



Экологические СИСТЕМЫ и ПРИБОРЫ

11•2012

ISSN: 2072-9952

Jekologicheskie sistemy i pribory
Ecological Systems and Devices

**21-22 НОЯБРЯ 2012 ГОДА
II СЪЕЗД ЭКОЛОГОВ РОССИИ**

Колонный зал Дома Союзов
(г. Москва, ул. Большая Дмитровка, 1.)



ОРГКОМИТЕТ СЪЕЗДА:

Телефон: (495) 981-4597

(495) 953-4656

(499) 135-7496

Факс: (495) 913-5616

e-mail: congress2@oil-slime.ru

<http://www.oil-slime.ru>

<http://www.intert.ru>



Открытие Съезда в 10.00

Выставка - "Экология XXI века" - с 9.00 - 16.00

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПРИБОРЫ

№ 11
2012

ISSN: 2072-9952

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

- Авербух Е.Л., Куркина О.Е., Куркин А.А.
Поверхностные проявления красных волн
на «шельфе-ступеньке» с горизонтально изменчивым течением 3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

- Набеева Э.Г., Мингазова Н.М., Блатт Л.В.,
Деревенская О.Ю., Палагушкина О.В., Заринова Н.Р.,
Кулагин Н.В., Мингалиев Р.Р., Павлова Л.Р.
Восстановление нефтезагрязненной реки Шава Нижегородской
области и разработка критериев восстановления 10

ЗАГРЯЗНЕНИЕ, КОНТРОЛЬ, АНАЛИЗ И ОХРАНА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

- Семенова И.Н., Севрякова О.А.
Оценка устойчивости почв в зоне влияния отвалов
Сибайского медно-колчеданного карьера (Южный Урал)
по отношению к тяжелым металлам 17
- Янин Е.П.
Тяжелые металлы (кадмий, медь, никель, свинец)
в техногенных илах р. Пахры (накопление, формы
нахождения, миграционная подвижность) 26
- Сергеев А.П., Баглаева Е.М., Медведев А.Н.,
Шичкин А.В., Иванов Ю.К.
Методические аспекты оценки загрязнения снегового покрова
в зоне влияния промышленных предприятий 37
- Завальцева О.А., Коновалова Л.В.,
Назмутдинова Л.Р., Светухин В.В.
Влияние некоторых физико-химических параметров
речных систем с разным уровнем антропогенной нагрузки
на токсичность тяжелых металлов для гидробионтов
(на примере ионов меди (II)) 46

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Курапан С.А.
Изменения климата и здоровье населения:
региональные особенности и прогнозные оценки
для территории Центрального Черноземья 52

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ПРОЦЕССОВ

- Светлосанов В.А., Кудин В.И.
Системный анализ, риск, порядок и хаос
в стратегии устойчивого развития 58
- Лобанов С.А., Задоя Д.С.
Оценка мощности критерия полимодальности законов
распределения случайных величин методом Монте-Карло 65

ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Галченко Ю.П., Лизункин М.В., Шуклин А.С.
Экологические особенности применения раздельной выемки
при подземной разработке пологих жил 69
- Правила рассмотрения и публикации статей 76

Учредитель и издатель:
ООО Издательство «Научтехлитиздат»

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ
по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1132
Подписной индекс ОАО «Роспечать» 79218
Подписной индекс «Пресса России» 27866

Главный редактор д-р техн. наук, проф.
Т.Г. САМХАРАДЗЕ

Редакция:
Сердюк В.С., Моисеева М.А.,
Краснова Л.М., Паляева Ю.С.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Гуляев Ю.В., акад. РАН; Лаверов Н.П., акад.
РАН; Федик И.И., чл.-корр. РАН; Матвеев В.А.,
д-р техн. наук, проф., заслуженный деятель
науки и техники РФ; Рыбин В.М., д-р техн. наук,
проф., заслуженный деятель науки и техники РФ;
Щербаков Н.С., д-р техн. наук, проф., заслуженный
деятель науки РФ; Гавардашвили Г.В., д-р
техн. наук, проф.; Галченко Ю.П., д-р техн.
наук; Голубятников И.В., д-р техн. наук,
проф.; Самхарадзе Т.Г., д-р техн. наук, проф.;
Тагасов В.И., д-р техн. наук, проф.; Чебышев С.Б.,
д-р техн. наук, проф.; Михайлов Ю.Б., д-р
техн. наук, проф.; Аксенов Ю.П., д-р техн.
наук; Проходский Ю.М., д-р техн. наук;
Романов А.А., д-р техн. наук; Филленко О.Ф., д-р
биол. наук; Проходская В.Ю., канд. биол. наук.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

Публикация статей бесплатная. Правом внеочередной
публикации пользуются аспиранты и докторанты.

Материалы, опубликованные в настоящем журнале, не
могут быть полностью или частично воспроизведены,
тиражированы и распространены без письменного
разрешения редакции.

При перепечатке отдельных частей статей ссылка
обязательна.

Подписано в печать 7.11.12.

Формат 60×88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.

Усл.-печ. л. 14,3. Усл. кр.-отт. 32,1. Уч.-изд. л. 19,2. Зак. 430.

Тираж 2 700 экз.

Адрес редакции:

107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2.

Тел.: (963) 680-10-50; (495) 231-78-81,

факс: (495) 231-78-80.

Бухгалтерия: (495) 737-52-19.

E-mail: esip_99@mail.ru

http://www.tgizd.ru

Оригинал-макет и электронная версия подготовлены
ООО Издательство «Научтехлитиздат»

Отпечатано в ООО Издательство «Научтехлитиздат».
107258, Москва, Алымов пер., д. 17, стр. 2

Э.Г. Набеева
канд. биол. наук
Н.М. Мингазова
д-р биол. наук, проф.
Л.В. Бласт
О.Ю. Деревенская
канд. биол. наук
О.В. Палагушкина
канд. биол. наук
Н.Р. Зарипова
И.В. Кулагин
Р.Р. Мингалиев
Л.Р. Павлова
(Казанский (Приволжский) федеральный университет)

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ РЕКИ ШАВЫ НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ И РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

E.G. Nabeeva
N.M. Mingazova
L.V. Blatt
O.Yu. Derevenskaya
O.V. Palagushkina
N.R. Zaripova
N.V. Kulagin
R.R. Mingaliev
L.V. Pavlova

RESTORATION OF THE PETROPOLLUTED RIVER SHAVA IN NIZHNY NOVGOROD RE-GION AND DEVELOPMENT OF CRITERIA OF RESTORATION

В результате аварии от нефтепродуктопровода «Альметьевск–Нижний Новгород» в 2007 г. произошло загрязнение р. Шавы, болота и прудов рыбхоза «Борок» дизельным топливом. Для восстановления экологического состояния реки и биологического разнообразия были проведены специальные восстановительные мероприятия. Оценка эффективности мероприятий проведена по разработанным критериям восстановления, оценивающим состояние различных компонентов природной системы.

Ключевые слова: восстановление экосистемы реки; восстановление биотических сообществ; нефтяное загрязнение; восстановительные мероприятия.

As a result of the oil pipeline «Almetyevsk-Nizny Novgorod» damage in 2007, diesel fuel pollution of river Shava, wetlands and ponds of fish farm «Borok» occurred. For the restoration of ecological situation and biological diversity of the river special restoration events were held. The assessment of measure efficiency was carried out by the investigated criteria of restoration estimating a condition of various components of natural system.

Key words: restoration of an ecosystem of the river; restoration of biotic communities; oil pollution; restoration measures.

Введение

В результате аварии от нефтепродуктопровода «Альметьевск–Нижний Новгород», произошедшей в марте 2007 г. в Кстовском районе Нижегородской области, произошло загрязнение реки Шавы, болота Шавы (памятника природы областного значения) и прудов рыбхоза «Борок» дизельным топливом. Общий объем разлившегося нефтепродукта составил 309,05 м³. Река Шавы была загрязнена на протяжении около 7,5 км, загрязнены водноболотные участки (ветланды), рыбохозяйственные

пруды и сельскохозяйственные земли общей площадью свыше 400 га. Лабораторией оптимизации водных экосистем экологического факультета КГУ (КФУ) проводились мониторинговые исследования в 2007 и 2011 гг., разрабатывались планы производства работ по ликвидации последствий нефтяного загрязнения и восстановлению водных экосистем.

Задачами исследований явились разработка критериев оценки процессов восстановления, оценка эффективности мероприятий по разработанным критериям.

Для выявления эффективности восстановления водноболотных угодий р. Шавы лабораторией оптимизации водных экосистем КФУ в 2011 г. были разработаны критерии оценки эффективности процессов самоочищения и завершения рекультивационных работ (для вод, почв, микробных сообществ почв, растений, гидробионтов и животного мира) в результате экспертной работы, анализа мониторинговых исследований, литературных и нормативных сведений. Выработанные критерии эффективности восстановления послужили основой для разработки плана продолжения рекультивационных работ.

Материал и методики исследований

Данными для исследований послужили материалы по оценке экологического состояния, восстановлению и очистке водных экосистем болотного комплекса р. Шавы в 2007 и 2009 гг. Исследования проводились на пяти участках р. Шавы: ст. 1 – выше места аварии (фон); ст. 2 – в месте аварии; ст. 3 – в 500 м ниже; ст. 4 – в 1 км ниже; ст. 5 – в 2 км ниже места аварии. Исследовались следующие компоненты: вода, донные отложения, прибрежные почвы, донные отложения р. Шавы, состав и количественные характеристики гидробионтов (фитопланктон, зоопланктон, зообентос). Гидрохимический состав воды и содержание нефтепродуктов в воде, прибрежных почвах и донных отложениях определялись в специализированных аккредитованных лабораториях стандартными методами. Оценка качества воды проводилась путем сравнения значений с ПДК для рыбохозяйственных водоемов, а также с использованием индекса загрязнения воды (ИЗВ) и эколого-санитарной классификации качества вод (ЭСК КВ, по ранговому показателю – РП). Пробы фито- и зоопланктона, зообентоса отбирали с постоянных станций в весенний и летний периоды. Всего было собрано и обработано более 30 количественных проб фитопланктона, 30 – зоопланктона и 30 проб – зообентоса. Пробоотборы и камеральная обработка выполнены по стандартным методикам.

Образцы почвы отбирались с места прорыва нефтепровода (авария 2007 г.) и ниже в два периода – в мае и июне 2011 г. по 20 образцов в серии. Всего проанализировано 40 образцов в лабораториях кафедры микробиологии КФУ и кафедры агрохимии и почвоведения Казанского аграрного университета, произведен микробиологический анализ двух серий образцов почвы (отобранных в мае и июне 2011 г.) по 20 образцов в каждой. Определяли pH почвы, влажность, содержание нефтепродуктов, число КОЕ гетеротрофных бактерий на 1 г почвы, число КОЕ углеводородокисляющих микроорганизмов на 1 г почвы, микробную биомассу

и метаболический коэффициент [1]. Анализ каждого показателя осуществляли в трех повторностях. Содержание нефтепродуктов определялось в аттестованной лаборатории Министерства экологии и природных ресурсов РТ (ЦСИАК).

Результаты исследований

Изменение содержания нефтепродуктов в воде и почвах в результате примененных мероприятий

В периоды аварийного сброса нефтепродуктов в р. Шаву наблюдались концентрации нефтепродуктов в воде до 874,2 мг/дм³, что превышало значение рыбохозяйственного ПДК (0,05 мг/дм³) в 17 484 раз. В апреле 2007 г. (через месяц после аварии) содержание нефтепродуктов в почвенных слоях составляло от 40 500 мг/кг в верхних слоях у места разрыва до 92 000 мг/кг в слоях до 1 м. Максимальное загрязнение локализовалось в месте разрыва трубопровода, на прилегающих участках количество нефтепродуктов изменялось от 4 600 до 28 300 мг/кг. Наибольшее количество нефтепродуктов аккумулировалось на глубине 50...100 см. Большая часть нефтепродуктов аккумулировалась торфяными почвами болота Шавы в районе аварии.

Для снижения концентрации нефтепродуктов, восстановления экологического состояния экосистем водно-болотного комплекса собственником нефтепродуктопровода и рядом организаций (ЦАСЕКО, НП «ВолгоДонЭкоСпас», ООО «Геолан» и др.) в 2007 и 2009 гг. осуществлялись мероприятия по очистке почвы в месте аварии, воды и донных отложений по руслу р. Шавы. Мероприятия, примененные в первые два месяца собственником нефтепродуктопровода (сбор сорбентов, откачка вод, устройство бонов и др.), были крайне необходимы для устранения массового поступления дизельного топлива, но были недостаточны для полной ликвидации остаточных последствий. Нефтепродукты аккумулировались грунтами, вследствие чего продолжалось хроническое поступление в реку, болото и пруд из донных отложений. Самоочищение вод проявлялось в виде сноса нефтепродуктов по руслу реки и осветлении воды за счет осаждения в донные отложения.

Мероприятия, примененные в последующем (барьеры, дамбы, откачка вод; использования бонов, матов, сорбентов; взмучивание донных отложений и связывание сорбентами и др.) были эффективны для устранения остаточных последствий, особенно взмучивание донных отложений пенной струей воды с сорбентом. Осенью 2007 г. содержание нефтепродуктов в воде реки (табл. 1) выше и ниже аварии было ниже 0,05 мг/л, т.е. не превышало ПДК.

Таблица 1

Динамика содержания нефтепродуктов в воде р. Шавы и нагульном пруду «Борок» в период с марта по октябрь 2007 г.

Месяц	Март 2007 г.						
Даты	12,03	14,03	15,03	19,03	29,03		
Река Шава, выше места разлива	1,32	0,12	0,29	0,13	0,11		
Река Шава, 150 м ниже аварии	874,2	291	319,9	5,93	8,78		
Вход в нагульный пруд	–	1,07	2,5	3,44	1,28		
Выход из пруда	0,31	0,042	0,23	0,08	89,9		
Месяц	Апрель	Май	Август 2007 г.			Октябрь 2007 г.	
Даты	11,04	13,04	16,08	24,08	21,08	5,10	9,10
Река Шава, выше места разлива	0,42	0,37	0,146	0,16	0,09	<0,02	<0,05
Река Шава, 150 м ниже аварии	7,52	1,72	0,21	0,1	–	<0,02	<0,05
Вход в нагульный пруд	0,84	0,77	0,39	0,287	0,13	0,087 (1,7 ПДК)	<0,05
Выход из пруда	88,8	76,9	0,1	0,098	0,12	0,044	<0,05
Примечание. ПДК рыбохоз. по нефтепродуктам составляет 0,05 мг/дм ³							

Таблица 2

Комплексные оценки качества воды р. Шавы в 2007 и 2011 гг.

Дата, горизонт, место отбора	Средний РП ЭСК		ИЗВ (индекс загрязнения воды)	
	2007 г.	2011 г.	2007 г.	2011 г.
Лето				
Станция 1 (фон)	3,1 – вполне чистая	3,7 – достаточно чистая	1,4 – умеренно загрязненная	–
Станция 2, место разлива	3,1 – вполне чистая	3,7 – достаточно чистая	1,4 – умеренно загрязненная	–
Станция 3		3,3 – вполне чистая		–
Станция 4	4,1 – достаточно чистая	3,9 – достаточно чистая	1,5 – умеренно загрязненная	–
Станция 5		3,5 – достаточно чистая	–	–
Осень				
Станция 1 (фон)		4,3 – достаточно чистая		1,2 – умеренно загрязненная
Станция 2, место разлива	4,0 – достаточно чистая	4,1 – достаточно чистая	2,6 – загрязненная	1,5 – умеренно загрязненная
Станция 3	3,8 – достаточно чистая	4,6 – слабо загрязненная	1,5 – умеренно загрязненная	1,3 – умеренно загрязненная
Станция 4	4,5 – достаточно чистая – слабо загрязненная	5,3 – слабо загрязненная	2,5 – умеренно загрязненная	1,8 – умеренно загрязненная
Станция 5		5,6 – умеренно загрязненная		7,4 – очень грязная

Результаты по оценке качества вод приведены в таблице 2. В результате оценки качества вод выявлены источники дополнительного антропогенного загрязнения, которые не могли быть связаны с аварийным поступлением нефтепродуктов (магний, соединения азота).

Загрязненными оставались грунт в месте аварии и донные отложения реки. На зимний период слой загрязненных отложений на участке аварийного разлива в ноябре 2007 г. был изъят и проведена консервация загрязненного участка до весны.

Мероприятия по очистке грунта и донных отложений водно-болотного комплекса Шава были продолжены в 2009 г., при этом в воде содержание нефтепродуктов не превышало ПДК для рыбохозяйственных водоемов, однако остаточное присутствие нефтепродуктов проявлялось при взмучивании донных отложений реки. Высокая сорбционная способность водно-болотного комплекса обуславливает сохранение нефтепродуктов в составе почвогрунтов, что является источником длительного загрязнения. По результатам исследований

Таблица 3

Характеристика почвы в прибрежной зоне р. Шавы в 2011 г.

Станция/ № пробы	Май 2011 г.		Июнь 2011 г.			
	pH	Влажность, %	pH	Влажность, %	Вскипание	Гумус, %
1/1	7,9±0,1	37,18±0,05	6,3±0,1	31,3±0,05	Вскипает	5,0
1/2	7,9±0,1	45,18±0,05	7,3±0,1	36,2±0,05	Вскипает	6,5
1/3	7,9±0,1	35,02±0,05	7,2±0,1	21,0±0,05	Вскипает	4,6
1/4	7,3±0,1	52,98±0,05	6,8±0,1	43,6±0,05	Нет	5,2
Среднее	7,7	42,59	7,0	33,0		5,4
2/1	7,3±0,1	75,35±0,05	7,2±0,1	77,6±0,05	Вскипает	20,6
2/2	6,8±0,1	60,52±0,05	7,5±0,1	76,0±0,05	Вскипает	22,3
2/3	7,0±0,1	45,55±0,05	7,4±0,1	27,2±0,05	Вскипает	3,9
2/4	7,4±0,1	74,58±0,05	6,2±0,1	69,3±0,05	Нет	20,0
Среднее	7,1	34	7,1	62,5		12,1
3/1	7,4±0,1	17,14±0,05	7,0±0,1	34,1±0,05	Вскипает	4,8
3/2	7,9±0,1	29,95±0,05	7,1±0,1	28,0±0,05	Вскипает	4,6
3/3	7,5±0,1	22,56±0,05	7,2±0,1	38,1±0,05	Вскипает	4,4
3/4	7,7±0,1	25,11±0,05	7,2±0,1	34,6±0,05	Вскипает	3,65
Среднее	7,6	23,69	7,1	33,7		4,36
4/1	7,9±0,1	24,79±0,05	н/д	н/д	Вскипает	4,5
4/2	7,4±0,1	30,06±0,05	н/д	н/д	Вскипает	4,7
4/3	н/д	~30	н/д	н/д	Вскипает	3,8
4/4	7,2±0,1	35,61±0,05	н/д	н/д	Вскипает	5,1
Среднее	7,5	30,1				4,53
5/1	7,0±0,1	24,79±0,05	7,4±0,1	26,7±0,05	Вскипает	5,2
5/2	7,3±0,1	20,07±0,05	7,4±0,1	23,7±0,05	Вскипает	3,3
5/3	7,2±0,1	27,09±0,05	7,4±0,1	28,3±0,05	Вскипает	4,6
5/4	7,1±0,1	35,74±0,05	7,2±0,1	30,9±0,05	Вскипает	3,5
Среднее	7,15	26,92	7,4	27,6		4,15

2011 г. (табл. 3) выявлено значительное снижение содержания нефтепродуктов в почвенном слое (в среднем до 100...150 мг/кг в поверхностном слое). Наиболее загрязненным остается участок 2 в месте разлива нефтепродуктов.

Критерии восстановления компонентов экосистем

По результатам проведенных исследований по восстановлению абиотических и биотических компонентов водно-болотного комплекса Шава и р. Шавы, сравнения данных за 2007 и 2011 г., сравнения с литературными и нормативными данными [1...5] и экспертных оценок были разработаны критерии восстановления и самоочищения, показывающие эффективность рекультивационных работ.

Воды. Для вод критериями восстановления являются соответствие благополучным классам и категориям качества вод («чистой», «удовлетворительно чистой» вод 1-го и 2-го класса качества вод, «слабо загрязненной» и «умеренно загрязненной» воды 3-го класса), соответствие ПДК для рыбохозяйственных целей, ПДК для культурно-бытового водоснабжения, снижение количества нефтепродуктов. Для природных вод критериями могут служить также качество воды фоновых участков рек, а также качество вод эталонных участков водных объектов охраняемых природных территорий.

Почвы и донные отложения. Критериями оценки завершения работ по восстановлению водно-болотного комплекса р. Шавы могут служить установленные решением арбитражного суда Нижегородской области допустимые значения содержания нефтепродуктов (ДОНП): до 1 250 мг/кг – в донных отложениях р. Шавы ниже по течению реки от места аварии до впадения в нагульный пруд рыбхоза «Борок», до 850 мг/кг – в почвах береговой зоны. Кроме того, критериями восстановления являются внешний вид донных отложений (без промазков нефтепродуктов и маслянистых радужных пятен), отсутствие всплывающих нефтепродуктов при взмучивании донных отложений и показатели благополучного состояния почвенных микроорганизмов.

Почвенные микробные сообщества. При оценке благополучия почвенных микробных сообществ выявлено, что необходимо выполнение условий, при одновременном выполнении которых рекультивационные работы можно считать завершенными. Так, угнетение роста корней и побегов тест-объектов должно быть не более чем на 20 % по сравнению с контрольной пробой (методика выполнения работ ФР 1.39.2006.02264). Фитотоксичность почвенных образцов должна отличаться не более чем на 20 % по сравнению

с контрольными образцами (методика выполнения работ МР 2.1.7.2297–07). Уровень микробной биомассы, количество углеводородокисляющих микроорганизмов и гетеротрофных организмов микробного сообщества в почвенных образцах с рекультивируемого участка должны отличаться не более чем на 30 % от значений, полученных в контрольных пробах (ISO 14240-2, 1997). Метаболический коэффициент должен находиться в пределах от 0,1...0,2 [1].

Растительность. При изучении изменения состояния растительных сообществ в период аварийного разлива и оценке восстановления в 2011 г. были выделены следующие критерии: восстановление площади проективного покрытия травянистой растительности (более 75 % общей площади проективного покрытия); среднее значение оценки обилия равно или более 4,65 балла (по шкале оценки обилия Браун-Бланке); присутствуют водные виды растений, характерные для фоновых участков подобных биотопов.

Гидробиологические сообщества. Фитопланктон. На уровне фитопланктона в качестве критериев эффективности восстановления следует рассматривать соответствие видового состава фоновым и эталонным участкам водных объектов (отсутствие ярко выраженного доминирования и монодоминирования групп зеленых и сине-зеленых водорослей; невысокие значения биомассы водорослей); соответствие по биологическим индексам критериям категорий «чистых», «удовлетворительно чистых», «слабо загрязненных» и «умеренно загрязненных» вод; умеренный уровень трофности (допустимы категории олиготрофных, мезотрофных, эвтрофных вод). Трофический статус восстановленного участка должен стремиться к олиго-мезотрофному с классом качества воды «чистая».

Зоопланктон. В качестве критериев, по которым можно было бы судить о восстановлении сообщества зоопланктона для оценки эффективности процессов самоочищения и завершения рекультивационных работ на р. Шаве, приняты соответствие видового состава фоновым и эталонным участкам водных объектов; увеличение числа видов зоопланктона в сообществе; увеличение числа доминирующих видов; отсутствие ярко выраженного доминирования и монодоминирования; увеличение численности и биомассы зоопланктона; усложнение структуры сообщества за счет изменения соотношения различных групп зоопланктона; повышение биотических индексов, снижения значения индекса сапробности; соответствие по биологическим индексам критериям категорий «чистых», «удовлетворительно чистых», «слабо загрязненных» и «умеренно загрязненных» вод;

умеренный уровень трофности (олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные).

Зообентос. Для сообщества зообентоса приняты следующие показатели критериев восстановления: соответствие видового состава фоновым и эталонным участкам водных объектов (не менее семи групп с обязательным присутствием поденок, водяных жуков); увеличение числа видов в сообществе; увеличение общего таксономического разнообразия; снижение индекса отклонения фоновых от контрольных вариантов, увеличение коэффициента сходства; появление в видовом составе поденок, мокрецов и двусторчатых моллюсков; доля олигохет не должна превышать 7 % от общей численности, доля олигохет — не более 3 % от общей биомассы; увеличение индексов видового разнообразия Шеннона, Симпсона, Вудивисса; снижение индекса Гуднайта-Уитли; соответствие по биологическим индексам критериям категорий «чистых», «удовлетворительно чистых», «слабо загрязненных» и «умеренно загрязненных» вод; умеренный уровень трофности.

*Оценка эффективности процессов
самоочищения и завершения
рекультивационных работ*

Изучение степени завершенности восстановительных работ по участкам и стабильности экосистем водно-болотного комплекса р. Шавы показывает, что по физико-химическим показателям воды произошло значительное улучшение качества воды по сравнению с 2007 г. По данным мониторинговых исследований 2011 г. р. Шавы характеризуется высокоминерализованными водами, загрязненными сельскохозяйственными стоками (с повышенным содержанием железа, марганца, органических веществ, фосфатов). Индексы загрязнения воды соответствовали III классу качества и характеризовали воду как «умеренно загрязненную» по биогенным показателям и тяжелым металлам. Содержание нефтепродуктов в воде р. Шавы в 2011 г. находилось ниже ПДК_{р/х}. При анализе состояния донных отложений в 2011 г. максимальное содержание нефтепродуктов в донных отложениях составляло 692 мг/кг (при установленном уровне ДОСНП 1 250 мг/кг). Кроме того, ни на одном участке реки при взмучивании донных отложений нефтяная пленка не поднималась (как повсеместно наблюдалось в 2007 г.), что свидетельствует о восстановлении качества донных отложений.

В фитопланктоне р. Шавы за 2007 и 2011 гг. исследований было определено 138 таксонов рангом ниже рода (120 — в 2007 г. и 70 — в 2011 г.) из восьми отделов, из них диатомовые — 79 видов, зеленые водоросли — 22, эвгленовые — 13 видов, золотистые — 11, сине-зеленые — 7, динофитовые — 3,

криптофитовые — 2, желто-зеленые — 1 вид. Сравнительный анализ с критериями показывает, что на всех станциях в результате проведенных восстановительных мероприятий и процессов естественного самоочищения отмечается восстановление структуры фитопланктона к 2011 г. до фонового уровня, снижение биомассы и трофности, повышение качества воды.

Всего за 2007–2011 гг. в р. Шаве было встречено 37 видов зоопланктона, в том числе 15 коловраток, 13 ветвистоусых рачков и 9 видов веслоногих рачков. В пойменных озерах (исследовались летом 2011 г.) было встречено 14 видов (7 коловраток, 4 ветвистоусых и 3 веслоногих рачка). Численность зоопланктона была низка, изменялась от 100 экз./м³ до 540 экз./м³, биомасса изменялась от 6×10^{-5} г/м³ до 0,0016 г/м³. Из групп зоопланктона преобладали *Copepoda*. При сравнении с данными исследований 2007 г. выявлено, что участок р. Шавы ниже места разлива характеризовался более высокими показателями качества воды по показателям зоопланктона.

В составе зообентоса р. Шавы было отмечено 33 вида (двусторчатые моллюски — 2, брюхоногие моллюски — 8, поденки — 2, стрекозы — 2, ракообразные — 1, пиявки — 2, хирономиды — 6, олигохеты — 7, мокрецы — 1, жесткокрылые — 2. Общее значение численности составляло 358 экз./м² весной, 225 экз./м² — в июне летом и 101 экз./м² — в июле 2011 г. В течение сезона доля олигохет не превышала 7 % от общей численности зообентоса. Сравнительный анализ с критериями оценки завершения работ по восстановлению компонентов зообентоса показал, что в 2011 г. качество воды улучшилось на станциях ниже аварийного разлива, но неустойчивость сообществ и загрязненность донных отложений сохраняется в месте аварии, что связано с длительностью полного восстановления структуры сообществ бентосных организмов.

Обсуждение результатов

Сравнение с критериями восстановления показывает, что процессы восстановления р. Шавы за 2007–2011 гг. проявились в значительной степени. Об этом свидетельствуют восстановление качества воды по физико-химическим показателям, отсутствие загрязняющих веществ в воде, значительное восстановление водных биотических сообществ — гидробиоценозов и растительных сообществ. Восстановление в значительной степени связано с тремя основными факторами: 1) применением первых реабилитационных мероприятий по сбору и утилизации нефтепродуктов в период аварии весной 2007 г.; 2) применением последующих восстановительных мероприятий

по устранению остаточных последствий нефтяного загрязнения – в осенние периоды 2007 и 2009 гг.; 3) процессами естественного самоочищения (физическими, химическими, биологическими), активизацией этих процессов вследствие применения восстановительных мероприятий.

В то же время по результатам исследований 2011 г. нельзя говорить о восстановлении почв и почвенных биоценозов в месте аварии, качества вод на застойных участках, хотя результаты улучшения экологического состояния имеются. Для полного восстановления нарушенных экосистем водно-болотного комплекса р. Шавы разработан план мероприятий по продолжению восстановительных работ. Разработка плана проведена с учетом опыта и эффективности примененных мероприятий, оценки современного экологического состояния водных объектов и оценки процессов самоочищения.

План последующих мероприятий включает в себя профилактические и реабилитационные мероприятия. Профилактические мероприятия (запрет выпаса скота и выпусков сельскохозяйственных стоков, берегоукрепления, фиторемедиация и др.) направлены на поддержание благополучного состояния тех компонентов, где улучшение и восстановление отмечено (качество воды по физико-химическим показателям, гидробиоценозы, растительные сообщества). Реабилитационные мероприятия (обработка поверхностного слоя почвы микробиальными препаратами, аэрация воды в застойных зонах, промывка зарослей растительности, сбор всплывающих нефтепродуктов сорбирующими матами и др.) необходимы для восстановления компонентов, где восстановление отмечено в недостаточной степени (качество воды в застойных зонах, почвы в месте аварии, на участках по р. Шаве ниже аварийного разлива вдоль берегов; почвенные биоценозы этих участков, донные отложения по руслу). На всем протяжении загрязненного участка должен осуществляться мониторинг содержания нефтепродуктов в почве и воде, мониторинг состояния р. Шавы и водно-болотного комплекса Шавы по физико-химическим и гидробиологическим показателям.

Выводы

Разработаны критерии восстановления компонентов экосистемы малой реки и водно-болотного комплекса (на примере реки и болота Шавы) для поверхностных вод, донных отложений, прибрежных почв, почвенных микробных сообществ, растительности и гидробиологических сообществ (фитопланктона, зоопланктона и зообентоса).

В результате применения восстановительных мероприятий на р. Шаве в течение трех лет

(2007–2009 гг.) процессы восстановления реки проявились в значительной степени. При сравнении с критериями восстановления эти процессы заметно проявились по физико-химическим показателям и биотическим сообществам – гидробиоценозам и растительным сообществам.

Не произошло в должной степени восстановления почв, почвенных биоценозов в месте аварии, качества вод на застойных участках, хотя результаты улучшения экологического состояния по примененным критериям имеются.

Разработаны рекомендации по продолжению восстановительных работ, включающие в себя профилактические (для восстановленных участков и компонентов) и реабилитационные (для не восстановленных участков и компонентов) мероприятия.

E-mail: levira_nn@mail.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adam G., Duncan H.J. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species // Environ. Geochem. and Health. 1999. Vol. 21. P. 353...357.
2. More M., Folf C. Zooplankton body size and community structure: Effect of thermal and toxicant stress // Trends Ecol. and Evol. 1993. 8, 5. P. 178...182.
3. Алимов А.Ф. Закономерности изменений структурных и функциональных характеристик сообществ гидробионтов // Гидробиологический журнал. 1995. Т. 31, 5. С. 3...11.
4. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. 2000. № 1. С. 68...82.
5. Деревенская О.Ю., Мингазова Н.М. Изменение сообществ зоопланктона озер при загрязнении и восстановлении // Гидробиологический журнал. Киев, 1998. Т. 34, № 4. С. 50...55.

BIBLIOGRAPHY

1. Adam G., Duncan H.J. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species // Environ. Geochem. and Health. 1999. Vol. 21. P. 353...357.
2. More M., Folf C. Zooplankton body size and community structure: Effect of thermal and toxicant stress // Trends Ecol. and Evol. 1993. 8, 5. P. 178...182.
3. Alimov A.F. Regularities of changes of structural and functional characteristics of communities of hydrobionts // Hydrobiological magazine. 1995. Vol. 31, 5. P. 3...11.
4. Bakanov A. Bakanov A. The use of macrozoobenthos for the detection and assessment of water pollution // Symposium on monitoring of water pollution. Borok, 1994. P. 6.
5. Derevenskaya O.Yu., Mingazova N.M. Change of communities of a zooplankton of lakes at pollution and restoration // the Hydrobiological magazine. Kiev, 1998. Vol. 34. № 4. P. 50...55.