

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адрихин П.Г., Копаева М.Т. Картограммы содержания микроэлементов марганца, цинка, меди и кобальта в почвах ЦЧО // Некоторые проблемы биологии и почвоведения. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 1970. – 205 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. – М.: Логос, 2000. – 625 с.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
5. Обобщенные перечни предельно-допустимых концентраций вредных веществ в почве. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 1988. – 4 с.
6. Оценка экологического состояния окружающей среды. – СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. – 169 с.
7. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1997. – 305 с.
8. Шунелько Е.В. Многокомпонентная биоиндикация городских транспортно-селитебных ландшафтов: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Воронеж, 2000. – 25 с.
9. Экологическое состояние территории России. – М.: Изд. центр Академия, 2001. – 128 с.

УДК 574.63; 502.5

*Л.Н. Строгонова, Н.Ю. Хлызова, М.Н. Бугреева*

## **ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ОЦЕНКА РОЛИ АНТРОПОГЕННЫХ И БИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ МИГРАЦИИ СОЕДИНЕНИЙ АЗОТА И ФОРМИРОВАНИИ СТАТУСА ТРОФИИ ВОДОЕМА**

Континентальные водоемы - полифункциональные природные объекты. Благодаря физико-химическим свойствам воды, они одновременно являются средообразующим фактором, как компоненты ландшафтной сферы; средой обитания гидробионтов; важнейшим хозяйственным и социальным ресурсом. Порождением XX века стала водная проблема, охватывающая целый комплекс вопросов, связанных с истощением и загрязнением поверхностных вод. С каждым годом она становится сложнее, приобретая глобальный характер и все более возрастающее экономическое, социальное и экологическое значение. Деградация природных водных ресурсов влечет за собой не только ограничение темпов экономического развития отдельных регионов, но и как следствие ухудшения качества воды – снижение комфортности среды обитания человека и отрицательное воздействие на его здоровье. Многообразны и экологические последствия этого

процесса, характер которых не всегда обратим [4].

Чрезвычайно актуальны вопросы обеспечения благоприятных условий водопользования и экологической безопасности для Воронежского водохранилища. Оно было создано в 1972 г. и является водоемом многоцелевого назначения [15]. В результате водная и наземная экосистемы оказались крайне неустойчивы, что привело к возникновению ряда экологических проблем в системе “водохранилище – окружающая среда”: абразия и подтопление берегов; водообмен; самоочищение и формирование донных отложений; биоценоз водной среды; качество воды водохранилища и подземных вод; здоровье населения [18]. Проблемы формирования его гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов постоянно находятся в центре внимания различных специалистов [5, 8, 12, 13, 19]. Однако использование в его изучении комплек-

*Гидроэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоема*

сного гидроэкологического подхода, основанного на интеграции фактического материала и теоретических представлений различных научных дисциплин и дающего возможность прогнозных оценок качества воды, особенности развития гидробиоты, выявление наиболее уязвимых акваторий, обоснование системы природоохранных мероприятий и выделения приоритетов в их реализации, находится лишь на начальном этапе [5, 7, 9, 18]. В настоящей работе приводятся результаты исследований, представляющие собой попытку сопряженного анализа взаимного влияния между поступлением в водоем соединений азота ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) и развитием растительного покрова и альгофлоры.

Источники поступления веществ в водоемы могут носить техногенно-антропогенный и биотический характеры. Первая группа источников компонентов-загрязнителей представлена сбросами предприятий, ливневыми стоками, поверхностным смывом, развитием лодочных станций, рекреационных зон. Вторая образуется за счет зарастания водоема водной растительностью, выполняющей двойную роль. С одной стороны растительность играет очистительную роль из-за поглощения вещества, а с другой – является вторичным источником загрязнения водоема [6].

В связи с этим, задача исследований заключалась в выявлении закономерностей распространения соединений азота в воде Воронежского водохранилища. В основу работы был положен принцип интегральной оценки природных и антропогенных факторов воздействия на качество поверхностной гидросферы г. Воронежа. Этот принцип предполагает широкое использование банка данных экологических параметров окружающей среды, метода крупномасштабной съемки, полевых исследований, метода взвешенных баллов, методов математико-картографического и компьютерного моделирования. Поставленные задачи решались путем создания банка данных фактического материала; анализа и систематизации сведений по содержанию соединений азо-

та в воде водохранилища; изучения факторов, определяющих общие геоэкологические условия и гидрогеохимическую характеристику вод; выявления возможных источников поступления соединений азота в водохранилище и формы их миграции [20, 22]. Наряду с этим, использовались данные многолетних гидробиотических и альгологических наблюдений [17, 26 - 29]. Для выявления особенностей пространственно – временной зависимости между изменением степени природного фона соединений азота и развитием его основных потребителей (автотрофный блок гидробиоты) проводился сопряженный гидроэкологический анализ [4].

Формирование гидрохимического режима Воронежского водохранилища в целом, и в частности, поступление соединений азота, обусловлено рядом особенностей водоема. Прежде всего тем, что большая часть его акватории располагается в пределах урбанизированного ландшафта и используется в качестве приемника возвратных хозяйственно-бытовых и производственных стоков, а также ливневых и талых вод с жилой застройки и промышленной части города Воронежа. Воды водохранилища питаются грунтовыми водами плиоцен – четвертичных отложений, подземный сток которых формируется на водосборных площадях с усиленной техногенной нагрузкой, активно способствующей образованию загрязненного подземного стока [18].

Экологическая ситуация водохранилища усугубляется его положением в гидрографической сети – в приустьевой части реки Воронеж. В связи с этим 95% водных масс Воронежского водохранилища формируется за счет стока реки, на водосборной поверхности которого располагаются такие города, как Липецк, Грязи, Мичуринск, Чаплыгин и около 500 мелких населенных пунктов. Существенно усиливают антропогенную нагрузку на водосбор реки Воронеж рекреационные зоны. Только на реке Усмань в пределах Воронежской области расположено 6 пионерских лагерей, 33 базы отдыха и оздоровительных комп-

лексов на 8200 мест, 46 садоводческих товариществ, в составе которых около 11700 садовых участков [15].

Еще одной важной составляющей поступления соединений азота в водохранилище являются внутриводоемные процессы, обусловленные жизнедеятельностью биоты, а на начальных этапах становления водной экосистемы биологической активностью затопленных пойменных почв [1]. Последнее обстоятельство, в сочетании с мощным антропогенным воздействием на “городской” водоем, способствовали тому, что практически вся акватория Воронежского водохранилища в фазу неустойчивого развития (первые 20-25 лет существования) приобрела черты евтрофированного водоема. Это, прежде всего, нашло отражение в формировании его гидрохимического режима, и, как следствие, в становлении и развитии растительного покрова, а также качественного и количественного состава альгофлоры.

Общим результатом развития высшей водной растительности Воронежского водохранилища в условиях урбанизированного ландшафта и высокой степени антропогенного воздействия на водосборную поверхность явилось ускорение темпов зарастания мелководных участков в среднем в 2-2,5 раза по сравнению с водоемами степной и лесостепной зон с аналогичным режимом уровней и быстрый переход его верховья к этапу затухания функционирования водной экосистемы и восстановлению исходных ценозов [28]. К числу последствий синантропизации флоры и растительности водохранилища, непосредственно обусловленных высокой концентрацией биогенных элементов, относятся следующие: активное внедрение в водные фитоценозы трофических адвентов (ряска горбатая, вольфия бескорневая), требующих для своего развития высоких концентраций азота, фосфора, калия и других элементов минерального питания [26, 27]; формирование “свит”, указывающих на характер использования водоема; изменение структуры сообществ, ярусности и пространственного

размещения; внедрение в ценозы высших водных растений нитчатых зеленых водорослей; высокие показатели продукционных процессов [28].

На начальном этапе формирования альгофлоры Воронежского водохранилища происходило разрушение существовавших до затопления реофильных, фитофильных и других альгоценозов и заполнение толщи воды экологически разнородным водорослевым населением. Этот период характеризовался богатством и качественным разнообразием флористического состава, численным преобладанием синезеленых, вызывающих сильное и продолжительное “цветение” воды. По мере “старения” водохранилища постепенно происходило обеднение видового состава водорослей, что характерно для многих равнинных искусственных водоемов степной и лесостепной зон [10]. Однако при этом наблюдалось сохранение доминирующего комплекса альгофлоры (диатомовые, зеленые, синезеленые) и высокой численности синезеленых как следствие постоянной антропогенной нагрузки в пределах акватории и на водосборной поверхности [3, 17].

Таким образом, компоненты автотрофного блока гидробиоты экосистемы Воронежского водохранилища в фазе неустойчивого развития имели все признаки, присущие евтрофным водоемам [4]. Несмотря на дестабилизирующее антропогенное влияние на внутриводоемные процессы в этот период, совокупное стабилизирующее воздействие таких факторов, как постоянный режим уровней, морфометрические характеристики ложа (наличие обширных мелководных участков с глубинами до 2,5 м), низкая интенсивность водообмена и незначительная протяженность абразионных берегов, способствовало появлению довольно отчетливой тенденции локализации и силы проявления последствий избыточного поступления в водоем биогенных элементов. Увеличение видового состава сообществ высшей водной растительности, степени и темпов зарастания, а также показателей продукционных процессов наблюдалось от плотины к вер-

*Гидроэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоема*

ховьям. В этом же направлении возрастало видовое разнообразие альгоценозов, а численность водорослей, особенно синезеленых, и количество фиксируемых пятен “цветения” воды в противоположном – от верховьев водохранилища к плотине.

В фазе устойчивого развития Воронежского водохранилища, в которую оно, по оценкам основных интегральных показателей [2, 16, 28], вступило с середины 90-х годов, можно говорить уже о закономерной продольной направленности изменения трофии водоема. Об этом свидетельствуют результаты исследований по определению изменения степени природного фона соединений азота в акватории Воронежского водохранилища, проведенных в 1995-2000 гг. (пробы отбирались на протяже-

нии нескольких лет в различные сезоны года) (таблицы 1,2) [20, 23, 24].

Содержание нитратов в воде Воронежского водохранилища колеблется от 0,1 до 57,5 мг/дм<sup>3</sup>, нитритов от 0,01 до 1,36 мг/дм<sup>3</sup>, аммония от 0,01 до 8,74 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенные концентрации соединений азота наблюдаются в местах выпуска сточных вод. Так, например, в районе левобережных очистных сооружений аммоний достигает 1,0 - 4,52 мг/дм<sup>3</sup>, нитриты 1,36 мг/дм<sup>3</sup>, нитраты 57,50 мг/дм<sup>3</sup>.

Практически на всех участках водохранилища заметна общая тенденция к повышению из года в год среднегодовых концентраций аммонийного азота. Увеличение его содержания, по-видимому, обусловлено рядом факторов, среди которых на первом месте стоит

**Таблица 1**

**Концентрации соединений азота в Воронежском водохранилище**

Место отбора	Ед. измер.	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Чертовицкий мост	мг/дм <sup>3</sup>	0,30-0,50	0,01-0,05	0,05-0,16
Рыбачье	мг/дм <sup>3</sup>	0,29-3,80	0,01-0,12	0,05-6,17
Санаторий им. Горького	мг/дм <sup>3</sup>	0,14-4,40	0,01-0,11	0,05-0,60
Березовая роща пляж	мг/дм <sup>3</sup>	0,05-4,70	0,01-0,12	0,05-1,60
Пляж СХИ	мг/дм <sup>3</sup>	0,18-5,30	0,01-0,12	0,05-0,75
Окружной мост п/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,01-12,50	0,01-0,41	0,02-1,36
Ж/д мост л/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,05-14,06	0,01-0,38	0,05-1,00
Северный мост л/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,05-9,00	0,01-0,10	0,05-1,50
Чернавский мост п/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,05-11,25	0,01-0,41	0,05-2,37
Чернавский мост ДЮСШ	мг/дм <sup>3</sup>	0,25-7,10	0,01-0,28	0,05-1,77
Вогресовский мост л/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,03-3,44	0,01-0,31	0,05-1,13
Вогресовский мост п/б	мг/дм <sup>3</sup>	0,05-10,30	0,01-0,37	0,05-4,73
Устье р. Песчанки	мг/дм <sup>3</sup>	0,10-11,30	0,01-0,20	1,75-3,80
ЛОС- сброс	мг/дм <sup>3</sup>	0,03-57,50	0,01-1,36	0,05-4,52
ВШЗ- сброс	мг/дм <sup>3</sup>	0,31-0,48	0,01-0,05	0,04-0,38
Масловский затон	мг/дм <sup>3</sup>	1,00-3,75	0,01-0,12	0,05-0,80
Плотина	мг/дм <sup>3</sup>	0,03-12,50	0,01-0,55	0,01-8,74

*Примечания: п/б- правый берег; л/б- левый берег; ДЮСШ- детская юношеская спортивная школа; ЛОС- Левобережные очистные сооружения; ВШЗ- Воронежский шинный завод*

хозяйственная деятельность: неправильная эксплуатация водохранилища, сброс в водоем промышленных, хозяйственно-бытовых, ливневых, сточных вод, а также замедленный водообмен [17].

Берега Воронежского водохранилища соединяются посредством мостов (с севера на юг): Северного, Чернавского, ВОГРЭСовского. Эти мосты являются не только главными транспортными путями города, но и местами скопления выбросов, в частности оксидов и диоксидов азота. К мостам тяготеют мелкие пляжные зоны, лодочные станции, а с недавних пор автостоянки. В местах мостовых переходов проходят границы гидрологических

районов, характеризующихся различными гидродинамическими, гидрохимическими, гидробиологическими режимами. Высокие содержания аммония здесь носят явно антропогенный характер.

Представленные в таблице данные позволяют выделить в пределах водоема три зоны, характеризующиеся различными показателями коэффициента обогащения воды соединениями азота ( $K_0$ ). Расчет производился с применением методов математической статистики [11, 24].

**Верхняя зона.** Этот участок водохранилища (верховье - отроженские мосты) отличается незначительным повышением степени из-

Таблица 2

Степень изменения природного фона соединений азота в воде водохранилища ( $K_0$ )

№ п/п	Местонахождение	аммоний	нитриты	нитраты
1	Окружной мост л/б	1,944	2,474	0,301
2	Окружной мост п/б	3,256	2,263	1,436
3	Пос. Рыбачье	3,778	2,105	0,766
4	Сан. им. Горького - пляж	3,278	2,316	0,875
5	Пляж СХИ	3,111	3,211	1,098
6	Ж/д мост л/б	3,878	2,526	1,578
7	Березовая роща - пляж	2,667	2,947	1,035
8	Северный мост л/б	4,211	2,000	1,020
9	Чернавский мост п/б	2,956	2,316	1,574
10	Чернавский мост ДЮСШ	4,544	2,842	1,598
11	Чернавский мост л/б	4,722	2,158	0,000
12	Вогресовский мост п/б	4,089	3,105	1,164
13	Вогресовский мост л/б	4,722	2,789	0,566
14	Вогресовский мост	5,500	2,526	0,258
15	Устье р. Песчанки	39,13	13,05	3,930
16	Левобережные очистные сооружения	7,522	9,842	4,488
17	Выпуск Вор-го шинного з-да	1,678	1,105	0,000
18	Плотина водослив л/б	4,956	2,737	1,023
19	Плотина шлюз	3,444	0,842	0,000
20	Плотина	3,033	1,000	0,352

*Гидроэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоема*

менения природного фона соединений азота (таблица 2). Наиболее высокие значения  $K_0$  во всех обследованных пунктах этой зоны отмечены для ионов аммония ( $\text{NH}_4^+$ ), который является начальным продуктом минерализации и последующей нитрификации органического вещества. Его постоянное присутствие характерно для евтрофных водоемов и рассматривается многими исследователями [10] как показатель интенсивности внутриводоемных процессов. Для автотрофных организмов – это наиболее трудно усваиваемый элемент минерального питания. При этом основными потребителями соединений минерального азота, присутствующих в воде, являются укореняющиеся полностью погруженные (рдесты, уруть мутовчатая, эладея канадская и др.), неукореняющиеся свободно плавающие гидрофиты (водокрас, лягушечник, ряски и др.) и фитопланктон [14]. Аэрогидрофиты (тростник южный, рогозы узколистный и широколистный и др.), имея хорошо развитую корневую систему, поглощают азотные соединения непосредственно из грунта, поэтому в их зарослях фиксируется повышенное содержание ионов аммония [10], следовательно, биоэкологические особенности высших водных растений и соотношение площадей, занятых их сообществами, а также качественные и особенно количественные характеристики фитопланктона являются одним из факторов, определяющих присутствие различных соединений азота в воде и влияющим на формирование статуса трофии водоема.

Верхняя зона водохранилища характеризуется самыми высокими показателями степени зарастания акватории высшей водной растительностью (65% от общей площади – 5-й гидрологический район; 40% - 4-й гидрологический район) и присутствием ценозообразователей различных экологических групп [26, 28]. Однако наибольшие площади заняты аэрогидрофитами (тростник южный, рогоз узколистный, камыш озерный), что является одной из причин наличия здесь повышенного содержания аммонийного азота и продуктов его окис-

ления – нитритов и нитратов. В верхней зоне активно протекают восстановительные сукцессии – олуговение и заболачивание, что способствует накоплению органического вещества и тормозит процессы нитрификации.

По нашему мнению, увеличению степени изменения природного фона соединений азота в этой зоне способствует также значительная концентрация водоплавающих птиц, которая характерна только для этой части акватории. Ранее этот фактор практически не рассматривался исследователями. Экскременты птиц являются поставщиками биогенных соединений, в том числе и органического азота, в виде мочевой кислоты [2, 6, 8 - триоксипурин]. Наблюдения на Воронежском водохранилище, а также на других естественных и искусственных водоемах, используемых для разведения водоплавающих птиц, свидетельствует о том, что продукты их жизнедеятельности способствуют массовому развитию представителей семейства рясковых (многокоренник обыкновенный, ряска горбатая, маленькая, трехдольная, вольфия бескорневая) [26, 27, 29]. Эти растения требовательны к содержанию биогенных элементов в воде. Их минимальные потребности в азоте по данным Landolt E. [30], составляют 0,1 мг/л – для многокоренника; 0,2 мг/л; 0,04 мг/л и 0,04 мг/л для рясок горбатой, маленькой и трехдольной соответственно. При этом у ряски трехдольной отмечается очень низкая активность нитрат-редуктазы и растения восполняет расходуемый азот лишь за счет аммонийных соединений. Остальные виды могут использовать как нитратный, так и аммонийный азот, однако более интенсивное вегетативное размножение у них наблюдается в присутствии ионов аммония [30, 31]. При благоприятных гидрометеорологических условиях они способны давать несколько поколений за сезон. Толщина слоя, образуемого ими на поверхности воды, в отдельных участках рассматриваемой зоны, может достигать 1-1,5 см. Продолжительность жизни листочков рясок, по сравнению с другими высшими водными растениями, невелика – не более 4 недель [14], что

способствует при их отмирании скачкообразному повышению концентраций соединений азота, прежде всего ионов аммония. Рясковые благодаря своей способности “кочевать” по поверхности воды при сгонно-нагонных явлениях могут способствовать рассеиванию или смещению локализации очагов избыточного содержания минерального азота по акватории водохранилища. Их массовое развитие в отдельных участках рассматриваемой зоны предотвращает “цветение” воды синезелеными водорослями, которые из-за своей незначительной продолжительности жизни (не более 7-9 дней), оказываются более активным источником вторичного загрязнения.

Вклад антропогенного фактора в повышение степени изменения природного фона соединений азота определяется следующими составляющими: поверхностный сток с водосборной площади р. Воронеж; локальные источники загрязнения (окружной мост, места организованного и неорганизованного отдыха); активные занятия населением рыболовством. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что среди них ведущая роль принадлежит рекреационным зонам, например, на уча-

стке поселка Рыбачий – санаторий им. Горького содержание  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  изменяются в течение года в следующих пределах: 0,05 - 6,17 мг/дм<sup>3</sup>; 0,05 - 0,12 мг/дм<sup>3</sup> и 0,14 - 3,80 мг/дм<sup>3</sup> соответственно (таблица 1).

Особенности развития высшей водной растительности, качественного и количественного состава фитопланктона, для которого характерно отсутствие пятен синезеленого “цветения”, сопряжены с данными гидрохимического анализа (таблица 1). Это дает основание считать, что в формировании общего фона соединений азота на верхнем участке водохранилища играют преимущественно природные механизмы, активно использующие автотрофный блок водной экосистемы. Этот факт подтверждают графики сезонного изменения концентраций азотных соединений в верхней зоне (рис. 1, 2, 3).

Как видно на графиках, основной пик всех форм азота приходится на зимний и ранне-весенний периоды, что связано с интенсивной минерализацией и влиянием паводковых вод. Минимальные значения приходятся на начало лета, что связано со снижением поступления азота, вегетацией растений и водорос-

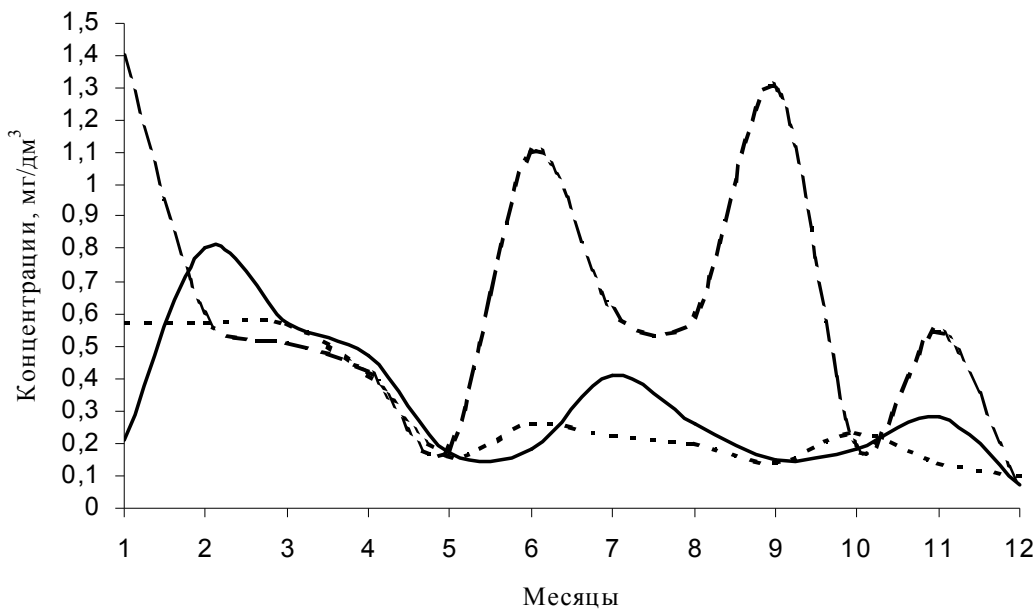
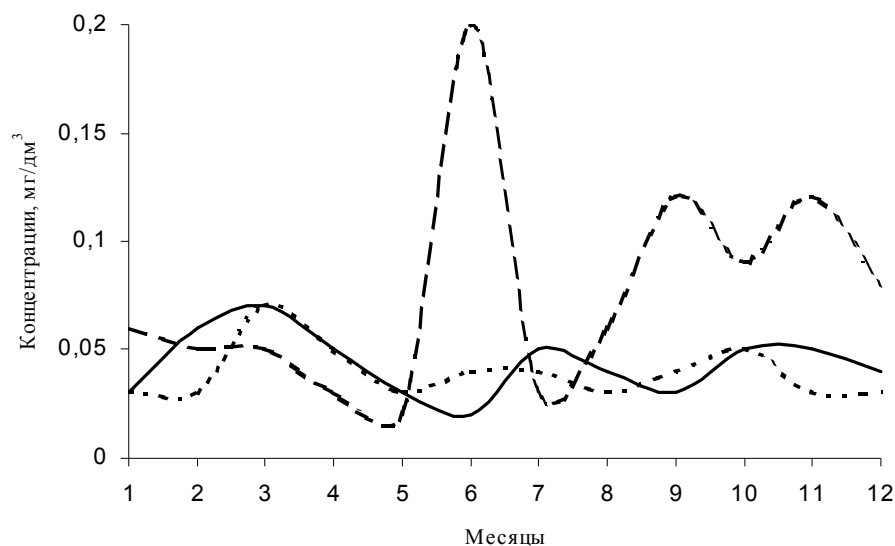


Рис. 1. Сезонная динамика средних концентраций иона аммония в воде Воронежского водохранилища

--- Верхняя зона — Средняя зона - - - Нижняя зона



**Рис. 2. Сезонная динамика средних концентраций нитрит-иона в воде Воронежского водохранилища**

--- Верхняя зона    — Средняя зона    - - - Нижняя зона

лей. Осенью устанавливаются средние величины, которые обусловлены увеличением размеров смыва в период осенних дождей. Современная сезонная динамика азота схожа с естественными водоемами, в частности, озерами.

**Средняя зона.** Охватывает часть акватории водохранилища, ограниченную отроженскими и Вогрэсовским мостами. Эта зона подвергается значительному антропогенно – техногенному загрязнению: сбросы промышленных предприятий левобережья, ливневые и бытовые стоки, смыв с мостовых перекрытий. На мелководных участках зоны, где наблюдается значительное развитие погруженных в воду растительных сообществ (рдесты пронзеннолистный, блестящий, гребенчатый, лютик жестколистный), происходит активное внедрение в развитые здесь ценозы нитчатых зеленых водорослей (роды *Cladophora* и *Enteromorpha*). Поскольку продолжительность жизни талломов водорослей очень мала, то, отмирая, они являются вторичными источниками загрязнения воды биогенными элементами, в том числе, соединениями азота.

Следствием комплексного антропогенно – биогенного воздействия на особенности по-

ступления соединений азота является увеличение значения  $K_0$  для всех ионов ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), что изменяет трофический статус этой зоны по сравнению с зоной верхней. В настоящее время мы не располагаем достаточным количеством данных, позволяющих указать ведущий фактор, способствующий повышению степени изменения природного фона соединений азота. Однако при этом склоняемся к выводу о том, что сточные воды, способствуя повышению продукционных процессов и темпов зарастания акватории, увеличивают степень вторичного загрязнения биогенами за счет отмирания водорослевого компонента.

Например, в районе Чернавского моста заметно влияние ливневых вод, представляющих, частично хозяйственно-фекальные, частично поверхностный смыв, что обуславливает повышенные содержания азотных соединений. В какой-то степени нитраты поступают в водохранилище с родниковым стоком, где их концентрация достигает  $\sim 80$  мг/дм<sup>3</sup>.

Сезонная динамика изменений концентраций соединений азота в средней части водохранилища по своей направленности, хотя и приближается к природной, но более высокие



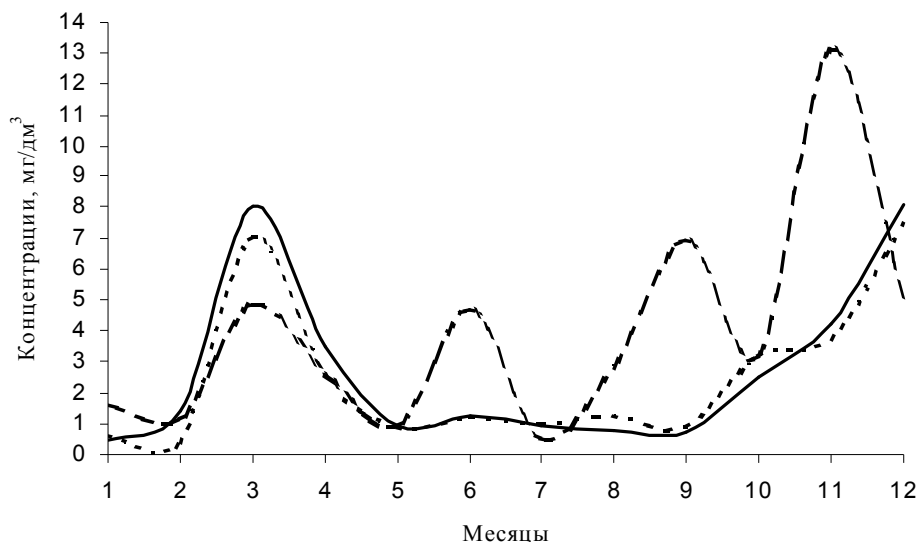


Рис. 3. Сезонная динамика средних концентраций нитрат иона в воде Воронежского водохранилища

--- Верхняя зона    — Средняя зона    - - Нижняя зона

значения показателей всех минеральных форм азота, а также их скачкообразный характер, свидетельствует о постоянном присутствии дестабилизирующего воздействия антропогенно – техногенного фактора. Концентрации аммония в средней зоне составляют  $0,05 - 2,37 \text{ мг/дм}^3$  с максимумом в ранневесеннее время, нитритов –  $0,01 - 0,41 \text{ мг/дм}^3$  с подъемом также в ранневесенний период и нитратов  $0,05 - 11,25 \text{ мг/дм}^3$ , пики которых приходятся на зимне-весеннее время (таблица 2, рис. 1-3) [24].

**Нижняя зона.** Располагается на участке от Вогрэсовского моста до плотины водохранилища. Морфометрические особенности ложа водоема в этой зоне не способствуют широкому развитию сообществ высшей водной растительности. Это в равной степени касается ценозообразователей всех экологических групп водных растений, за исключением Масловского затона, где преобладают заросли роголистника погруженного. В тоже время для этой зоны на протяжении всего периода существования водохранилища характерно “цветение” воды, вызываемое синезелеными водорослями (*Microcystis*, *Aphanizomenon*), что является ответной реакцией экосистемы водоема

на избыточное поступление биогенных элементов. Степень изменения природного фона для всех ионов азота на этом участке водохранилища самая высокая (таблица 2).

Главная роль в формировании значений  $K_0$  принадлежит антропогенно – техногенному фактору. На этом участке водохранилища расположено большое число источников загрязнения: Вогрэсовский мост, ТЭЦ – 1, сброс неочищенных сточных вод промышленными предприятиями и ливневыми стоками правого и левого берегов, мелкие пляжные зоны, родниковый сток. Особенное место занимает р. Песчанка на водосборной площади которой расположены садово – огородные участки, производственные предприятия и Левобережные очистные сооружения, сбрасывающие плохо очищенные от азотных соединений сточные воды (таблицы 1, 2) [18, 22]. Повышенные концентрации всех исследуемых нами азотных соединений в районах р. Песчанки характеризуются следующими параметрами:  $\text{NO}_3^- - 0,10 - 11,30 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{NO}_2^- - 0,01 - 0,20 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{NH}_4^+ - 1,75 - 3,80 \text{ мг/дм}^3$  и Левобережных очистных сооружений  $\text{NO}_3^- - 0,03 - 57,50 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{NO}_2^- - 0,01 - 1,36 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{NH}_4^+ - 0,05 - 4,52 \text{ мг/дм}^3$ .

*Гидроэкологические проблемы Воронежского водохранилища: оценка роли антропогенных и биотических факторов в пространственно-временной миграции соединений азота и формировании статуса трофии водоема*

Массовое развитие синезеленых водорослей способствует вторичному загрязнению этой части водохранилища. Сочетание антропогенно – техногенного и биогенного загрязнения, а так же положение участка на продольном профиле водоема способствуют формированию здесь акватории гипертрофного типа. Об этом свидетельствует и сезонная динамика изменений концентраций соединений азота (рис. 1,2), которая не имеет четкой направленности, свойственной природным процессам, и наглядно отражает неравномерность антропогенного воздействия.

### ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований было установлено, что на современном этапе развития Воронежское водохранилище представляет собой полизональный водоем с различными типами евтрофикации. 2. Формирование статуса трофности происходит под воздействием биотических и абиотических антропогенных факторов, соотношение которых наиболее четко прослеживается по пространственно - временной динамике иона аммония.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотов Г.И. Гидрологическая и гидрогеологическая характеристика водохранилища // Лесные биогеоценозы зеленой зоны Воронежа и берегов Воронежского водохранилища. – Воронеж, 1985. – С. 40–44.
2. Болотов Г.И. Особенности режима водохранилища как ландшафтного комплекса // Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища: Тез. науч.-практич. конф. – Воронеж, 1996. – С. 71 – 73.
3. Бортникова Н.И. Фитопланктон // Воронежское водохранилище. – Воронеж, 1986. – С. 92–98.
4. Брагинский Л.П. Принципы классификации и некоторые механизмы структурно-функциональных перестроек пресноводных экосистем в условиях антропогенного пресса // Гидробиол. журн. – 1998. – Т. 34, №6. – С. 72–93.
5. Бугреева М.Н., Строгонова Л.Н. Геохимический мониторинг при экологических исследованиях гидросферы г. Воронежа // Геологические науки-98: Материалы науч. конф. НИИ Геологии и геол. фак-та Саратов. гос. ун-та. – Саратов, 1998. – С. 61–62.
6. Бугреева М.Н., Строгонова Л.Н. Факторы формирования природных нитрат–нитритно–аммонийных отношений // Геохимия Биосферы: Материалы III Междун. совещания, посвящ. 10-летию основания НИИ Геохимии биосферы РГУ. – Ростов на Дону, 2001. – С. 144–146.

7. Бугреева М.Н., Хлызова Н.Ю. К оценке роли высших водных растений в миграции марганца в подземных и поверхностных водах г. Воронежа // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. геол. – Воронеж, 1997. – №4. – С. 187–188.

8. Воронежское водохранилище: комплексное изучение, использование и охрана // В.Н. Мишон, Т.В. Склярова, Т.С. Пашнев и др. – Воронеж: Б. и., 1986. – 88 с.

9. Дубинина Г.А., Грабович М.Ю., Чурикова В.В., Епринцев А.Т. и др. Генезис биологических и химических компонентов в экосистеме поверхностных и грунтовых вод (на примере Воронежского водохранилища) // Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища: Тез. науч.-практич. конф. – Воронеж, 1996. – С. 32–34.

10. Журавлева Л.А. Режим биогенных веществ // Днепровско–Бугская эстуарная экосистема. – Киев, 1989. – С. 58–66.

11. Каждан А.Б., Гуськов О.И. Математические методы в геологии. – М.: Недра, 1990. – 244 с.

12. Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища: Тез. науч.-практич. конф. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 1996. – 99 с.

13. Лесные биогеоценозы зеленой зоны Воронежа и берегов Воронежского водохранилища / А.К. Артюховский, А.Д. Лозовой, В.Б. Лукьянец, В.Г. Шаталов и др. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1985. – 136 с.

14. Лукина Л.Ф., Смирнова Н.Н. Физиология высших водных растений. – Киев: Наук. думка, 1988. – 188 с.

15. Мишон В.М. Река Воронеж и ее бассейн: ресурсы и водно-экологические проблемы. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2000. – 296 с.

16. Нумеров А.Д., Венгеров П.Д. Анализ развития и современное состояние орнигофауны Воронежского водохранилища // Комплексное изучение, использование и охрана Воронежского водохранилища: Тез. науч.-практич. конф. – Воронеж, 1996. – С. 93–95.

17. Платонова В.П. Альгофлора // Воронежское водохранилище. – Воронеж, 1986. – С. 84–92.

18. Смирнова А.Я., Строгонова Л.Н. Проблемы экологической устойчивости гидросферы города Воронежа // Лесные экосистемы зеленой зоны города Воронежа: Сб. науч. ст. по мат-лам науч.-практич. конф. “Проблемы устойчивого развития и управления лесными экосистемами зеленой зоны города Воронежа”. – Воронеж, 1999. – С. 23–30.

19. Смирнова А.Я., Строгонова Л.Н., Бугреева М.Н. Экологическая гидрогеохимия городских ландшафтов Воронежа // Геоэкологические проблемы устойчивого развития городской среды. – Воронеж, 1996. – С. 201–203.

20. Строгонова Л.Н. Геоэкологические закономерности миграции соединений азота в окружающей среде (на примере г. Воронежа): Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. – М., 2001. – 26 с.

21. Строгонова Л.Н. Загрязнение подземных и поверхностных вод левобережной части г. Воронежа соединениями азота // Вопросы региональной экологии: Материалы науч.-техн. конф. – Тамбов, 1998. – С. 36–37.

22. Строгонова Л.Н. К вопросу об изучении нитратного загрязнения в природных водах // Проблемы химии и химической технологии: Материалы VI Регион. конф. – Воронеж, 1998. – Т. 2. – С. 76–79.

23. Строгонова Л.Н. К вопросу об экологическом состоянии поверхностных и атмосферных вод г. Воронежа // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. география. – Воронеж, 2001. – №11. – С. 263–267.

24. Строгонова Л.Н. Пространственная гидрохимическая нитрат-нитритно-аммонийная модель в зоне влияния Воронежского водохранилища // Труды молодых ученых Воронежского университета. – Воронеж, 2001. – Вып. 3. – С. 109–114.

25. Строгонова Л.Н., Кучеренко М.В. Особенности распространения азотистых соединений в поверхностных и подземных водах левобережья города Воронежа // Безопасное развитие регионов: Тез. Байкал. международ. форума. – Иркутск, 1996. – С. 43–44.

26. Хлызова Н.Ю. Экологические особенности высшей водной растительности в водоемах бассейна реки Воронеж: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Днепропетровск, 1989. – 16 с.

27. Хлызова Н.Ю. Динамика флоры и растительности водоемов Усманского бора // Развитие природных комплексов Усмань-Воронежских лесов на заповедной и антропогенной территориях: Тр. Воронежск. биосф. гос. заповедника. – Воронеж, 1997. – Вып. XXIII. – С. 39–62.

28. Хлызова Н.Ю. Особенности формирования и современное состояние растительности Воронежского водохранилища // Лесные экосистемы зеленой зоны г. Воронежа. – Воронеж, 1999. – С. 52–56.

29. Хлызова Н.Ю., Агафонов А.А. Адвентивный компонент в составе водной флоры водоемов лесостепной части бассейна Дона // Антропогенное влияние на флору и растительность: Материалы конф., посвящ. пам. Н.С. Камышева, 30.11.2001. – Липецк, 2000. – С. 49–54.

30. Landolt E. The family of Lemnaceae – a monographic study. Biosystematic investigations in family of duckweeds (Lemnaceae) // Veroff. Geobot/Inst. ETI. – 1986. – Н. 71. – S. 1–556.

31. Liiond A. The development of some Lemnaceae under different nutrient conditions // Folia Geobot. Et Phytotax. – 1990. – Vol. 25, № 3. – P. 111–141.

УДК 556. 5 (470. 324)

Н.Г. Решетов, А.С. Олейник

## ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Осадки сточных вод очистных сооружений представляют собой отдельный вид отходов образование которых, в условиях крупных городов составляют порядка одной трети общего количества отходов производства и потребления. В Российской Федерации в целом образуется ежегодно более 2 млн. тонн осадков очистных сооружений в пересчете на сухое вещество [3].

В настоящее время можно утверждать, что проблема обработки и утилизации сточных вод составляют основную технологическую и экономическую сложность в процессах очистки сточных вод. Количество твердой фазы на очистных сооружениях зависят от состава и количества сточных вод, метода очистки и составляет 0,01 – 3,0% от их объема. Влажность твердой фазы (активный ил) колеблется в пределах от 85,0% до 99,0 (для предприятий стройиндустрии). Важное значение при переработке осадков сточных вод до их утилизации име-

ют процессы обезвоживания и обеззараживания. Большие объемы образующихся и накапливающихся осадков создают достаточно серьезную проблему для их утилизации [2].

Острота экологической ситуации определяется условиями складирования и хранения накопленных осадков (как правило, в больших объемах) на территории очистных сооружений, приводящими к постоянному загрязнению подземных и поверхностных вод, а также почв прилегающих территорий. Кроме того, такая ситуация создает полную неопределенность и непредсказуемость развития событий, способных перерасти в экологическую катастрофу вследствие различных природных (климатических и др.) и антропогенных воздействий.

Острота ситуации в технологическом плане создается накоплением за пределами больших объемов осадков на иловых картах, что нарушает нормальный технологический режим работы очистных сооружений. В ре-