москва, 2008. – 155 с.
- Соботович Э.В., Бондаренко Г.Н., Долин В.В. Развитие геохимии техногенеза после Чернобыльской катастрофы / Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. – К. : ІГНС, 2011. – Вип. 19. – С. 19-40

SOME ASPECTS OF DISTRIBUTION AND MIGRATION OF  $^{137}\text{Cs}$  AND NATURAL RADIONUCLIDES IN SOILS OF DIFFERENT HYDROMORPHIC

Shishov S.I., Tobratov S.A.

Ryazan State University named for S.A. Esenin. Ryazan

[s.shishov@rsu.edu.ru](mailto:s.shishov@rsu.edu.ru), [tobratovsa@mail.ru](mailto:tobratovsa@mail.ru)

The article analyzes the distribution and annual cycle of migration of natural radionuclides and  $^{137}\text{Cs}$  in some zonal soils and hydromorphic soils of flat-bottom steppe depressions on the case study of the center of the East-European Plain (in the Ryazan region).

**Keywords:** migration of radionuclides, flat-bottom steppe depressions, hydromorphic soils,  $^{137}\text{Cs}$ , natural radionuclides, East-European Plain, Ryazan region