

ISSN 1608-5043

научно-технический журнал
Георесурсы

2(38) 2011



INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENCE

- Казанский (Приволжский) федеральный университет
- Татарское геологоразведочное управление
 ОАО «Татнефть»

Редакционная коллегия:

Главный редактор – А.В. Христофоров
 e-mail: NKhristo@ksu.ru

Фундаментальные науки: Н.Н. Непримеров, М. Бергеманн (Германия), Э.И. Богуславский, В.Я. Волков, Н. Ванденберг (Бельгия), А.А. Иванов, Д.К. Нургалиев, М.Х. Салахов, Л.М. Ситдикова, В.З. Слепак (США), Г. Холл (Великобритания), М.Д. Хуторской

Минеральные ресурсы: Р.Х. Муслимов, Т.М. Акчурин, Е.Б. Грунис, Н.С. Гатиятуллин, Н.П. Запывалов, А.Б. Золотухин, И.А. Ларочкина, Ф.М. Хайретдинов, Р.С. Хисамов

Редакционный совет:

А.В. Аганов, А.С. Борисов, О.В. Бодров, С.А. Горбунов, В.Г. Изотов, Г.А. Кринари, Р.Х. Масагутов, И.Н. Плотникова, Р.К. Садыков, В.В. Самарцев, В.М. Смелков, В.А. Трофимов, Ф.Ф. Шагидуллин

Группа маркетинга и дизайна:

Заместители главного редактора:

Д.А. Христофорова, e-mail: Daria.Khr@mail.ru

А.В. Николаев, e-mail: Navan@inbox.ru

Технический редактор: В.Н. Малинина.

Верстка: И.С. Абросимова. Дизайн: А.А. Люкшин.

Адрес редакции:

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Кремлевская 18, Казань, 420008, Россия

Россия: Тел\факс: +7 843 2924454

Великобритания: Voice\Fax: +44 7092 195840 (UK)

США: Voice\Fax: +1 435 304 9361 (USA)

www.georesources.ksu.ru, e-mail: georesources@ksu.ru

Издательство Казанского университета

Кремлевская 18, Казань, 420008, Россия

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ № ФС77-38832

выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Журнал включен в новый «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» (Решение ВАК Минобрнауки РФ от 25.02.2011)

Журнал включен в международную систему цитирования Georef

Периодичность выпуска журнала: 4 раза в год
 Индекс в Каталоге «Роспечать» – 36639

Журнал распространяется через ООО «Информнаука».

Электронная версия журнала содержится на сайте: «eLIBRARY.RU: Российская научная периодика в онлайне».

Подписано в печать 01.06.2011. Тираж 1000

Отпечатано в ЗАО "Издательский Дом "Казанская Недвижимость". Цена договорная
 420029, Россия, г. Казань, ул. Сибирский тракт, д.34, корп. 4, офис 324. Тел\факс: +7 843 5114848
 e-mail: 114848@mail.ru

При перепечатке материалов ссылка на журнал «ГЕОРЕСУРСЫ» обязательна.

Статьи

И.В. Аськеев, О.В. Аськеев, С.П. Монахов, Д.Н. Галимова
 Палеоихтиологические и палеомалакологические исследования местонахождения «Бима» (Республика Татарстан) 2

Б.Р. Григорьян, Т.Г. Николаева, Л.М. Сунгатуллина
 Изменение биологических параметров почвенной экосистемы в агробиоценозах в условиях различных систем земледелия 9

А.М. Петров, Р.Р. Шагидуллин
 Антропогенная нагрузка на водные объекты и проблемы функционирования биологических очистных сооружений 14

Р.Р. Шагидуллин, В.З. Латыпова, О.В. Никитин, О.Г. Яковлева
 Развитие подходов к оценке воздействия промышленных предприятий на водные объекты 21

Р.Р. Шагидуллин, В.З. Латыпова, О.В. Никитин, О.Г. Яковлева
 Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище 24

О.В. Никитин, В.З. Латыпова, Р.Р. Шагидуллин, Ш.Р. Поздняков
 Геоэкологический мониторинг излучины реки Казанка как фактора химического загрязнения Куйбышевского водохранилища 27

О.Ю. Тарасов, Р.Р. Шагидуллин, Р.Ч. Юраниец-Лужаева, Н.Ю. Крапивина
 Городские снежные свалки как источник загрязнения поверхностных вод 31

Р.Р. Шагидуллин, А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова
 Интегральная оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в пределах Республики Татарстан 34

А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова, А.А. Минуллина
 Геоморфологические основы формирования структуры бассейна и водности реки Казанка 41

Д.В. Иванов, И.И. Зиганшин, Е.В. Осмелкин
 Оценка скорости осадконакопления в озерах Казани и Приказанья 46

Книги

Ауто- и синэкологические механизмы регуляции гомеостаза гидробиосистем. *Ратушняк А.А.* 20

Аутоэкологические основы альгицидной и санирующей активности гелофитов. *Ратушняк А.А., Абрамова К.И.* 23

На обложках

Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан

Интерактивная база данных «Диатомовые водоросли» (для целей судмедэкспертизы)

ПАЛЕОИХТИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОМАЛАКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕСТОНАХОЖДЕНИЯ «БИМА» (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

Обнаружено и изучено местонахождение лихвинских озерных отложений, расположенное у н/п Бима Лаишевского района Республики Татарстан. Из суглинков озерных отложений получен богатый комплекс фаунистических остатков (костные остатки рыб, раковины моллюсков). Анализируя все палеонтологические материалы время формирования толщи озерных отложений можно сопоставить с лихвинским межледниковьем среднего неоплейстоцена.

Ключевые слова: палеонтологические исследования, костные остатки рыб, раковины моллюсков, озерные отложения, лихвинское межледниковье.

Введение

В настоящее время неодинаково оценивается ход палеоклиматических изменений «лихвинского» межледниковья среднего неоплейстоцена. Установлено, что изменения природной среды Восточно-Европейской равнины на протяжении неоплейстоцена были обусловлены сменами 17 глобальных климатических событий. Средний неоплейстоцен включает 3 межледниковья и 3 похолодания: лихвинское межледниковье, калужское (борисоглебское) похолодание, чекалинское (каменское) межледниковье, жиздринское (орчикское) похолодание, черепетьское (роменское) межледниковье и днепровское оледенение. Известно (Болиховская, Молодьков, 2009), что лихвинская эпоха сменяется не днепровским оледенением, как часто представляется исследователям по геологически неполным разрезам, между ними существовали еще два межледниковых этапа, разделенных сильным похолоданием. К отложениям лихвинского горизонта относятся аллювиальные образования, слагающие нижнюю свиту IV надпойменной террасы рек Волги, Камы, Вятки. В долине р. Камы среднеплейстоценовые отложения приурочены к III надпойменной террасе. Г.И. Горецкий (1964) аллювий этой террасы подразделяет на две подсвиты: нижнекривичскую и верхнекривичскую. На территории Приказанья в долине р. Волги и её притоках отложения среднего неоплейстоцена имеют относительно широкое распространение. В долине нижнего течения р. Мещи эти отложения приурочены к так называемой высокой надпойменной террасе. Они представлены одной аллювиально-озерной пачкой (кривичский аллювий) и перекрывающими ее перигляциальными отложениями (Блудорова, Фомичева, 1985). Характерной особенностью является высокое развитие в ней пород фаций стариц и озёр. Проведение палеозоологического анализа (ихтиологического и малакологического) дает возможность не только более детально стратифицировать толщи лихвинской эпохи, но также проследить изменения в развитии фауны и восстановить климатическую обстановку того времени на данной территории. Целью работы ставилось выявление и изучение состава ихтиофауны и малакофауны «лихвинских» озерных отложений в стене обрыва левого берега р. Мещи в 2

км севернее н/п Бима (Лаишевский район, Республика Татарстан) на основе палеонтологических данных.

Материал и методика

Материалом для палеонтологического изучения лихвинских отложений (кривичская свита) послужили образцы, отобранные в сентябре – октябре 2010 г. из озерных отложений, представленных песчанистыми темно-серыми, коричнево-серыми с горизонтальной слоистостью суглинками, светло-серыми, голубовато-серыми, зелено-



М 1 : 500 000



М 1 : 50 000

Рис. 1. Район расположения местонахождения «Бима».

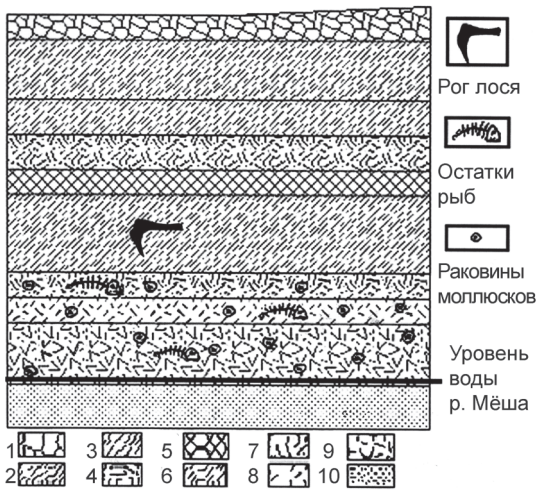


Рис. 2. Схема разреза «Бима».

вато-коричневыми суглинками и мергелистыми глинами, местами иловатыми, с ленточной слоистостью. Мощность отложений колеблется от 1,6 до 2,7 м. Под ними, ниже современного уреза воды р. Мёши, залегают песчаные аллювиальные слои (аллювиальная пачка): пески серовато-желтые мелкозернистые, полиминеральные, сильноглинистые, пески коричневато-серовато-желтые, полиминеральные, мелкозернистые и пески коричневато-серые, полиминеральные, мелко-среднезернистые. Исследованные озерные отложения заполняют некоторую впадину. Дно этой впадины опускается в некоторых местах ниже современного меженного уровня р. Мёши. Отложения четко прослеживаются в обнажении на протяжении 50 метров вдоль берегового обрыва.

Сборы палеонтологического материала проводились традиционным методом отбора, а также путём промывки вмещающих пород (Жадин, 1952; Лебедев, 1960; Casteel, 1976; Alexandrowicz, 1987). Палеоэкологический анализ местонахождения ископаемых остатков рыб и моллюсков выполнен на основе методик из работ R.W. Casteel (1976) и S.W. Alexandrowicz (1987).

Для видовой диагностики костных остатков рыб использовалась эталонная сравнительная остеологическая коллекция представителей современных и субфоссильных видов рыб Волжского бассейна (коллекция лаборатории биомониторинга Института проблем экологии и недропользования АН РТ). Длина фоссильных рыб восстанавливалась на основании измерения костей и чешуи. Для всех видов рыб определялась стандартная длина тела (SL). Видовые определения моллюсков сделаны согласно работам В.И. Жадина (1952), Я.И. Старобогатова и др. (2004).

Все расчеты выполнены в пакете прикладных программ PAST version 1.84. и Sigma Plot 11.0.

Результаты исследований

Разрез расположен на высокой надпойменной террасе левого берега р. Мёша в 2 км севернее н/п Бима (Рис. 1). Высота террасы – до 6 м, абсолютная отметка над уровнем моря – 58,7 м.

Разрез обнаружен в сентябре 2010 г. А.О. Аськеевым; расчищен и описан И.В. Аськеевым, О.В. Аськеевым и С.П. Монаховым в сентябре – октябре 2010 г.; отобраны образцы из слоев озерных отложений для последующего отбора из них костных остатков рыб, раковин моллюсков и

остатков растений. В результате промывки и прямого отбора костные остатки рыб, раковины моллюсков, остатки растений выделены из слоя 7 (0,5 м³), слоя 8 (0,5 м³), слоя 9 (1 м³).

Описание разреза дается по стратиграфической схеме четвертичных отложений Европейской России (Шик и др., 2004). Сверху вниз обнажаются следующие отложения (Рис. 2):

	Мощность, м
Четвертичная система	
Верхний голоцен – Q ₄ (субаэральные отложения – pd)	
1. Современная почва. Граница с нижележащим слоем четкая.....	0–0,3
Неоплейстоцен	
Верхний неоплейстоцен – Q ₃ Ленинградский – ошашковский нерасчлененные горизонты – Q ₃ ³⁻⁴ (водно-склоновые перигляциальные отложения – ld pgl)	
2. Суглинок светлый серовато-коричневого цвета, пронизан гумусированными затеками и норами ласточек-береговушек. Суглинок светлый серовато-коричневый, белесый, с мицелием подпочвенного карбоната сверху слоя. Граница с нижележащим слоем нечеткая.....	0,3–0,7
3. Суглинок светло-коричневый, более плотный в нижней части.....	0,7–1,0
Размыв.	
Средний неоплейстоцен – Q ₂ Горкинский горизонт – Q ₂ ³ (аллювиальные, субаэральные отложения – a(pt), pd)	
4. Пачка аллювиальных отложений с переслаиванием суглинка светло-серого цвета и песка.....	1,0–1,20
5. Почва погребенная. Суглинок темно-серый, в нижележащий слой проникает затеками. Верхняя граница с суглинком неровная, с затеками.....	1,2–1,55
Размыв.	
Вологодский горизонт – Q ₂ ² (водно-склоновые перигляциальные отложения – ld pgl)	
6. Суглинок плотный, темно-коричневый, местами коричнево-серый, кирпично-коричневый с вкраплениями окислов марганца и железа, имеется белесая карбонатная вкрапленность.....	1,55–2,45
Лихвинский горизонт (кривичская свита) – Q ₂ ¹ (аллювиально-озерные отложения – l,a) (озерные отложения (озерная пачка) – l)	
7. Суглинки песчанистые, темно-серые, коричнево-серые с горизонтальной слоистостью, с разрозненными костными остатками рыб, раковин моллюсков и большим количеством остатков водной и околоводной растительности. Граница с нижележащим слоем нечеткая.....	2,45–2,65
8. Светло-серый, коричневатый суглинок, с костями и чешуей рыб и раковинами моллюсков, не имеет горизонтальной слоистости.....	2,65–3,00
9. Светло-серые, голубовато-серые, зеленовато-коричневые суглинки и мергелистые глины без выраженной слоистости с многочисленными костями и чешуей рыб, раковинами моллюсков, остатками растений, местами суглинистые разности иловатые, с ленточной слоистостью.....	3,00–4,6

Урез воды в р. Мёша.

(аллювиальные отложения (аллювиальная пачка) – а(гf))

10. Пески косослоистые серовато-желтые мелкозернистые, полиминеральные, сильно глинистые, пески коричневатого – серовато-желтые, полиминеральные, мелкозернистые и пески коричневатого-серые, полиминеральные мелко-среднезернистые. Встречаются прослойки мелкой разности гравия и мелкого галечника. Видимая мощность 0,8 – 1 м.

Местонахождение фауны в четвертичных озерных отложениях «Бима» характеризуется несколькими уровнями накопления фаунистических остатков, разными по составу групп, входящих в захоронение, и степени сохранности фаунистических остатков. В данном местонахождении обнаружен целый скелет рыбы, принадлежащий *Rutilus rutilus* (Рис. 3).

Толща, содержащая фаунистические остатки, достаточно однородна. В верхней части отложений, в сравнительно небольшом интервале, встречены разрозненные костные остатки рыб, а также раковины моллюсков и большое количество остатков водной и околородной растительности. Однако перечисленные остатки рыб и моллюсков разрознены и представлены небольшим количеством отдельных костей и раковин. Отложения верхней части имеют явную горизонтальную слоистость. Ниже по разрезу в сред-

Вид	Слой 7		Слой 8		Слой 9	
	Количество костных остатков, экз.	Количество чешуи, экз.	Количество костных остатков, экз.	Количество чешуи, экз.	Количество костных остатков, экз.	Количество чешуи, экз.
<i>Carassius carassius</i> L.	1	2	1	3	3	4
<i>Leuciscus idus</i> L.	–	–	–	–	1	–
<i>Rutilus rutilus</i> L.	–	–	–	–	24	2
<i>Esox lucius</i> L.	3	–	5	–	14	1
<i>Perca fluviatilis</i> L.	–	–	9	13	35	24
Всего в слое	4	2	15	16	77	31

Табл. 2. Ихтиофауна лихвинских озерных отложений из местонахождения «Бима».

ней части встречаются более многочисленные остатки рыб и раковины моллюсков, остатков растений значительно меньше. Отложения этой части не имеют горизонтальную слоистость. В нижней части встречаются не только отдельные костные остатки рыб и раковины моллюсков, обнаружен цельный скелет, что для четвертичных отложений явление довольно редкое (Лебедев, 1960; Pawlowska, 1963). Сохранность скелета хорошая: присутствует чешуйный покров, костные элементы плавников, некоторые костные элементы структурированы между собой, имеется отпечаток организма.

Сохранность костных остатков рыб и раковин моллюсков в нижней части отложений значительно лучше в сравнении с верхними слоями. В слое 9 найден также обломок плода *Trapa natans* (Рис.4).

Моллюски. Всего обнаружено 463 определенных остатков раковин и крышечек. Моллюски относятся к 15 видам из 11 родов, принадлежащих двум классам – *Gastropoda* и *Bivalvia* (Рис. 5). Видовое разнообразие моллюсков (Табл. 1) объясняется умеренными климатическими условиями межледникового периода среднего неоплейстоцена. Присутствуют только раковины пресноводных моллюсков. Все моллюски представлены голарктическими видами с широким распространением. Согласно видовому и количественному составу моллюски обитали в озере (старице) с заиленным дном, периодически соединявшейся с рекой и со временем сильно обмелевшей. Исследованная малакофауна относится в большей части к стагнофильной и гидрофильной фауне моллюсков, принадлежащей, скорее всего, к древней старице, имевшей периодические связи с руслом реки и существовавшей в озерных условиях. Абсолютное доминирование по численности *Valvata piscinalis* во всех изученных слоях озерных отложений указывает на богатое развитие водной растительности древнего водоема с глубинами в пределах 1,5-2 м. Этот вид достигает пика численности в озерах и относится к группе озерных видов. В количественном и видовом соотношениях значительно доминировала экологическая группа моллюсков (Alexandrowicz, 1987; Lozek, 1964): обитатели стабильных (непересыхающих), застойных водоёмов. Фауны подобного типа обычно

Bivalvia	Е	Виды:	Слой 7	Слой 8	Слой 9	Всего
	11		<i>Sphaerium corneum</i>	1	13	7
11		<i>Parasphaerium nitidum</i>	–	–	5	5
12		<i>Pisidium sp.</i>	–	3	3	6
Gastropoda	11	<i>Valvata cristata</i>	1	2	1	4
	11	<i>Valvata (Cincinna) piscinalis</i>	5	67	193	265
	11	<i>Valvata (Cincinna) macrostoma</i>	–	–	3	3
	10	<i>Valvata (Cincinna) sibirica</i>	–	1	1	2
	11	<i>Bithynia tentaculata</i>	–	37	55	92
	11	<i>operculata Bithynia tentaculata</i>	4	5	28	37
	11	<i>Acroloxus lacustris</i>	–	1	–	1
	11	<i>Lumnaea palustris</i>	–	–	2	2
	10	<i>Planorbis planorbis</i>	–	–	2	2
	10	<i>Segmentina nitida</i>	–	1	1	2
	11	<i>Bathyomphalus contortus</i>	–	2	2	4
	10	<i>Anisus vorticulus</i>	3	7	6	16
11	<i>Planorbarius corneus</i>	–	–	1	1	
Всего видов:			5	10	14	15
Всего экземпляров:			14	139	310	463
Индекс Симпсона (D)			0,7247	0,664	0,5392	0,591
Индекс Шеннона (H')			1,433	1,397	1,138	1,273
Индекс выровненности "equitability" (J)			0,8902	0,6066	0,4311	0,4699
Индекс Бергер-Паркера			0,3571	0,482	0,6226	0,5724
Индекс разнообразия Маргалёфа			1,516	1,824	2,266	2,281

Табл. 1. Малакофауна лихвинских озерных отложений из местонахождения «Бима» (фактическое, стратиграфическое распространение и экологические группы). Е – экологические группы по S.W. Alexandrowicz (1987): 10 – моллюски, обитающие в небольших, сильно заросших, периодически пересыхающих водоёмах, 11 – водные виды моллюсков типичные для стабильных, застойных водоёмов, например прудов, озёр, заливов, 12 – виды, обитающие в текущих водах, реках, ручьях.

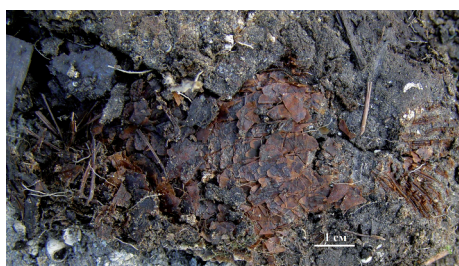


Рис. 3. Скелет плотвы (*Rutilus rutilus*), слой 9.

sibirica дает основание для сопоставлений и стратиграфических корреляций рассматриваемой фауны с другими лихвинскими фаунами Европейской части России и соседних регионов. Этот вид впервые был обнаружен на территории Восточно-Европейской платформы в бутенских (лихвинских) отложениях Литвы в 2004 г. (Sanko et al., 2006).

Рыбы. На территории Русской равнины неоплейстоценовые пресноводные костистые рыбы изучены крайне слабо. В последние десятилетия работы в этом направлении велись только М.С.Маркиным (2003) на территории Тамбовской области. Данный материал является перспективным по целому ряду актуальных вопросов изучения палеоэкологии и палеогеографии определенной территории. Например, таких как восстановление климатических параметров прошлых эпох, истории и характера гидрографической сети и гидрологического режима водоемов. Кроме того, палеоихтиологические данные позволяют с наибольшей точностью восстанавливать прошлые ареалы рыб и могут позволить уточнить стратиграфию четвертичных отложений.

Коллекция рыб из местонахождения «Бима» содержит: 1 образец скелета, 96 костных остатков и 49 остатков чешуи, принадлежащих 5 видам рыб (Рис. 6) из 3 семейств костистых рыб (Табл. 2). Кости и чешуя, светло-коричневого, темно-коричневого, бурого цвета, имеют разную степень сохранности, от хорошей (сохраняются части тонких отростков и деталей скульптуры) до плохой.

НАДКЛАСС РЫБЫ – PISCES

Класс Osteichthyes – костные рыбы

Подкласс Actinopterygii – лучеперые

Семейство карповые – Cyprinidae

Род *Carrasius*

Обыкновенный (золотой) карась – *Carrasius carrasius* (L., 1758)

Материал: 5 экз. костных остатков: ериуале – 1 экз. (sin.), operculare – 1 экз. (dex.) (Рис.6, I), cleithrum – 1 экз. (dex.), supracleithrale (dex.) – 1 экз., branchiostegalia – 1 экз.; чешуя – 9 экз. Восстановленная длина рыб (SL): по ериуале 16,9 см; по operculare 18,7 см; по cleithrum 4,5 см; по чешуе 19,6 см. Определенный возраст по operculare – 3+, по чешуе – 4. Сохранность остатков хорошая и удовлетворительная. Все костные остатки и чешуя по своей внешней морфологии полностью сходны с костями и чешуей современных представителей золотого карася

трудно диагностируются в стратиграфическом отношении. Однако, присутствие в фауне редкого сибирского иммигранта *Valvata*

из водоемов территории РТ. Остатки представителей рода *Carrasius*, не определимые до вида в промежутке времени эоплейстоцен – микулинская эпоха на территории Европейской части бывшего СССР, были найдены в миндельских отложениях р. Дон, Лихвинских древнеозерных отложениях на р. Ока и хазарских отложениях на р. Дон (Лебедев, 1960). В Западной Европе костные остатки золотого карася найдены в ресс-вюрмских отложениях (Nedzerzow, Польша); в гюнц-миндельских отложениях (Voigtstedt, Германия) и (Ürom, Венгрия); в эоплейстоценовых отложениях (Tiglien) (Tegelen, Нидерланды) (Thienemann, 1950; Berinkey, 1959; Gaudant, 1979) и в межледниковых битуминозных сланцах (Masovien I, миндельрисс) на р. Пилица, местонахождение «Мокрые Барковицы», Польша (Pawlowska, 1963).



Рис. 4. Обломок плода (*Trapa natans*), слой 9.

Род *Leuciscus*

Язь – *Leuciscus idus* (L., 1758)

Материал: 1 кость – basioccipitale (Рис. 6, II). Восстановленная длина рыбы (SL) – 31 см. Определенный возраст – 6. Сохранность кости удовлетворительная. Basioccipitale полностью сходен с аналогичной костью современных представителей *Leuciscus idus* с территории Республики Татарстан. Остатки этого вида в промежутке времени эоплейстоцен – микулинская эпоха на территории Европейской части бывшего СССР были найдены в Лихвинских древнеозерных отложениях на р. Ока, хазарских отложениях на р. Дон, в дохвалынских отложениях р. Урал (Лебедев, 1960). В Западной Европе костные остатки язя найдены в гюнц-миндельских отложениях (Ürom, Венгрия) (Berinkey, 1959) и в отложениях начала среднего плейстоцена (West Runton, Англия) (Bohme, 2010).

Род *Rutilus*

Плотва – *Rutilus rutilus* (L., 1758)

Материал: 24 экз. костных остатков (Рис. 6, III): parasphenoideum – 1 экз., articulare – 1 экз. (dex.), dentale – 1 экз. (dex.), keratohyale – 1 экз. (sin.), urohyale – 1 экз., praeoperculare – 1 экз. (sin.), operculare – 1 экз. (dex.), interoperculare – 1 экз. (dex.), os pharyngicus interius – 1 экз.

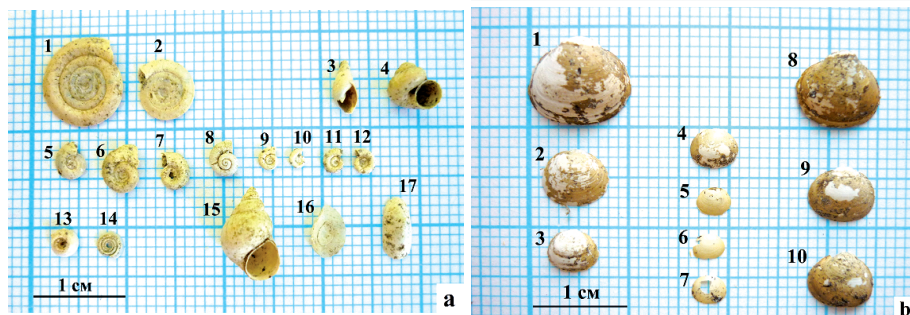


Рис. 5. Типичные виды моллюсков в озерных отложениях местонахождения «Бима». а – *Gastropoda*: 1-2 – *Anisus vorticulus*, 3 – *Lumnaea palustris*, 4 – *Valvata (Cincinna) piscinalis*, 5 – *Segmentina nitida*, 6 – *Planorbium corneum*, 7-8 – *Valvata (Cincinna) sibirica*, 9-10 – *Valvata cristata*, 11-12 – *Valvata (Cincinna) macrostoma*, 13-14 – *Bathymorphus contortus*, 15 – *Bithynia tentaculata*, 16 – operculata *Bithynia tentaculata*, 17 – *Acroloxus lacustris*; б – *Bivalvia*: 1-3 – *Parasphaerium nitidum*, 4-7 – *Pisidium* sp., 8-10 – *Sphaerium corneum*.

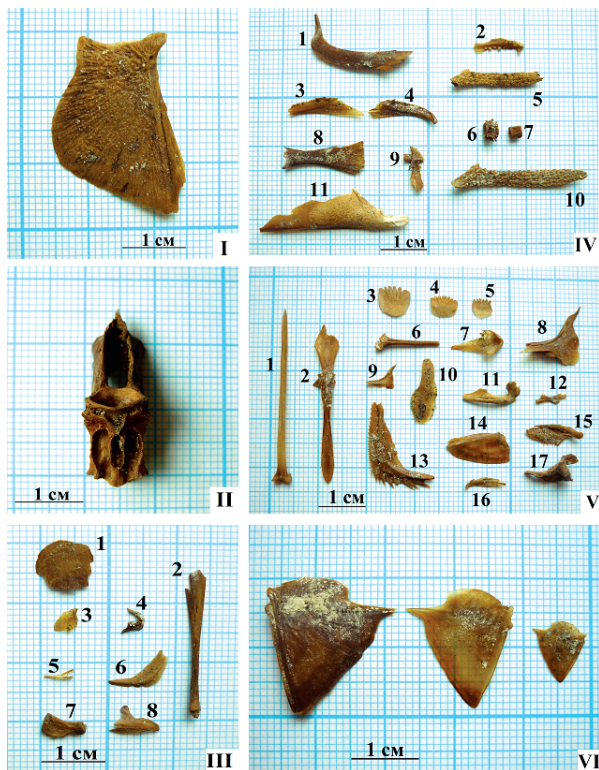


Рис. 6. Костные остатки и чешуя различных видов рыб из местонахождения «Бима». I. Operculare (dex.) обыкновенного (золотого) карася (*Carassius carassius*); II. Basisoccipitale язя (*Leuciscus idus*); III. Костные остатки плотвы (*Rutilus rutilus*) от разных особей: 1 – чешуя, 2 – parasphenoideum, 3 – operculare (dex.), 4 – os pharyngicus interius (sin.), 5 – urohyale, 6 – praeoperculare (sin.), 7 – keratohyale (sin.), 8 – dentale (dex.); IV. Костные остатки обыкновенной щуки (*Esox lucius*) от разных особей: 1 – cleithrum (dex.), praemaxillare (sin.), 3 – dentale (dex.), 4 – dentale (sin.), 5, 10 – palatinum (sin.), 6, 7 – vertebra caudales, 8 – keratohyale (sin.), 9 – hyomandibulare (dex.), 11 – articulare (dex.); V. Костные остатки речного окуня (*Perca fluviatilis*) от разных особей: 1 – acanthotrich pinna dorsalis, 2 – parasphenoideum, 3-5 – чешуя, 6 – acanthotrich pinna ventralis, 7 – vomer, 8, 9 – cleithrum (sin.), 10 – postcleithrale (sin.), 11 – praemaxillare (dex.), 12 – keratohyale (sin.), 13 – praeoperculare (dex.), 14 – interoperculare (sin.), 15 – supracleithrale (sin.), 16 – dentale (dex.), 17 – maxillare (dex.); VI. Operculare речного окуня (*Perca fluviatilis*) от разных особей.

экз. (sin.), dentes os pharyngicus interius – 1 экз., vertebra praecaudales – 3 экз., vertebra caudales – 1 экз., processus spinosus superior – 1 экз., vertebra apparatus weberianus – 1 экз., costae pleurales – 1 экз., acanthotrich pinna pectoralis – 1 экз., acanthotrich pinna dorsalis – 1 экз., hypuralia – 1 экз., branchiostegalia – 4 экз.; чешуя – 2 экз. Восстановленная длина рыб (SL): по operculare 4,1 см, определенный возраст рыбы 0+; по os pharyngicus interius 5,1 см; по urohyale 5,2 см; по praeoperculare 7,6 см; по dentale 11,9 см; по keratohyale 19,1 см.

Скелет: сохранились сильно разрушенные остатки чешуи, спинной и брюшные плавники частично разрушены, туловище обломлено, vertebra praecaudales – 4 экз., vertebra caudales – 3 экз., quadratum – 1 экз. (sin.), cleithrum (фрагмент верхней части) – 1 экз., vertebra praecaudales – 4 экз., vertebra caudales – 3 экз., pelvis – 2 экз. (dex., sin.), lepidotrich pinna dorsalis – 5 экз., hypuralia – 1 экз., lepidotrich pinna caudalis – 11 экз., basalia pinna ventralis – 1 экз. Восстановленная длина рыбы (SL): по quadratum 19 см. Определенный возраст по vertebra – 5. Сохранность остатков хорошая и удовлетворительная. Описание: все представ-

ленные кости и чешуя полностью сходны с таковыми современной плотвы, обитающей в водоемах на данной территории. Остатки этого вида в промежутке времени эоплейстоцен-микулинская эпоха на территории Европейской части бывшего СССР были найдены



Рис. 7. Рог лося (*Alces brevirostris*), слой 6.

в Лихвинских древнеозерных отложениях на р. Ока, хазарских отложениях на р. Дон, в дохвалынских отложениях р. Урал (Лебедев, 1960). Остатки этого вида найдены в отложениях озерных мергелей нижнего неоплейстоцена Тамбовской области (бассейн р. Дона) местонахождения «Преображенье» (Маркин, 2003). В Западной Европе костные остатки плотвы найдены в ресс-вюрмских отложениях (Nedzerzow, Польша); в ресских отложениях (Brandon, Англия); в отложениях начала среднего плейстоцена (West Runton, Англия); в гюнц-миндельских отложениях (Voigtstedt, Bilshausen, Германия); в эоплейстоценовых отложениях (Tiglien) (Tegelen, Нидерланды) (Thienemann, 1950; Berinkey, 1959; Deckert, K. & C. Karrer, 1965; Gaudant, 1979; Bohme, 2010) и в межледниковых битуминозных сланцах (Masovien I, миндель-ресс) на р.Пилица, местонахождение «Мокрые Барковицы», Польша (Pawlowska, 1963).

Семейство щуцы – Esoxydae

Род Esox

Обыкновенная щука – *Esox lucius* (L., 1758)

Материал: 22 экз. костных остатков (рис.6, IV): praethmoideum – 1 экз. (sin.), frontale – 1 экз., кости крыши черепа – 2 экз., praemaxillare – 1 экз. (sin.), palatinum – 2 экз. (sin.), ectopterygoideum – 1 экз. (sin.), articulare – 2 экз. (dex.), dentale – 2 экз. (dex., sin.), hyomandibulare – 1 экз. (dex.), keratohyale – 1 экз. (dex., sin.), cleithrum – 1 экз. (dex.), supracleithrale – 1 экз. (dex.), vertebra praecaudales – 1 экз., vertebra caudales – 5 экз.; чешуя – 1 экз. Восстановленная длина рыб (SL): по cleithrum 8,6 см; по dentale (sin.) 14,9 см; по vertebra 17,4 см; по dentale (dex.) 18,2 см; по palatinum (dex.) 20,5 см; по keratohyale (sin.) 28,5 см; по articulare (1 экз.) 29,3 см; по palatinum (sin.) 29,7 см. Определенный возраст рыбы по vertebra caudales – 2+. Сохранность остатков хорошая и удовлетворительная. Описание: Все представленные кости и чешуя полностью сходны с таковыми современной щуки (*Esox lucius*), обитающей ныне на данной территории. Остатки этого вида в промежутке времени эоплейстоцен – микулинская эпоха на территории Европейской части бывшего СССР были найдены в миндельских отложениях р. Дон, в миндель-ресских отложениях р. Волги на левом берегу напротив г. Ульяновск, в Лихвинских древнеозерных отложениях на р. Ока, хазарских отложениях на р. Дон и в до хвалынских отложениях р. Урал (Лебедев, 1960). Остатки этого вида найдены в отложениях озерных мергелей нижнего неоплейстоцена Тамбовской области (бассейн р. Дона) местонахождения «Преображенье» (Маркин, 2003). В Западной Европе костные остатки обыкновенной щуки найдены в ресс-вюрмских отложениях (Nedzerzow, Польша); в ресских отложениях (Brandon, Англия); в отложениях начала среднего плейстоцена (West Runton, Англия); в миндель-ресских отло-

жениях (Tonisberg, Германия), в гюнц-миндельских отложениях (Voigtstedt, Bilshausen, Германия) и (Ürom, Венгрия); в эоплейстоценовых отложениях (Tiglien) (Tegelen, Нидерланды) (Thienemann, 1950; Berinkey, 1959; Deckert & Karrer, 1965; Gaudant, 1979; Bohme, 2010); в плейстоцене Бельгии (Leriche, 1951) и в межледниковых битуминозных сланцах (Masovien I, миндель-рисс) на р. Пилица, местонахождение «Мокрые Барковицы», Польша (Pawlowska, 1963).

Семейство окуневые – Percidae

Род *Perca*

Речной окунь – *Perca fluviatilis* (L., 1758)

Материал: 44 экз. костных остатков (Рис. 6, V-VI): vomer – 1 экз., nasale – 1 экз., frontale – 1 экз., parasphenoideum – 2 экз., basioccipitale – 1 экз., praemaxillare – 1 экз. (dex.), maxillare – 1 экз. (dex.), ectopterygoideum – 1 экз. (sin.), фрагменты костей черепа – 7 экз., articulare – 1 экз. (sin.), dentale – 1 экз. (dex.), keratohyale – 1 экз. (sin.), praeperculare – 2 экз. (dex.), operculare – 3 экз. (2 dex., 1 sin.), interoperculare – 1 экз. (sin.), coracoideum – 1 экз. (dex.), cleithrum – 4 экз. (2 dex., 2 sin.), supracleithrale – 1 экз. (sin.), postcleithrale – 1 экз. (sin.), posttemporale – 1 экз. (dex.), vertebra praecaudales – 2 экз., vertebra caudales – 1 экз., processus spinosus superior vertebra caudales – 1 экз., acanthotrich pinna ventralis – 1 экз. (sin.), lepidotrich pinna pectoralis – 1 экз., acanthotrich pinna dorsalis – 1 экз., lepidotrich pinna dorsalis – 3 экз., interneuralia – 1 экз.; чешуя – 37 экз. Восстановленная длина рыб (SL): по maxillare 24,9 см; по articulare 3,1 см; по cleithrum (sin.) 3,5 см; по cleithrum (dex.) 5,6 см; по operculare 8 см, определенный возраст рыбы – 1; по keratohyale 8,1 см; по ectopterygoideum 12,8 см; по cleithrum (sin.) 13,1 см; по praemaxillare 13,8 см; по interoperculare 15,2 см; по praeperculare 15,4 см; по operculare (dex.) 15,7 см, определенный возраст рыбы 2+; по parasphenoideum 16,4 см; по operculare (sin.) 18,5 см, определенный возраст рыбы – 3; по чешуе 12,9; 14,6; 15,3 см. Определенный возраст рыб по чешуе 1,5; 2; 3; 3+. Сохранность остатков хорошая и удовлетворительная. Описание: все представленные кости и чешуя полностью сходны с таковыми современного речного окуня, обитающего в водоемах на данной территории. Остатки этого вида в промежутке времени эоплейстоцен-микулинская эпоха на территории Евро-

Промеры, мм	
Обхват штанги над розеткой	208
Обхват штанги перед лопатой	209
Обхват штанги в середине	189
Минимальный диаметр штанги над розеткой	52,6
Максимальный диаметр штанги над розеткой	64,1
Минимальный диаметр штанги перед лопатой	41,6
Максимальный диаметр штанги перед лопатой	81,8
Минимальный диаметр штанги в середине	52,1
Максимальный диаметр штанги в середине	61,7
Длина штанги от розетки до лопаты	238
Длина штанги рога от ее начала до места, где обхват увеличивается вдвое	249,5
Геологический возраст T = 0,832 ln (l/s) + 0,099 = 0,327 млн. лет, середина среднего неоплейстоцена	

Табл. 4. Промеры рога *Alces brevirostris* из местонахождения «Бима».

пейской части бывшего СССР были найдены в миндель-рисских отложениях р. Волги на левом берегу напротив г. Ульяновск, в Лихвинских древнеозерных отложениях на р. Ока, казарских отложениях на р. Дон и в до хвалынских отложениях р. Урал (Лебедев, 1960). Остатки этого вида найдены в отложениях озерных мергелей нижнего неоплейстоцена Тамбовской области (бассейн р. Дона) местонахождения «Преображенье» (Маркин, 2003). В Западной Европе костные остатки речного окуня найдены в рисс-вюрмских отложениях (Nedzerzow, Польша); в рисских отложениях (Brandon, Англия); в отложениях начала среднего плейстоцена (West Runton, Англия); в миндель-рисских отложениях (Tonisberg, Германия), в гюнц-миндельских отложениях (Voigtstedt, Bilshausen, Германия); в эоплейстоценовых отложениях (Tiglien) (Tegelen, Нидерланды) (Thienemann, 1950; Berinkey, 1959; Deckert, K. & C. Karrer, 1965; Gaudant, 1979; Bohme, 2010); в плейстоцене Бельгии (Leriche, 1951) и в межледниковых битуминозных сланцах (Masovien I, миндель-рисс) на р. Пилица, местонахождение «Мокрые Барковицы», Польша (Pawlowska, 1963).

Все найденные виды ихтиофауны озерных отложений тождественны с ныне живущими пресноводными видами рыб бассейна р. Волги. Фауна рыб представлена всеядными видами, как правило, предпочитающими стоячую или медленно текущую воду с хорошо развитой мягкой водной растительностью (Табл.3). В этом водоеме присутствовали сильно заросшие, илистые, тиховодные участки (*Carrasius carrasius*), и открытые участки (*Rutilus rutilus*), прибрежные участки открытой воды, чередующиеся с зарослями водной растительности (*Esox lucius* и *Perca fluviatilis*), местами имелись ямы с глубинами не менее 2-3 м (*Leuciscus idus*). По численности в водоеме значительно преобладал речной окунь.

Такой состав ихтиофауны позволяет сделать вывод, что озерные отложения местонахождения «Бима» образовались на

Вид	По месту обитания	По типу питания	По месту нереста
Обыкновенный (золотой) карась (<i>Carassius carassius</i>)	Лимнофильный	Всеядный	Фитофил
Язь (<i>Leuciscus idus</i>)	Эвритопный	Всеядный	Фитолитофил
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	Эвритопный	Всеядный	Фитолитофил
Обыкновенная щука (<i>Esox lucius</i>)	Эвритопный	Хищник	Фитофил
Речной окунь (<i>Perca fluviatilis</i>)	Эвритопный	Всеядный	Фитолитофил
Экологические группы	Слой 7	Слой 8	Слой 9
	Количество видов	Количество видов	Количество видов
По месту обитания: Лимнофильный	1	1	1
Эвритопный	1	2	4
По типу питания: Всеядный	1	2	4
Хищник	1	1	1
По месту нереста: Фитофил	2	2	2
Фитолитофил	–	1	3

Табл. 3. Экологическая характеристика ихтиофауны местонахождения «Бима».

дне довольно большого открытого водоема типа старицы. Видовой состав ихтиофауны данного местонахождения схож с составами ихтиофаун неоплейстоценовых (межледниковых) озерных отложений, выявленных в разных частях Европы (Thienemann, 1950; Лебедев, 1960; Pawlowska, 1963; Gaudant, 1979).

Крупные млекопитающие. В отложениях слоя б найден рог, принадлежащий *Alces brevirostris* (Рис. 7), что не противоречит возрасту отложений – середина среднего неоплейстоцена. Извлечены из слоя: штанга рога, фрагменты лопаты и концевые отростки. Геологический возраст находки (0,327 млн. лет) определен согласно морфометрическим измерениям рога и формуле, предложенной П.А.Никольским (2010) (Табл. 4).

Особенности захоронения фауны и палеоэкология водоема. Накопление изучаемой толщи происходило быстро. Причем нижняя часть толщи, содержащая наибольшее количество раковин моллюсков, костных остатков и целый скелет рыб, должна характеризоваться самой большой скоростью осадконакопления. Кроме того, распределение остатков рыб и моллюсков в интервалах толщи было почти равномерным. Заморных явлений, которые могли бы привести к массовым захоронениям фауны, не было. Это подтверждается анализом особенностей регистрирующих структур костей и чешуи.

Первый, самый нижний, интервал толщи, на наш взгляд, характеризует время, когда в озере наблюдалась наибольшая глубина и существовала прямая связь с рекой, на что указывают находки наибольшего количества остатков от крупноразмерных рыб, находка крупного скелета плотвы и кости язя, раковин моллюсков наибольшего размера, а также реофильного вида (*Parasphaerium nitidum*). Средний интервал характеризует этот водоем как озеро с постепенным обмелением и потерей связи с рекой, на что указывает видовой состав, экологические группы и размеры особей малакофауны и ихтиофауны.

Завершающую стадию существования водоема характеризует интервал, расположенный в верхней части изучаемой толщи, где найдены разрозненные остатки разных групп фаун и многочисленные растительные остатки водной и околоводной растительности (*Typha angustifolia*, *Salix sp.* и др.), что говорит об окончательном зарастании и обмелении водоема. Согласно исследованиям ихтиофауны, малакофауны и остатков растительности можно сделать палеоэкологическую реконструкцию водоема, где происходило накопление отложений.

Это был водоем старичного типа – озеро или речная протока, с замедленным течением, с заводьями, чередованием открытых плесов с участками, заросшими мягкой водной растительностью (например, *Typha natans*). Чистая вода, богатая кислородом, с местами выхода грунтовых вод. Возможно впадение ручья или родника. Дно глинистое, с заилением, возможно, имелись участки дна с песчаными грунтами. Температура воды в летний период в прибрежной части достигала до + 20°-22° С. В зимний период озеро не промерзало до дна. Максимальная глубина водоема составляла до 2,5-3 м, в среднем 1,5 м. В начале своего существования, согласно составу и размерам малакофауны и ихтиофауны, озеро может быть отнесено к мезотрофному типу и характеризоваться большой минерализацией и умеренным прогревом воды. Посте-

пенно водоем начал мелеть, терять связь с рекой, зарастал водной растительностью. Водоем превращался в дистрофный тип с иловыми отложениями, интенсивным развитием растительности, заболачиванием берегов, признаками закисления, невысокой минерализацией, значительным прогревом и низкой насыщенностью кислородом.

Заключение

Видовое разнообразие, экологические группы ихтиофауны, малакофауны и находки остатков ряда термофильных растений говорят об оптимальной температуре и умеренных климатических условиях в период накопления отложений древнего водоема. Отложения могут быть отнесены к периоду лихвинского межледниковья среднего неоплейстоцена. Разрез «Бима» может являться одним из ключевых местонахождений для понимания палеогеографии Волго-Камья в среднем неоплейстоцене. Палеонтологический материал дает много новых данных для стратиграфии и палеоэкологии неоплейстоцена территории Республики Татарстан.

Литература

- Блудорова Е.А., Фомичева Н.Л. Опорные разрезы кайнозоя Казанского Поволжья. Казань: Изд-во Казанского ун-та. 1985. 162.
- Болховская Н.С., Молодьков А.Н. Схема периодизации, корреляция и возраст климатических событий неоплейстоцена. *Мат. VI Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и основные направления дальнейших исследований»*. Новосибирск. 2009. 75-78.
- Горещий Г.И. Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины. М.: Наука. 1964. 414.
- Жадин В. И. Моллюски пресных и солоноватых вод СССР. М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1952. 376.
- Лебедев Д.В. Пресноводная четвертичная ихтиофауна Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ. 1960. 402.
- Маркин М.С. Ископаемая четвертичная ихтиофауна из местонахождения «Преображенье» (Тамбовская область). *Вестник Воронеж. ун-та. Сер. Геология*. №1. 2003. 163-166.
- Никольский П.А. Систематика и стратиграфическое значение лосей (Alcini, Cervidae, Mammalia) в позднем кайнозое Евразии и Северной Америки. *Автореф. дис. к.геол.-мин.н.* М. 2010. 26.
- Старобогатов Я.И., Богатов В.В., Прозорова Л.А., Саенко Е.М. Моллюски Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб: Наука. 2004. Т. 6. 9-492.
- Шик С.М., Борисов Б.А., Заррина Е.П. Проект региональной стратиграфической схемы неоплейстоцена Европейской России. *Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода*. № 65. 2004. 102-114.
- Alexandrowicz S.W. Malacological analysis in Quaternary research. *Kwartalnik AGH-Geologia*. №13 (1-2). 1987. 240.
- Berinke L. Early Pleistocene Fish fossils from the Urom quarry. *Ann. Hist.-Nat. Mus. nation. Hungar.* 51. 1959. 105-112.
- Bohme M. Ectothermic vertebrates, climate and environment of the West Runtun Freshwater Bed (early Middle Pleistocene, Cromerian). *Quaternary International*. №228 2010. 63-71.
- Casteel R.W. Fish remains in archaeology and paleo-environmental studies. *Studies in Archaeological Science*. New York: Academic Press. 1976. 180.
- Deckert K., Karrer C. Die Fischreste des Friihpleistozans von Voigtstedt in Thuringen. *Palaont. Abh.* №2. 1965. 299-322.
- Gaudant J. L'ichthyofaune tiglienne de Tegelen (Pays-Bas): signification paleoecologique et paleoclimatique. *Scripta Geol.* 50: №1. 1979. 16.
- Leriche M. Les Poissons tertiaires de la Belgique (Supplement). *Mem.Inst. Roy. Sci. Nat. Belgique*. 118. 1951. 561-564.
- Lozek V. Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Praha. 1964. 374.
- Pawlowska K. L'ichthyofaune interglaciaire (Masovien I) de Barkowice Mokre pres de Sulejow. *Acta palaeont. polonica*. №8. 1963. 475-493.

Б.Р. Григорьян, Т.Г. Николаева, Л.М. Сунгатуллина
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
soil@kzn.ru

ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ В АГРОБИОЦЕНОЗАХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В статье представлены результаты исследований по изучению азотфиксирующей активности, активности почвенного дыхания, биомассы микромицетов, численности (плотности) и биоразнообразия почвенной мезофауны агробиоценозов в условиях различных систем земледелия. Показано, что наибольшие значения биологические параметры принимают на участках при биологической системе земледелия, а наименьшей устойчивостью характеризуется агроэкосистема в условиях традиционного земледелия. Отмечены положительные тенденции в изменении биологических показателей состояния почвенной экосистемы в конверсионный (переходный к органическому земледелию) период.

Ключевые слова: почва, биологические параметры, органическое земледелие, конверсионный период, традиционное земледелие.

Введение

Наряду с традиционными приемами ведения сельского хозяйства во многих странах развивается альтернативное земледелие, основанное на строгом соблюдении научных рекомендаций и требований по эксплуатации почвенных ресурсов с целью их сохранения при длительном использовании. Одним из таких направлений является органическое земледелие, успешно развивающееся в странах ЕС и США последние 30 лет. Органическое земледелие предполагает создание высококультурной, экологически сбалансированной агроэкосистемы, критериями функционирования которой является устойчивость агроландшафта на фоне продуктивного долголетия всех составляющих его компонентов (почва, растения, животный мир). Устойчивость таких агроценозов обеспечивается путем минимизации негативного влияния на агроэкосистему (отказ от применения пестицидов и других средств защиты растений, химических удобрений, ГМО, ионизирующего излучения) и внедрения экологически обоснованной сис-

темы земледелия при обязательном контроле за состоянием всего агробиоценоза в системе эколого-мелиоративного и агроэкологического мониторинга. Основное внимание при изучении вопросов устойчивого развития сельского хозяйства в последние годы уделяют состоянию почвенной экосистемы и качеству почв. Существуют данные, доказывающие положительное влияние органического земледелия на качество почв (Otutumi et al., 2004).

Однако количественная оценка качества почв затруднена в силу многих причин и требует длительного периода для изучения. Поскольку почва представляет собой биокостное вещество с определенным набором физических, химических и биологических свойств, то показатели качества почвы должны отражать комбинацию этих свойств. Для мониторинга происходящих изменений в качестве почвы при органическом земледелии необходим минимальный набор параметров, которые должны отвечать следующим требованиям: коррелировать с природными процессами, протекающими в агроэкосистеме; представ-

Окончание статьи И.В. Аськеева, О.В. Аськеева, С.П. Монахова, Д.Н. Галимовой «Палеоихтиологические и палеомалакологические исследования...»

Sanko A., Gaigalas A., Velichkevich F., Melešyte M. Malacofauna and seed flora of Butenai Interglacial in deposits of the Neravai outcrop, South Lithuania. *Geologija*. №54. 2006. 31-41.

Thienemann A. Verbreitungsgeschichte der Susswassertierwelt Europas. *Binnengewasser*. №18. 1950. 809.

Weiler W. Die Fischfauna des interglazialen Beckentons von Bilshausen bei Göttingen. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.* №123. 1965. 202-219.

I.V. Askeyev, O.V. Askeyev, S.P. Monahov, D.N. Galimova **Paleoichthyological and paleomalacological research of «Bima» location (Tatarstan Republic).**

The location of Likhvian lake sediments discovered and studied. It is located near place Bima, Laishevsky region of Tatarstan Republic. From loam of lacustrine sediments rich complex faunal remains are obtained (fossil remains of fish, mollusk shells). Analyzing all the paleontological materials forming time of lake sediments mass can be compared with the middle Pleistocene interglacial Likhvian.

Keywords: paleontological studies, the fossil remains of fish, mollusk shells, lake sediments, Likhvian Interglacial.

Игорь Васильевич Аськеев

к.биол.н., доцент, старший научный сотрудник лаборатории биомониторинга. Научные интересы: палеозоология, археозоология, историческая экология.

Олег Васильевич Аськеев

к.биол.н., заведующий лабораторией биомониторинга. Научные интересы: экология наземных и водных экосистем, биоклиматология, историческая экология.

Сергей Павлович Монахов

младший научный сотрудник лаборатории биомониторинга. Научные интересы: ихтиология, гидробиология.

Диляра Наилевна Галимова

инженер-исследователь лаборатории биомониторинга. Научные интересы: археозоология.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843)275-92-73.

период	показатели	Традиционное земледелие			Конверсионный период		Биологическое земледелие		
		№1 овес	№2 клевер	№3 пшеница	№4 горох	№5 ячмень	№6 чистый пар	№7 многолетние травы	№8 целина
лето	V _{basal}	3,04	3,46	2,63	2,21	2,29	5,83	9,69	10,52
	V _{SIR}	12,58	16,12	7,89	6,06	12,35	25,15	48,02	50,26
	C _{mic}	246,2	315,1	154,5	118,9	241,8	491,7	937,7	984,0
	Q _R	0,24	0,21	0,33	0,36	0,18	0,23	0,2	0,2
осень	V _{basal}	4,23	6,97	2,74	4,64	3,89	3,66	6,40	3,66
	V _{SIR}	21,95	33,16	16,47	21,27	21,27	30,07	54,77	31,44
	C _{mic}	492,9	673,1	321,9	416,0	416,0	634,2	1107,1	648,4
	Q _R	0,19	0,21	0,17	0,22	0,18	0,12	0,088	0,11

Табл. 1. Параметры почвенного дыхания на экспериментальных полях.

лять собой интеграцию физических, химических и биологических свойств; быть относительно простыми в использовании в полевых условиях; быть чувствительными к изменению применяемых и внедренных агромероприятий, климатических условий (показатель должен быть достаточно чувствительным, чтобы отразить влияние агротехнических условий и климата на качество почвы в долгосрочном периоде, но не столь чувствительным, чтобы не находиться под влиянием краткосрочных изменений погодных условий); быть хорошо изученными.

Поэтому при оценке общей устойчивости и влияния различных видов землепользования на состояние почвенного покрова ключевые показатели, которыми необходимо руководствоваться, должны включать биологические и биохимические параметры.

В 2010 г. проведено изучение почвенных экосистем в условиях традиционного (с использованием пестицидов, минеральных удобрений, без оптимизации структуры агроландшафта), конверсионного (переходного периода к органическому земледелию) и биологического земледелия (многолетняя беспестицидная, адаптивная экологическая система земледелия с широким внедрением почвозащитных, противоэрозионных мероприятий, приемов биологизации с малыми дозами вносимых минеральных удобрений) по ряду биологических параметров: активность почвенного дыхания, азотфиксирующая активность, биомасса микромицетов, численность (плотность) и биоразнообразие почвенной мезофауны. Исследования проводились в агроклиматических условиях лесостепи Приволжской возвышенности на сельскохозяйственных угодьях с серыми лесными тяжелосуглинистыми почвами ГНУ «Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (ТатНИИСХ) РАСХН и СХПК «Ленинская искра» Ядринского района Чувашской Республики.

Материал и методы исследования

Пробы почв для микробиологических анализов отбирали в начале июня и в сентябре (после уборки) согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. Азотфиксирующую активность определяли методом комочков обростания на среде Эшби и выражали в процентном отношении обросших комочков к общему числу комочков на чашке Петри. Определение интенсивности потенциального почвенного дыхания проводилось газохроматографическим методом (Методы почвенной микробиологии..., 1991). Содержание углерода мик-

робной биомассы (C_{mic}) рассчитано по величине субстрат-индуцированного дыхания при помощи коэффициента пересчета – 40,04. Коэффициент микробного дыхания (Q_R) вычислен исходя из показателей базального (V_{basal}) и субстрат-индуцированного дыхания (Anderson, Domsch, 1978).

Биомассу грибов вычисляли методом пересчета по длине и диаметру грибов, которую определяли с помощью метода люминесцентной микроскопии. Производили расчет количества грибных спор и длины мицелия на 1 г почвы и вычисляли биомассу грибов с учетом следующих показателей: удельная масса (плотность) микроорганизмов – 1 г/см³, содержание воды в клетках – 80%. Показатели сухой биомассы составляют для 1 м грибного мицелия с условным диаметром 5 мкм – 3,9x10⁻⁶ г, для 1 грибной споры с условным диаметром 5 мкм – 1x10⁻¹¹ г (Методы почвенной микробиологии..., 1991; Полянская и др., 1995).

Изучение почвенной мезофауны проводили с использованием метода почвенных раскопок (Фасулати, 1971). Отбиралось не менее 16 проб на площадках 25x25 см с каждого участка с послойным выкапыванием почвы (0-10 см, 10-20 см, 20-30 см). Учет жужелиц проводился с помощью ловушек Барбера, заполненных на 1/3 3% раствором уксусной кислоты. В одном учетном ряду было установлено по 10 сосудов. Общая длина учетной линии – 100 м. На каждом поле устанавливали по 1 учетной линии в весенний и осенний период. Период действия ловушек – 5 суток.

Полученные результаты статистически обработаны при помощи программ MS Excel 2007 и Statistica (v.6.1). При количественном анализе почвенной мезофауны использовалась шкала Ренконена (Renkonen, 1938), известные показатели биоразнообразия (Песенко, 1982).

Краткая характеристика изученных участков представлена ниже.

Традиционная система земледелия (ГНУ ТатНИИСХ): поле №1 – овес, предшественники – ячмень, яровая пшеница, минимальная обработка почвы на глубину 14-16 см, ежегодно вносится солома 4-6 т/га, в начале мая 2010 г. внесено 2 ц/га нитроаммофоски, обработка гербицидами – «Пума-Супер 100» в 2009 г.; поле №2 – клевер, предшественник – овес, без обработки, в конце апреля 2010 г. внесено 3 ц/га нитроаммофоски, химическая обработка – гербицидом «Базагран» в 2009 г.; поле №3 – яровая пшеница, предшественник – горох, минимальная обработка на 12-14 см, ежегодно проводятся химические обработки против болезней и вредителей, вносится солома 4-6 т/га, в конце апреля 2010 г. внесено 4 ц/га нитроаммофоски, в начале мая 2010 г. проведена обработка пиретроидным инсектицидом «Децис», в конце мая – комплексная гербицидная обработка «Пума-Супер 100» + «Секатор».

Конверсионный период (2 года, ГНУ ТатНИИСХ): поле №4 – горох, предшественник – озимая рожь, глубокое безотвальное рыхление на глубину 27-32 см, последнее внесение минеральных удобрений и гербицида «Базагран» – в 2008 г., ежегодно вносится солома 4-6 т/га; поле №5 –

Варианты	Биомасса грибов, мг/г	
	начало лета	осень
Традиционное земледелие	1,04±0,15	2,26±0,50
Конверсионный период	1,34±0,08	3,06±0,32
Биологическое земледелие	1,60±0,18	3,00±0,32
Целина	1,53±0,04	3,25±0,34

Табл. 2. Средняя биомасса грибов на экспериментальных участках.

ячмень, предшественник – клевер, минимальная обработка на 12-14 см, последнее внесение минеральных удобрений и гербицида «Базагран» – в 2008 г., ежегодно вносится солома 4-6 т/га.

Биологическое земледелие (более 40 лет, СХПК «Ленинская искра»): поле №6 – чистый пар, предшественник – кормовая горохово-ячменная травосмесь (выращивалась без применения минеральных удобрений и пестицидов), в июне – 2-кратное дискование, культивация после всходов сорняков, осенью – посев озимых культур; поле №7 – многолетние травы (люцерна с примесью злаков) 8-го года пользования, без обработок, ежегодно проводится сенокосение, минеральные удобрения не вносятся, пестициды не используются; №8 целинный участок – суходольный злаково-разнотравный луг с хорошо развитой дерниной.

Результаты и их обсуждение

Свободноживущие азотфиксирующие микроорганизмы являются чувкими индикаторами загрязнения и почвенного плодородия. Установлено, что самый низкий процент встречаемости *Azotobacter* характерен для полей с традиционной системой земледелия (№2 и №3) (Рис.). Систематическая пестицидная нагрузка (поле №3) и неудовлетворительные агрофизические свойства (уплотненный верхний слой почвы поля №2) негативно сказываются на жизнеспособности представителей *Azotobacter*. Максимальный процент встречаемости выявлен на участках, находящихся на стадии конверсии и на поле №1 в условиях традиционного земледелия. Сезонные колебания встречаемости азотобактера незначительны (Рис.).

Интегральным показателем, адекватно отражающим состояние агрофитоценозов, является почвенное дыхание. Параметры почвенного дыхания дают представление о микробиологической активности, запасах питательных веществ и устойчивости системы микробного пула, позволяя тем самым определить экологическое состояние почв.

Значения V_{Basal} свидетельствуют о скорости минерализации органического вещества в почве. Высокие показатели скорости базального дыхания в начале летнего сезона выявлены на целинном участке (10,52 мг CO_2 /кг/ч) и на полях при биологической системе земледелия (Табл. 1). Самые низкие значения отмечены на конверсионных участках (2,21 и 2,29 мг CO_2 /кг/ч) и поле №3 с высокой пестицидной нагрузкой. В осенний период скорость базального дыхания снизилась на целинном участке и сельскохозяйственных угодьях в условиях биологического земледелия, возросла на полях с традиционной системой земледелия и конверсионных участках. Микробиологическая активность обычно сильно выражена в весенний период, к осени происходит спад микробиологической деятельности. Поступление пожнивных остатков после распашки способствовало активизации микробиологических процессов в осенний период на конверсионных участках и полях при традиционном земледелии.

Скорость субстрат-индуцированного дыхания в условиях биологической системы земледелия превышала показатели V_{SIR} почв при традиционном земледелии и конверсионных участков в летний период. Максимальные значения V_{SIR} зафиксированы в микробценозах целинного участка (50,26 мг CO_2 /кг/ч) в начале лета, осенью наибольшая эмиссия CO_2 в обогащенной питательными суб-

страдами почвы отмечена на поле под многолетними травами (54,77 мг CO_2 /кг/ч). На всех экспериментальных участках за исключением целинного наблюдается увеличение субстрат-индуцированного дыхания в осенних образцах.

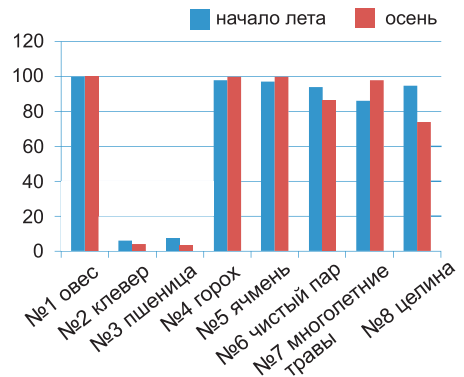


Рис. Встречаемость бактерий рода *Azotobacter* в почвах при различных системах земледелия (в %).

страт-индуцированного дыхания в осенних образцах. Минимальные значения V_{SIR} в летне-осенний период выявлены для микробценозов конверсионного участка под горохом с глубокой безотвальной обработкой почвы и поля №3 с высокой пестицидной нагрузкой.

По содержанию углерода микробной массы в летний период участки при традиционном земледелии и находящиеся в конверсионном периоде значительно уступают ненарушенным целинным почвам (в 3,12-8,27 раз) и участкам под многолетними культурами (в 2,97-7,88 раз) (Табл. 1). Целинный участок и поле под многолетними травами характеризуются почти равными высокими значениями концентрации C_{mic} в начале лета. Низкие показатели микробной биомассы в летне-осенний период отмечены для микробного сообщества конверсионного участка под горохом с глубокой безотвальной обработкой почвы и поля №3 с высокой пестицидной нагрузкой. Конверсионный участок под зерновыми культурами с минимальной обработкой почвы (поле №5) практически не уступает участкам при традиционном земледелии по параметрам почвенного дыхания. Отмечено осеннее увеличение концентрации микробного углерода, резко выраженное на конверсионном участке под горохом (в 3,49 раз). В то же время, в целинной почве содержание активной микробной массы к осени снизилось на 34,10%, а в почве же под многолетними травами прирост микробной биомассы составил 18,06%.

Во всех микробных сообществах максимальные значения Q_R зарегистрированы в начале лета, когда наиболее активна почвенная микрофлора, и происходит интенсивная минерализация органических веществ. Считается, что чем ниже значение коэффициента Q_R , тем устойчивее микробное сообщество почвы. Устойчивые к различным неблагоприятным воздействиям, в том числе к интенсивному агроиспользованию, почвенные экосистемы характе-

Параметры	Конверсионный период	Традиционное земледелие			Биологическое земледелие*	
		№1 овес	№2 клевер	№3 пшеница	зерновые	№7 многолетние травы
Число таксономических групп	12	8	10	8	16-23	21
Плотность мезофауны, экз./м ²	104	82	52	124	77-215	329
Плотность олигохет, экз./м ²	26	46	7	88	42-124	196

Табл. 3. Таксономическое разнообразие и плотность почвенной мезофауны экспериментальных участков. (* – Кириллова др., 2006).

ризируются значениями Q_R , лежащими в диапазоне от 0,1 до 0,3 (Благодатская и др., 1995). Наименьшие показатели коэффициента микробного дыхания зафиксированы на поле под многолетними травами (0,088) и на целинном участке (0,11) в осенний период, в начале лета для данных массивов также отмечены невысокие значения Q_R (0,2). Следовательно, данные участки характеризуются наиболее устойчивым состоянием почвенной экосистемы. Наименее устойчивы к неблагоприятным воздействиям почвы конверсионного участка под горохом с глубокой безотвальной обработкой почвы и поля №3 с высокой пестицидной нагрузкой в летний период. В целом, значения Q_R в исследованных вариантах находятся в пределах 0,1-0,3.

В ряду традиционное земледелие – конверсионный период – биологическое земледелие – целина происходит увеличение биомассы грибов как в начале лета, так и в осенний период (Табл. 2). Достоверно значимые различия (t-критерий Стьюдента – 3,54 при $p=0,01$) выявлены в содержании средней биомассы грибов на целинном участке и на полях в условиях традиционного земледелия. Осеннее увеличение грибной биомассы во всех вариантах связано с поступлением в почву доступного для сапрофитных грибов органического вещества в виде отмерших растительных остатков.

Максимальная плотность почвенной мезофауны и наибольшее число таксономических групп беспозвоночных животных выявлено на полях под многолетними травами и зерновыми культурами при контурно-мелиоративной организации агроландшафта в условиях биологической системы земледелия. Несколько ниже эти параметры на конверсионных участках, но в целом выше, чем на полях при традиционной системе земледелия (Табл. 3).

Одним из важных показателей экологического благополучия и факторов почвенного плодородия является плотность дождевых червей в почве. Главный источник питания олигохет – отмершие растительные остатки, поэтому их присутствие в почве может быть индикатором обогащённости почвы органическим веществом. Максимальные значения плотности олигохет в июне отмечены на поле под многолетними травами (196 экз./м²) и под зерновыми культурами при контурно-мелиоративной организации агроландшафта в условиях биологической системы земледелия (Табл. 3). Возделывание предшествующей бобовой культуры (горох) на поле №3 традиционной системы земледелия, ежегодное запахивание соломы, наличие лесополосы создало благоприятные микроклиматические условия для развития дождевых червей. Наименьшая плотность олигохет отмечена на поле №2. Вследствие сильной засухи в полевой сезон 2010 г. в осенних сборах дождевые черви не представлены.

Конверсионные участки по сравнению с полями при традиционном земледелии отличаются более высоким уровнем биоразнообразия почвенной мезофауны, о чем свидетельствуют значения индексов биологического разнообразия (Табл. 4).

В сборах доминируют типичные представители фауны герпетобионтов – жесткокрылые семейств *Carabidae* и *Staphylinidae*. Жужелицы являются хорошими индикаторами почвенных условий и составляют основу собранного материала по герпетобионтным жесткокрылым. Многочисленные исследования показали, что распре-

Показатели	Конверсионный период	Традиционное земледелие		
		№1 овес	№2 клевер	№3 пшеница
*H	1,84	1,67	1,79	1,64
E	0,74	0,80	0,77	0,78
D	0,22	0,24	0,22	0,26
1/D	4,54	4,17	4,54	3,85
D _{Mg}	2,00	1,79	1,74	1,46

Табл. 4. Значения индексов биоразнообразия почвенной мезофауны в летний период. (*H – индекс Шеннона, E – мера выравненности, D – индекс Симпсона 1/D – индекс полидоминантности, D_{Mg} – индекс Маргалефа).

ление жужелиц определяется не столько наличием пищевых объектов, сколько подходящими условиями среды и в основном зависит от температуры, влажности, механического состава почв, засоленности и т.д. Поэтому наибольшим разнообразием жужелиц отличаются участки с оптимальными показателями данных параметров. Максимальным видовым разнообразием отличается фауна жесткокрылых-герпетобионтов полей при биологическом земледелии (16 видов). По видовому богатству фауны герпетобионтов выделяются также конверсионные участки и поле №2 (по 14 видов за весь сезон), наименьшее число видов за весь период исследования выявлено на полях №1 и №3 при традиционной системе земледелия (по 10 видов). Высокие значения всех индексов биоразнообразия отмечены для полей при биологической системе земледелия и поля №2 при традиционном земледелии, фауна герпетобионтов которых характеризуется полидоминантной структурой и выравненностью населения сообществ изучаемой группы жуков (Табл. 5). Высокие показатели биоразнообразия фауны герпетобионтов клеверного поля №2, несмотря на неудовлетворительные агрофизические свойства почвы, обусловлены скорее всего снижением антропогенного влияния на почвенную фауну.

Поля многолетних культур, испытывая в целом наименьшую антропогенную нагрузку на фауну напочвенных обитателей, также отличаются более стабильным, разнообразным и длительно сохраняющимся составом сообществ живых организмов. Показатели биоразнообразия фауны герпетобионтов, приведенные для конверсионных участков, занимают промежуточное положение между участками (поля №1 и №3) при традиционном и биологическом земледелии. Наименьшие показатели индексов биоразнообразия отмечены для фауны герпетобионтов поля №1 при традиционном земледелии, ха-

Показатели	Конверсионный период	Традиционное земледелие			Биологическое земледелие**	
		№1 овес	№2 клевер	№3 пшеница	зерновые	№7 многолетние травы
S	13	9	14	10	16	12
N	296	502	40	85	96	139
*H	1,43	0,27	2,43	1,02	2,04	1,86
E	0,55	0,12	0,92	0,44	0,73	0,75
D	0,36	0,91	0,10	0,56	0,21	0,20
1/D	2,77	1,09	10,0	1,78	4,62	5,01
D _{Mg}	2,10	1,28	3,52	2,02	3,29	2,23

Табл. 5. Сравнительные показатели биоразнообразия фауны жесткокрылых-герпетобионтов в летний период. (* S – число видов, N – число экземпляров, H – индекс Шеннона, E – мера выравненности, D – индекс Симпсона 1/D – индекс полидоминантности, D_{Mg} – индекс Маргалефа; ** по литературным данным (Егоров и др., 2007))

рактирующей низкими значениями выравненности и полидоминантности населения напочвенных жуков. Высокие показатели численности герпетобионтов, зафиксированные на данном участке, обусловлены массовостью практически одного супердоминантного, многочисленного в агроценозах лугово-полевого энтомофага – *Poecilus cupreus Linneus*, 1758. Малое количество осадков и крайне высокие температуры в летние месяцы неблагоприятно сказались на численном обилии почвенной мезофауны в осенний период на исследуемых участках.

Заключение

Полученные данные согласуются с литературными. Известно, что 100% переход на органическое земледелие в Дании способствовал увеличению микробной биомассы на 77%, численности ногохвосток на 37%, плотности дождевых червей на 154% (Scow et al., 1994; Matsubara et al., 2002). По данным Швейцарского исследовательского института органического сельского хозяйства FiBL, в органических агроэкосистемах по сравнению с традиционными биомасса дождевых червей выше на 30-40%, а их плотность на единицу площади – на 50-80%, выше биологическая активность микроорганизмов, численность и биоразнообразие педобионтов. В органических агроэкосистемах выше численность жужелиц, на 60-70% больше стафилинов, на 70-120% – пауков, общая биомасса почвенных микроорганизмов больше на 20-40% (Organic Farming Enhances..., 2000).

Поскольку органическое земледелие предполагает прежде всего устойчивое развитие агроэкосистемы и сохранение почвенных ресурсов, то использование биологических параметров при проведении мониторинговых исследований и экспертной оценке качества почв при переходе к системе органического земледелия необходимо для получения более подробной информации о состоянии почвенной экосистемы.

Полученные данные подтверждают преимущества органического земледелия перед традиционным по ряду биологических параметров. Отмечены положительные тенденции в изменении состояния почвенной экосистемы в конверсионный период.

Благодарности

Авторы признательны д.биол.н. Алимовой Ф.К., аспиранту Рябичко С.С. (кафедра биохимии биолого-почвенного факультета КФУ), к.биол.н. Петрову А.М., к.биол.н. Вершинину А.А. (лаборатория экологических биотехнологий ИПЭН АН РТ) за оказанную помощь в проведении микробиологических исследований, к.биол.н. Жеребцову А.К. за определение материала по почвенной мезофауне, работникам СХПК «Ленинская искра» (в особенности Герасимову В.Г., Игнатьеву В.Я., Сапожникову Н.Л.), заведующему ГСУ ТатНИИСХ Липатникову А.И. за возможность проведения исследования на территории экспериментальных участков.

Литература

Благодатская Е.В., Ананьева Н.Д., Мякшина Т.Н. Характеристика состояния микробного сообщества почвы по величине метаболического коэффициента. *Почвоведение*. №2. 1995. 205-210.
ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. 1984.
Егоров Л.В., Подшивалина В.Н., Кириллова В.И. К фауне и экологии жесткокрылых-герпетобионтов на полях с контурно-мелиоративной и обычной системами земледелия. *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.*

Я. Яковлева. №1 (53). 2007. 144-157.

Кириллова В.И., Егоров Л.В., Подшивалина В.Н. Экологический мониторинг земель в колхозе «Ленинская искра» Ядринского района. *Сб. статей: «Современные проблемы биологии, химии и экологии»*. Чебоксары: ЧГПУ. 2006. 144-162.

Методы почвенной микробиологии и биохимии. Под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 303.

Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука. 1982. 285.

Полянская Л.М., Гейдебрехт В.В., Звягинцев Д.Г. Биомасса грибов в различных типах почв. *Почвоведение*. №5. 1995. 566-572.

Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. М.: Высшая школа. 1971. 424.

Anderson T.-H., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biol. Biochem.* V.10. №3. 1978. 215-221.

Matsubara Y., N. Hasegawa, H. Fukui. Incidence of fusarium root rot in asparagus seedlings infected with Arbuscular mycorrhizal fungus as affected by several soil amendments. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* №71 (3). 2002. 370-374.

Organic Farming Enhances Soil Fertility and Biodiversity: Results from a 21 Year Old Field Trial. Switzerland: Research Institute of Organic Farming (FiBL). *Frick. Dossier*. №1. 2000. 96.

Otutumi A.T., Oliveira T.S., Mendoca E.S., Lima J.B.F. Qualidade do solo em sistemas de cultivo agroecológicos no município de Taubaté. In: Solo e água: aspectos de uso e manejo com knfase no semi-brido nordestino. Fortaleza. CE: Departamento de ciencias do solo. UFC. ix. 2004. 1-31.

Renkonen O. Statistisch-okologische Untersuchungen uber die terrestrische Kaferwelt der finnischen Bruchmoore. *Acta zool. Soc. zool.-bot. fenn.* «Vanamo». Vol. 6. Fasc. 1. 1938. 1-231.

Scow K.M., O. Somasco, H. Ferris, N. Gunapala, S. Lau, R. Venette, et al. Transition from conventional to low-input agriculture changes soil fertility and biology. *Cal. Agric.* №48. 1994. 20-26.

B.R. Grigoryan, T.G. Nikolaeva, L.M. Sungatullina. **Change of the soil ecosystems biological parameters in agrobiocenoses under different agricultural systems.**

The article presents the results of studies on nitrogen-fixing activity, the activity of soil respiration, biomass of micromycetes, abundance (density) and biodiversity of soil mesofauna of agrobiocenoses under different agricultural systems. It is shown that the biological parameters take the greatest values on the fields with the biological system of agriculture. The agroecosystem in traditional agriculture is characterized by the least stability. Positive trends in biological indicators of soil ecosystem in the conversion (transitional to organic farming) period are noted.

Keywords: soil, biological parameters, organic agriculture, conversion period, traditional agriculture.

Борис Рубенович Григорьян

к.биол.н., зав. лабораторией агроэкологических разработок, зав. каф. почвоведения Казанского (Приволжского) федерального университета. Научные интересы: биологическое, ресурсосберегающее земледелие; генезис почв, мониторинг качества почв.

Татьяна Геннадьевна Николаева

аспирант лаборатории агроэкологических разработок. Научные интересы: энтомология; биологическое, ресурсосберегающее земледелие.

Люция Мансуровна Сунгатуллина

научный сотрудник лаборатории агроэкологических разработок. Научные интересы: почвенная микробиология; биологическое, ресурсосберегающее земледелие.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ 420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843)298-26-10.

АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ И ПРОБЛЕМЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Проанализированы объемы антропогенной нагрузки на водные объекты Республики Татарстан. Рассмотрены проблемы эвтрофикации поверхностных вод природных водных объектов. Обсуждены направления повышения эффективности функционирования биологических очистных сооружений.

Ключевые слова: сточные воды, биологические очистные сооружения, эвтрофикация водоемов, иммобилизация биоценозов, комбинированные схемы очистки.

Водоотведение в Республике Татарстан

Качество поверхностных вод в Республике Татарстан в большей мере определяется эффективностью работы биологических очистных сооружений, объемами сбрасываемых в объекты окружающей среды загрязненных (неочищенных и недостаточно очищенных) сточных вод.

По данным государственного доклада «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2009 году» (Государственный доклад..., 2010) в республике в настоящее время эксплуатируется более 120 сооружений по очистке сточных вод общей мощностью около 800 млн. м³ сточных вод в год и около 40 объектов производительностью до 90 млн. м³/год находится в стадии проектирования и строительства.

Суммарный объем сбрасываемых в поверхностные водные объекты сточных вод в последние годы имеет тенденцию к снижению и в 2009 г. по республике составил 565,27 млн. м³, что ниже, чем в предыдущие годы (Рис. 1).

Зафиксированное в 2009 году уменьшение общего объема сточных вод, сбрасываемых без очистки, произошло за счет сокращения объемов производства продукции на ряде предприятий (например, ОАО «Казанский завод синтетического каучука») и реализации проекта реконструкции системы промливневой канализации и заведения сточных вод в цикл на филиале ОАО «Генерирующая компания» «Казанская ТЭЦ-1».

Уменьшение общего объема сброса недостаточно очищенных сточных вод связано, в первую очередь, с более эффективной работой таких предприятий, как ОАО «Нижнекамскнефтехим», ЗАО «Челныводоканал», МУП «Водоканал» г. Казань, УПТЖ для ППД ОАО «Татнефть».

Представленные в таблице 1 показатели водоотведения сточных вод (СВ) в поверхностные водоемы республики показывают, что, в целом, объемы сбрасываемых СВ определяются промышленным развитием региона.

Основная доля сбрасываемых в поверхностные водоемы республики сточных вод приходится на Центральный (более 48%), Прикамский (17,8%), Приикский (14,6%) и Закамский (11,9%) регионы (Рис. 2). В республике лидерами по объемам загрязненных сточных вод, сбрасываемых без очистки в поверхностные водоемы, являются Центральный (64,9 %) и Заволжский (15,5%) регионы (Рис. 3), по сбросу недостаточно очищенных сточных вод – Центральный (49,4%), Прикамский (23,1%) и Закамский (15,5%)

регионы. Показатели водоотведения по городам приведены в таблице 2.

Хотя за счет сокращения объемов сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоемы в 2009 году, масса сброшенных загрязняющих веществ сократилась на 7,63 тыс. т, это не привело к кардинальному изменению экологической ситуации в водоемах республики.

В поверхностные водоемы РТ в 2009 г. сброшено: органических соединений (по показателю биологического потребления кислорода (БПК)) – 4,67 тыс. т, нефтепродуктов – 20 т, взвешенных веществ – 4,01 тыс. т, сульфатов – 46,64 тыс. т, хлоридов – 32,54 тыс. т, фосфатов – 0,67 тыс. т, цинка – 3,61 т, меди – 0,82 т, хрома – 0,31 т, марганца – 4,93 т.

В 2009 году сокращение массы сброса поллютантов составило: хрома – 79,1%, фенолов – 53,2%, цинка – 32,6%, никеля – 26,6%, меди – 17,2%, нитрит-ионов – 16,7%, СПАВ – 15,8%, фосфора общего – 14,3%, хлорид-ионов – 12,8%, сульфат-ионов – 8,4%, в первую очередь, за счет улучшения качества сточных вод сбрасываемых МУП «Водоканал» г. Казани, ОАО «Нижнекамскнефтехим» и рядом других промышленных предприятий.

За последние пять лет (2005-2009 гг.) наблюдается определенная стабилизация массы сбрасываемых в водоем нитрит-ионов, фосфат-ионов и ионов аммония, при наличии тенденции к снижению массы сброса взвешенных и органических веществ (по БПК). Прослеживается динамика увеличения сброса нитрат-ионов (Рис. 5).

Эвтрофикация водоемов

Немаловажным показателем, позволяющим определить состояние природных водоемов, является уровень их эвтрофикации, которая наблюдается при избыточном поступлении в водоем «биогенных элементов», в первую очередь соединений азота и фосфора.

Хотя процесс эвтрофикации является естественным природным процессом, связанным с постоянным поступлением с тальми и дождевыми водами с водосборной территории биогенных элементов, отрицательное действие которых на водоем нивелируется его самоочищающей способностью, в настоящее время на урбанизированных территориях, в местах интенсивного ведения сельского хозяйства, функционирования предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, в акваториях, прилегающих к крупным и средним населенным пунктам, интенсивность эвтрофикации водоемов многократно возросла.

При повышении содержания биогенных элементов в поверхностных горизонтах водоема происходит активное развитие фитопланктона (сине-зеленых и зеленых водорослей), следствием которого является снижение прозрачности воды и гибель донных растений из-за недостатка света. В результате отмирания донных водных растений происходит гибель гидробионтов, для которых они являлись местом обитания и/или звеном трофической пищевой цепи.

Массовое развитие, в первую очередь одноклеточных водорослей, характеризующихся большой суммарной поверхностью и биомассой, приводит к лимиту кислорода в поверхностных слоях воды в предутренние часы, что влечет «летний замор» в результате гибели требовательных к содержанию кислорода (облигатных аэробов) организмов.

Разложение сапрофитными микроорганизмами погибших и опустившихся на дно гидробионтов способствует быстрому расходу кислорода, снижению окислительно-восстановительного потенциала водной среды, гибели менее требовательной к кислороду донной и придонной фауны, а в зимнее время – к явлению, которое называется «зимним замором».

В результате анаэробного распада отмерших организмов образуются такие ядовитые вещества, как фенолы и сероводород, выделяются метан и углекислый газ, появление которых в водной среде приводит к гибели гидробионтов, деградации экосистемы. Результатом вышесказанного является ухудшение санитарно-гигиенического качества воды, вплоть до ее полной непригодности для хозяйственно-бытового использования и питьевого водоснабжения.

Прогнозирование последствий вторичного загрязнения водоемов является одним из факторов, обеспечивающих принятие правильных управленческих решений при разработке природоохранных мероприятий в Татарстане.

Анализируя качество поверхностных вод Куйбышевского водохранилища с точки зрения их «эвтрофирующего потенциала», который определялся как кратность превышения содержания водорослей *Scenedesmus quadricauda* в исследуемой воде относительно контроля при биотестировании, проведенном в соответствии с ФР. 1.39.2007.03223 (Методика определения токсичности..., 2007), можно сказать следующее (Рис. 6; Табл. 3):

- поверхностные воды во всех обследованных точках водохранилища характеризуются повышенным содержанием биогенных элементов, способствующим эвтрофикации;
- высоким «эвтрофирующим потенциалом» характеризуются воды Куйбышевского водохранилища в районе г. Зеленодольск, ниже г. Казань, р. Свияга и р. Казанка;

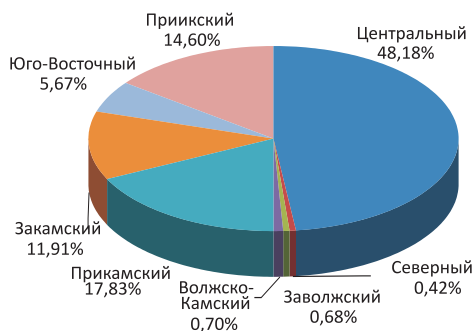


Рис. 2. Соотношение объемов сточных вод, сброшенных в поверхностные водоемы по регионам Республики Татарстан в 2009 г.

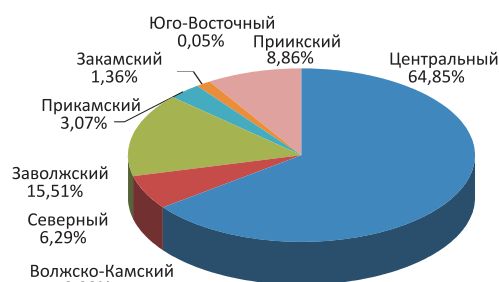


Рис. 3. Соотношение объемов сточных вод по регионам РТ, сброшенных в поверхностные водоемы без очистки в 2009 г.

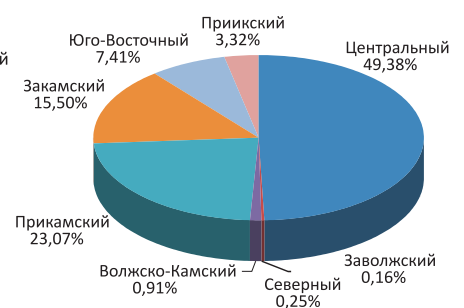


Рис. 4. Соотношение по регионам объемов загрязненных недостаточно очищенных сточных вод, сброшенных в поверхностные водоемы РТ в 2009 г.

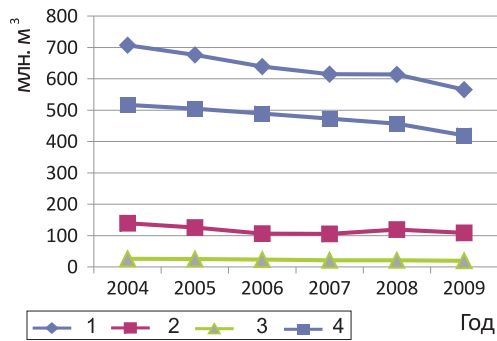


Рис. 1. Динамика водоотведения сточных вод в поверхностные водные объекты Республики Татарстан в 2004-2009 гг. 1 – Водоотведение, всего; 2 – Нормативно-чистые, без очистки; 3 – Загрязненные, без очистки, 4 – Загрязненные, недостаточно очищенные.

– на участке Куйбышевского водохранилища от г. Зеленодольск до г. Казань за счет самоочищающейся способности водоема «эвтрофирующий потенциал» в среднем снижается в 3,2 раза;

– вода реки Казанка характеризуется высоким «эвтрофирующим потенциалом», что может оказывать отрицательное воздействие на качество воды в районе водозабора г. Казань;

– сброс сточных вод с Казанских городских очистных сооружений повышает «эвтрофирующий потенциал» воды Куйбышевского водохранилища;

– с точки зрения снижения «эвтрофирующего потенциала» (удаления из воды биогенных элементов) акватория Куйбышевского водохранилища от г. Казань до г. Тетюши обладает слабой самоочищающейся способностью;

– средний «эвтрофирующий потенциал» поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в русле р. Волга и в русле р. Кама практически не отличается.

Достаточно высокий «эвтрофирующий потенциал» сточных вод, сбрасываемых с биологических очистных сооружений в водоемы и водотоки республики, требует разработки мероприятий по повышению эффективности изъятия из них биогенных элементов, и, в первую очередь, соединений азота и фосфора.

Биологические очистные сооружения и эффективность их работы

Биологические очистные сооружения (БОС), по своей сути, являются барьером, защищающим водоемы от поступления в них загрязняющих веществ, способствующим сохранению природных гидробиоценозов. Это мощный защитный биологический экран, ограждающий природные водоемы от поллютантов – компонентов сточных вод

(Жмур, 1997).

Именно поэтому состояние водоемов в решающей мере определяется эффективностью работы очистных сооружений, что подтверждает актуальность развития систем экоаналитического контроля состояния водных объектов и источников антропогенного воздействия на них (Шагидуллин, 2007).

Биоценозы очистных сооружений способны быстро и эффективно утилизировать образующиеся в процессе жизнедеятельности общества большие объемы загрязняющих веществ в искусственно созданных условиях аэротенков,

биотенков, других сооружений.

В настоящее время, практически во всех городах и крупных населенных пунктах и районных центрах Республики Татарстан имеются сооружения биологической очистки сточных вод перед сбросом в объекты окружающей среды.

В 2009 году суммарная масса сброшенных с биологических очистных сооружений коммунальных предприятий РТ загрязняющих веществ снизилась более чем на 5 тыс. т (7,4%) за счет уменьшения количества сброса ионов аммония на 2,7%, железа на 4,4%, нитрит-ионов на 9,0%, нефтепродуктов на 27,0%, СПАВ на 19,0%, сульфатов на 13,3%,

фосфора общего на 17,3%, хлоридов на 9,4%. Снижение массы сброшенных вышеуказанных загрязняющих веществ было связано и с сокращением на 38,45 млн. м³ (5,8%) объема сбрасываемых сточных вод. Вместе с тем было зафиксировано увеличение содержания нитрат-ионов на 10,1% (связано с активизацией процессов нитрификации на очистных сооружениях гг. Казань, Буинск, Зеленодольск, Тетюши, Чистополь), взвешенных веществ на 6,2% (увеличение их содержания в сточных водах БОС гг. Казань, Альметьевск, Бугульма, Буинск, Елабуга, Зеленодольск, Тетюши, Чистополь) (Государственный доклад..., 2010).

Анализ работы биологических очистных сооружений показывает, что если эффективность очистки от органических веществ достаточно высока и их содержание (по БПК₅) в сточных водах, сбрасываемых в объекты окружающей среды РТ, приближается к нормативным значениям, то концентрация ионов аммония практически во всех случаях значительно (в десятки-сотни раз) превышает установленные нормативы. Последнее, в первую очередь, связано с низкой активностью нитрифицирующих микроорганизмов активного ила, нарушениями технологического режима обработки сточных вод.

Процесс нитрификации заингибирован на очистных сооружениях МУП «Рыбная Слобода», ОАО «Лаишевские коммунальные сети», ООО РСК «Инженерные технологии» г. Лаишево, ОАО «Лаишевские коммунальные сети», н.п. Нармонка, ОАО «Керамика-Синтез», ОАО «Кошачковские коммунальные сети», ОАО «Балтасинское МПП ЖКХ», ОАО «Апастовское МПП ЖКХ», ОАО «Арские коммунальные сети».

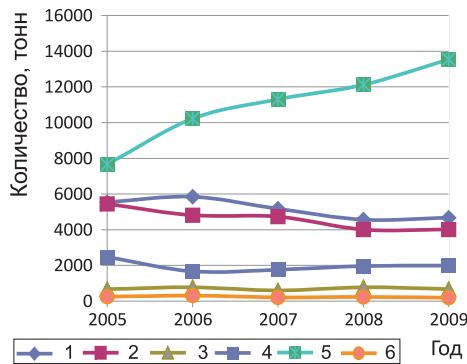
Для большинства биологических очистных сооружений характерно высокое остаточное содержание фосфатов, что также способствует активизации процесса эвтрофикации.

В Татарстане, в основном, эксплуатируются очистные сооружения, построенные в 60-80 гг. прошлого века, которые проектировались на глубину очистки до 10-20 мг БПК₅/дм³ и не рассчитаны на бо-

Регион, муниципальное образование	Сброс сточных вод		В т.ч. в поверхностные водоемы			
	2008 г.	2009 г.	Всего	Загрязненные		Нормативно чистые
				без очистки	недостаточно очищенные	
Центральный	282,05	265,61	264,14	12,88	207,21	44,05
г. Казань	267,25	252,03	251,75	11,97	195,74	44,05
Верхнеуслонский	0,32	0,25	0,17	0,04	0,13	0,00
Высокогорский	1,49	1,46	1,07	0,29	0,78	0,00
Зеленодольский	10,51	10,08	9,82	0,53	9,29	0,00
Лаишевский	0,45	0,36	0,25	0,00	0,25	0,00
Пестречинский	0,74	0,65	0,63	0,00	0,63	0,00
Рыбно-Слободской	0,81	0,33	0,15	0,04	0,11	0,00
Сабинский	0,36	0,32	0,28	0,01	0,26	0,00
Тюлячинский	0,12	0,13	0,02	0,00	0,02	0,00
Северный	3,64	3,58	2,31	1,25	1,06	0,00
Арский	1,89	1,91	1,46	1,25	0,21	0,00
Атнинский	0,16	0,11	0,01	0,00	0,01	0,00
Балтасинский	0,23	0,35	0,12	0,00	0,12	0,00
Кукморский	1,36	1,21	0,72	0,00	0,72	0,00
Заволжский	7,72	6,63	3,74	3,08	0,67	0,00
Апастовский	0,62	0,41	0,04	0,00	0,04	0,00
Буинский	2,13	1,54	0,48	0,12	0,36	0,00
Дрожжановский	0,54	0,47	0,03	0,02	0,02	0,00
Кайбицкий район	3,04	3,02	2,94	2,94	0,00	0,00
Камско-Устьинский	0,42	0,33	0,09	0,00	0,09	0,00
Тетюшский	0,97	0,86	0,16	0,00	0,16	0,00
Волжско-Камский	5,04	5,39	3,82	0,00	3,82	0,00
Аксубаевский	0,34	0,31	0,10	0,00	0,10	0,00
Алексеевский	0,39	0,43	0,40	0,00	0,40	0,00
Алькеевский	0,08	0,35	0,03	0,00	0,03	0,00
Новошешминский	0,37	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00
Спасский	0,18	0,16	0,11	0,00	0,11	0,00
Чистопольский	3,68	3,67	3,18	0,00	3,18	0,00
Прикамский	126,26	99,78	97,75	0,61	96,81	0,33
г. Набережные Челны	112,50	88,03	88,03	0,21	87,82	0,00
Агрызский	0,96	0,89	0,79	0,00	0,79	0,00
Актанышский	0,67	0,64	0,17	0,00	0,17	0,00
Елабужский	6,05	4,84	4,76	0,40	4,36	0,00
Мамадышский	1,90	1,58	0,85	0,00	0,85	0,00
Менделеевский	3,23	2,90	2,74	0,00	2,41	0,33
Мензелинский	0,54	0,57	0,41	0,00	0,41	0,00
Тукаевский	0,41	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Закамский	68,27	66,66	65,28	0,27	65,02	0,00
Заинский	4,23	4,77	3,77	0,22	3,56	0,00
Нижнекамский	62,74	60,69	60,58	0,05	60,53	0,00
Сармановский	1,30	1,20	0,93	0,00	0,93	0,00
Юго-Восточный	37,22	34,15	31,09	0,01	31,08	0,00
Альметьевский	19,53	17,46	17,00	0,00	17,00	0,00
Бугульминский	11,00	10,05	9,99	0,00	9,99	0,00
Лениногорский	4,18	4,01	3,13	0,01	3,12	0,00
Нурлатский	1,68	1,67	0,87	0,00	0,87	0,00
Черемшанский	0,83	0,96	0,10	0,00	0,10	0,00
Приикский	83,97	83,56	80,05	1,76	13,93	64,37
Азнакаевский	4,67	4,32	3,59	0,00	3,59	0,00
Бавлинский	1,93	1,60	0,68	0,02	0,66	0,00
Муслюмовский	0,37	0,32	0,08	0,00	0,08	0,00

Табл. 1. Показатели водоотведения по регионам, муниципальным районам, городским округам и городам РТ, (млн. м³) (Государственный доклад..., 2010).

Рис. 5. Динамика сбросов загрязняющих веществ в водоемы РТ в 2005-2009 гг. 1 – БПК; 2 – Взвеш. вещества; 3 – Фосфор общий; 4 – Азот аммонийный; 5 – Нитраты; 6 – Нитриты.



лее качественную очистку.

Имеющиеся данные показывают, что только около 50% из действующих очистных сооружений удаляют из сточных вод 90 % и более процентов органических загрязняющих веществ. Очищенная вода более 30% очистных сооружений токсична для фауны водоемов. И в абсолютном большинстве случаев качество воды на выпуске в объекты окружающей природной среды не соответствует установленным нормативам, процессы нитрификации на многих очистных сооружениях заингибированы.

В республике в основном эксплуатируются биологические очистные сооружения, в которых окисление загрязняющих веществ осуществляется в аэротенках биоценозом активного ила. Используются и альтернативные технологии – биофильтры (санаторий «Крутушка», Мамадышский масло-сыродельный завод, ООО «Лениногорск-Водоканал»), поля фильтрации (Свияжский мясокомбинат), многоступенчатые аэробные схемы очистки (Казанская городская туберкулезная больница, Балтасинский маслодельно-молочный комбинат), комбинированные анаэробно-аэробные биотехнологии (Усадский, Мамадышский спиртзаводы, ОАО «Алексеевск-Водоканал»).

Эффективность работы биологических очистных сооружений в первую очередь определяется состоянием биоценоза – основного агента очистки сточных вод.

Биологическая очистка сточных вод – это единственная биотехнология, в которой не создаются специальные условия, обеспечивающие оптимальное функционирование биоценоза. На очистку подаются самые разнообразные сточные воды, содержащие различные поллютанты, во многих случаях без учета их возможного комбинированного воздействия на окислительную активность микробиоценоза, иловые характеристики активного ила.

Именно поэтому основной задачей при эксплуатации очистных сооружений является создание наиболее благоприятных для функционирования активного ила условий.

В принципе биоценоз очистных сооружений – это достаточно устойчивая, самонастраивающаяся система, которая при поддержании определенных стабильных условий со временем обеспечит в той или иной мере устойчивую очистку сточных вод.

Что касается очистных сооружений большой мощности, то их эф-

фективная эксплуатация (с учетом реальных возможностей используемой технологической схемы) определяется оперативным управлением процессом, основанном на своевременном контроле качества воды на последовательных этапах очистки, оценке состояния активного ила. Проводимый на крупных очистных сооружениях производственный контроль обеспечивает возможность принятия правильных решений по стабилизации и интенсификации процесса очистки сточных вод.

Соблюдение технологического регламента обеспечивает эффективную очистку сточных вод от веществ, на удаление которых и рассчитана используемая биотехнология. В первую очередь, это взвешенные вещества, органические вещества природного происхождения и определенная часть фосфор- и азотсодержащих соединений, ряд иных компонентов. Поступление на очистные сооружения производственных, минерализованных сточных вод снижает эффективность работы очистных сооружений. В лучшем случае они транзитом проходят через очистные сооружения, в худшем – ингибируют окислительную активность ила, приводят к увеличению илового индекса.

На сегодняшний день в республике наиболее сложная ситуация сложилась на «малых» очистных сооружениях, очищающих от ста до нескольких тысяч кубических метров сточных вод в сутки.

Анализ причин нестабильности, низкой эффективности очистки и аварий на очистных сооружениях показывает, что основными их причинами являются халатное отношение, низкий уровень подготовленности персонала, отсутствие или неэффективный производственный контроль, неумение своевременно и правильно определить причины снижения эффективности очистки.

Из года в год причины недостаточно эффективной работы малых биологических очистных сооружений практически не меняются и приведены ниже:

- недоработки проектировщиков, строительные недостатки;
- перегрузки по загрязняющим веществам и гидравлике;
- периодическое или залповое поступление сточных вод в аэротенки;
- несвоевременное проведение профилактических и ремонтных работ;
- нарушения технологии подготовки и очистки сточ-

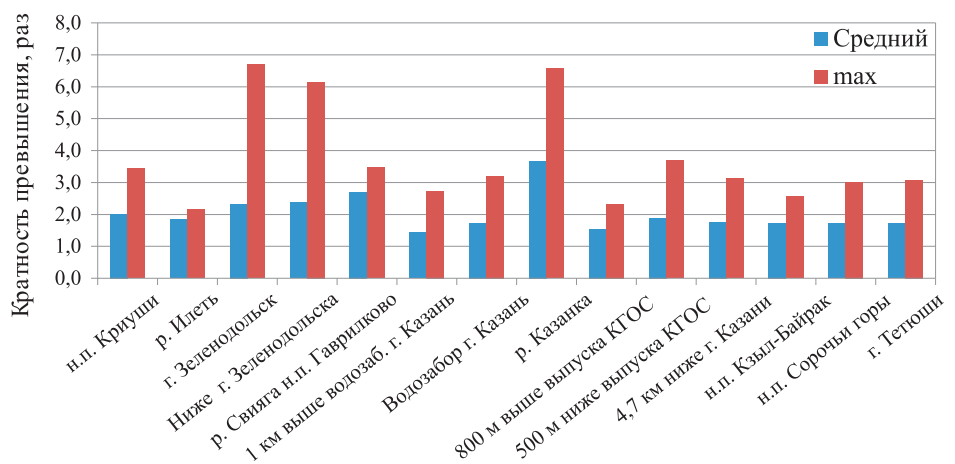


Рис. 6. Эвтрофирующий потенциал воды Куйбышевского водохранилища (кратность превышения относительно контроля, раз). КГОС – Казанские городские очистные сооружения.

ных вод;

- отсутствие или периодическое отсутствие активного ила в аэротенках;
- использование малоэффективных, ненадежных систем аэрации;
- повышенные нагрузки по загрязняющим веществам на активный ил;
- ветхость оборудования;
- низкий уровень подготовки персонала очистных сооружений.

Серьезной проблемой очистных сооружений является нерегулируемый сброс на очистные сооружения жижи из выгребных ям.

Сброс жижи, при отсутствии в технологических схемах сливных станций первичных отстойников, сводит на нет все усилия персонала очистных сооружений, т.к. аэротенки не рассчитаны на очистку жижи, характеризующейся активным протеканием процессов гниения и брожения, высокими концентрациями взвешенных веществ, что резко отрицательно сказывается на состоянии активного ила, приводит к его перерождению и гибели.

Данная проблема характерна практически для всех поселковых, районных очистных сооружений.

На малых очистных сооружениях не редкостью являются факты отключения воздуходувок. При этом не учитывается, что концентрация кислорода в аэротенке в придонной его части уже через 30–40 минут снижается практически до нулевых значений. В условиях лимита по кислороду активный ил вспухает и выносятся из очистных сооружений. Восстановление активного ила требует продолжительного времени (Петров и др., 2010).

Практически все используемые в республике биотехнологии очистки воды, при соблюдении технологического режима, могут обеспечить эффективную нитрификацию сточных вод. Но только на единичных объектах имеется техническая возможность изъятия из сточных вод соединений азота (процесс денитрификации) и фосфатов.

Направления повышения эффективности и глубины очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях

Город	Сброс сточных вод		В т.ч. в поверхностные водоемы			
	2008 г.	2009 г.	Всего	Загрязненных без очистки	Недостаточно очищенных	Нормативно чистых
Азнакаево	3,57	3,41	2,90	0,00	2,90	0,00
Альметьевск	18,21	17,03	16,87	0,00	16,87	0,00
Бавлы	0,91	0,66	0,66	0,00	0,66	0,00
Бугульма	10,56	9,67	9,65	0,00	9,56	0,00
Буинск	1,85	1,26	0,48	0,12	0,36	0,00
Елабуга	0,57	0,40	0,40	0,40	0,00	0,00
Занинск	3,83	4,08	3,66	0,22	3,45	0,00
Зеленодольск	10,08	9,67	9,67	0,53	9,14	0,00
Казань	267,25	252,03	251,75	11,97	195,74	44,05
Лениногорск	3,18	3,02	3,02	0,01	3,01	0,00
Наб. Челны	112,5	88,03	88,03	0,21	87,82	0,00
Нижекамск	61,86	59,90	59,89	0,00	59,89	0,00
Нурлат	1,13	1,18	0,81	0,00	0,81	0,00
Чистополь	3,09	3,14	3,14	0,00	3,14	0,00
Всего:	498,59	453,48	450,93	13,46	393,35	44,05

Табл. 2. Показатели водоотведения по городам РТ (млн. м³) (Государственный доклад..., 2010).

Точка контроля	Уровень эвтрофикации (% отклонения от контроля)		
	Среднее	max	min
р. Казанка, н.п. Щербаковка	328	622	113
р. Казанка, 4 транспортная дамба	367	657	122
р. Нокса	321	613	134
р. Меша	257	5447	123

Табл. 3. Эвтрофирующий потенциал поверхностных вод некоторых рек РТ.

В послании Президента Республики Татарстан еще в 2003 г. в области управления рациональным использованием водных ресурсов, как приоритетные направления были определены: строительство и реконструкция канализационных сетей и сооружений и повышение эффективности очистки сточных вод при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах путем внедрения современных технических решений.

Строительство новых биологических очистных сооружений требует больших финансовых затрат, продолжительного времени до получения первого природоохранного эффекта. Стоимость новых очистных сооружений может превышать одно-двухгодичной бюджет районов республики.

В то же время на действующих очистных сооружениях, даже при их работе в условиях перегрузки, можно в кратчайшие сроки, при минимальных капитальных затратах повысить эффективность и глубину очистки сточных вод за счет частичной иммобилизации биоценозов.

Иммобилизация хорошо защищает биоценоз очистных сооружений от воздействия отрицательных факторов, ошибок в действиях персонала.

Прикрепление живых организмов к поверхности носителя облегчает протекание биохимических реакций. Биопленки по сравнению с суспендированной биомассой характеризуются значительно более высокой активностью микроорганизмов, в том числе нитрификаторов. «Население» биопленок сохраняет активность даже в условиях «лимита» по питательным веществам (Петров и др., 2003).

Повышение качества очистки сточных вод за счет иммобилизации биоценозов достаточно давно используется в практике и в нашей стране, и за рубежом. Разработаны и применяются различные виды инертных носителей.

В качестве носителей биомассы используются самые разнообразные материалы: ерши и сетки из стекловолокна и синтетических материалов, гофрированные полиэтиленовые трубы, шифер и другие материалы. В ряде случаев микробиоценозы иммобилизуются в гель, закрепляются на поверхности активированного угля, керамзита и прочих материалов.

В Республике Татарстан имеется положительный опыт использования иммобилизованных биоценозов на вновь построенных или реконструированных очистных сооружениях: Казанской городской туберкулезной больницы (н.п. Каменка), Балтасинского маслодельно-молочного комбината, Усадско-

го, Шумбутского спиртзаводов, Константиновского ЛПУМГ и др. Принципиальным моментом эффективного использования закрепленных биоценозов является научно-обоснованный выбор носителя, учитывающий требуемую направленность формирования биоценоза, состав и суммарную концентрацию загрязняющих веществ, технологическую схему очистных сооружений и условия очистки сточных вод.

Иммобилизация биоценоза очистных сооружений обеспечивает:

- изменение качественного состава микрофауны биоценоза за счет появления или повышения концентрации живых организмов, ответственных за эффективную очистку сточных вод;
- рост активности процессов окисления органических веществ;
- снижение концентрации взвешенных веществ в очищенной воде;
- повышение устойчивости биоценоза к нарушениям технологического режима;
- интенсификацию процессов нитрификации.

Опыт показывает, что при использовании иммобилизованных биоценозов даже достаточно серьезные нарушения технологического режима, в большинстве случаев, не приводят к существенному снижению эффективности окисления загрязняющих веществ, выносу активной биомассы с очистных сооружений.

Залогом успешного применения иммобилизованных биоценозов являются:

- удовлетворительное состояние основных узлов очистных сооружений;



Рис. 7. Установка блока с носителем «Шлейф-1» на очистных сооружениях Константиновского ЛПУМГ.

– надежное функционирование системы аэрации. Установка носителя на действующих очистных сооружениях осуществляется однократно при минимальных финансовых затратах (несколько сотен руб. на 1 м³ рабочего объема очистных сооружений). Эффект от использования проявляется через 2-8 недель после его установки в очистных сооружениях. Таким образом, применение носителя позволяет стабилизировать работу очистных сооружений, в 1,5-2 раза повысить эффективность и глубину очистки сточных вод, и, как следствие, снизить нагрузку по загрязняющим веществам на окружающую среду. Следует также отметить, что иммобилизация биоценозов может оказаться эффективным и экономичным решением для очистных сооружений, строящихся по устаревшим проектам.

В настоящее время, для повышения глубины и эффективности очистки, все большее применение находят комбинированные технологии очистки сточных вод.

Использование схем комбинированной анаэробно-аэробной очистки позволяет очищать более

концентрированные сточные воды, обеспечивает более полное удаление из них органических веществ, азотсодержащих соединений и фосфатов. В основу комбинированных анаэробно-аэробных технологий очистки сточных вод, в большинстве случаев, закладывается последовательное использование независимо работающих суспендированных или закрепленных на носителях анаэробных и аэробных биоценозов, физико-химические условия функционирования которых кардинально отличаются (пространственная сукцессия микроорганизмов; использование одного биоценоза, последовательно функционирующего при различных окислительно-восстановительных условиях и т.п.).

По состоянию на сегодняшний день вновь проектируемые очистные сооружения обычно включают два-пять последовательных этапов биологической обработки сточных вод. Обычно это анаэробный (или условно анаэробный), аноксидный и аэробный этапы обработки воды, используемые в различных комбинациях.

Анаэробный и аноксидный этапы, в первую очередь, применяют для эффективного удаления азота из сточных вод за счет активизации процессов денитрификации, подготовки биомассы к активной сорбции фосфатов на аэробных этапах очистки.

Успешная реализация технологии глубокого удаления биогенных элементов (азота и фосфора) обеспечивается выделением в очистном сооружении анаэробной зоны (Рис. 8), обеспечивающей интенсивную денитрификацию.

При активной нитрификации на аэробном этапе очистки сточных вод, создание восстановленных условий в анаэробной зоне требует промежуточной обработки в аноксидной зоне на пути возвратного ила в анаэробную зону.

В аноксидной зоне кислород присутствует только в химически связанном виде (в виде нитратов и нитритов). При благоприятных условиях аноксидная зона также обеспечивает активное протекание процесса денитрификации.

В России реализованы технологии глубокого удаления биогенных элементов в аноксидных зонах, перемешивание в которых осуществляется воздухом, подаваемым через дырчатые трубы. Однако использование в производственных условиях барботажных систем для перемешивания иловой суспензии показало, что даже незна-



Рис. 8. «Анаэробная зона», переходящая в аноксидную зону очистных сооружений.



Рис. 9. Аноксидный реактор с механическим перемешиванием иловой суспензии, оснащенный придонными пропеллерными перемешивающими устройствами (ООО «Киниф», г. Кириши).

чительная аэрация ингибирует процесс денитрификации, поэтому перемешивание иловой суспензии в аноксидной зоне должно осуществляться с помощью механических мешалок, установленных в придонной части аноксидных зон (Рис. 9).

Использование биологических способов удаления из сточных вод соединений азота и фосфора требует внесения на анаэробной стадии легкоокисляемого органического субстрата. В качестве легкоокисляемого источника углерода могут быть использованы нетоксичные неочищенные или осветленные сточные воды, осветленные сточные воды с продуктами ацидофикации сырого осадка. В анаэробную зону может подаваться смесь неосветленных хозяйственно-бытовых сточных вод и жижи из выгребных ям или избыточный активный ил из аэробной зоны биологического реактора (Жмур, 2001).

Если в результате активного протекания процесса денитрификации избыточное содержание соединений азота может быть изъято из сточных вод, то удаление фосфорсодержащих соединений исключительно биологическим путем затруднено. В очистных сооружениях в аэробных условиях происходит сорбция фосфатов из сточных вод. В анаэробных и аноксидных условиях фосфаты активно десорбируются в жидкость, из которой могут быть удалены при использовании коагулянтов (например, сульфата железа или сульфата алюминия).

Хотя коагулянты в сточную воду в практике добавляются на любом из этапов очистки сточных вод, реагентную очистку от фосфатов предпочтительно применять на завершающих этапах обработки сточных вод (например, после вторичных отстойников), т. к. избыточное удаление фосфатов из сточных вод до их биологической обработки может способствовать снижению активности микробиоценозов, приводить к нарушению процесса разделения очищенной воды и активного ила.

Ориентировочно, можно принять следующие периоды пребывания сточных вод в различных стадиях схем комбинированной очистки: в аэробной стадии – 60-70 %, в аноксидной – 15-25 %, в анаэробной – 10-15% от общего времени, затрачиваемого на полный цикл глубокого удаления соединений азота и фосфора (Жмур, 2001).

В настоящее время, гидравлическая нагрузка на ряде действующих очистных сооружений РТ ниже проектных значений, что говорит о возможности проведения на них реконструкции, направленной на повышение эффективности очистки и удаления биогенных элементов, при минимальных капитальных и эксплуатационных затратах.

Литература

Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2009 году. Казань: МЭПР РТ. 2010. 467.

Жмур Н.С. Управление процессами и контроль результата очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. М.: Луч. 1997. 172.

Жмур Н.С. Интенсификация процессов удаления соединений азота и фосфора из сточных вод. М.: изд-во «Акварос». 2001. 98.

Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. ФР. 1.39.2007.03223. М.: изд-во «Акварос». 2007. 48.

Петров А.М., Князев И.В., Якимова Т.В. Эффективность работы «малых» очистных сооружений Республики Татарстан. Условия, обеспечивающие стабилизацию и повышение глубины очистки коммунальных сточных вод. Журнал экологии и промышлен-

ной безопасности. №2. 2010. 64-66.

Петров А.М., Шагидуллин Р.Р., Марфин А.Н. Петрова О.А., Ряднинский Г.В. Имобилизованные биоценозы и перспективы их применения для повышения эффективности работы действующих очистных сооружений Республики Татарстан. Тезисы док. V resp. науч. конф.: «Актуальные экологические проблемы республики Татарстан». Казань: Отечество. 2003. 213.

Шагидуллин Р.Р. Задачи государственного экоаналитического контроля в Республике Татарстан. Журнал экологии и промышленной безопасности. №1. 2007. 50.

A.M. Petrov, R.R. Shagidullin. Anthropogenic load on water and the problems of biological wastewater treatment.

The anthropogenic load on water bodies of the Republic of Tatarstan is analyzed. The problems of eutrophication of surface waters in natural water bodies are reviewed. The improving of functioning of biological sewage treatment plants is discussed.

Keywords: wastewater, biological treatment plants, water eutrophication, immobilization of biocoenoses, combined treatment scheme.

Андрей Михайлович Петров

к. биол. н., заведующий лабораторией экологических биотехнологий Института проблем экологии и недропользования АН РТ.

420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 298-19-30.

Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 208

АУТО- И СИНЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ГОМЕОСТАЗА ГИДРОБИОСИСТЕМ

Ратушняк А.А.



Анна Ратушняк

Ауто- и синэкологические механизмы регуляции гомеостаза гидробиосистем
Объекты: (гидроэко-, гетеротрофы, уровни организации - от субклеточного до экосистемного), методы, результаты, анализ



В монографии представлены результаты эколого-физиологических исследований механизмов саморегуляции качества воды, биоразнообразия, гомеостаза гидробиосистем разного уровня организации (от субклеточного до экосистемного) с участием высшей водной растительности. Рассмотрена полифункциональная роль высшей водной растительности в гидроэкосистемах, методология, методы и результаты исследований сложных физиолого-биохимических явлений на ауто- и синэкологических уровнях организации водной биоты. Главное внимание уделено обоснованию общего механизма относительной устойчивости гидроэкосистем (на примере Куйбышевского водохранилища), реализуемого за счет частных механизмов поддержания гомеостаза гидробиосистем более низкого уровня организации – биоценотического, популяционного, организменного.



РАЗВИТИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

В работе предложены критерии для оценки техногенной нагрузки и воздействия выпуска сточных вод промышленных предприятий на качество вод крупных водохранилищ.

Ключевые слова: качество воды, сточные воды, оценка воздействия, техногенная нагрузка.

Водохранилища представляют особый тип природно-техногенных гидросистем, функционирующих в условиях интенсивной техногенной нагрузки. Современная концепция хозяйственного использования водохранилищ предполагает осуществление всех видов хозяйственного использования, в т.ч. и использование для целей водообеспечения и водопользования. Решение проблем, отвечающих обеспечению ответственного водопользования, является наиболее приоритетной задачей в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов России (Закон «Об охране окружающей среды», 2002; Водный кодекс, 2006; Экологическая Доктрина, 2002).

Для оценки техногенной нагрузки и воздействия промышленных предприятий на качество вод водохранилищ большое значение имеет выбор оценочных критериев и возможность их реализации с помощью имеющейся исходной информации. Данные о заборах воды предприятиями, водоотведении и качественных показателях сточных вод формируются в годовом разрезе на предприятиях в рамках ведения статистических отчетностей водопользователей по форме № 2-тп (водхоз) и обобщаются в автоматизированных информационных системах Государственного водного кадастра. Официальная статистическая отчетность № 2-тп (водхоз) предприятий-водопользователей содержит достаточно ограниченный перечень показателей сброса приоритетных загрязняющих веществ в водоем. К сожалению, чаще всего выводы о качестве водных ресурсов в условиях высоких техногенных нагрузок на акваторию водного объекта делаются на основе этих данных официальной статистической отчетности.

В данной работе для возможности оценки техногенной нагрузки и воздействия промышленных предприятий на качество вод крупных водохранилищ в условиях дефицита информации предлагаются критерии, апробированные авторами при оценке качества водных ресурсов и уровня антропогенной нагрузки предприятий на Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища в пределах вод Республики Татарстан (Оценка качества вод..., 2009).

Прежде всего, наиболее доступной для анализа величиной по данным формы №2-тп (водхоз) является суммарная масса сбрасываемых предприятием-водопользователем со сточными водами загрязняющих веществ в тыс. тонн в год.

Помимо этого показателя, ниже обоснованы еще ряд критериев, которые по существу являются производны-

ми от массы загрязняющих веществ, сбрасываемых со сточными водами предприятий. Выбор этих критериев обусловлен тем, что реципиентами, принимающими сточные воды, являются водохранилища, т.е. водные объекты с замедленным режимом стока. Для таких водных объектов с замедленным режимом стока степень воздействия сточных вод зависит не только от их концентрации, но и от общего количества загрязняющих веществ, сброшенных в единицу времени. Загрязняющие вещества ввиду замедленности стока могут задерживаться и накапливаться в водном объекте, нанося более существенный ущерб, нежели при сбросе того же количества загрязняющих веществ в незарегулированные водотоки, где за счет течения и выраженной турбулентности потока разбавление сточных вод и перенос загрязняющих веществ происходят более интенсивно.

Один из них – *привнос индивидуальных загрязняющих веществ со сточными водами*. При заборе воды из водного объекта предприятие-водопользователь получает вместе с водой ту или иную массу загрязняющих веществ (в зависимости от объема водопотребления), за которую оно, в принципе, не должно нести ответственности. Поэтому более корректным критерием техногенной нагрузки предприятия должна быть не абсолютная масса сбрасываемых со сточными водами загрязняющих веществ, а их привнос со сточными водами, который рассчитывался как разность между массой вещества в сточных водах ($M_{ст}$, т/год) и массой вещества, полученной при водопотреблении, с учетом фоновых характеристик водного объекта ($C_{ф}$, г/м³) и расхода сточных вод (q , тыс. м³/год) по формуле:

$$\text{Привнос, т/год} = M_{ст} - C_{ф} \cdot q/1000. \quad (1)$$

Поскольку сброс сточной воды с фоновым качеством не нанесет ущерба водному объекту, то каждому предприятию позволительно сбрасывать отведенный ему объем сточной воды с фоновыми характеристиками. Превышение массы сброса над рассчитанными значениями может рассматриваться как мера экологического ущерба.

Другой предлагаемый критерий для оценки качества вод и уровня техногенной нагрузки предприятий – *суммарный привнос загрязняющих веществ со сточными водами* предприятия в целом. Хотя корректность сравнения нагрузок на водные объекты, обусловленных сточными водами предприятий, по показателю привнос индивидуальных загрязняющих веществ сомнений не вызывает, тем

не менее, учитывая многокомпонентный состав сточных вод всех промышленных предприятий-водопользователей, не исключены ситуации, когда по привносу одних веществ более сильное воздействие будет оказывать одно предприятие, а по привносу других – другое. В этом случае ранжировать предприятия по степени воздействия (нагрузке) на водные объекты по привносу индивидуальных загрязняющих веществ затруднительно. Тогда можно сравнивать суммарный привнос загрязняющих веществ со сточными водами предприятия в целом.

Еще один предлагаемый критерий для сравнения предприятий по совокупной нагрузке на водные объекты – ущерб (Y) в денежном выражении от привноса загрязняющих веществ в водные объекты. Выбор этого критерия связан с тем, что простое суммирование масс различных загрязняющих веществ не учитывает степени их опасности, поэтому простая сумма не всегда может быть объективной мерой техногенной нагрузки. Например, малая масса сильно токсичного вещества может оказать значительно более сильное воздействие на водную экосистему, чем большое количество вещества малоопасного. Степень опасности загрязняющих веществ характеризуется классом опасности, однако в литературе отсутствуют сведения о том, как можно учесть совокупное действие веществ, загрязняющих водные объекты, с учетом класса опасности подобно тому, как это делается при расчете комплексных характеристик загрязнения атмосферы (например, КИЗА).

В свою очередь, степень опасности загрязняющих веществ в неявном виде включена в ставки платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты (Постановление Правительства РФ, 2003; 2005). Поэтому для сравнения различных предприятий по совокупной нагрузке загрязняющими веществами, содержащимися в сточных водах, с учетом их относительной опасности целесообразно использовать величину ущерба (Y) в денежном выражении от привноса загрязняющих веществ в водные объекты, рассчитываемую по формуле:

$$Y = K_{эф} \cdot \sum_i \text{Привнос}_i \cdot Y_{уд,i} \cdot K_{ин,i}, \quad (2)$$

где $K_{эф}$ – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов) по бассейнам рек, равный для Республики Татарстан 1,35; $Y_{уд,i}$ – удельный ущерб по каждому ингредиенту, или ставка платы за сброс загрязняющих веществ в водные объекты в пределах ПДС; $K_{ин,i}$ – коэффициент индексации.

Следующий критерий для сравнения предприятий по совокупной нагрузке на водные объекты – средние условные концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. Поскольку концентрация загрязняющих веществ в сточных водах не постоянна во времени, а также в связи с наличием на ряде рассматриваемых предприятий нескольких близко расположенных выпусков сточных вод с различающимися концентрациями загрязняющих веществ, но рассматриваемых как единый источник воздействия, пользоваться аналитически определенными концентрациями загрязняющих веществ в сточных водах нецелесообразно. Поэтому информативным является использование средних условных концентраций загрязняющих веществ в сточных водах ($C_{усл}$, г/м³), определяемых путем деления

массы сбрасываемого со сточными водами загрязняющего вещества на расход сточных вод по формуле:

$$C_{усл} = M_{ст} \cdot 1000/q, \quad (3)$$

где $M_{ст}$ – масса вещества в сточных водах, т/год; q – расход сточных вод, тыс. м³/год.

Помимо доступной и определяемой по данным № 2-тп (водхоз) суммарной массы сбрасываемых предприятием-водопользователем со сточными водами загрязняющих веществ и ряда его производных, для комплексной оценки состава сточных вод с целью сравнения степени их воздействия на водные объекты могут быть рекомендованы два комплексных индекса загрязнения.

Первый из них – индекс загрязненности (ИЗ) аналогичен описанному в литературе индексу загрязненности вод (ИЗВ). Он рассчитывался как среднее арифметическое приведенных к ПДК средних условных концентраций загрязняющих веществ в сточных водах по формуле:

$$ИЗ = \frac{1}{n} \sum_i \frac{C_{усл,i}}{ПДК_i}, \quad (4)$$

где n – общее количество загрязняющих веществ и показателей загрязнения, определенных в сточных водах; $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -того загрязняющего вещества.

Второй – коэффициент загрязненности (КЗ), разработанный Белогуровым, Лозанским и др. (Комплексные оценки качества..., 1984) и рассчитываемый по формуле:

$$КЗ = \frac{1}{n} \sum_i \frac{\Delta_i}{ПДК_i}, \quad (5)$$

$\Delta_i = |C_{усл,i} - ПДК_i|$, если ПДК нарушен и $\Delta_i = 0$, если ПДК не нарушен. Величина КЗ характеризует среднее превышение ПДК по всем определяемым показателям.

Комплексные расчетные показатели целесообразно использовать для оценки качества природных вод. Однако они вполне могут быть использованы и для характеристики сточных вод, отражая совокупное действие многих загрязняющих веществ, упрощая, «свертывая» большой объем информации об их составе.

Вспомогательной характеристикой при сравнении степени опасности сточных вод различных предприятий может служить положительная или отрицательная динамика качественного состава сточных вод. При близких характеристиках загрязнения сточных вод отрицательная динамика их состава, не обусловленная объективными факторами производственного характера (например, расширением объема производства, подключением новых абонентов и т.д.), является дополнительным указанием на приоритетность контроля такого предприятия.

Аналитические данные о составе воды водного объекта в зоне воздействия предприятия позволяют рассчитать степень влияния предприятия (α) по уравнению типа:

$$\alpha = \frac{C_k - C_\phi}{C_k} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где C_k – концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе, т.е. в зоне воздействия предприятия, а C_ϕ – концентрация того же вещества в фоновом створе, т.е. выше по течению места выпуска сточных вод предприятия.

тия. Физический смысл величины α – количество (в %) загрязняющего вещества в воде водного объекта в контрольном створе, обусловленное сточными водами данного предприятия. При наличии на реке нескольких источников загрязнения эта величина может характеризовать относительную долю участия каждого из них в общем загрязнении водного объекта.

Однако использование этого параметра позволяет получить надежные выводы только в том случае, если при отборе проб вертикаль в контрольном створе выбрана с учетом струйности и совпадает с местом прохождения загрязненной струи.

Кроме того, метод неприменим для случая с близким расположением источников загрязнения, когда фоновый створ нижерасположенного источника попадает в зону воздействия вышерасположенного источника, т.е. по сути, не является фоновым. В этом случае можно оценить лишь суммарное воздействие этих близко расположенных (множественных) источников загрязнения на водный объект.

Для предприятий, имеющих более одного выпуска сточных вод в водохранилище, нагрузку целесообразно оценивать по суммарной массе загрязняющих веществ, поступающих через все выпуски (при условии их близкого расположения). При этом учитываются и организованные ливневые сточные воды, если они отводятся совместно с производственными.

Литература

Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ. Закон РФ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 №7-ФЗ. Комплексные оценки качества поверхности вод. Под ред. А.М. Никанорова. Л.: Гидрометеиздат. 1984. 139.

Оценка качества вод и уровня антропогенной нагрузки предприятий на Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища в пределах вод Республики Татарстан. *Отчет о НИР*. Казань: КГУ. 2009. 230.

Постановление Правительства РФ от 12 июня 2003 г. № 344 «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления».

Постановление Правительства РФ от 1 июля 2005 г. № 410 «О внесении изменений в приложение 1 к постановлению Правительства Российской Федерации от 12 июня 2003 г. № 344».

Экологическая Доктрина Российской Федерации. 2002.

R.R. Shagidullin, V.Z. Latypova, O.V. Nikitin, O.G. Yakovleva. **Approaches to the evaluation of influence of industrial enterprises on the water.**

The criteria for evaluation of technogenic load and the influence of sewage output of industrial enterprises on the water quality of large water storage basins are presented in this work.

Keywords: water quality, waste water, impact assessment, the technogenic load.

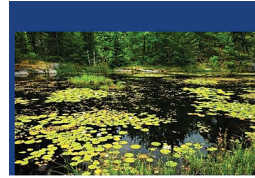
Рифгат Роальдович Шагидуллин

к. ф.-м. н., директор Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Научные интересы: охрана окружающей среды и рациональное природопользование, экологическая химия, эколого-аналитический контроль, экологический мониторинг, физико-химические методы исследования объектов окружающей среды.

420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 275-94-91.

Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 160

АУТОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АЛЬГИЦИДНОЙ И САНИРУЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ГЕЛОФИТОВ



Анна Ратушняк
Ксения Абрамова
Аутоэкологические основы альгицидной и санирующей активности гелофитов
Объекты (рогоз узколистый *Typha angustifolia* L., Фитопланктон), методы, результаты, анализ, нитратное загрязнение, адаптоген

LAMBERT

Ратушняк А.А.
Абрамова К.И.

Антистрессорные механизмы взаиморегуляции биосистем разного уровня организации водных организмов, в том числе автотрофных в отличие от наземных, изучены крайне слабо. В монографии рассматриваются: полифункциональная роль гелофитов в гидробиосистемах; современные методология и методы исследования сложных явлений на молекулярно-клеточно-органном, организменном уровнях организации на примере рогоза узколистного (*Typha angustifolia* L.), включая особенности экологической пластичности анатомического строения, физиолого-биохимических, продукционных, эндо-, экзометаболических процессов и их роли в формировании структуры сопутствующего фитопланктона, гидрохимического режима среды обитания в условиях нагрузки по нитратному азоту, а также антистрессора – салициловой кислоты.



Олег Владимирович Никитин

ассистент кафедры прикладной экологии. Научные интересы: экологический мониторинг, водная экология, оздоровление водных экосистем, экотоксикология.

Венера Зиннатовна Латыпова

д. хим. н., профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии, член-корр. АН РТ. Научные интересы: экология, биогеохимия, научные основы управления нагрузкой на природную среду, экологическое нормирование, экологический мониторинг, экологическая безопасность, экологическое образование.

Ольга Геннадьевна Яковлева

к. хим. н., доцент кафедры прикладной экологии. Научные интересы: новые системы и методы мониторинга, комплексные методы оценки уровня загрязнения природных сред и выделение антропогенной составляющей, методы управления охраной окружающей среды на региональном и производственном уровнях.

Казанский (Приволжский) федеральный университет
420008, Казань, ул. Кремлевская, 18. Тел.: (843) 233-75-10.

УДК: 626.814:681.518

Р.Р. Шагидуллин¹, В.З. Латыпова², О.В. Никитин², О.Г. Яковлева²¹Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань, Shagidullin@mail.ru²Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, ecoanrt@yandex.ru

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ НА КУЙБЫШЕВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ

В работе проведена оценка техногенной нагрузки и воздействия выпусков сточных вод промышленных предприятий на качество вод Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан.

Ключевые слова: качество воды, сточные воды, оценка воздействия, техногенная нагрузка.

Введение

Водные ресурсы в бассейне р. Волга испытывают огромные антропогенные нагрузки, превышающие средние по России. Особенно они возросли после создания каскада водохранилищ на рр. Волга и Кама и, в частности, после введения в строй Куйбышевского водохранилища, относящегося к числу крупнейших техногенных водных объектов мира. Основная техногенная нагрузка на водохранилища осуществляется в местах расположения крупных городов и промышленных предприятий, включая выпуски сточных вод и неорганизованное поступление загрязняющих веществ с поверхностным стоком с сельских территорий.

В данной работе обсуждаются результаты оценки техногенной нагрузки и воздействия выпусков сточных вод основных промышленных предприятий Республики Татарстан на качество поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в период 2007-2009 гг. на основе систематизации материалов статистической отчетности предприятий по форме № 2-тп (водхоз) и результатов экспериментального эколого-аналитического контроля водного объекта с использованием предложенных ранее критериев и методики оценки воздействия промышленных предприятий на водные объекты (Шагидуллин и др., 2011; Оценка качества вод..., 2009).

Оценка техногенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище производилась, в основном, от коммунально-бытовых объектов (ОАО «Зеленодольск-Водоканал» филиал «Водоканалсервис», МУП «Водоканал» г. Казань, ЗАО «Санаторий Санта», ОАО «Коммунальные сети Верхнеуслонского района», база отдыха «Газовик» ООО «Газпром Трансгаз Казань», ОАО «Чистополь-водоканал» филиал «Водоканалсервис», ОАО «Алексеевск-водоканал», ООО «Спасские коммунальные сети»), а также от ряда производственных объектов (ФГУП «ПО Завод им. Серго», ОАО «Зеленодольский завод им. Горького», ОАО «Зеленодольский фанерный завод», ОАО «Органический синтез», ОАО «Казанский завод синтетического каучука»), сбрасывающих сточные воды непосредственно в водохранилище.

Обобщенные данные по нагрузке на Куйбышевское водохранилище за счет сброса сточных вод предприятий по всем принятым критериям (Шагидуллин и др., 2011) приведены в таблице 1 (ИЗ – индекс загрязненности, КЗ – коэффициент загрязненности).

Наибольший вклад в загрязнение Куйбышевского водохранилища по расходу сточных вод (84%), а также по

суммарной массе всех сбрасываемых загрязняющих веществ (ЗВ) (70%) вносит МУП «Водоканал» г. Казань. Далее следует ОАО «Казанский завод СК» (5,5% по расходу сточных вод и 12,7% по абсолютной массе сбрасываемых ЗВ), ОАО «Органический синтез» (5,1% по расходу сточных вод и 4,6% по абсолютной массе сбрасываемых ЗВ). Определенный вклад вносят также предприятия ЖКХ крупных городов (ОАО «Зеленодольскводоканал», «Чистополь-водоканал»), вклад остальных рассмотренных предприятий и по расходу сточных вод, и по абсолютной массе сбрасываемых ЗВ составляет величину < 1%. Т.е., наибольшая масса сбрасываемых в водохранилище ЗВ приходится на те предприятия, на которых образуется наибольшее количество сточных вод по расходу.

Однако, как сообщалось (Шагидуллин и др., 2011), использованные критерии не являются однозначными характеристиками техногенной нагрузки, т.к. предприятие может сбрасывать большой объем сточных вод, но с низкими концентрациями веществ. Если эти концентрации не превышают фоновых значений, то воздействие на водный объект будет практически отсутствовать (сколько забрали

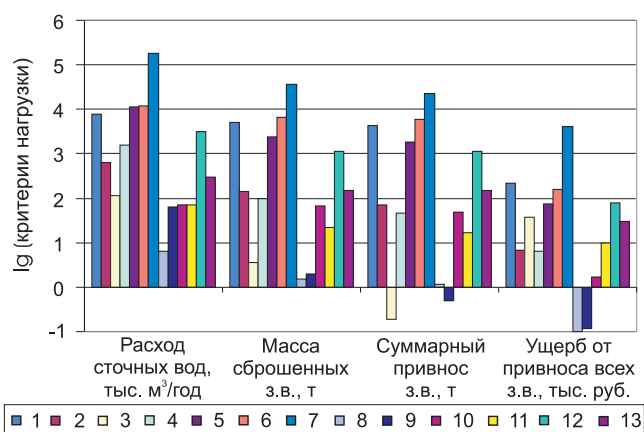


Рис. Обобщенные характеристики нагрузки на Куйбышевское водохранилище (в логарифмических координатах). 1 – ОАО «Зеленодольск-Водоканал» филиал «Водоканалсервис», 2 – ОАО «Зеленодольский завод им. Горького», 3 – ОАО «Зеленодольский фанерный завод», 4 – ФГУП ПО завод им. Серго, 5 – ОАО «Органический синтез», 6 – ОАО «Казанский завод синтетического каучука», 7 – МУП «Водоканал» (г. Казань), 8 – ЗАО «Санаторий Санта», 9 – ОАО «Коммунальные сети Верхнеуслонского района», 10 – ООО «Газпром Трансгаз Казань» (База отдыха «Газовик»), 11 – ООО «Спасские коммунальные сети», 12 – Предприятие «Чистополь-Водоканал» филиал ОАО «Водоканалсервис», 13 – ОАО «Алексеевск-Водоканал».

воды и загрязняющих веществ, столько же и сбросили).

Поэтому для более адекватной оценки нагрузки в данной работе рассчитаны привносы ЗВ в водохранилище (Табл. 1), представляющие собой разницу между массой ЗВ в составе сточных вод при водоотведении и массой ЗВ в составе природной воды, используемой при водопотреблении (Шагидуллин и др., 2011).

Как видно из таблицы 1, вывод о наибольшем вкладе МУП «Водоканал» г. Казань в техногенную нагрузку на водохранилище подтверждается и при использовании другого критерия – по привносу ЗВ: его вклад оценивается в 63% от общей нагрузки. Несколько меньший вклад в техногенную нагрузку вносят ОАО «Казанский завод синтетического каучука» (17%), ОАО «Зеленодольск-водоканал» (12%) и ОАО «Органический синтез» (5%). Вклад каждого из оставшихся предприятий в привнос ЗВ в Куйбышевское водохранилище составляет < 1%. Для предприятий «Чистополь-водоканал» и «Алексеевск-водоканал» в связи с отсутствием фоновых характеристик водного объекта в зоне их воздействия привносы не определялись. Они приняты равными абсолютной массе сбрасываемых загрязняющих веществ, поэтому однозначно завышены.

Наиболее объективным показателем суммарной нагрузки сточных вод предприятий на водный объект является следующий предложенный критерий антропогенной нагрузки на водохранилище – ущерб от привноса ЗВ в денежном выражении (Шагидуллин и др., 2011), учитывающий не только массу ЗВ, сбрасываемых предприятием в водоем, но и их относительную опасность, заложенную в неявном виде в дифференцированные ставки платы за сброс различных ЗВ. Рассчитанный суммарный ущерб по предприятиям представлен в таблице 1.

Как следует из данных, приведенных в таблице 1, на первом месте из рассматриваемых предприятий по ущербу от привноса ЗВ в денежном выражении находится также МУП «Водоканал» г. Казань (ущерб составляет 86% от общего ущерба, наносимого всеми рассматриваемыми предприятиями). Ущерб от воздействия сточных вод каждого из других рассмотренных предприятий не превышает 5%.

Обращает на себя внимание, что вклад техногенной нагрузки МУП «Водоканал» г. Казань (86%) в общую нагрузку на Куйбышевское водохранилище по показателю наносимого ущерба значительно превышает вклад

(63%) того же предприятия, оцененный по привносу загрязняющих веществ. Причина этого заключается в том, что в сточных водах МУП «Водоканал» г. Казань содержится много высокотоксичных веществ (никель, цинк, алюминий, кобальт, формальдегид, нефтепродукты и т.д.), отсутствующих в сточных водах других предприятий и обладающих высокой опасностью для водного объекта и, следовательно, и высокими ставками платы. Поэтому нагрузка по критерию ущерба за привнос ЗВ в водохранилище, учитывающая не только массу, но и степень опасности веществ, лучше, чем другие «массовые» критерии, характеризует степень воздействия предприятий на водохранилище.

На рисунке сопоставлены численные значения (в логарифмических координатах) всех использованных в работе критериев нагрузки, производных от массы сбрасываемых в водохранилище загрязняющих веществ. Как видно, по критерию ущерба ОАО «Зеленодольск-водоканал» выходит на второе место по воздействию на Куйбышевское водохранилище после МУП «Водоканал» г. Казань, что также обусловлено наличием в сточных водах этого предприятия токсичных веществ, в частности тяжелых металлов. Однако концентрации этих веществ ниже, чем в сточных водах МУП «Водоканал» г. Казань.

Итак, рассматриваемые предприятия по степени техногенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище, оцениваемой с учетом ущерба от привноса ЗВ в водохранилище, можно разделить на три группы в порядке убывания:

- первая группа (высокой нагрузки) включает МУП «Водоканал» г. Казань, который по всем «массовым» критериям оказывает наиболее сильное воздействие на Куйбышевское водохранилище;
- вторая группа (средней нагрузки): ОАО «Зеленодольск-Водоканал», ОАО «Казанский завод СК», Предприятие «Чистополь-Водоканал», ОАО «Органический синтез», ОАО «Зеленодольский фанерный завод», ОАО «Алек-

Предприятие - водопользователь	Расход сточных вод, тыс. м ³ /год	Масса сброшенных ЗВ, т	Суммарный привнос ЗВ, т	Ущерб за привнос всех ЗВ, тыс. руб	ИЗ	КЗ
ОАО «Зеленодольск-Водоканал» филиал «Водоканалсервис»	7855,7	5126,87	4234,43	217,46	4,3	3,3
ОАО «Зеленодольский завод им. Горького»	624,10	142,80	71,89	6,73	2,6	2,2
ОАО «Зеленодольский фанерный завод»	114,50	3,52	0,19	37,25	1,2	0,7
ФГУП «ПО завод им. Серго»	1536,9	99,63	45,79	6,30	1,0	0,7
ОАО «Органический синтез»	11411,6	2447,69	1797,91	74,25	1,4	0,8
ОАО «Казанский завод синтетического каучука»	12158,8	6727,45	5928,57	159,27	1,5	0,9
МУП «Водоканал» (г. Казань)	185073,2	37247,26	22339,37	4126,93	2,9	2,1
ЗАО «Санаторий Санга»	6,4	1,48	1,18	0,10	3,1	2,3
ОАО «Коммунальные сети Верхнеуслонского района»	64,4	1,97	0,48	0,12	0,6	0,3
ООО «Газпром Трансгаз Казань» (База отдыха «Газовик»)	69	66,66	49,31	1,71	3,2	3,2
ООО «Спасские коммунальные сети»	71,3	21,78	17,10	9,55	24,0	23,2
Предприятие «Чистополь-Водоканал» филиал ОАО «Водоканалсервис»	3089,6	1136,80	*)	78,62	4,5	3,7
ОАО «Алексеевск-Водоканал»	305	145,97	*)	30,00	16,3	7,2

Табл. 1. Обобщенные показатели нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище. *) В связи с отсутствием фоновых характеристик в зоне воздействия данных предприятий привнос не определялся. Ущерб рассчитывался по общей массе поступивших в водохранилище загрязняющих веществ.

Ингредиенты	г. Зеленодольск			ОАО «Органический синтез»			МУП «Водоканал», г. Казань			ЗАО Санаторий «Санта»		
	выше	ниже	$\alpha, \%$	выше	ниже	$\alpha, \%$	выше	ниже	$\alpha, \%$	выше	ниже	$\alpha, \%$
Взвешенные вещества	11,9	11,3	-5,3	6	6,4	6,3	7,9	10	21,0	7,7	4,8	-60
БПК5	5,2	4,1	-26,8	1,7	1,8	5,6	1,2	2,1	42,9	1,1	1,3	14,1
Азот аммонийный	0,11	0,23	52,2	0,15	0,17	11,8	0,17	0,29	41,4	0,23	0,14	-64,3
Нитриты	<0,02	0,031	35,4	0,029	0,032	9,4	0,026	0,05	48,0	<0,02	0,022	9,0
Нитраты	2,82	1,4	-101,4	1,59	1,77	10,2	3,1	2,4	-29,2	1,9	3,8	50,0
Сульфаты	84,5	50,5	-67,3	40,2	47,3	15,0	56	58	3,4	56	57,5	2,4
Хлориды	11,0	10,9	-0,9	8,31	8,83	5,9	12	13,1	8,4	10,2	12,8	20,3
Фосфаты по Р	0,095	0,088	-8,0	0,04	0,04	0	0,11	0,15	26,7	0,10	0,11	9,1
АПАВ	<0,015	0,053	71,6	<0,015	<0,015	0	0,036	0,031	-16,1	<0,015	0,023	35,0
Нефтепродукты	<0,05	<0,05	0,0	<0,05	<0,05	0	<0,05	<0,05	0	<0,05	<0,05	0
Фенолы	0,0026	0,0040	35,0	<0,0005	<0,0005	0	0,0018	0,0022	18,2	0,0013	0,0016	18,8
Железо	<0,1	0,11	9,0	0,49	0,46	-6,5	<0,1	0,4	75,0	0,12	0,10	-20,0
Медь	0,0045	0,0060	25,0	<0,002	<0,002	0	0,0078	0,0087	10,3	0,0061	0,0080	23,8
Никель	<0,005	0,009	44,0	-	-	-	0,015	<0,005	0	<0,005	<0,005	0
Цинк	<0,004	0,009	55,0	-	-	-	<0,004	<0,004	0	0,010	<0,004	0
Марганец	0,005	0,007	28,6	-	-	-	0,031	0,035	11,4	0,031	0,088	64,8

Табл. 2. Концентрация (мг/л) загрязняющих веществ в зоне воздействия предприятий на Куйбышевское водохранилище.

сеевск-Водоканал»;

– третья группа (низкой нагрузки): ООО «Спасские коммунальные сети», ОАО «Зеленодольский завод им. Горького», ФГУП «ПО завод им. Серго», База отдыха «Газовик», ОАО «Коммунальные сети Верхнеуслонского района», ЗАО «Санаторий Санта».

Из рассмотренных «массовых» критериев наиболее адекватно отражает нагрузку на водохранилище критерий «ущерб от привноса ЗВ со сточными водами», т.к. он в неявном виде отражает как массу, так и степень опасности поступающих в водохранилище ЗВ.

Однако «концентрационный» критерий, например, ИЗ или КЗ (Шагидуллин и др., 2011; Оценка качества вод..., 2009), также важен для оценки степени воздействия, поскольку высококонцентрированные сточные воды могут нанести существенный ущерб водной экосистеме непосредственно в зоне сброса (рассеяния), т.е. до достижения зоны полного смешения.

Если «массовые» критерии характеризуют общую нагрузку на принимающий водный объект в целом, то «концентрационные» более важны для оценки воздействия сточных вод в зоне их выпуска. Применительно к водохранилищам необходимо учитывать оба ряда предложенных критериев, т.к. в условиях замедленного водообмена ЗВ способны депонироваться в донных отложениях, аккумулироваться в биоте, повышая общее содержание ЗВ в водной экосистеме.

Оценка степени воздействия сточных вод предприятий на качество вод Куйбышевского водохранилища проведена по изменению концентрации отдельных групп ЗВ в воде водохранилища в контрольных створах в зоне воздействия этих предприятий относительно концентрации в фоновых створах. Наибольший интерес представляла оценка воздействия по органическим и биогенным веществам, поскольку большинство рассматриваемых предприятий относится к коммунально-бытовой сфере. Оценка проводилась по величине коэффициентов α (%), характеризую-

щих степень воздействия (Шагидуллин и др., 2011; Оценка качества вод..., 2009).

Концентрации загрязняющих веществ в Куйбышевском водохранилище в зоне воздействия некоторых рассматриваемых предприятий, а также рассчитанные коэффициенты α (Шагидуллин и др., 2011) приведены в табл. 2. В случае близости расположения нескольких водовыпусков предприятия (предприятий) целесообразно проводить оценку их суммарного (группового) воздействия по двум створам, один из которых (фоновый) расположен выше комплекса водовыпусков, а второй (контрольный) – ниже. Этот подход применен, например, к анализу степени воздействия близко расположенных предприятий г. Зеленодольск.

Как видно из рассчитанных значений коэффициентов α , наиболее сильное влияние на качество воды Куйбышевского водохранилища прослеживается в районе г. Зеленодольска. Предприятия города вносят вклад как в увеличение концентрации ионов аммония и нитритов в контрольном створе (52,2 и 35,4%, соответственно), так и в увеличение концентрации металлов (железо – 9%, медь – 25%, никель – 44%, цинк – 55%, марганец – 28,6%), а также концентрации органических веществ (фенолов – 35%, АПАВ – 71,6%) в Куйбышевском водохранилище.

Весьма существенное влияние по ряду показателей на качество воды Куйбышевского водохранилища наблюдается в зоне воздействия выпусков сточных вод МУП «Водоканал» г. Казань. Так, воздействие по аммонии и нитритам соизмеримо с воздействием в районе г. Зеленодольска: 41,4% аммония и 48% нитритов в контрольном створе имеют антропогенное происхождение.

Заметно влияние сточных вод и по содержанию легко разлагающихся органических веществ (по величине биологического потребления кислорода (БПК)), почти 43% содержания их в контрольном створе обусловлено сбросом сточных вод МУП «Водоканал» г. Казань. Воздействие по металлам (за исключением железа) несколько слабее, чем от предприятий г. Зеленодольск, зато четко просле-

О.В. Никитин¹, В.З. Латыпова¹, Р.Р. Шагидуллин², Ш.Р. Поздняков³¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, *ecoanrt@yandex.ru*²Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань³Институт озерадения РАН, Санкт-Петербург, *tbgmaster@mail.ru*

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ИЗЛУЧИНЫ РЕКИ КАЗАНКА КАК ФАКТОРА ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

По данным многолетних геоэкологических исследований показано, что отсеченная излучина р. Казанка представляет угрозу химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора. Для обеспечения оперативного контроля и управления экологическим состоянием излучины р. Казанка создано интерактивное программное обеспечение, позволяющее осуществлять оценку и прогноз состояния природно-техногенной гидросистемы по интегральным показателям.

Ключевые слова: геоэкологический мониторинг, водная система, программное сопровождение.

Введение

Создание водохранилищ в интересах энергетики, водного транспорта, ирригации и т.д. является масштабным фактором преобразования как естественных водных объектов, так и сопряженного ландшафта в целом. Куйбышевское водохранилище, являющееся водоемом комплексного назначения, используется водопользователями различных отраслей экономики, в частности, для централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. На территории Республики Татарстан функционирует один крупный водозабор из поверхностных водоисточников – Волжский водозабор, обеспечивающий питьевой водой до 80% населения Казани. В зоне санитарной охраны Вол-

жского водозабора осуществляются ежедневная перекачка загрязненных вод из отсеченной излучины р. Казанка, созданной в связи со строительством Куйбышевского гидроузла в 1957 году путем отделения части русла р. Казанка двумя плотинами. Излучина длиной 3,5 км представляет собой цепочку из нескольких водоемов, соединенных между собой протоками, с замедленным водообменом. Эта природно-техногенная гидросистема выполняет функции пруда-накопителя в системе инженерной защиты г. Казань и представляет собой естественную дренажную систему, которая служит целям понижения уровня грунтовых вод прилегающих территорий. Одновременно она выполняет функции регулирующего бассейна, принимавшего на протяжении

Окончание статьи Р.Р. Шагидуллина, В.З. Латыповой, О.В. Никитина, О.Г. Яковлевой «Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище»

живается влияние антропогенных биогенов: доля фосфатов в контрольном створе составляет 26,7%. Заметно также увеличение концентрации в контрольном створе специфических органических веществ – фенолов, на 18,2%.

Следует отметить, что предприятие ЗАО Санаторий «Санта», не оказывающее, по данным проведенного анализа, существенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище, выявило серьезное влияние на качество воды в 500-метровой зоне от выпуска. Воздействие прослеживается по многим показателям, а по нитратам оно достигает 50%.

Заключение

Сточные воды МУП «Водоканал» г. Казань по всем критериям: по общей нагрузке на Куйбышевское водохранилище, по воздействию на его санитарный режим за счет сброса большого количества органических веществ, аммония и нитритов, а также по привносу наибольшего количества биогенов, способствующих эвтрофикации водоема, оказывают наибольшее воздействие на Куйбышевское водохранилище.

Следующим по степени воздействия является ОАО «Зеленодольск-Водоканал». На третьем и четвертом местах в ряду приоритетных объектов, влияющих на качество вод водохранилища, стоят ОАО «Казанский завод синтетичес-

кого каучука» и предприятие «Чистополь-водоканал».

Следует обратить также внимание на ООО «Спасские коммунальные сети», сбрасывающее в Куйбышевское водохранилище относительно небольшое количество, но весьма концентрированных сточных вод, что может оказать негативное воздействие на экологическую систему водоема непосредственно в месте выпуска сточных вод.

Литература

Оценка качества вод и уровня антропогенной нагрузки предприятий на Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища в пределах вод Республики Татарстан. *Отчет о НИР*. Казань: КГУ. 2009. 230.

Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., Никитин О.В., Яковлева О.Г. Развитие подходов к оценке воздействия промышленных предприятий на водные объекты. *Георесурсы*. № 2(38). 2011. 21-23.

R.R. Shagidullin, V.Z. Latypova, O.V. Nikitin, O.G. Yakovleva.
The evaluation of technogenic load of enterprises wastewaters on Kuibyshev reservoir.

The evaluation of technogenic load and the influence of sewage output of industrial enterprises on the water quality of Kuibyshev water storage basin in the region of the Republic of Tatarstan are implemented in this work.

Keywords: water quality, waste water, impact assessment, the technogenic load.

более 50 лет неочищенные промышленные, бытовые сточные и ливневые воды со значительной территории водосбора, диффузный сток с земельных садово-огородных участков и снежных отвалов города, складированных на водосборе, с последующей перекачкой воды непосредственно в пределах границ второго пояса зоны санитарной охраны Волжского водозабора в Куйбышевском водохранилище (Laturova et al., 2001; Поздняков и др., 2003), что запрещено действующими санитарными правилами (Зоны санитарной охраны..., 2002). При существующей сложной и многофакторной системе течений в Куйбышевском водохранилище близость оголовка водовыпуска из излучины к Волжскому водозабору может стать фактором, негативно воздействующим на качество воды водоисточника (Румянцев и др., 2010) и здоровье населения. В связи с этим важное значение приобретает организация мониторинга, исследование геоэкологических аспектов подобных антропогенно нагруженных природно-техногенных гидросистем и разработка подходов к их оздоровлению. Создание подходов к оздоровлению водных объектов включает применение наилучших передовых инновационных разработок, при этом наиболее оптимальный результат достигается продуманным сочетанием методов, их трансформацией к конкретным условиям с учетом специфики объекта (Никитин, 2010).

Целью работы является оценка геоэкологического состояния отсеченной излучины р. Казанка как фактора химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора.

При этом ставились следующие задачи: осуществить натурные и экспериментальные обследования экологического состояния экосистем отсеченной излучины р. Казанка как пруда-накопителя в системе инженерной защиты г. Казань; определить уровень загрязнения донных наносов, оценить класс их опасности для окружающей среды и разработать информационно-аналитическую систему для программного сопровождения геоэкологического мониторинга и принятия управленческих решений по восстановлению стабильного функционирования излучины в условиях техногенной нагрузки.

Методика

В ходе экспедиционных выездов и ежесезонных натурных обследований в течение 2006-2009 гг. отбирали пробы воды, донных отложений, гидробионтов для химико-аналитического и эколого-токсикологического исследования. Отбор проб производили на станциях I-III (Рис.), выбранных с учетом размещения источников загрязнения и его гидрологических особенностями.

Пробы воды и донных отложений отбирали в соответствии с требованиями ГОСТ Р 1592-2000, ГОСТ 17.1.5.05-85, ГОСТ 17.1.5.04-81, ГОСТ 17.1.5.01-80 и РД 52.04.186-89. Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений выполнены на базе аккредитованной лаборатории экологического контроля КФУ (РОСС RU.0001.510958). Элементный состав проб донных отложений определяли с использованием оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой ICP-AES 9000. В работе использовали методики, рекомендо-

Показатель или ингредиент	Участок I	Участок II	Участок III	ПДК или норматив качества воды*
ХПК, мгО ₂ /дм ³	153,8	77,0	60,9	30
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	38,9	19,7	14,7	4
O ₂ , мг/дм ³	1,5	0,8	3,3	4
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	3,7	3,1	3,7	0,5
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,3	0,1	0,1	0,08
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	13,4	8,6	29,6	40
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	2,1	0,9	2,4	0,2
СГ, мг/дм ³	168,3	75,1	120,9	300
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	256,5	199,9	265,0	100
Fe _{общ.} , мг/дм ³	2,8	2,1	5,7	0,1
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,3	0,7	1,7	0,05
Взвешенные вещества, мг/дм ³	22,0	62,0	18,0	-
pH, ед.	7,5	7,8	7,3	6,5-8,5

Табл. 1. Средние многолетние (за период 2006-2009 гг.) значения показателей качества воды излучины р. Казанка. * – Используются наиболее жесткие нормативы для водоемов разного типа водопользования (рекомендация по РД 52.24.643-2002).

ванные для системы государственного экологического мониторинга, а также аттестованные растворы стандартных образцов. Для оценки отдельных элементов водного баланса (Михайлов и др., 2007) излучины использовали нормативную литературу (Методика расчета..., 2005), фондовые материалы Управления эксплуатации инженерной защиты г. Казань и результаты натурных наблюдений и замеров. Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерного пакета программы Statistica 8.0.

Результаты исследования

В ходе обработки полученных результатов была выявлена пространственная неоднородность распределения большинства загрязняющих веществ в компонентах геосистемы (воде, донных наносах), определяемая типом и интенсивностью внешнего воздействия, особенностями геоморфологического строения русла и гидродинамическим фактором. Анализ полученных данных позволил разделить водоток условно на три следующих участка (Рис.): I – от Верхней плотины до станции 5; II – между станциями 5 и 6; III – от станции 6 до насосной станции. В пределах участка I формирование качества воды и состава донных отложений вплоть до последних лет определялось пре-

Элемент	Участок I	Участок II	Участок III	Фон ^{а)}	ПДУ _{до} ^{б)}
Cd	3,16	7,18	15,79	1,26	2,2
Pb	21,3	13,5	48,5	21,3	18
Cu	41,1	82,2	546,9	17,4	32
Ni	42,1	67,2	69,8	33,7	53
Co	6,6	4,2	9,7	12,4	13
Zn	57,8	93,6	657,7	59,9	105
Cr	129,4	486,1	384,3	25,7	37
Mn	305,4	152,5	307,4	408,8	-
Fe	8 774	5 856	22 771	19 500	-

Табл. 2. Среднее валовое содержание (мг/кг) металлов в донных отложениях излучины р. Казанка в сравнении с рекомендованными нормативами. ^{а)} Фон – фоновое содержание тяжелых металлов для озерных систем РТ (Иванов и др., 2010); ^{б)} ПДУ_{до} – предельно допустимые уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях водоемов с замедленным стоком (Степанова и др., 2004).

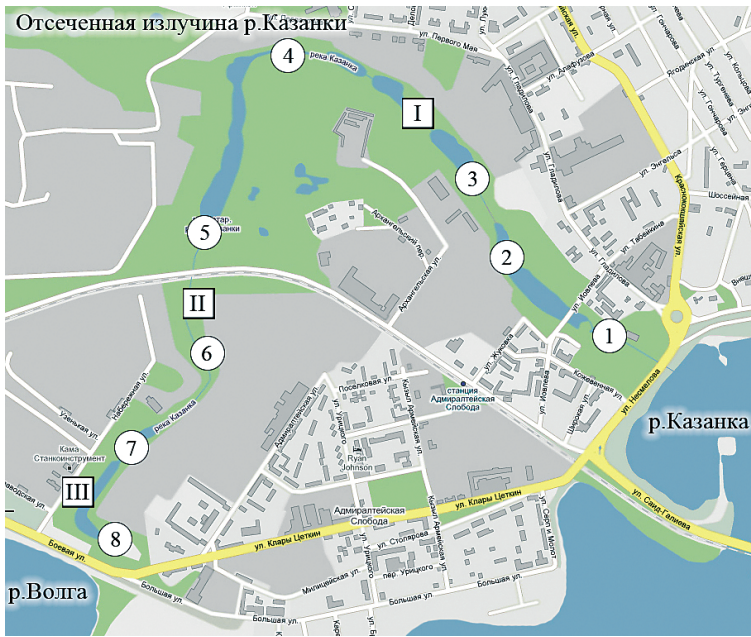


Рис. Карта-схема отбора проб на участках I-III отсеченной излучины р. Казанки. Римскими цифрами обозначены участки излучины, арабскими – станция мониторинга.

имущественно влиянием промышленных и бытовых сточных вод, поступавших от расположенных вдоль берегов 16 предприятий, в т.ч. довольно крупных. В пределах участков II и III определяющим фактором является поверхностный сток.

Качество воды излучины р. Казанка не отвечает требованиям (Предельно допустимые концентрации..., 2003; Водоотведение населенных мест..., 2000; Приказ Росрыболовства, 2009; 2010), предъявляемым к водоемам хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования, величины нормативов существенно превышены, что показано результатами многолетнего геоэкологического мониторинга (Табл. 1).

Чрезвычайно высокое содержание органических веществ является причиной неблагоприятного кислородного режима вод излучины. В ряде случаев в пределах участка I кислород в воде отсутствовал полностью. Гидрохимические данные свидетельствуют также о подавлении процесса нитрификации, что характерно для столь загрязненных вод. В придонных слоях воды излучины обнаружены значительные концентрации тяжелых металлов (Cd, Pb, Cu, Ni, Co, Be, Zn, Cr, Mn, Fe), по-видимому, это результат вторичного загрязнения воды донными наносами.

Коэффициент комплексности загрязненности воды (РД 52.24.643-2002) излучины на всех станциях на протяжении периода наблюдений (2006-2009 гг.) варьировал в интервале 63,7-66,5% (средние многолетние значения), что указывает на стабильно высокий уровень загрязнения воды излучины во времени и превышение установленных нормативов для большинства изученных показателей. Значения индекса УКИЗВ (удельный комбинаторный индекс загрязненности воды), рассчитанные для интегральной оценки качества воды, для всех створов на участках I-III находятся в пределах 11,5-12,7, т.е. воды излучины в соответствии с принятой в подразделениях Росгидромета методикой (РД 52.24.643-2002) следует отнести к 5 классу качества воды – «экстремально грязным».

Объем сбрасываемых в Куйбышевское водохранилище «экстремально грязных» вод нижнего течения излучины по результатам расчета методом водного баланса составляет в среднем более 16 млн. м³ в год. Между тем, Волжский водозабор обеспечивает питьевой водой до 80% населения мегаполиса г. Казань. Данное обстоятельство, учитывая нередкое явление перемены направления течения на Куйбышевском водохранилище, может служить прямой угрозой снижения качества питьевой воды. Действительно, качество воды Куйбышевского водохранилища в зоне Волжского водозабора (Характеристика качества воды..., 2010) соответствуют 2-му классу (ГОСТ 2761-84, 2006). В паводковый и летний периоды качество воды в этой зоне резко ухудшается и переходит в 3 класс качества.

Донные отложения в соответствии с их составом отнесены к типу «пески заиленные» (Курдин, 1959, с дополнениями Новикова, 1985). Результаты химико-аналитических и эколого-токсикологических анализов проб донных отложений приведены в таблицах 2 и 3. Как можно видеть, зоны максимальной аккумуляции металлов в донных отложениях расположены ниже источников загрязнения, что является

результатом гидродинамических факторов и различной геохимической подвижности элементов. По-видимому, соединения металлов в составе органических взвесей и глинистых минеральных частиц мигрируют по водотоку и осаждаются ниже мест поступления.

Как видно из таблицы 2, донные наносы, сформированные в прежние годы, когда в излучину сбрасывались неочищенные промышленные и канализационные сточные воды, сильно загрязнены тяжелыми металлами, токсичны для живых организмов и представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения воды, которое усиливается в анаэробных условиях придонных слоев воды, и риска для живых организмов. Проведенная экспериментальная оценка токсичности в остром и хроническом экспериментах (Табл. 3) позволяет отнести их к 4 классу опасности (Приказ МПР РФ, 2001).

Полученные результаты диктуют необходимость изъятия всего объема донных наносов до горизонтов аллювиальных отложений. В процессе натурных исследований на

Время экспозиции	Участок I	Участок II	Участок III
48 часов (острая токсичность ^{а)})	ЛК ₅₀ ^{б)} =80% КР ₅₀ ^{в)} =1,3 (токсично)	ЛК ₅₀ =27% КР ₅₀ =3,7 (токсично)	ЛК ₅₀ =70% КР ₅₀ =1,4 (токсично)
25 суток (хроническая токсичность ^{б)})	П(контроль) = 8,9		
	П(опыт) ^{д)} = 2,3 (p<0,001, токсично)	П(опыт) = 4,1 (p<0,001, токсично)	П(опыт) = 0 (p<0,001, токсично)

Табл. 3. Показатели токсичности донных отложений излучины р. Казанки. Использованные тест-объекты: ^{а)} *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, 1900 (Cladocera, Crustacea); ^{б)} *Daphnia magna* Straus, 1820 (Cladocera, Crustacea). Показатели токсичности: ^{а)} ЛК₅₀ – летальная концентрация, отвечающая гибели 50% особей в опыте; ^{в)} КР₅₀ – кратность разведения водной вытяжки (1:4) из донных отложений, при которой наблюдается острая токсичность; ^{д)} П(опыт) – среднее количество народившейся жизнеспособной молоди от одной самки в опыте по сравнению с определенным в контроле – П (контроль).

основе промеров глубин по живому сечению и проведения измерений толщи слоя наносов оценен их объём, составляющий на 2009 г. 122 300 м³.

Для **сопровождения геоэкологического мониторинга** в экосистемах излучины и режимного мониторинга за состоянием воды Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора создана многокомпонентная интерактивная программа «Экологический паспорт водоема». Информационно-вычислительный алгоритм, основанный на теоретических закономерностях, включает обработку и интерпретацию данных геоэкологических исследований для выявления основных факторов экологического риска водоема, оценки и прогноза состояния природно-техногенной гидросистемы по интегральным показателям (в т.ч. УКИЗВ). Программное обеспечение позволяет оснастить ведение мониторинга упорядоченной и структурированной базой данных с возможностью просмотра и оценки динамики определяемых показателей. В сравнении с традиционными способами работы с результатами исследований, данная разработка существенно упрощает процедуру обработки и интерпретации полученных данных и повышает оценочно-прогностическую надежность выводов путем исключения неоднозначности трактовки, вероятности возможных ошибок, возникающих при традиционных методах вычислений.

Заключение

Таким образом, по результатам многолетних геоэкологических исследований отсеченная излучина р. Казанка представляет собой крупноформатный очаг экологической опасности и является реальным фактором химического загрязнения Куйбышевского водохранилища в зоне санитарной охраны Волжского водозабора. Экологическое состояние исследованной природно-техногенной гидросистемы является неблагоприятным, степень загрязнения ее воды «экстремально высокое», опасность донных наносов крайне высока. Определены водный баланс водоема, объем осадконакопления по всей длине водного объекта и класс опасности донных отложений для оценки целесообразности их извлечения.

Созданное программное обеспечение геоэкологического мониторинга предназначено для оперативного контроля и управления экологическим состоянием излучины р. Казанка и ее выпуска в зоне санитарной охраны Волжского водозабора.

Литература

Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000). *СанПиН 2.1.5.980-00*. 2000.

ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора. Постановление Госстандарта СССР от 27.11.1984 №4013. Москва: Стандартинформ. 2006. 10.

Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. *СанПиН 2.1.4.1110-02*. 2002.

Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В. Региональные фоновые концентрации металлов в донных отложениях РТ. *Ученые записки Казанского ун-та*. Том 152. кн. 1. 2010. 185-191.

Курдин В.П. Классификация и распределение грунтов Рыбинского водохранилища. *Тр. Института биологии водохранилищ*. Вып. 1/4. 1959. 25-37.

Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий. *СТП ВНИИГ 210.01.НТ-05*. Санкт-

Петербург. 2005.

Михайлов В.Н., Добровольский А.Д., Добролюбов С.А. Гидрология. Москва: Высшая школа. 2007. 463.

Никитин О.В. Современные подходы к восстановлению озерных экосистем. *Мат. VIII между. форума: «Нефть, газ, экология. Промышленная экология и безопасность»*. Казань. 2010. 137-139.

Новиков Б.И. Донные отложения Днепровских водохранилищ. Киев: Наукова Думка. 1985. 172.

Поздняков Ш.Р., Гараев Т.Ф., Игнатъева Н.В., Лыскова У.С. Исследование самоочищения водного объекта в условиях сильного антропогенного загрязнения. *Экологическая химия*. №12 (4). 2003. 224-232.

Предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. *Гигиенические нормативы*. ГН 2.1.5.1315-03. 2003.

Приказ МПР РФ от 15.06.2001 №511 «Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды». *Природно-ресурсные ведомости*. №45. 2001.

Приказ Росрыболовства от 04.08.2009 №695 «Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2009.

Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 №20 «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2010.

РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». 2002.

Румянцев В.А., Рябченко В.А., Кондратьев С.А., Поздняков Ш.Р. Исследование распространения шлейфов сточных вод на акватории крупного водного объекта. *Сб. мат-ов между. конгресса: «Чистая вода»*. Казань: ВЦ Казанская ярмарка. 2010. 234-239.

Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А. Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. Казань: Изд-во Фэн. 2004. 189.

Характеристика качества воды Куйбышевского водохранилища в районе Волжского водозабора. Отчет. Казань: КФУ. 2010. 48.

Latypova V.Z., Yakovleva O.G., Minakova E.A., Semanov D.A. and Perevedentsev Yu.P. Performance self-cleaning of ability of the river Kazanka. *Environmental radioecology and applied ecology*. Vol.7. № 2. 2001. 15-21.

O.V. Nikitin, V.Z. Latypova, R.R. Shagidullin, Sh.R. Pozdnajkov. **The isolated Kazanka River bend as a factor of the Kuibyshev water reservoir (Tatarstan Republic) chemical pollution: Geo-environmental monitoring.**

The long-term geo-environmental studies have shown that the isolated Kazanka River bend poses a threat of chemical pollution of the Kuibyshev reservoir in the zone of sanitary control of the Volga River water intake. In this work interactive software that allows to evaluate and forecast the state of waterside structure on integral parameters to ensure operational control and management of ecological condition of the Kazanka river bend is presented.

Keywords: geo-environmental monitoring, water system, environmental software.

Шамиль Рауфович Поздняков

к. тех. н., старший научный сотрудник Института озераведения РАН. Научные интересы: экология гидросистем, гидрология, восстановление водных экосистем, технические средства защиты окружающей среды.

420008, Санкт-Петербург, ул. Севастьянова, 9.
Тел.: (812)388-64-22.

О.Ю. Тарасов, Р.Р. Шагидуллин, Р.Ч. Юраниец-Лужаева, Н.Ю. Крапивина
 Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
 ota@li.ru, Shagidullin@mail.ru

ГОРОДСКИЕ СНЕЖНЫЕ СВАЛКИ КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

Ежегодно в крупных городах России организуются места временного складирования снега (снежные свалки), убираемого с городских территорий в зимний период. При этом, к таким полигонам не предъявляются серьезные экологические требования по их обустройству и эксплуатации, что приводит к загрязнению сопредельных сред, в первую очередь, поверхностных вод и почвенного покрова.

Ключевые слова: отходы города, снежные свалки, загрязнение окружающей среды, утилизация и очистка снежных стоков.

Введение

Снежные свалки в настоящее время являются неотъемлемой частью инфраструктуры крупных и средних городов России. Действительно, территории для временного складирования снега, удаляемого с автомагистралей и улиц, также необходимы, как и сам факт очистки территории города от снега в зимний период. Это требуется для создания благоприятных условий для жизни горожан, функционирования транспортной сети, работы предприятий, организаций и служб города. Кроме того, за счет уборки и вывоза снега частично разгружаются в весенний период системы городской ливневой канализации.

На сегодняшний день выбор места для временного размещения снега определяется, главным образом, только экономическими критериями (минимальный пробег

транспорта, перевозящего снег, наличие больших свободных территорий с удобными путями подъезда и т.д.), а экологические аспекты остаются на втором плане. Являясь, по сути, отходом от жизнедеятельности города загрязненный снег не попадает под действие законодательства об отходах; к территориям его временного хранения, учитывая их сезонный характер и короткое время существования, не предъявляются особые требования и условия по их функционированию. С другой стороны снежные свалки не регулируются и водным законодательством, так как не обладают признаками организованного сброса сточных вод. Однако снежные свалки становятся серьезным источником антропогенного загрязнения объектов окружающей среды, который можно приравнять к аварийному залповому сбросу, прежде всего за счет неочищенного

стока талых вод.

Экспериментальная часть

Многолетние наблюдения и анализ загрязненности снега со снеговых свалок проводятся в Казани с 1994 года (Государственный доклад..., 1999-2008). Определение концентраций загрязняющих веществ в пробах со снежных свалок (водная и твердая фазы отхода) проводили по аттестованным в установленном порядке методикам (Перечень методик...). Так как талые воды снежных свалок можно отнести к поверхностному стоку, для оценки качества воды были использованы нормативы предельно допустимых концентрация (ПДК) для водных объектов рыбохозяйственного назначения (Приказ Росрыболовства, 2009; 2010), определение уровня загрязнения неразстворимого в воде осад-

Ингредиенты	Концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³					
	ПДК _{рх}	Снежная свалка по ул. Космонавтов г. Казани (2004 г.)	Снег с газона по ул. Попова г. Казани (2004 г.)	Снег с придорожных полос автодороги Казань-Зеленодольск (2008 г.)	Снег с с/х угодий Сабинского района, (2005 г.)	Снег в виде осадков, по данным УГМС РТ (МС Казань-Оп. 2006-2010 г.) (Ежемесячная справка..., 2008-2011)
рН	6,5-8,5	7,7	8,8	7,3	6,7	6,4
Взвешенные в-ва	-	83,8	10,6	18,2	2,4	-
ХПК	30	76,0	11,3	17,1	12,6	-
БПК ₅	2,0	11,3	3,1	1,58	0,80	-
Аммоний-ион	0,5	<0,05	0,80	1,07	0,68	0,54
Нитриты	0,08	0,188	0,11	0,104	0,055	-
Нитраты	40	1,13	1,33	1,74	1,62	1,9
Сульфаты	100	8,0	2,7	5,9	1,8	4,5
Хлориды	300	10,2	1,0	3,0	0,11	1,5
Фосфаты	0,2	0,40	0,05	0,037	<0,05	-
Кадмий	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Свинец	0,006	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-
Нефтепродукты	0,05	28,3	0,44	1,53	0,08	-
Смолы и асфальтены	-	4,9	2,6	-	-	-
АСПАВ	0,5	0,148	0,017	0,1593	0,023	-
НСПАВ	0,5	<1,0	<1,0	-	-	-
Железо	0,1	9,54	0,41	0,10	<0,1	-
Никель	0,01	0,014	<0,01	0,006	0,006	-
Медь	0,001	0,014	0,011	0,0019	0,006	-
Цинк	0,01	0,053	0,021	0,016	0,016	-
Марганец	0,01	0,17	<0,01	0,0055	<0,01	-
Алюминий	0,04	5,25	0,07	<0,04	<0,04	-
Хром общ.	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Кобальт	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	-
Ртуть	0,00001	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	-
Фториды	0,75	0,12	0,21	<0,1	-	-
Фенолы	0,001	0,0062	0,004	0,0257	0,0059	-
Формальдегид	0,1	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	-
Мышьяк	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
Сухой остаток	-	140	<50,0	<50,0	49	20

Табл. 1. Концентрации загрязняющих веществ в снеге (талая вода). Жирным шрифтом выделены значения на уровне минимально определяемых концентраций, тире означает, что измерения не проводились.

ка проводили с использованием нормативных требований к почвам (Предельно допустимые концентрации..., 2006; Ориентировочно допустимые концентрации..., 2009).

Результаты и обсуждение

Ежегодно в г. Казань организуется около десятка районных снежных свалок, места дислокации которых не всегда отвечают экологическим требованиям. Зачастую они располагаются вблизи водных объектов или на их водосборной площади (Рис.), что может представлять серьезную опасность для поверхностных вод. Отмечены факты длительного (вплоть до середины лета) таяния снеговых свалок и поступления загрязненных талых вод в поверхностные водоемы (Протокол КХА, 2002). В августе 2002 года в сточных водах со снежной свалки по ул. Абжалилова, стекающих напрямую в реку Казанка, были зафиксированы превышения ПДК_{рх} по взвешенным веществам (более чем в 10 раз), железу общему (в 120 раз), марганцу (в 100 раз), меди (в 60 раз), цинку (в 19 раз), алюминию (в 270 раз), нефтепродуктам (в 250 раз), хлоридам (в 1,4 раза), показателю химического поглощения кислорода (ХПК) (в 11 раз). Было отмечено повышенное содержание других неорганических и органических веществ (ртути, никеля, свинца, фенолов, формальдегида, смол и асфальтенов).

Хорошо известно (Ермакова и др., 2004), что снежный покров в силу его адсорбционных свойств, а также достаточно длительных для нашей климатической зоны периодов залегания, является естественным аккумулятором загрязняющих веществ, поступающих из атмосферы в виде мокрых и сухих выпадений за многомесячный зимний период. Особенно это заметно в пределах городской черты, где изобилуют низкие и средние источники выбросов (автотранспорт, малые котельные и т.д.), и ухудшены гидрометеорологические условия для рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (Валетдинов и др., 2005). Даже ненарушенные снежные участки в городе (газон) содержат повышенные концентрации загрязняющих веществ по сравнению с участками неурбанизированных территорий и атмосферными осадками в виде снега (Табл.1).

Снег, убираемый с автомагистралей и улиц города, подвергается дополнительному загрязнению за счет движения автотранспорта, активного использования противогололедных препаратов и замусоривания различными отходами. Таким образом, снег с городских улиц попадает на снежные свалки сильно загрязненным, что подтверждают результаты химических анализов. В таблице 2 приведены среднесезонные концентрации загрязняющих веществ в жидкой (водной) части снега снеговых свалок. Как видно из таблицы, по многим показателям отмечают-



Рис. Схема расположения снежных свалок города Казань по данным разных лет (1999-2008 гг.).

ся значительные превышения ПДК_{рх}, не характерные даже для талого и ливневого стока с производственных площадок. Особенно значительны загрязнения нефтепродуктами (140-12000 ПДК), некоторыми металлами (железо (8-170 ПДК), алюминий (9-180 ПДК), марганец (2-42 ПДК), цинк (1-14 ПДК), медь (4-130 ПДК)), хлоридами, нитритами, фенолами, фосфатами. Повышено содержание органических веществ по показателям ХПК и БПК₅ (до 18 ПДК) (Государственный доклад..., 1999-2008). Наличие в исследованных пробах большого количества взвешенных веществ, хлоридов и соединений алюминия объясняется, по-видимому, попаданием на снежные свалки песка, глины и солей, которые применяются дорожными службами города в качестве антигололедных средств.

Помимо талого стока снежные свалки могут являться серьезным источником загрязнения почв. Результаты анализа твердого нерастворимого осадка в снеге со снежных свалок представлены в таблице 3. В твердом осадке снега снежных свалок зафиксированы повышенные concentra-

Ингредиенты	Концентрации загрязняющих веществ, мг/дм ³												Ср/ПДК
	ПДК _{рх}	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	среднее значение	
рН	6,5-8,5	6,86	6,62	6,66	8,01	8,35	7,96	8,20	7,80	8,30	7,88	7,66	
Взвешенные в-ва	35	482,3	484,0	451,9	599,7	1378,6	250,9	897,8	634,4	464,8	465,2	611,0	17,5
ХПК	30	131,2	160,5	154,6	132,4	283,9	66,5	124,1	233,3	172,6	99,8	155,9	5,2
БПК ₅	2,0	18,70	11,95	19,05	15,22	28,40	4,88	3,40	11,00	38,50	4,64	15,60	7,8
Аммоний-ион	0,5	0,684	1,154	0,540	0,080	0,089	0,088	1,07	0,457	0,986	0,696	0,584	1,2
Нитриты	0,08	0,351	0,424	0,383	0,377	0,110	0,238	0,689	0,185	0,133	0,190	0,308	3,9
Нитраты	40,0	7,10	6,08	4,05	0,38	0,36	0,578	6,70	0,82	0,94	0,41	2,70	0,1
Сульфаты	100	24,1	31,6	51,0	5,7	19,7	7,4	48,3	11,2	10,4	71,4	28,1	0,3
Хлориды	300	300,8	371,5	345,0	16,0	6,96	11,4	731,2	116,7	35,6	21,1	195,6	0,7
Фосфаты	0,2	1,57	1,78	0,18	0,29	3,63	0,99	1,52	0,52	1,77	0,49	1,27	6,4
Кадмий	0,005	0,0023	0,0023	0,0014	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	
Свинец	0,006	0,07	0,14	0,038	0,012	-	0,004	<0,005	0,0019	<0,003	<0,005	0,030	5,0
Нефтепродукты	0,05	566,9	190,6	115,3	622,0	67,7	57,6	36,4	28,6	7,4	9,4	170,2	3403,8
Смолы и асфальтены	-	40,8	25,5	44,0	26,2	23,1	22,9	9,4	11,2	2,8	1,8	20,8	
АСПАВ	0,5	0,226	0,342	0,299	0,236	0,450	0,144	0,231	0,200	0,110	0,160	0,240	0,5
НСПАВ	0,5	1,13	1,49	2,08	1,00	0,65	1,30	-	<1,0	0,19	-	0,083	0,17
Железо	0,1	17,28	8,42	11,40	13,22	16,05	7,50	0,78	1,05	0,87	1,21	7,78	77,8
Никель	0,01	0,233	0,072	0,037	0,012	0,015	0,018	0,025	0,007	0,004	0,017	0,044	4,4
Медь	0,001	0,038	0,137	0,047	0,027	0,063	0,019	0,020	0,007	0,005	0,005	0,037	36,7
Цинк	0,01	0,139	0,114	0,137	0,082	0,070	0,082	0,016	0,022	0,015	0,023	0,070	7,0
Марганец	0,01	0,421	0,403	0,405	0,298	0,323	0,214	0,070	0,156	0,022	0,040	0,235	23,5
Алюминий	0,04	7,23	4,99	2,04	3,26	5,53	3,10	0,36	0,69	1,68	0,51	2,94	73,5
Хром общ.	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Кобальт	0,01	0,027	0,021	0,010	0,013	0,018	<0,01	0,020	<0,01	<0,01	<0,01	0,013	1,3
Ртуть	0,00001	<0,0001	0,0001	0,0003	<0,0005	0,0003	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	
Фториды	0,75	-	0,48	-	<1,0	0,1	0,10	-	0,18	<0,1	0,22	0,22	0,3
Фенолы	0,001	0,006	0,012	0,005	0,0066	0,011	0,005	0,015	0,005	0,014	0,008	0,0088	8,8
Формальдегид	0,1	-	0,093	0,163	0,015	0,040	0,020	0,328	0,035	0,027	<0,025	0,090	0,9
Мышьяк	0,05	-	-	<0,05	<0,05	-	<0,05	-	<0,05	<0,05	-	<0,05	
Сухой остаток	-	496	762	711	214	254	116	1501	343	189	157	474	

Табл. 2. Осредненные по годам концентрации загрязняющих веществ в снеге (таялая вода) со снежных свалок г. Казань. Жирным шрифтом выделены значения на уровне минимально определяемых концентраций, тире означает, что измерения не проводились.

Ингредиенты	Концентрации загрязняющих веществ, мг/кг												Ср/ПДК
	ПДК _т /ОДК	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	среднее значение	
рНвод	-	-	8,8	7,2	8,5	8,4	8,0	8,2	8,0	8,0	7,9	8,1	
рНсол	-	-	8,6	7,6	7,5	7,6	7,8	-	7,9	7,8	-	7,8	
Подвижная сера	-	-	-	31,9	18	59,2	14,1	62,1	38,1	21,9	112,9	44,8	
Железо подв.	-	247,4	321,3	321,8	342,4	358,4	325,7	435,3	333,6	253,6	346,2	328,6	
Железо общ.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3754,6	6306,4	5030,5	
Марганец общ.	1500	33,7	48,5	38,2	41,6	82,3	101,2	106,1	85,4	104,7	90,6	73,2	0,05
Ртуть	2,1	0,196	0,029	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,03
Алюминий подв.	-	-	-	0,3	0,3	0,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	1,5	
Нефтепродукты	1500	-	4466,7	2691,3	3879,3	3970,6	3898,6	3005,4	3745,6	2924,6	3355,9	3548,7	2,37
Никель	20	6,6	8,5	7,8	14,4	8,4	11,5	9,8	9,4	22,5	10,2	10,9	0,55
Медь	33	22,0	24,2	15,1	11,3	23,1	17,5	9,5	13,3	24,5	26,2	18,7	0,57
Цинк	55	36,5	48,5	31,7	29,7	52,3	43,2	31,6	36,2	52,4	48,5	41,1	0,75
Свинец	32	9,6	30,5	7,5	4,4	11,6	14,1	8,9	16,4	11,9	9,9	12,5	0,39
Кадмий	0,5	0,2	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,51	0,5	0,49	0,98
Кобальт	-	-	1,7	1,7	6,3	2,8	3,9	4,0	2,8	-	-	3,3	
Хром	-	-	-	5,9	-	24,6	-	22,1	8,7	7,5	14,1	13,8	
Марганец обм	140	5,5	1,82	0,99	-	1,1	1,19	1	0,99	1,03	0,22	1,5	0,01

Табл. 3. Осредненные по годам концентрации загрязняющих веществ в твердом осадке снега со снежных свалок г. Казань. Жирным шрифтом выделены значения на уровне минимально определяемых концентраций, тире означает, что измерения не проводились.

ции нефтепродуктов (до 4 ПДК), а также ряда тяжелых металлов. Более низкие, по сравнению с водной фазой, превышения ПДК обусловлены, вероятно, большой долей песка в пробах нерастворимого осадка.

Согласно полученным результатам и общепринятым представлениям этот осадок должен утилизироваться на специализированных полигонах, а не оставаться на городских землях, как это происходит в настоящее время при таянии снега.

Заключение

Снежные свалки должны быть оборудованы специальными очистными сооружениями, сбросы которых в

объекты окружающей среды должны регулярно контролироваться.

Литература

- Валетдинов А.Р., Валетдинов Р.К., Горшкова А.Т., Иванов Н.В., Мунинова О.Е., Тарасов О.Ю., Шагидуллин Р.Р., Шлычков А.П., Фридланд С.В. Экологические проблемы снеговых свалок г. Казань. *Безопасность жизнедеятельности*. №7. 2005. 53-56.
- Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан». 1999-2008.
- Ежемесячная справка о состоянии окружающей среды на территории Республики Татарстан. <http://www.tatarmeteo.ru>. 2008-2011.
- Ермакова Е.В., Фронтасьева М.В., Стейннес Э. Изучение атмосферных выпадений тяжелых металлов и других элементов на территории Тульской области с помощью метода мхов-биоиндикаторов.

УДК: 504.4.062.2.

Р.Р. Шагидуллин, А.Т. Горшкова, О.Н. Урбанова
Институт проблем экологии и недропользования АН РТ, Казань
Shagidullin@mail.ru

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КУЙБЫШЕВСКОГО И НИЖНЕКАМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ В ПРЕДЕЛАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

На основе гидрохимических и гидробиологических показателей дана оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в пределах Республики Татарстан. Произведены расчеты водохозяйственного баланса.

Ключевые слова: качество воды, Куйбышевское и Нижнекамское водохранилища, районирование, водохозяйственный баланс.

Введение

Территориальная неравномерность, большая внутригодовая и многолетняя изменчивость речного стока затрудняют обеспечение населения и экономики России необходимым количеством воды. Эта проблема решается за счет регулирования стока рек водохранилищами, причем наиболее эффективное использование водных ресурсов достигается в водохранилищах, расположенных каскадом, образующих единую водохозяйственную систему. Примером тому служит Волжско-Камский каскад водохранилищ, состоящий из 11 водоемов суммарной полезной емкостью 80 км³, два из которых (Куйбышевское и Нижнекамское) расположены на территории Республики Татарстан. Водоохранилища обеспечивают условия устойчивого

водоснабжения различных отраслей народного хозяйства, являются источниками питьевого водоснабжения.

Крупные населенные пункты, расположенные в пределах береговой зоны водохранилищ, вовлекая водные ресурсы водоемов в свой хозяйственный оборот, оказывают на них определенное воздействие, проявляющееся в виде поступления загрязняющих веществ со сточными водами предприятий и неорганизованным стоком с сельских территорий.

Поэтому возникает настоятельная необходимость оценки количественных и качественных характеристик водных ресурсов, основанной на анализе всей имеющейся информации для определенной территории и за определенный временной период.

Окончание статьи О.Ю. Тарасова, Р.Р. Шагидуллина, Р.Ч. Юранец-Лужаевой, Н.Ю. Крапивиной «Городские снежные свалки как источник загрязнения поверхностных вод»

торов. *Экологическая химия*. 13(3). 2004. 167-180.

Ориентировочно допустимые концентрации химических веществ в почве. *Гигиенические нормативы*. ГН 2.1.7.2511-09. 2009.

Перечень методик, внесенных в государственный реестр методик количественного химического анализа. Ч.1. Количественный химический анализ вод. Ч.2. Количественный химический анализ почв и отходов. <http://www.fcao.ru/metodikakha.html>.

Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве. *Гигиенические нормативы*. ГН 2.1.7.2041-06. 2006.

Приказ Росрыболовства от 4 августа 2009 г. № 695 «Об утверждении методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2009.

Приказ Росрыболовства от 18 января 2010 г. №20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». 2010.

Протокол КХА №269 от 23.08.2002 г., выданный ЦСИАК Министерства экологии и природных ресурсов РТ. 2002.

O. Yu. Tarasov, R. R. Shagidullin, R. Ch. Yuranets-Lugaeva, N. Yu. Krapivina. **Snow city landfill as a source of surface water pollution.**

Every year in the major cities of Russia the temporary storage of snow (snow dumps), removed from urban areas in the winter, are organized. However there are no serious environmental requirements

for development and exploitation of such landfills, which leads to pollution of the adjacent media, especially, surface water and soil.

Keywords: waste of the city, snow dumps, pollution, recycling and cleaning snow runoff.

Олег Юрьевич Тарасов

к. хим. н., заведующий лабораторией эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды. Научные интересы: аналитическая химия, химия природных вод, экологический мониторинг.

Регина Чеславовна Юранец-Лужаева

научный сотрудник лаборатории эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды. Научные интересы: аналитическая химия, экологический мониторинг.

Наталья Юрьевна Крапивина

научный сотрудник лаборатории эколого-аналитических измерений и мониторинга окружающей среды. Научные интересы: аналитическая химия, экологический мониторинг.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 299-35-02.

Материалы и методы исследования

Интегральная оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ основана на опубликованных материалах специально уполномоченных органов государственной власти в области наблюдения и контроля состояния объектов окружающей среды, на данных государственной статистической отчетности по форме № 2-тп (водхоз) и материалах аналитического контроля сточных и природных вод. Выбор створов и точек отбора проб воды, подготовка и анализы проводились по методикам, утвержденным для целей экологического контроля.

Пробы воды отбирали как в фоновых контрольных створах водохранилищ, так и в местах сосредоточенных выпусков сточных вод предприятий, использующих водные ресурсы рассматриваемых водоемов, наиболее крупные среди которых ОАО «Зеленодольск-Водоканал», ОАО «Органический синтез», МУП «Водоканал» г. Казань, ЗАО «Челныводоканал», ГУП «Вода Прикамья», ОАО «Нижнекамскнефтехим», ОАО «Чистополь-Водоканал» и др.

Оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ, реки Кама проводилась по 14 условно выделенным участкам, граничные створы которых расположены у городов и населенных пунктов Криуши, Зеленодольск, Верхний Услон, Казань, Красное Тенишево, Красный Бор, Ижевка, Набережные Челны, Елабуга, Нижнекамск, Чистополь, Лаишево, Куйбышевский Затон и в устье р. Утка (Табл.).

Анализ количественных и качественных показателей водных масс позволил осуществить интегральную оценку водных ресурсов обоих водоемов в пределах республики. Количественная оценка выполнена на основе данных водохозяйственного баланса. Критерии оценки качества воды, как природного ресурса, основаны на предельно допустимых концентрациях загрязняющих веществ. Оценка степени воздействия на водный объект базировалась на ряде показателей, одни из которых отражают общую массу сбрасываемых загрязняющих веществ, а другие – состав и совокупное их воздействие (Шагидуллин и др., 2011).

Результаты исследования

Водохозяйственный баланс (ВХБ), представляющий собой результат сопоставления наличных (приходная часть), доступных к использованию водных ресурсов с потребностями в воде (расходная часть), был рассчитан в пределах выделенных участков за пятилетний период.

Основой приходной части являлись: речной сток, поступающий с вышерасположенных участков (для Волжского участка это сток Волги ниже Чебоксарского водохранилища, для Камского – сток рек Камы и Белой); сток, формирующийся на расчетном участке; осадки, выпадающие на поверхность расчетного участка; сброс сточных вод предприятиями данного участка (Табл.).

Основа расходной части определялась суммарным объемом забранной воды; ущербом, наносимым за счет изъятия подземных вод; потерями на естественное испарение с поверхности участка; водоохранным попуском, необходимым для поддержания жизнеспособности водоемов. Известно, что почти 11% стока Куйбышевского водохранилища ежегодно тратится на специальный весен-

ний попуск в низовья Волги, в основном в интересах сельского и рыбного хозяйства (Селиверстова, 2010).

Результирующая величина между расходной и приходной частями является балансом. Он бывает либо положительным (когда избыток водных ресурсов позволяет осваивать новые виды водопользования), либо отрицательным (водных ресурсов недостаточно для удовлетворения потребностей в воде). В зависимости от величины баланса принимается решение или о сбросе излишков воды, или об ее аккумуляции для поддержания нормального порогового уровня водоема.

Годовой водохозяйственный баланс Куйбышевского водохранилища, рассчитанный для средних по водности (50% обеспеченности) и маловодных лет (95% обеспеченности), остается положительным по всем выделенным участкам (Табл.). В средний по водности год использование стока, с учетом водоохранного попуска, составляет 64-66% на Волжском участке водохранилища и 63-64% на Камском участке, увеличиваясь в маловодные годы до 79-80%. В общем балансе объемы использования воды предприятиями-водопользователями составляют не более 1% по сравнению с запасами воды в водоемах, что указывает на незначительное их воздействие на количественное изменение водных ресурсов.

Большую озабоченность вызвало уменьшение запасов водных ресурсов Волжско-Камского каскада водохранилищ в 2010 году, явившегося одним из наиболее засушливых за весь период существования водохранилищ на Волге и Каме. Суммарный годовой приток воды в водохранилища каскада в 2010 году был на 55-57 км³ меньше средней многолетней величины. Более низкий суммарный приток воды за год наблюдался только в 1967, 1973, 1975 и 1996 годах (Селиверстова, 2010). Несмотря на это, водохозяйственная обстановка как в зоне Куйбышевского водохранилища, так и в целом по Волжско-Камскому каскаду водохранилищ, в части уровней и запасов воды, а также попусков воды из них, в 2010 году полностью соответствовала проектным показателям, требованиям и ограничениям действующих правил использования водных ресурсов водохранилищ.

Если водохозяйственный баланс в пределах Республики Татарстан остается положительным при незначительном влиянии водопотребителей, то ситуация с качеством воды менее благополучная. Неоднородность ее химического состава определяется не только различиями в качестве вод, питающих водоемы, но и рядом других факторов, таких как транзитный перенос загрязняющих веществ волжскими и камскими водами с сопредельных территорий, поступление загрязняющих веществ со стоком малых рек, диффузный сток с сельскохозяйственных территорий и городов, воздействие сточных вод различных предприятий, уровень сработки объема водохранилищ. Эти факторы, во многом зависящие от хозяйственной деятельности человека, приобретают в последние годы все более весомое значение. И если местные сбросы определены и контролируются, то транзитные загрязнения не всегда оцениваются в полном объеме, равно как и диффузные, которые в общем балансе загрязняющих веществ Куйбышевского водохранилища составляют около 15% (Петров, 2004).

Степень влияния диффузных источников загрязнения неравномерна как по длине водоема и сезонам года, так и

Приходная часть ВХБ, млн. м ³ /год				Расходная часть ВХБ, млн. м ³ /год					Баланс. Избыток (+) Недостаток (-)	Расчетные поступления воды на ниже лежащий участок	Забор воды из подземных источников	Степень использования поверхности стока, %	
Сток с выше расположенных участков	Сток, формирующийся на участке	Осадки, выпад. на поверх. Вдхр.	Сброс сточных вод на участке	Итого	Суммарный забор воды из вдхр.	Ущерб от изъятия подземных вод	Потери на испар. с вдхр.	Необходимый попуск					Итого
1 участок: н.п. Крюши - г. Зеленодольск (1892-1859 км от устья р. Волга).													
114286,0	766,7	53,25	0	115105,95	0	0	66,56	76191	76257,56	38848,39	115039,39	0	66,2
76191,0	507,5	53,25	0	76751,75	0	0	66,56	60952,8	61019,36	15732,39	76685,19	0	79,5
2 участок: г. Зеленодольск - выше и ниже города (1859-1853 км от устья р. Волга).													
115039,4	0	17,31	10,95	115067,65	0	4,34	21,63	76685,19	76711,16	38356,49	115041,68	14,47	66,7
76685,2	0	17,31	10,95	76713,45	0	4,34	21,63	61348,15	61374,12	15339,33	76687,48	14,47	80,0
3 участок: г. Зеленодольск - н.п. Верхний Услон (1853-1830 км от устья р. Волга).													
115041,68	1606,9	50,59	11,66	116710,83	0	6,03	63,23	76687,48	76756,74	39954,09	116641,57	20,1	65,8
76687,48	444,7	50,59	11,66	77194,43	0	6,03	63,23	61349,98	61419,24	15775,19	77125,17	20,1	79,6
4 участок: г. Казань - выше и ниже города (1830-1818 км от устья р. Волга).													
116641,57	416	66,56	262,71	117386,84	210,78	15,81	83,2	77125,17	77434,96	39951,88	117077,05	52,69	66,0
77125,17	223,6	66,56	262,71	77678,04	210,78	15,81	83,2	61700,14	62009,93	15668,11	77368,25	52,69	79,8
5 участок: г. Казань - н.п. Красное Тенишево (1818-1765 км от устья р. Волга).													
117077,05	8,8	37,27	0,01	117123,13	0	0	46,59	77368,25	77414,84	39708,29	117076,54	0	66,0
77368,25	3,85	37,27	0,01	77409,38	0	0	46,59	61894,6	61941,19	15468,19	77362,79	0	80,0
6 участок: Нижнекамское водохранилище: н.п. Красный Бор (147 км от устья р. Кама).													
11245,0	453,31	181,48	1,43	113087,2	0	0,94	226,85	72740	72967,79	40119,43	112859,43	3,14	64,5
72740,0	122,44	181,48	1,43	73045,35	0	0,94	226,85	58192	58419,79	14625,56	72817,56	3,14	79,9
7 участок: н.п. Красный Бор - н.п. Ижевка (147-120 км от устья р. Кама).													
112859,43	2871,49	304,2	0,96	116036,08	0	0,7	380,25	72817,56	73198,51	42837,57	115655,13	2,33	63,1
72817,56	1137,37	304,2	0,96	74260,09	0	0,7	380,25	58254,05	58635	15625,09	73879,14	2,33	79,0
8 участок: н.п. Ижевка - г. Набережные Челны (120-73 км от устья р. Кама).													
115655,13	30,62	76,44	3,23	115765,42	0	5,21	95,55	73879,14	73979,9	41785,52	115664,66	17,36	63,9
73879,14	3,16	76,44	3,23	73961,97	0	5,21	95,55	59103,31	59204,07	14757,9	73861,21	17,36	80,0

Табл. Водохозяйственный баланс (ВХБ) Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ по участкам.

9 участок: г. Набережные Челны - г. Елабуга (73-53 км от устья р. Кама).													
115664,66	44,55	11,96	122,96	115844,13	190,4	9,79	14,95	73861,21	74076,35	41767,78	115628,99	32,62	63,9
73861,21	13,53	11,96	122,96	74009,66	190,4	9,79	14,95	59088,97	59304,11	14705,55	73794,52	32,62	80,1
10 участок: г. Елабуга - г. Нижнекамск (53-17 км от устья р. Кама).													
115628,99	233,17	18,2	6,75	115887,11	1,23	0,44	22,75	73794,52	73818,94	42068,17	115862,69	1,46	63,7
73794,52	86,57	18,2	6,75	73906,04	1,23	0,44	22,75	59035,62	59060,04	14846	73881,62	1,46	79,9
11 участок: г. Нижнекамск - г. Чистополь (90 км по Камскому заливу Кбш вдр).													
115862,69	29896,35	199,68	134,36	146093,08	93,26	29,9	249,6	73881,62	74254,38	71838,7	145720,32	99,65	50,8
73881,62	19350,95	199,68	134,36	93566,61	93,26	29,9	249,6	59105,3	59478,06	34088,55	93193,85	99,65	63,6
12 участок: г. Чистополь - г. Лаишево (90-15 км по Камскому заливу Кбш вдр).													
145720,32	241,21	556,77	8,79	146527,09	0,11	3,79	695,96	93193,85	93893,71	52633,38	145827,23	12,63	64,0
93193,85	87,54	556,77	8,79	93846,95	0,11	3,79	695,96	74555,08	75254,94	18592,01	93147,09	12,63	80,2
13 участок: г. Лаишево - н.п. Куйбышевский Затон.													
262904,28	746,58	386,05	0,97	264037,88	0	1,14	482,56	170515,34	170999,04	93038,84	263554,18	3,81	65,1
170515,34	301,86	386,05	0,97	171204,22	0	1,14	482,56	136412,27	136895,97	34308,25	170720,52	3,81	80,0
14 участок: н.п. Куйбышевский Затон - устье р. Утка (1741-1685 км от устья р. Волга).													
263554,18	0	331,47	1,16	263886,81	0	0,82	414,34	170720,52	171135,68	92751,13	263471,65	2,72	64,9
170720,52	0	331,47	1,16	171053,15	0	0,82	414,34	136576,42	136991,58	34061,57	170637,99	2,72	80,1

(продолжение) Табл. Водохозяйственный баланс (ВХБ) Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ по участкам.

по поступлению тех или иных ингредиентов. Наибольшая доля диффузных загрязнений поступает в водоемы со стоком малых рек и состоит из большого количества (более 90% от всех загрязняющих веществ) биогенных элементов, особенно соединений фосфора и азота, что опасно для водоема антропогенным эвтрофированием. Со стоком малых рек в водоем поступает значительная доля фенолов, более 40% нефтепродуктов, 85-90% всего объема твердого стока.

Вода Куйбышевского водохранилища относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, средней минерализации (257-374 мг/л), умеренно жесткая (3.9 мг-экв/л), нейтрально-слабощелочная (рН в пределах 6.5-8.5). В общем количестве соединений азота, величина которого в воде составляет 0.27-2.4 мг/л, доля минеральных форм (азота нитратного и нитритного) достигает более 50%, что является признаком загрязнения водоема большим объемом недостаточно очищенных сточных вод. Сброс большого объема сточных вод служит и причиной увеличения количества нефтепродуктов, тяжелых металлов, а также вызывает преобладание фитопланктона над зоопланктоном.

Оценивать нагрузку от сброса сточных вод только по объему сброса и концентрациям в них загрязняющих веществ нельзя, так как многие предприятия сбрасывают сточные воды с таким же содержанием загрязняющих веществ, которое содержится в водном объекте, а следовательно, не оказывают на него воздействия (сколько загрязняющих веществ забрали из водоема вместе с водой, столько же и сбросили). Необходимо определить ту массу загрязняющих веществ, которую предприятие сбрасывает сверх забранного из водоема количества (привнос загрязняющих веществ), установить ее влияние на водоем и сравнить предприятия по совокупной нагрузке загрязняющих веществ (Шагидуллин и др., 2011). Величина привноса загрязняющих веществ, выраженная в денежном выражении, является наиболее объективным показателем суммарной нагрузки сточных вод на водный объект, поскольку учитывает не только массу сбрасываемых в водоем, но и относительную опасность загрязняющих веществ, заложенную в дифференцированные ставки платы за сброс.

Наибольшую нагрузку на Куйбышевское водохранилище по привносу загрязняющих веществ и ущербу от этого привноса в денежном выражении оказывают предприятия городов Казань и Зелено-

дольск (Проведение экспертных и аналитических работ..., 2009; Шагидуллин и др., 2011).

За 25-летний период существования Нижнекамского водохранилища произошло существенное снижение минерализации воды (с 367 до 270 мг/л), связанное, в первую очередь, со снижением величины хлоридов и натрия, поступающих в водохранилище с водами притоков из нефтедобывающих районов Республики Татарстан и Республики Башкортостан. Подобного рода положительный тренд является объективным следствием проведения природоохранных мероприятий на водосборах рек, в частности, внедрения альтернативных способов повышения нефтеотдачи пластов. Однако серьезную озабоченность вызывает экологическое состояние мелководий водохранилища, занимающих почти половину акватории. Это особенно актуально, т.к. большая часть юго-восточных территорий республики снабжается питьевой водой из Нижнекамского водохранилища.

Оценка антропогенной нагрузки на Нижнекамское водохранилище, основанная на учете привноса загрязняющих веществ и ущерба от этого, четко выделяет две группы предприятий. Первая группа («Нижнекамскнефтехим», «Челныводоканал», «Вода Прикамья») оказывает более сильное воздействие на водоем (почти 99% от общей проанализированной нагрузки), а вторая (Красноборское МПП ЖКХ, «Коммунальные сети Мензелинского района», санаторий «Ижминводы») оказывает более слабое (менее 1%) воздействие (Проведение экспертных и аналитических работ..., 2009).

Поскольку качественный состав водных масс водохранилищ Республики Татарстан является функцией совокупного влияния различного рода факторов, то и оценка качества природной воды проводилась через обобщенный показатель, позволяющий сравнивать степень загрязненности воды в различных створах. Таким обобщенным показателем является удельный комбинаторный индекс загрязненности (УКИЗВ), используемый для оценки загрязненности поверхностных вод и базирующийся на 15 загрязняющих веществах, характерных для поверхностных вод региона. В соответствии со значениями этого показателя природные воды делятся на пять классов качества – «условно чистые», «слабо загрязненные», «загрязненные», «грязные», «экстремально грязные». Большому значению индекса соответствует худшее качество воды и больший номер класса. Так как вода

значительного числа водных объектов по степени загрязненности соответствует третьему или чет-

вертому классу («загрязненные» и «грязные»), то изменения ее качества по длине водоема или в многолетнем плане могут быть сглаженными. Для обеспечения более детальной оценки качества воды третий и четвертый классы классификации дополнительно разбиты на два и четыре разряда соответственно.

Результаты расчета УКИЗВ показали, что качество воды Куйбышевского водохранилища в пределах Республики Татарстан колеблется от «загрязненной» (3 класс качества) до «грязной» (4 класс качества), а его состояние по доле антропогенной нагрузки характеризуется как переходное от равновесного к кризисному (Жданова и др., 2010).

В системе определения качества природной воды существует также классификация по гидробиологическим показателям, основанная на способности животных и растительных организмов реагировать на изменение условий обитания, в частности на антропогенное загрязнение. И если по гидрохимическим показателям не осталось участков акватории, которые можно было бы считать «условно чистыми», то гидробиологические показатели говорят о том, что водохранилища Республики Татарстан все еще не утратили способности к самоочищению. Коэффициент структурной организации зоопланктонного сообщества, величина которого на преобладающей части акватории превышает 1, показывает, что даже при существующем режиме хронического загрязнения природная система водоемов считается достаточно устойчивой (Горшкова, 2003).

На Волжском участке Куйбышевского водохранилища, входном створе на территорию Республики Татарстан (от н.п. Криуши до г. Зеленодольск), качество поверхностных вод соответствует 3«а» классу «загрязненные» (Рис.). Формирование здесь полей загрязнения обусловлено поступлением воды из Чебоксарского водохранилища, качество которой колеблется от «умеренно загрязненной» до «очень грязной». Другими источниками поступления загрязняющих веществ являются река Илеть, приносящая «очень загрязненные» воды 3«б» класса качества, и сточные воды предприятий г. Волжск. Несмотря на тенденцию этого участка водоема к эвтрофированию, по гидробиологическим показателям вода здесь остается умеренно-загрязненной.

У г. Зеленодольск (выше и ниже города) качество воды в водохранилище соответствует 4 «а» классу качества «грязные». Превышение значений предельно допустимых концентраций (ПДК)

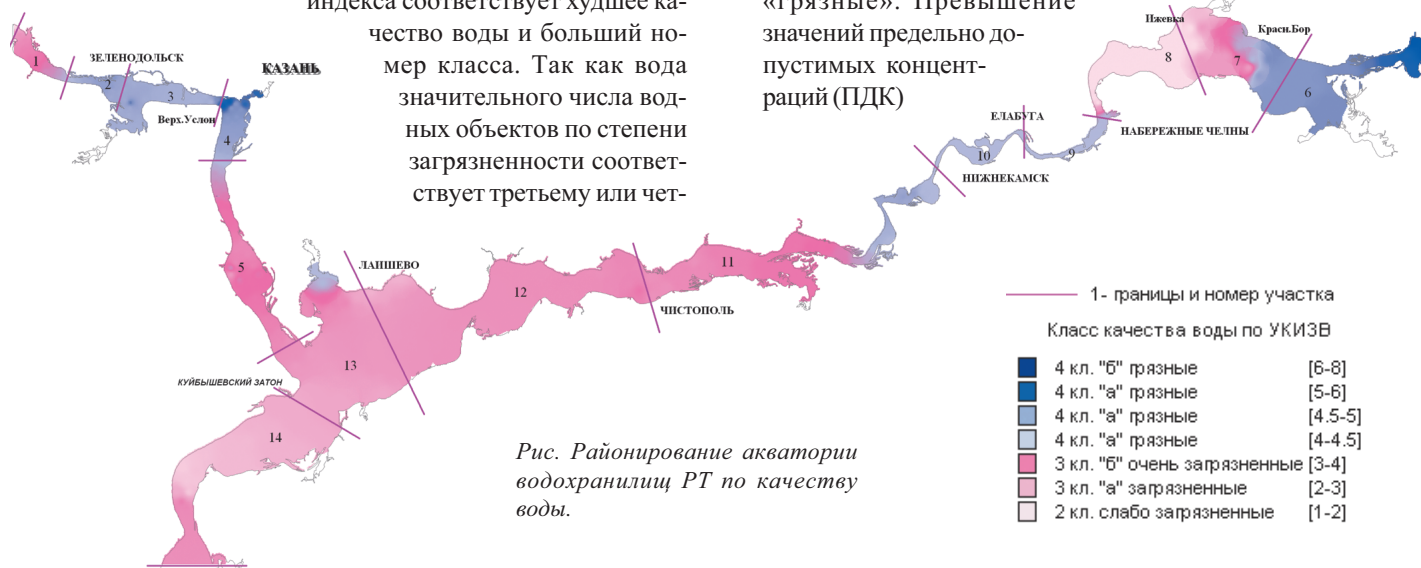


Рис. Районирование акватории водохранилищ РТ по качеству воды.

отмечается по 12 ингредиентам химического состава. Загрязненность воды определяется как «характерная» (повторяемость случаев загрязненности) по биохимическому и химическому потреблению кислорода, соединениям меди и азоту нитритному и как «устойчивая» – по летучим фенолам и нефтепродуктам.

Сбросы сточных вод предприятий г. Зеленодольск, являющихся основными загрязнителями данного участка, увеличивают концентрации различных форм азота (до 52%), тяжелых металлов (от 9 до 55%) и органических веществ (от 35 до 72%) в воде водохранилища. Эта часть водоема, как и вышерасположенный участок, склонна к эвтрофированию, но гидробиологические показатели характеризуют ее как умеренно-загрязненную.

От г. Зеленодольск до н.п. Верхний Услон качество поверхностных вод продолжает оставаться на уровне 4 «а» класса «грязные». Это вызывается привнесом загрязняющих веществ от предприятий расположенных выше по течению г. Зеленодольск и н.п. Васильево, а также от целого ряда других водопользователей Зеленодольского и Верхнеуслонского муниципальных районов. Повлиять на изменение качества воды этого участка не может даже поступление большого объема воды реки Свияга (класс качества 3 «б» «очень загрязненные»).

Загрязненность вод Куйбышевского водохранилища в районе г. Казань (выше и ниже города) также соответствует 4 «а» классу качества «грязные». Превышение ПДК наблюдается по 10-11 ингредиентам химического состава. Загрязненность определяется как «характерная» по нефтепродуктам, соединениям меди и марганца, которые наряду с железом и летучими фенолами вносят наибольший вклад в общую степень загрязненности. Присутствие этих и целого ряда других ингредиентов с высокими концентрациями в сточных водах предприятий г. Казань позволяет считать их основными источниками загрязнения данного участка. Наибольшее воздействие на Куйбышевское водохранилище в этом районе оказывает предприятие МУП «Водоканал» г. Казань. Кроме того, на данном участке в водоем впадает река Казанка, вода которой по качеству относится к 4 «а» классу «грязные». Однако по гидробиологическим показателям вода водохранилища в районе г. Казань продолжает оставаться умеренно-загрязненной.

На участке, расположенном ниже г. Казань до н.п. Красное Тенишево, уровень загрязненности Куйбышевского водохранилища несколько уменьшается, и вода соответствует 3 «б» классу качества «очень загрязненные». Превышения ПДК наблюдаются по 8 ингредиентам. Загрязненность воды определяется как «характерная» по химическому и биологическому потреблению кислорода, соединениям меди и фенолам. Расположенный на данном участке водопользователь (санаторий «Санта»), в составе сточных вод которого содержатся в основном органические вещества, существенного влияния на изменение качества речной воды всего участка не оказывает, но в месте выпуска сточных вод отмечается увеличение нитратов. Гидробиологические показатели водоема в этой части акватории по структуре планктонного сообщества практически не отличается от вышерасположенных участков.

Верховья Нижнекамского водохранилища по качеству поверхностных вод характеризуются как 4 «а» класс «гряз-

ные». На данный участок поступают транзитные загрязнения из Пермского края, Удмуртской Республики и Республики Башкортостан. Превышения ПДК наблюдается по 10 ингредиентам. Наибольший вклад в общую оценку степени загрязненности воды вносят соединения марганца и фенолы. В контрольном створе у н.п. Красный Бор влияние водопользователей участка на планктонные (фито- и зоо-) сообщества не прослеживается.

Ниже по течению, вплоть до н.п. Ижевка, водные массы водоема характеризуются как умеренно загрязненные. Незначительный объем водоотведения при большом объеме бокового притока в водоем («умеренно загрязненные» воды реки Иж) приводит к изменению качества воды с 4 «а» класса «грязные» до 3 класса «умеренно загрязненные».

Такая «умеренно загрязненная» природная вода как по гидрохимическим, так и по гидробиологическим показателям поступает к г. Набережные Челны.

Ниже г. Набережные Челны до г. Елабуга поверхностные воды по общему уровню загрязненности вновь становятся «грязными» 4 «а» класса качества. В течение всего года они обладают высокой комплексностью загрязненности. Превышение ПДК наблюдается по 10-11 ингредиентам химического состава, шесть из которых (химическое потребление кислорода, соединения железа общего, соединения меди, алюминия, марганца, фенолы) имеют «характерную» устойчивую загрязненность с высоким уровнем. Этому способствует большой объем сточных вод, сбрасываемый крупнейшими в республике предприятиями с целым рядом загрязняющих веществ высокой концентрации. Даже по гидробиологическим показателям природная вода в местах выпуска сточных вод характеризуется как «грязная».

От г. Елабуга до г. Нижнекамск качество поверхностных вод продолжает оставаться 4 «а» класса «грязным». Общий уровень загрязненности воды отличается высокой комплексностью. Больше число определяемых ингредиентов (10-12 из 15) являются загрязняющими. Для большинства веществ загрязненность определяется как «характерная» с наибольшей долей соединений марганца. Несмотря на это, гидробиологические показатели характеризуют природную воду как «умеренно загрязненную».

Участок от г. Нижнекамск до г. Чистополь по качеству поверхностных вод неоднороден. В верхней части участка (река Кама) вода остается 4 «а» класса качества «грязной». Расположенные на данном участке водопользователи (г. Нижнекамск) всю массу сточных вод сбрасывают несколькими выпусками как в саму Каму, так и в ее притоки. Наиболее сильно на качество воды данного участка влияют сточные воды ОАО «Нижнекамскнефтехим» и г. Нижнекамск. Это влияние проявляется увеличением на 15-20% в контрольном створе водоема биогенных веществ и металлов (железа, меди, никеля и цинка). Заметно также увеличение концентрации специфических органических веществ: фенолов – на 28.6% и формальдегида – на 3.3%. Кроме того, на данный участок в Каму поступают загрязняющие вещества из бассейна реки Зай (вода 4 «а» класса качества «грязная»), в которую осуществляют сброс сточных вод целый ряд предприятий. В нижней части участка (верховья Камского залива Куйбышевского водохранили-

ща) качество поверхностных вод несколько улучшается и характеризуется как «очень загрязненное» 3 «б» класса качества. Превышение ПДК наблюдается по 9-11 ингредиентам химического состава воды. Изменению качества воды способствует большой боковой приток на этом участке водоема (реки Вятка, Шешма и ряд других), что и по гидробиологическим показателям позволяет характеризовать природную воду данного участка как умеренно загрязненную.

На участке между г. Чистополь и г. Лаишево качество поверхностных вод соответствует 3 классу, варьируя от разряда «б» («очень загрязненные») до разряда «а» («загрязненные»). Превышение ПДК наблюдается по 7-8 ингредиентам химического состава. Основными загрязняющими веществами являются соединения меди, а среднегодовое содержание фенолов и цинка находится на уровне ПДК. На данном участке сбрасывают свои сточные воды предприятия «Чистополь-Водоканал» и «Алексеевск-Водоканал». По гидробиологическим показателям природная вода данного участка характеризуется как «умеренно загрязненная».

Ниже г. Лаишево до н.п. Куйбышевский Затон качество поверхностных вод продолжает соответствовать 3 классу качеству, варьируя от разряда «а» («загрязненные») к разряду «б» («очень загрязненные»). Это наиболее «мощный» по объему водного стока участок водохранилища, где встречаются, смешиваются и трансформируются существенно различающиеся по своим свойствам Волжские и Камские воды. Превышения ПДК наблюдается по 8 ингредиентам. Загрязненность воды определяется как «характерная» по химическому и биологическому потреблению кислорода, соединениям меди и фенолам.

Участок от н.п. Куйбышевский Затон до устья реки Утка (выход с территории республики) по качеству поверхностных вод в целом соответствует 3 «б» классу качества («загрязненные») с колебаниями качества к разряду «а». Превышения ПДК наблюдается по 9 ингредиентам. Загрязненность воды определяется как «характерная» по 4 загрязняющим веществам (соединениям меди, марганца, фенолам и химическому потреблению кислорода). На данном участке сбрасывается относительно небольшое, но весьма концентрированное по наличию загрязняющих веществ, количество сточных вод, оказывающих негативное воздействие на экологическую систему водоема только непосредственно в месте выпуска. По гидробиологическим показателям природная вода данного участка характеризуется как «загрязненная».

Заключение

Интегральная оценка водных ресурсов Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в пределах Республики Татарстан сделана на основе анализа количественных и качественных показателей их использования. Изменение количества водных ресурсов водохранилищ отражено водохозяйственным балансом, положительным по всем выделенным участкам, который показал, что использование стока среднего по водности года составляет 63-66%. Крупные водопользователи, расположенные в береговой зоне водоемов, в водохозяйственном балансе играют незначительную роль (не более 1%), что указывает на небольшое их влияние на изменение количества

водных ресурсов.

Наибольшее воздействие на качество вод рассмотренных водных объектов оказывают предприятия гг. Казань, Зеленодольск, Набережные Челны, Нижнекамск, Елабуга, Чистополь. Также качество вод определяется транзитным переносом загрязняющих веществ через административные границы сопредельных субъектов Российской Федерации, влиянием боковых притоков, диффузным стоком с прилегающих территорий.

Несмотря на то, что в настоящее время практически отсутствуют участки акватории, которые можно было бы считать «условно чистыми», водохранилища РТ не утратили способности к самоочищению.

Литература

Горшкова А.Т. Пространственный анализ биологического потенциала устойчивости водных экосистем (на примере поверхностных вод Республики Татарстан). *Дисс. на соискание уч. ст. к. геогр. н.* Ярославль. 2003.

Жданова Г.Н., Вертлиб М.Г., Захаров С.Д. Оценка состояния водных экосистем территории Республики Татарстан по доле антропогенной нагрузки. Сб. мат-ов конгресса: «Чистая вода». Казань. 2010. 209-212.

Проведение экспертных и аналитических работ по оценке воздействия промышленных предприятий на качество воды Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ в пределах вод Республики Татарстан для обеспечения контрольно-надзорной деятельности Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Республике Татарстан. Отчет. Т.1. Казань: ГБУ ИПЭН АН РТ. 2009. 240.

Петров Б.Г. Куйбышевское водохранилище. Географические аспекты водоохранных мероприятий. М.: Экопресс. 2004. 320.

Селиверстова М.В. На мелком месте. <http://www.rg.ru/2010/11/30/volga.html>.

Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., Никитин О.В., Яковлева О.Г. Развитие подходов к оценке воздействия промышленных предприятий на водные объекты. *Георесурсы.* № 2(38). 2011. 21-23.

Шагидуллин Р.Р., Латыпова В.З., Никитин О.В., Яковлева О.Г. Оценка техногенной нагрузки сточных вод предприятий на Куйбышевское водохранилище. *Георесурсы.* № 2(38). 2011. 24-27.

R.R. Shagidullin, A.T. Gorshkova, O.N. Urbanova. The integral evaluation of water resources of Kuibyshev and Nizhnekamsk reservoirs within the Republic of Tatarstan.

On the basis of hydrochemical and hydrobiological indicators the water resources of Kuibyshev and Nizhnekamsk water reservoirs in the Republic of Tatarstan are evaluated. Water balance calculations are made.

Keywords: water quality, the Kuibyshev and Nizhnekamsk water reservoirs, zoning, water balance.

Асия Тихоновна Горшкова

Заведующая лабораторией гидрологии Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Научные интересы: методы пространственного анализа.

Ольга Николаевна Урбанова

старший научный сотрудник лаборатории гидрологии Института проблем экологии и недропользования АН РТ. Научные интересы: условия формирования поверхностного стока, использование водных ресурсов, масштабы антропогенного воздействия, гидрологические расчеты.

420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 275-94-91.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ БАСЕЙНА И ВОДНОСТИ РЕКИ КАЗАНКА

Выявлены основные системообразующие факторы формирования бассейновой структуры Казанки. Исследована пространственно-временная динамика режима формирования стока. Оценен уровень устойчивости водных экосистем бассейна. Определен характер механизма самоочищения вод. Рассмотрены принципы освоения территориального пространства.

Ключевые слова: бассейн реки, формирование стока, геоморфология, антропогенное воздействие.

Повышенный интерес к изучению тренда формирования поверхностного стока обусловлен как необходимостью решения целого ряда задач фундаментальной науки и, в частности, выявлению закономерностей пространственно-временных геоморфологических преобразований и их взаимосвязей с трансформацией речных бассейнов, так и необходимостью урегулирования норм водопользования в целях сохранения водного баланса территории бассейна.

Рост потребности в водных ресурсах и превышение нормативного сброса сточных вод, наблюдающиеся в последнее столетие, привели не только к количественному дисбалансу в формировании стока, но и к существенным изменениям качественного состава природных вод, нарушению механизмов биоценотической саморегуляции и самоочищения среды. Этому способствовало и усиленное антропогенное воздействие на водные объекты, наблюдающееся в пределах интенсивно осваивающихся в последние годы территориальных образований (пригородные застройки, коттеджные поселения, дачные кооперативы) и ускоряющее природные процессы «старения» водоёмов и водотоков в тысячи раз быстрее, чем это определено естественными процессами.

Особенно это касается природных водотоков, относящихся к категории «малых» рек, как наиболее уязвимых звеньев речной сети, для которых необходимо разработать свои системы экспресс-оценки экологической обстановки, возникающей в их бассейнах. Примером такой малой реки является Казанка, имеющая статус памятника природы регионального значения и протекающая по территории города Казани. Водные ресурсы Казанки используются многими промышленными предприятиями. Как водный объект она находится под пристальным вниманием гидроэкологов, результаты наблюдений которых позволяют вывести некоторые закономерности в процессах формирования бассейнового пространства и водности реки, определить уязвимые зоны, в которых при нарушении установившегося природного равновесия могут возникнуть различного рода негативные экологические ситуации.

По своим географическим показателям (длина, площадь водосбора, средний многолетний годовой расход воды и др.) Казанка относится к типично равнинным малым рекам со смешанным питанием. Для ее гидрологического режима характерно наличие двух резко отличающихся периодов – межени и половодья, на время которого приходится до 75-80% годового стока. Исток реки рас-

положен северо-восточнее д. Бимери Арского муниципального района, а устье, географические координаты которого в настоящее время соответствуют 55°50'44" СШ и 49°09'47" ВД, находится в городе Казани. Поскольку Казанка впадает в залив, образованный Куйбышевским водохранилищем, устьевая зона реки зарегулирована целым рядом транспортных дамб (Кировская и Ленинская дамбы, дамба моста Миллениум, 3 и 4 транспортные дамбы на пр. Ямашева).

Водосбор реки представляет слабоволнистую асимметричную равнину со средней шириной 17-18 км, расчлененную речными долинами многочисленных притоков и вытянутую в широтном направлении. Равнина имеет общий уклон поверхности к юго-западу и по мере приближения к Волге постепенно понижается с 200-210 м до 120-140 м, приобретая все более мягкие очертания. На севере и северо-востоке бассейна хорошо прослеживаются в рельефе отроги длинных, сильно денудированных склонов южного окончания Вятских Увалов, волнистая поверхность которых является водоразделом между реками Казанка, Ашит и Шошма.

Правобережная часть водосбора наклонена на юго-восток в сторону Казанки. Речные долины правых притоков Казанки (Красная, Шимьяковка, Сула, Солонка и др.) имеют меридиональную ориентацию и переходят в своих верховьях в овраги, хотя и неглубокие, но с резкими рваными краями. У долин правых притоков Казанки ярко выражена асимметрия склонов. На приводораздельных территориях преобладают углы наклона поверхности от 0.5-1.0° до 2-3°, а склоны долин наклонены под углом от 10° до 17°. Такая разносторонность наклонных поверхностей влияет на разнообразие скоростей стекания и степень эрозионного расчленения, что в конечном итоге определяет величину подземного питания малых рек.

Левобережная часть водосбора несколько ниже правобережной. Водоразделы левых коротких и немногочисленных притоков Казанки плоские, ровные, либо полого выпуклые. Они постепенно понижаются в сторону широких и плоских долин с уклоном 1-3°. Крутизна их склонов достигает 5-6° и лишь местами 8°. Овраги на левобережье редки. Чаще развиты балочные системы или балки с луговой растительностью.

В бассейне Казанки, особенно на правобережной части (Киндери, Карелино, Чепчуги, Мамонино) очень развиты явления карста, поверхностные проявления которо-

го обусловлены высоким залеганием растворимых доломитово-известняковых толщ. Влияние карста на формирование стока рек неоднозначно. В одних случаях он способствует потерям речных вод на питание подземных горизонтов, что типично для водораздельных участков. В других случаях карст создает концентрацию подземных вод, обуславливает их значительный дебит и выводит карстовые воды в русло реки в виде источников с повышенной минерализацией (устьевые участки Казанки и ее правых притоков). В рельефе карст представлен трещинами, провалами и воронками, часто заполненными водой и представляющими собой живописнейшие озера (Семиозерка, Светлое, Сулянгур, Карасиное, Мочальное, Голубые), являющихся достопримечательностью бассейнового ландшафта.

Всего в пределах бассейна находится 32 водораздельных карстовых озера, но более подробно следует охарактеризовать Голубые озера, играющие определенную роль в режиме Казанки. Голубые озера классифицируются как очень редкий аazonальный тип водоемов не только для Республики Татарстан, но и для всего Среднего Поволжья. Это провальные, водно-эрозионные, антропогенные, сточные, солоноватые, «дисгармоничные» природные образования, гидравлически связанные с Казанкой и имеющие целый ряд отличительных особенностей. Это, прежде всего, оптические свойства воды озер (бирюзово-изумрудно-зеленовато-голубовато-синий цвет и абсолютная прозрачность), специфический химический состав воды и донных отложений (высокая концентрация солей с сильным запахом сероводорода), специфический набор видов флоры и фауны (Красная Книга Республики Татарстан, 2006), наличие характерной «бактериальной» субстанции, постоянство водного и солевого балансов, интенсивный водообмен (обновление полного объема воды в Малом Голубом озере происходит за период равный 1.7 часа, т.е. 12 раз за сутки, а в Большом Голубом озере за 23.4 часа, т.е. практически за сутки) и неординарный механизм самоочищения.

В тектоническом отношении территория Республики Татарстан расположена у восточного края Русской платформы в зоне развития структуры I порядка (Татарский свод, осложненный целым рядом более мелких тектонических форм – структур II порядка). На севере республики крупной тектонической структурой II порядка является Вятский вал, заходящий в республику своим окончанием. Вятский вал, осложненный большим числом крупных куполовидных поднятий и мульд (структуры III и более высоких порядков) с резко выраженной асимметрией вос-

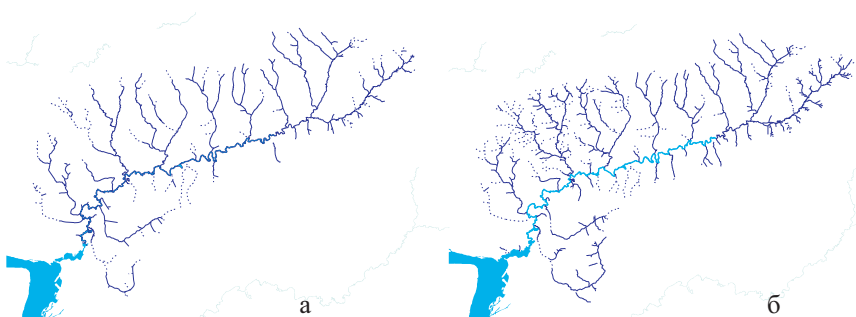


Рис. 1. Изменение рисунка гидрографической сети бассейна Казанки. Густота речной сети после создания Куйбышевского водохранилища: в первые годы (а) и через 50 лет (б).

Табл. 1. Сравнительная характеристика структуры речной сети Казанки до и после создания Куйбышевского водохранилища.

Порядок притока	Количество притоков		Длина притоков, км	
	первые годы	через 50 лет	первые годы	через 50 лет
I	37	41	414.0	410.9
II	69	101	288.4	355.0
III	18	96	33.6	145.6
IV	2	14	2.2	20.8
V	-	2	-	1.4
VI	126	254	738.2	933.7

точных крыльев и падением в южном направлении, четко прослеживается от Кирова до устья Камы.

К Вятскому валу приурочены высокие значения модулей подземного питания. Объясняется это тем, что такие положительные структуры, как Вятский вал, выводят на поверхность более глубокие водоносные горизонты напорного типа, которые и разгружаются в русла основных рек. Этому способствует и уклон подземного потока, направленный на юг и на восток, согласно понижению кровли нижеказанского подъяруса. В связи с таким меридиональным направлением подземного потока, все реки, расположенные широтно, отличаются более высокой водностью. Казанка, бассейн которой расположен в мульде, образованной отложениями казанского яруса, и лежащая почти широтно, получает повышенный приток воды.

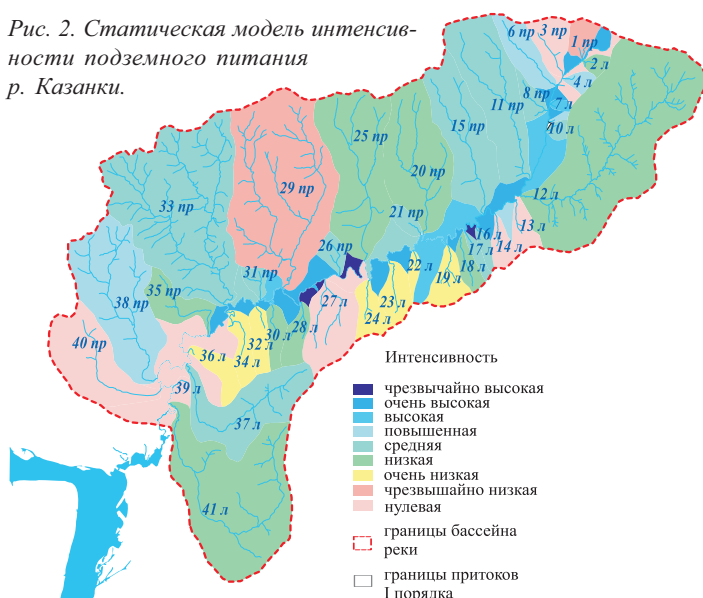
Анализ условий формирования стока Казанки показывает, что изменение водности реки за последнее 50 лет частично связано с усилением дренирования горизонтов подземных вод. Это явление глобального характера, соответствующее сценарию развития событий меридиональной эпохи атмосферной циркуляции со сменой периодов потепления, увеличения давления и наполнения глубинных подземных пластовых вод и наблюдающегося смещения солевого баланса (Дедков и др., 2005). Однако при этом усматриваются и региональные причины, наиболее существенное влияние, из которых оказывает созданный водохранилищем подпор поверхностных и подземных вод.

Совокупность глобальных и региональных факторов влияет на ускорение процессов геоморфологического преобразования бассейновой структуры, проявляющихся в изменениях долинного рельефа и характера формирования речного стока. Возникает предположение, что влияние подпора водохранилища на подземные горизонты простирается выше поверхностных границ воздействия на речную структуру, вызывая изменения в распределении подземного притока. На эту мысль наталкивает факт видимой трансформации речной сети бассейна Казанки, суммарная величина которой увеличилась за последние

50 лет более чем на 150 км, а количество притоков возросло со 126 до 254 (Рис. 1, Табл. 1). Следует отметить, что возросло число правых притоков, а левые притоки сократились и количественно и уменьшили свои длины. Такое разное развитие водотоков обусловлено особенностями питания притоков с левого и правого берега: врезающиеся овраги по правобережью вскрывают водоносные горизонты и превращаются в постоянные водотоки, в то время как на левобережье такого не наблюдается (Можжерин и др., 2004).

Основная доля гидрографических преоб-

Рис. 2. Статическая модель интенсивности подземного питания р. Казанки.



разований лежит в зоне вероятного воздействия подпора, простирающегося по рельефу местности выше отметки 53м БС, соответствующей нормальному подпорному уровню Куйбышевского водохранилища. Очевидно, что уравнивание сообщающихся по высоте уровней подземных горизонтов морфолитогенной платформы бассейна и водохранилища не даёт водам разгружаться в пределах «привычных» тальвегов, как это происходило до создания водохранилища, и постепенно вода находит новые выходы, наполняя все возможные эрозионные углубления рельефа, которые встречаются на её пути. По-видимому, процесс этот по времени прохождения соответствует процессу формирования ложа водохранилища, который с разной интенсивностью и в различных проявлениях продолжается уже более 50 лет.

В подтверждение возникших предположений была рассчитана величина модуля подземного питания. Модуль, как величина трёхмерная, отражающая объем подземного стока с единицы площади в единицу времени, считается одним из самых информативных показателей геоэкологической оценки пространственных структур и удобным для картографического отображения, с помощью которого можно уточнить генезис вод, питающих реки, установить причины различий в приточности (в величине модулей) и определить положение и распространение водоносных комплексов, во всяком случае, из числа расположенных выше местных базисов эрозии.

Комплексное обследование 2009-2010 гг., включавшее

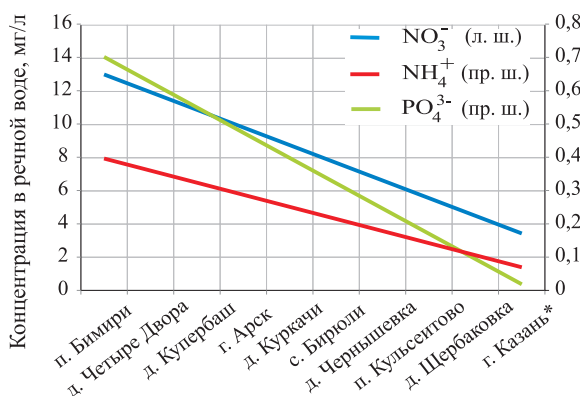


Рис. 3. Снижение концентрации биогенных элементов по мере разбавления речной воды подземной приточностью.

и измерение расходов воды на притоках Казанки, позволило достоверно рассчитать модули подземного питания частных водосборов и с помощью геоинформационных технологий построить статическую модель, являющуюся основой динамической модели речного бассейна (Рис.2).

Значения модуля подземного питания притоков Казанки варьируют в пределах 0-10 л/сек·км², а межприточных пространств – от 0 до 50 и более л/сек·км². На фоне преобладания высокой и средней интенсивности подземного питания в бассейне встречаются участки с низкими, почти нулевыми значениями модуля. Но каждая величина считается вполне достоверной и может быть объяснена геолого-тектоническим строением территории бассейна и гидрогеологическими условиями питания рек, так как именно они накладывают свой отпечаток на водность рек, особенно в период межени.

В правобережной части бассейна Казанки водовмещающие породы, в которых водоносные слои чередуются с водоупорами, занимают высокие водораздельные участки, и подземные воды здесь разгружаются через многочисленные родники в хорошо развитую речную сеть, глубокие овраги и балки. Таков участок верхнего течения Казанки с однообразным эрозионным врезом речных долин в однородные стратиграфические отложения (мульдообразно сложенный бассейн подземных межпластовых вод). Это способствует тому, что все верхние притоки Казанки имеют одинаковое устойчивое подземное питание. Участок среднего течения Казанки слагают морские отложения, характеризующиеся выдержанностью водоупорных горизонтов, что обеспечивает устойчивое питание рек, приуроченных к седловинам между положительными структурами III и более высоких порядков.

Для правобережных притоков Солонки, из Голубого Озера и Голубого болота, впадающих в нижнем течении Казанки, характерен очень высокий модуль подземного питания. По мнению геологов, здесь в Казанку поступают воды из нижнепермских отложений, область питания которых находится около Кирова-Советска. Большой путь подземного продвижения этих вод обеспечивает им высокую степень устойчивости, подтверждающуюся близкими результатами измерений, проводившимися на протяжении почти 80 лет.

Исследования засушливого 2010 г. подтвердили гипотезу, что меженный сток обеспечивается предварительно сформированными запасами вод подземных горизонтов и в большей степени зависит от осадков предшествующих лет.

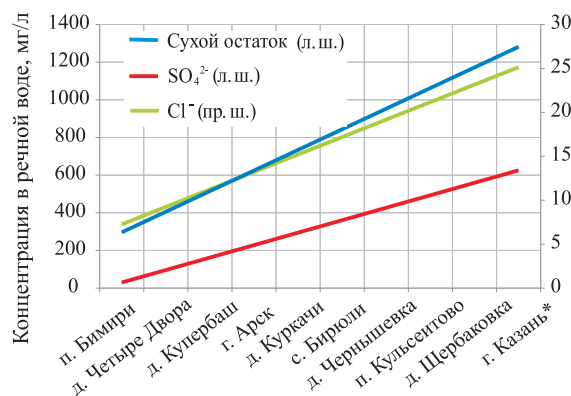


Рис. 4. Рост концентрации ионов, поступающих с подземными водами.

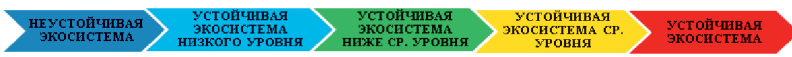
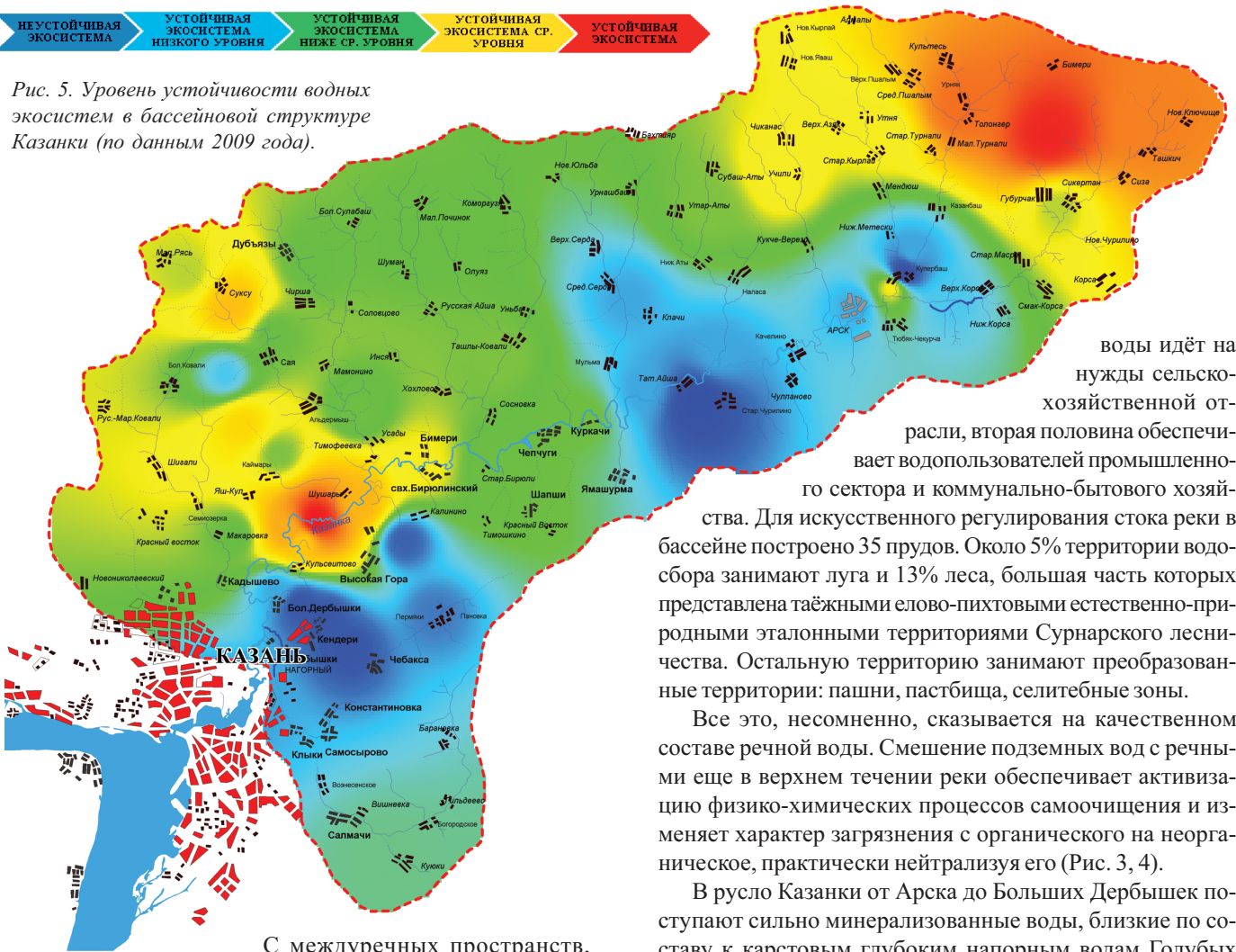


Рис. 5. Уровень устойчивости водных экосистем в бассейновой структуре Казанки (по данным 2009 года).



воды идёт на нужды сельскохозяйственной отрасли, вторая половина обеспечивает водопользователей промышленного сектора и коммунально-бытового хозяйства.

Для искусственного регулирования стока реки в бассейне построено 35 прудов. Около 5% территории водосбора занимают луга и 13% леса, большая часть которых представлена таёжными елово-пихтовыми естественно-природными эталонными территориями Сурнарского лесничества. Остальную территорию занимают преобразованные территории: пашни, пастбища, селитебные зоны.

Все это, несомненно, сказывается на качественном составе речной воды. Смешение подземных вод с речными еще в верхнем течении реки обеспечивает активизацию физико-химических процессов самоочистки и изменяет характер загрязнения с органического на неорганическое, практически нейтрализуя его (Рис. 3, 4).

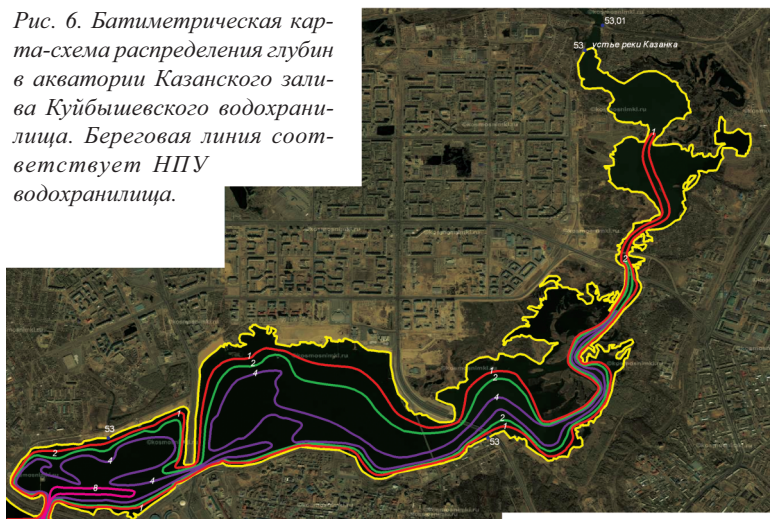
В русле Казанки от Арска до Больших Дербышек поступают сильно минерализованные воды, близкие по составу к карстовым глубоким напорным водам Голубых озер. Из Голубых озер в Казанку поверхностным путем поступает около 2 м³/сек подземных вод с повышенной минерализацией, которые почти на 43% разбавляют воду реки, вызывая изменение ее качества, проявляющееся в увеличении количества гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, жесткости и уменьшении концентрации нитритов, нитратов, аммонийного азота и фосфатов.

Если в других водоемах данной географической зоны формирование качества воды определяется в основном активностью биологического слоя в поверхностных водах, то в Казанке механизм самоочистки обеспечивается и физико-химическими процессами, связанными со смеше-

С междуречных пространств, примыкающих к руслу, подземные воды поступают в реки и, по мере расходования запасов в прирусловой части, пополняются из более удаленных частей по всему периметру бассейна. Этот процесс может продолжаться в течение многих лет, длительное время, обеспечивая устойчивую величину меженного стока, как это было при аналогичных обстоятельствах в периоды 1932-1939 гг. и в 1972-1975 гг., то есть с повторяемостью 1 раз в 30 лет. В 2010 г. величины расходов меженного стока в устьевой зоне Казанки оставались в пределах 7 м³/сек, что лишь на 0.5 м³/сек меньше среднееголетних значений, т.е. уровень подземного питания за два маловодных года фактически не нарушился. Видимое для восприятия понижение уровня воды в устьевой зарегулированной зоне – акватории Казанского залива было вызвано снижением уровня воды в Куйбышевском водохранилище. Существенные изменения величин стока малых рек, имеющих высокую степень подземного питания, могут проявиться лишь на 4-5-ый годы засухи. Произведённые расчёты водохозяйственного баланса, показывают, что годовых водных ресурсов Казанки достаточно для удовлетворения всех потребностей водопользователей в условиях 95% обеспеченности стока, то есть в такие маловодные годы каким был 2010 год.

Как и большинство других малых рек республики, Казанка испытывает сильный антропогенный пресс и имеет высокий уровень нагрузки по водопользованию. Более 50% забранной природной

Рис. 6. Батиметрическая карта-схема распределения глубин в акватории Казанского залива Куйбышевского водохранилища. Береговая линия соответствует НПУ водохранилища.



нием подземных и поверхностных вод. Отсюда и высокий на значительном протяжении течения реки уровень устойчивости водной экосистемы (Рис. 5).

Степень преобразования природных ландшафтов водосбора Казанки хозяйственной деятельностью постоянно возрастает, нарушая сформировавшееся природное равновесие, так как производится без учёта принципов ландшафтного планирования, с нарушениями непрерывности трансект структуры экологического каркаса и исключительно в хозяйственных интересах населения. Помимо увеличения количества осваиваемых площадей в бассейне реки быстрыми темпами происходят и структурно-архитектурные преобразования городской структуры. Все градостроительные работы приводят к ускоренным во времени процессам денудации ландшафтов, нарушению законов соразмерности элементов и форм рельефа, изменению направленности и интенсивности рельефообразующих процессов, приводящих к эрозионно-опасным явлениям. Образующиеся после выравнивания рельефа и засыпки овражно-балочной сети техногенные морфолитосистемы состоят из двух основных горизонтов: нижнего рыхлого искусственно насыпного водопроницаемого и верхнего асфальто-бетонного водонепроницаемого. Такая структура неустойчива, так как стремится вернуться в изначальное состояние (Лихачева, Тимофеев, 2002). Овражно-балочная система за счёт активизирующихся суффозионных процессов вызывает обрушения поверхностных покрытий. Изменяется и структура водосборных бассейнов, условия формирования водности, сноса твёрдого стока, аккумуляции загрязнений. Процесс приводит к деградации, в первую очередь, внутригородских аквальных комплексов, дистрофии экологических систем, нарушению структуры экологического каркаса, а, следовательно, к дисбалансу обмена веществ, энергии и информации в окружающем пространстве.

Строительство, проводимое в рамках реализации программы «Универсиада-2013» и решения архитектурно-планировочной концепции спортивного природно-рекреационного комплекса с размещением футбольного стадиона на 45000 зрителей и дворца водных видов спорта на правом берегу Казанки, следует признать меньшим из всех прочих издержек градостроительной деятельности, как не наносящего значительного экологического ущерба.

Устойчивое подземное питание Казанки определяет постоянное обновление воды устьевой зоны реки, которое техническим преобразованием прибрежной части акватории правобережья изменить невозможно. В данном случае частичная засыпка мелководий, наоборот, должна способствовать увеличению проточности речной воды по основному руслу. В настоящее время водные потоки искусственно зарегулированной зоны устья реки распадаются на множество маломощных второстепенных сейшевых течений, способствующих донному илонакоплению. Дно Казанского залива уже сегодня нуждается в технической чистке, поскольку только за последние двадцать лет глубина водоёма уменьшилась в среднем по акватории на два метра. Донные отложения представляют собой массу тёмного ила, содержащего тяжёлые фракции загрязнений и механических примесей, которые не выносятся с твёрдым стоком в водохранилище по зауженным под последовательно расположенными городскими мостовыми пере-

мычками участкам русла, а, следовательно, скапливаются на определённых местах и, несомненно, представляют угрозу вторичного загрязнения. Современная батиметрическая съёмка показывает, что максимальная глубина в зонах интенсификации городской застройки не достигает четырёх метров, конфигурация линии распределения глубоководных мест по акватории залива соответствует линии уреза воды в маловодный 2010 г. (Рис. 6).

Таким образом, уязвимым звеном в процессах формирования водности Казанки является вероятное изменение режима подземного питания реки. Если поступление подземного притока по каким-то причинам будет нарушено и примет другое направление разгрузки, например, непосредственно в Волгу, Казанка потеряет практически 50% водности и деградирует. Наиболее уязвимой территориальной единицей в бассейне Казанки является зона расположения системы «Голубых озёр» Высокогорского района, активное освоение которого в целях застройки может способствовать изменению режима формирования стока.

Алгоритм, применённый в данной работе для выявления пространственно-временной схемы формирования структуры и функциональности речного бассейна Казанки, безусловно, на наш взгляд, является конструктивным элементом в поиске компромисса между социальными, экономическими и экологическими интересами в целях достижения гармонии в окружающей среде, при которой механизмы экономического развития не нарушали бы естественного хода природных процессов.

Литература

Дедков А.П., Мошкова Л.В., Пенькова Н.В. Гетерогенная структура гидрологической системы Татарстана как фактор изменчивости водораздельных озёр. *Мат-лы науч. конф.: «Функциональные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов»*. Иркутск. 2005. 307-309.

Красная Книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Изд-е второе. Казань: Изд-во «Идел-Пресс». 2006. 832.

Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А. Геоморфология городских территорий. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). М.: Изд-во «Media-press». Т.1. 2002. 514-516.

Можжерин В.И., Курбанова С.Г. Деятельность человека и эрозионно-русловые системы Среднего Поволжья. Казань: Изд-во «Арт Дизайн». 2004. 73.

A.T. Gorshkova, O.N. Urbanova, A.A. Minullina. **Geomorphological fundamentals of the basin structure formation and water volume of Kazanka river (Tatarstan Republic).**

The main system-forming factors of watershed structure of Kazanka river are identified. The spatio-temporal dynamics of runoff regime is investigated. The level of sustainability of water basin ecosystems is estimated. The mechanism of self-regulation of water is defined. The principles of territorial space mastering are considered.

Keywords: watershed, formation of river runoff, geomorphology, human factor.

Алсу Альбертовна Минуллина

Научный сотрудник лаборатории гидрологии. Научные интересы: состояние малых рек и их водосборных территорий, качество водных ресурсов, экологическое картографирование.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ
420087, Казань, ул. Даурская, 28. Тел.: (843) 298-56-10.

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ОЗЕРАХ КАЗАНИ И ПРИКАЗАНЬЯ

Представлены результаты стратиграфических исследований донных отложений некоторых озер г. Казани и Приказанского региона. Установлены скорости озерного осадконакопления и их изменения под влиянием природных и антропогенных факторов. Дан прогноз заиления озер в зависимости от темпов современного осадконакопления.

Ключевые слова: Республика Татарстан, озера, донные отложения, скорость осадконакопления.

Ввиду большого рекреационного и природоохранного значения озер, расположенных в пределах городской черты и пригородной зоны г.Казани, оценка и прогноз происходящих в них процессов, подверженных антропогенной нагрузке, приобретают особое значение. Их результаты широко используются при разработке мероприятий по сохранению и восстановлению водных объектов. Одним из широко используемых индикаторов состояния водных экосистем являются донные отложения, которые отражают в своем составе и свойствах всю историю природно-антропогенных изменений, происходящих в водоемах и их водосборных бассейнах. В период с 1999 по 2009 гг. нами проведены масштабные исследования донных отложений ряда водоемов Казани и Приказанского региона, в ходе которых значительное внимание уделялось определению скорости озерного осадконакопления как фактора деградации водных экосистем.

В настоящей работе рассмотрены результаты стратиграфических исследований донных отложений трех водоемов, отличающихся по генезису, гидрологическому режиму и степени антропогенного воздействия: 1) озеро Большое Глубокое, Кировский район г. Казани; 2) озеро Раифское, Зеленодольский район; 3) пруд в Государственном природном ландшафтном заказнике «Чулпан», Высокогорский район.

В связи с тем, что максимальное илонакопление обыч-

но отмечается в профундали озер, точки отбора проб располагали в глубоководных участках акватории, определяемых на основе имеющихся батиметрических карт, а также по данным натурного измерения глубин. Для отбора колонок донных отложений использовали трубку ГОИН-1, для измерения глубин – лот с храпцом ДАК-100.

Выделение годичных слоев отложений базировалось на морфологических свойствах отложений и, в частности, на соотношении минеральной и органической составляющей осадков (органика служит естественной прослойкой и своеобразным «разделителем» годовых слоев).

Озеро Большое Глубокое

Озеро входит в число довольно хорошо изученных водоемов республики в гидрологическом, гидрохимическом и гидробиологическом отношении (Очерки по географии Татарии, 1957; Озера Среднего Поволжья, 1976; Тайсин, 2006). Расположенное в одном из живописных уголков территории современной Казани озеро и прилегающая к нему территория являются популярным местом отдыха горожан. В этой связи рекреация – значимый фактор антропогенного воздействия на водоем. Основной причиной деградации озера стала овражная система, конус выноса которого сформировал перешеек шириной ~ 0.8 км и к середине 50-х гг. XX в. вызвал разделение озера на две части – Большое и Малое Глубокое (Сонин, Тайсин, 1996).

С 1956 по 1992 гг. озеро Б. Глубокое сократилось в размере по максимальным глубинам на 25.8% (с 18.2 до 13.5 м), по размеру водного зеркала – на 18.7 % (на 14.8 га), по объему воды – на 31 % (с 1386.8 до 958.4 тыс. м³) (Сонин, Тайсин, 1996). Максимальная глубина, обнаруженная в ходе батиметрической съемки в 2007 г., не превышала 12 м.

Колонка озерных отложений имела мощность 90 см и заполняла практически всю трубку ГОИН (Рис. 1). Цвет ее буровато-коричневый с неясными потеками органического вещества. По гранулометрическому составу донные отложения относятся к илистым пескам, сменяющимся в нижней части песками. Как современные, так и более древние слои отложений обеднены органикой. После высушивания колонки стали отчетливо выделяться отдельные слои, соответствующие годовым циклам развития озера. Дискретный характер отложения взвешенного материала, а также соотношение минеральной и органи-

Глубина, см	Плотность, г/см ³	Влажность, %	pH	Потери при прокаливании, %	Азот, %	Фосфор, %
0-5	0.31	237.0	6.13	11.45	0.43	0.62
5-9.5	0.79	92.0	5.80	10.55	0.35	0.46
9.5-14.5	0.50	145.1	6.15	9.87	0.22	0.44
14.5-19	0.21	321.1	6.35	9.89	0.17	0.38
19-23	0.57	114.0	5.76	10.31	0.13	0.31
23-26	0.69	96.0	6.05	10.10	0.04	0.26
26-32	0.62	110.3	6.21	8.84	0.20	0.28
32-37.5	0.68	90.2	6.32	7.76	0.06	0.23
37.5-45	0.91	64.6	6.68	9.20	0.10	0.14
45-51	0.71	84.2	6.29	8.93	0.08	0.19
51-57	0.65	88.7	5.92	6.70	0.15	0.20
57-64	0.79	75.6	6.03	7.46	0.17	0.19
64-70	0.81	73.0	6.06	5.67	0.14	0.19
70-75	1.07	51.1	6.22	7.26	0.08	0.20
75-80	0.95	60.4	6.28	6.61	0.10	0.04
80-85	1.03	52.3	6.57	5.62	0.11	0.14
85-92	1.04	55.9	6.29	6.59	0.22	0.15

Табл. Изменение физико-химических свойств в колонке донных отложений оз. Раифское.

ческой составляющей осадка дают основание предполагать, что данная колонка характеризует 57-летний период функционирования озера.

Обнаруженные на глубине 66 см песчаные отложения могут являться продуктами выноса овражно-балочной системы, ставшими причиной активного накопления осадков в ложе водоема. Начало строительства объединения «Органический синтез» в 1959 г. способствовало перекрытию вершины растущего оврага и существенным образом замедлило эрозионные процессы. Впоследствии осадконакопление стабилизировалось и, как показывают измерения мощности отдельных слоев, в последние 30 лет оставалось на уровне 5-10 мм в год. Этот диапазон соответствует природной скорости осадконакопления в озерах РТ, установленной нами ранее (Иванов, Зиганшин, 2006), или немного превышает ее. Средняя скорость современного осадконакопления в озере Б. Глубокое составляет 7.5 мм в год; прогноз сокращения глубины озера – 50-75 см за 100 лет.

Озеро Раифское

Озеро Раифское – самое крупное (32.3 га) из многочисленных озер Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника. Принадлежит к типу проточных озер, а по генезису котловины относится к карстовым водоемам. Образование озера произошло в микulinское межледниковье, когда уровень вод был высоким, что способствовало активизации карстовых процессов. Площадь и глубина озера прогрессирующе сокращаются в основном под влиянием эрозионной деятельности р. Сумка и ее небольшого притока – р. Сопа. В паводок эти водотоки несут значительные массы взвешенного материала, которые частично осаждаются в ложе озера, а частично выносятся в расположенные ниже по течению озера и далее в р. Волга (Унковская и др., 2002).

Еще в начале XIX века оз. Раифское и оз. Белое, расположенное выше по течению реки Сумка, представляли собой единый водоем длиной до 6 км и площадью около 145 га (Гуслицер, 1957). Развитие эрозии в бассейне р. Сумки привело к тому, что песчано-глинистыми наносами оврагов большой водоем оказался разрезанным на два озера. В дальнейшем под влиянием продолжающегося роста оврагов и развития эрозии оба озера стали быстро сокращаться в размерах. Особенно интенсивно процесс сокращения размеров озер шел в 1920-1979 гг., при этом за 50 лет Раифское озеро сократилось в длину на 760 м, площадь его водного зеркала уменьшилась на 9 га (20 %), а объем озера уменьшился на 343 тыс. м³, или на 12,4% (Тайсин, 2006). Динамика гидрологического режима Сумки за 1996-2000 гг. характеризовалась уменьшением общего стока воды и количества взвешенных песчано-илистых частиц (Унковская и др., 2002), вследствие чего можно ожидать и снижения темпов седиментации.

Глубина водоема в точке отбора проб составила 18 м, а мощность вскрытых трубкой ГОИН отложений – 93 см. В естественном состоянии в колонке отчетливо выделялись 50 «пачек» закономерно чередующихся желто-коричневых и темно-серых слоев мощностью 10-20 мм (Рис. 2). Можно предположить, что указанные отложения характе-

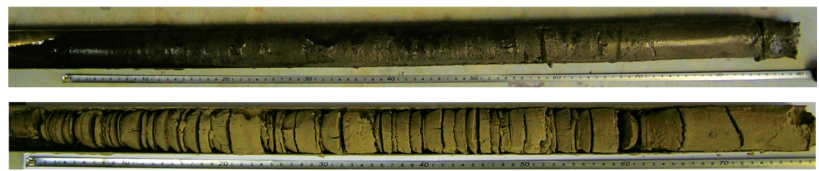


Рис. 1. Колонка донных отложений оз. Б. Глубокое (до и после сушки).

Песчаный слой
(заиление 1950-х гг.)



Рис. 2. Слоистость структуры донных отложений оз. Раифское.



Рис. 3. Колонка донных отложений пруда «Чулпан».

«Маркерный» слой

ризуют 50-летнюю историю озера и отражают особенности аллохтонного и автохтонного осадконакопления в водоеме. При этом светлые слои – это привнесенные паводковыми водами рек Сумка и Сер-Булак взвешенные вещества, осевшие на дне водоема. Они имеют облегченный гранулометрический состав с высоким содержанием песка. Темные слои – осадки, образовавшиеся непосредственно в самом озере при отмирании органического вещества планктона и высшей водной растительности. В летний период русло притоков пересыхает, и аллохтонное поступление взвесей прекращается.

С глубиной происходит обезвоживание слоев отложений, почти в 5 раз возрастает плотность их сложения (Табл.). Отмечен постепенный рост содержания органического вещества в современных донных отложениях по сравнению с более древними, а также значительное накопление в их составе биогенных элементов – азота и фосфора. Это связано как с процессами минерализации органики при «старении» слоев, так и с усилением роли автохтонной составляющей в балансе взвешенных веществ и антропогенным евтрофированием. На фоне обедненности осадков кальцием и глинистыми минералами их реакция среды меняется от средне- до слабокислой (5.8-6.6).

Средняя скорость заиления озера на современном этапе составляет 20-25 мм в год. При сохранении существующих темпов седиментации в последующие 100 лет можно ожидать уменьшения средней глубины водоема вследствие заиления не менее чем на 50 см, а на участках профундали – до 2 м.

Пруд «Чулпан»

Пруд, расположенный в Государственном природном ландшафтном заказнике «Чулпан», образован в 1977 году путем строительства плотины в задернованной балке. Выбор пруда в качестве одного из объектов исследования обусловлен в первую очередь тем фактом, что в заказнике более 15 лет применялись технологии почвозащитного земледелия, направленные на повышение эрозионной ус-

тойчивости земель. Они включали в себя посадку лесозащитных полос, мелкоконтурную вспашку с учетом особенностей рельефа, посев многолетних трав на склонах высокой экспозиции и иные агротехнические мероприятия.

Максимальной глубины 6 м водоем достигает в приплотинной зоне. Здесь была отобрана колонка отложений мощностью 50 см (Рис. 3). Верхняя ее часть (0–8 см) представлена темно-серым, насыщенным органическим веществом, илом, сменяющимся коричневыми илами. На глубине 35 см отчетливо выделялся так называемый «маркерный слой» – затопленная дерновая почва овражно-балочного комплекса с хорошо сохранившейся структурой.

Таким образом, в течение 30 лет в водоеме сформировался 35-см слой вторичных отложений, исходя из чего средняя скорость осадконакопления составляет в среднем 12 мм/год. Между тем, можно предположить, что интенсивность накопления осадков не была стабильной на протяжении всего периода существования водоема. В частности, аккумуляция в верхнем слое осадка органического вещества (9.45 %) косвенно указывает на стабилизацию эрозионных процессов на водосборе, когда аллохтонное поступление вещества сводится к минимуму и главенствующую роль в осадконакоплении начинают играть внутриводоемные процессы. Если принять во внимание, что внедрение почвозащитных технологий произошло 15 лет назад, то за этот период скорость осадконакопления составляла не более 6 мм/год. На основании полученных данных можно предположить сохранение стабильного характера заиления в водоеме на уровне 6 мм в год (60 см за 100 лет).

Заключение

Формирование донных отложений в озерах Казани и Приказанского региона модулируется природными и накладывающимися на них антропогенными факторами. Среди последних ведущую роль играет эрозионная деятельность. Она определяет интенсивность поступления и накопления в ложе водоемов грунтообразующего материала с поверхностным стоком, а также аккумуляцию взвешенных веществ с русловым стоком в проточных озерах. За последние 50 лет скорость заиления изученных озер Приказанского региона варьировала от 6 до 25 мм в год. При этом максимальная глубина оз. Большое Глубокое сократилась на 6 м, оз. Раифское – на 1 м. Уменьшение скорости заиления до природного уровня, обусловленного естественной денудацией поверхности земли, может быть достигнуто применением почвозащитных технологий, снижением доли пашни в общей структуре землепользования и облесением наиболее эрозионно-опасных участков. В пруду заказника «Чулпан» в результате почвозащитных мероприятий скорость заиления снизилась в 3 раза по сравнению с начальной.

Положительное влияние антропогенного фактора на седиментационные процессы выявлено на оз. Большое Глубокое, где в результате перекрытия вершины оврага при строительстве промышленного объекта ежегодное накопление донных отложений в ложе водоема вышло на природный уровень.

Исчезновение ряда озер РТ при современных темпах воздействия на их экосистемы может произойти в ближайшие десятилетия. Для сохранения озер необходимо срочное устранение источников загрязнения, строгое соблю-

дение режима водоохранных зон, установка аншлагов и проведение разъяснительной работы с населением, проведение оздоровительных и восстановительных мероприятий на водоемах и их водосборных бассейнах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект №10-06-29615а/В2010).

Литература

- Гуслиев В.И. Озера Раифы. Сб. студенческих научных работ Казанского пед. ин-та. Казань, 1957. 98–110.
- Зиганшин И.И. Донные отложения озер Республики Татарстан. Автореф. дис. к.геогр.н. Ярославль. 2005. 24.
- Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Характеристика осадконакопления в озерах Республики Татарстан. Двадцать первое пленарное межвуз. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Чебоксары. 2006. 115–116.
- Озера Среднего Поволжья. Л.: Наука. 1976. 236.
- Очерки по географии Татарии. Казань: Татгосиздат. 1957. 355.
- Сонин Г.В., Тайсин А.С. Катастрофическая эрозия и эволюция озерных котловин в Приказанском районе (на примере озера Глубокое). Тез. докл. Всерос. научной конф.: «Современная география и окружающая среда». Казань: Изд-во КГУ. 1996. 96–98.
- Тайсин А.С. Вопросы борьбы с эрозией в бассейне р. Сумка. Ученые записки КГПИ. Вопросы географии и геологии. Сб.5. Вып.81. 1970. 22–27.
- Тайсин А.С. Озера Приказанского района, их современные природные и антропогенные изменения. Казань: Изд-во ТГГПУ. 2006. 167.
- Унковская Е.Н., Мингазова Н.М., Павлова Л.Р. Гидрологическая и гидрохимическая характеристика водоемов Раифы. Тр. Волжско-Камского гос. природ. заповедника. Вып.5. 2002. 9–36.

D.V. Ivanov, I.I. Ziganshin, E.V. Osmelkin. Sedimentation rates evaluation of some lakes in Kazan and Prikazansky region.

Results of sediments stratigraphic researches of some lakes in Kazan and Prikazansky region are presented. Rates of sedimentation and their changes under the influence of natural and anthropogenic factors are established. The forecast of lakes siltation depending on modern sediment accumulation rates is given.

Keywords: Republic of Tatarstan, lakes, sediments, sedimentation rate.

Дмитрий Владимирович Иванов

к.биол.н., заместитель директора по научной работе. Научные интересы: донные отложения озер и водохранилищ, геохимия аквальных ландшафтов, биогеохимия металлов в наземных и водных экосистемах, экология почв, загрязнение почв.

Ирек Ильгизарович Зиганшин

к.г.н., старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии. Научные интересы: донные отложения, экологический туризм.

Институт проблем экологии и недропользования АН РТ 420087, Казань, Даурская, д.28. Тел.: (843) 275-95-73.

Евгений Витальевич Осмелкин

Старший преподаватель кафедры природопользования и геоэкологии Чувашского государственного университета. Научные интересы: донные отложения, рациональное природопользование.

428015, Чебоксары, Московский пр., д. 15. Тел.: (8352) 45-26-53.