

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЗАПАДНЫХ ПОДСТЕПНЫХ ИЛЬМЕНЕЙ ДЕЛЬТЫ Р. ВОЛГИ

© 2010 г. В.Ф. Бреховских, П.П. Бухарицин, З.В. Волкова, Е.Н. Лабунская

*Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН
Россия, 119333 Москва, ул. Губкина, 3. E-mail: vadim@aquas.laser.ru, volkova@aquas.laser.ru*

Реферат. Рассмотрены экологические проблемы Западных подстепных ильменей поймы Нижней Волги. Показаны основные факторы формирования водного режима ильменей, приведены связи их уровня с уровнем воды дельты. На основе обобщения гидрохимических данных в дельте Волги в половодный период за 2001-2007 гг. выявлены основные загрязняющие вещества и получена оценка качества вод. Получены данные о видовом составе и биомассе фитопланктона ильменей и их зависимости от солености вод.

Ключевые слова: дельта р. Волги, водный режим, ильмени, гидрохимические показатели, фитопланктон, качество вод.

Район Западных подстепных ильменей (ЗПИ) расположен в дельте Волги на территории Лиманского, Наримановского и Икрянинского районов Астраханской области, к западу от основного водотока дельты – реки Волги и его продолжения – рукава Бахтемира. Здесь, в условиях полупустыни, на площади около 4300 км² разбросаны цепочки ильменей, в которых сформировался уникальный растительный и животный мир. Территория ЗПИ имеет важное сельскохозяйственное, рыбохозяйственное и транспортное значение, здесь проживает около 50 тысяч населения Астраханской области. Расположение района ЗПИ показано на схеме (рис. 1) районирования дельты Волги (Полонский и др., 2009).

Устьевая область р. Волги находится в условиях континентального и засушливого климата. Температура воздуха отличается большой сезонной изменчивостью. В январе средняя температура воздуха составляет –6, –9 °С, в – июле она превышает 25 °С (максимальная достигает 38 °С). По степени засушливости район уступает лишь среднеазиатским пустыням и полупустыням. Среднее количество осадков колеблется от 170 до 195 мм/год. Большая часть осадков выпадает в летний период (май-сентябрь), они носят, преимущественно, ливневой характер. Снег появляется в конце ноября – первой декаде декабря. Обычно, снежный покров невысокий, в среднем 4-7 см, местами на севере до 8-9 см; устойчивый снежный покров в 5% зим отсутствует. Малое количество осадков в сочетании с высокими температурами определяет сухость воздуха и почвы, высокое испарение. Годовая величина испарения составляет более 900 мм. При малых осадках и высоком испарении ильмени, не имеющие постоянной подпитки, существенно обезвоживаются, вплоть до почти полного пересыхания, что ухудшает возможности их использования для рыбоводства и орошения.

Большая повторяемость засух и суховеев в условиях повышенной ветровой активности способствует перемещению песка и почвы, что приводит к заносимости пониженных форм рельефа, в том числе и ильменей.

Озера-ильмени располагаются между грядами бугров и имеют протяженность от нескольких сот метров до нескольких километров, ширину – преимущественно в несколько сотен метров, среднюю глубину – 1-1.5 м. Межбугровые понижения, к которым приурочены ильмени, ориентированы в субширотном направлении, преимущественно с запада на восток.

Длина ильменей колеблется от нескольких сот метров до нескольких километров. Самым протяженным является Большой Бешкуль длиной 10 км. Ширина ильменей варьирует в пределах 150-1000 м, глубина в межень – 0.5-1 м, в половодье – 2-3.5 м. В широтном направлении ильмени соединяются между собой узкими ериками. В результате образуются вытянутые с востока на запад многочисленные параллельные цепочки ильменей, отделенные друг от друга узкими грядами бугров. Часть ильменей, расположенных вблизи дельты, сохраняют воду в течение всего года и являются пресными озерами.

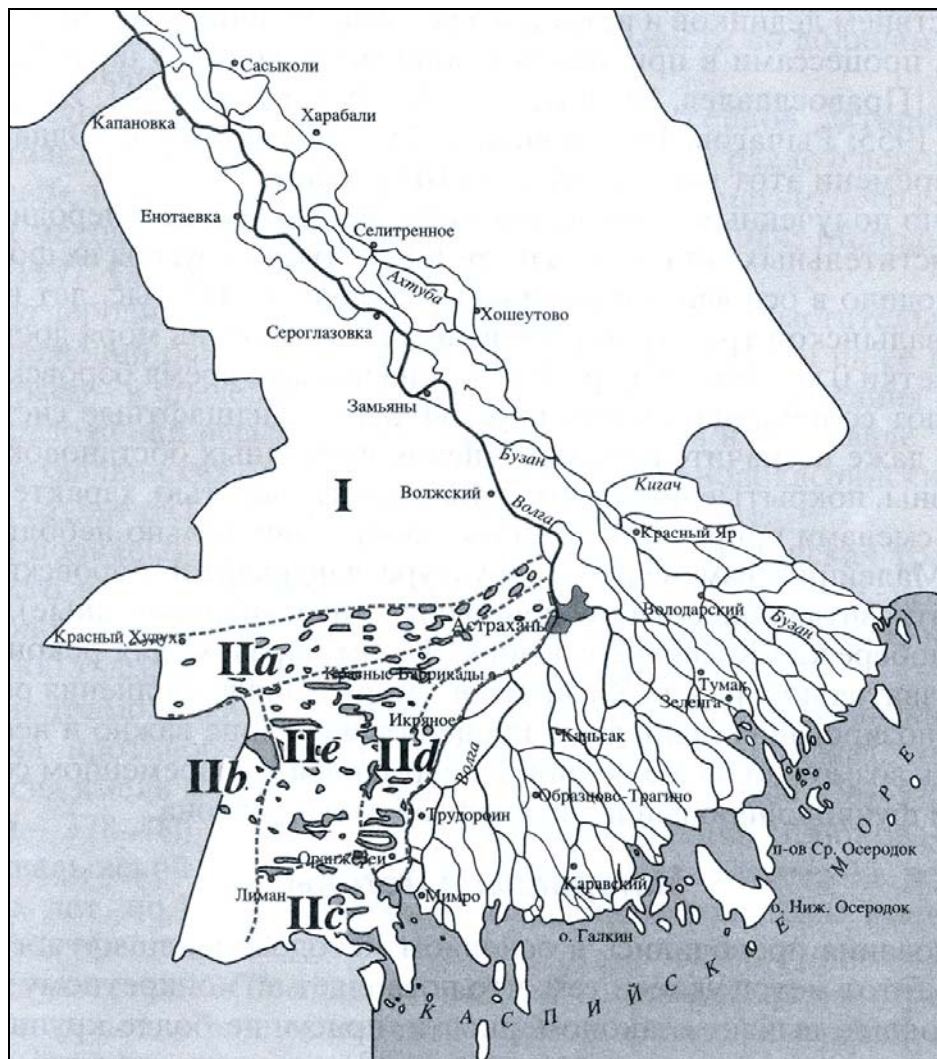


Рис. 1. Районирование правобережья и дельты р. Волги: I – внедельтовый район; II – район западных подстепных ильменей: *a* – северный, *b* – западный, *c* – южный, *d* – восточный, *e* – центральный.
Fig. 1. Scheme of the Volga River delta: I – outer district; II – western near – steppe lakes district; a-e northern, southern and central parts, respectively.

В большую часть ильменей вода поступает в половодье из основных водотоков дельты Волги – р. Волга, рукава Бахтемир, наиболее крупного протока Хурдун, а также через более, чем 20 естественных протоков и 7 государственных водных систем: Бешкульскую, Дарминскую, Прикаспийскую оросительные системы, а также Восточенскую, Камышовскую, Зареченскую и Лиманскую водные системы, обеспечивающих подпитку водой ильменей, орошение сельскохозяйственных угодий и обводнение населенных пунктов.

Подводящие протоки в ряде случаев искусственно перекрываются земляными дамбами или шлюзами для предотвращения обратного оттока воды из ильменей на спаде половодья и в межень. Поступление воды в некоторые подсистемы ЗПИ регулируется подкачкой насосными станциями. В основной массе ЗПИ повышенные уровни воды сохраняются длительное время после прохождения половодья в водотоках дельты Волги. ЗПИ играют роль аккумуляторов половодного стока. Тракты представляют собой соединенные протоками ильмени, имеют очень низкий коэффициент полезного действия, обусловленный большими потерями воды на испарение и фильтрацию.

В последние десятилетия зона обводняется в основном в многоводные годы в пределах относительно небольшой площади.

Водный режим

В северную область района ЗПИ волжские воды при весенних разливах не заходят, и здесь, как и в западном районе широко распространены солончаки на месте высохших ильменей. Хозяйственная деятельность в этом районе привела к антропогенному нарушению ландшафтов, что способствует опустыниванию территории. Значительная часть ильменей, в которые пресные воды Волги не поступают подвергается засолению и превращается в конечном итоге в ссо́ры и солончаки. В районах центральной и южной частей ЗПИ отмечается засоление почв, вследствие сельскохозяйственного использования, а также в результате сезонных изменений уровня грунтовых вод. В восточной части западного ильменно-бугрового района значительная часть водоемов непосредственно связана с Волгой. Вблизи от Волги в ильменях вода пресная, однако, в западной части она становится солоноватой или даже соленой. При продвижении от дельты Волги на запад ильмени по межбугровым понижениям встречаются реже. Здесь довольно много солончаков, образовавшихся на месте высохших ильменей из-за отсутствия ежегодного поступления в них волжских вод (Болгов и др., 2007). В районах, где доступ воды ограничен, озера пересыхают и превращаются в солончаки. Минерализация вод в ильменях является одним из наиболее важных показателей при их хозяйственном использовании.

Закономерности процессов заполнения и сработки ЗПИ до недавнего времени не изучались (Полонский и др., 2009). Однако известно, что до введения каскада водохранилищ на Волге расходы воды в половодье в дельте имели более высокие пики, что способствовало наполнению водой западных подступных ильменей. Вследствие зарегулирования стока реки величины половодных расходов в вершине дельты значительно уменьшились. Так, максимальный расход 50% обеспеченности для периода 1942-1955 гг. составлял 27500 м³/с, а после зарегулирования (1961-2000гг.) – 22400 м³/с. Минимальные расходы воды 50% обеспеченности возросли с 3770 до 4350 м³/с. В естественных условиях в половодье (май–июнь) на каждый месяц приходилось по 19.8-25.9% годового стока воды; сейчас эта доля уменьшилась до 13.9-19.9%, а сток в половодье сократился в 1.3-1.4 раза (Михайлов и др., 2000). После зарегулирования время начала половодья в вершине дельты сместилось на месяц раньше, что приводит к более раннему началу заполнения ильменей и соответственно, более раннему уменьшению уровня воды в них.

Режим уровней воды в половодный период в пределах дельты является одним из индикаторов экологического состояния западных подступных ильменей с учетом естественных и антропогенных изменений их водного режима (за счет подкачки, обвалования, засоления вследствие сельскохозяйственного использования земель и др.).

Между тем, как показали исследования (Михайлов, Исупова, 2007) изменения урвенной поверхности в дельте Волги в связи с колебаниями уровня Каспийского моря оказались слабыми (Устьева область Волги ..., 1998; Горелик, 1997), что связано с блокирующим

влиянием обширного и очень мелководного устьевого взморья Волги.

Для разработки мероприятий по улучшению водообеспечения ЗПИ были исследованы закономерности и параметры их водообмена с основными водотоками дельты Волги. Исследования изменений уровня воды в период половодий различного типа проводились на 13 реперных сезонных уровневых постах зоны ЗПИ. Эти работы позволили установить особенности их наполнения и сработки при прохождении половодий различных типов.

Изменения уровня воды в ильменах сопоставлялись с изменениями уровня воды на основном гидрологическом посту (ГП) Астрахань, расположенном на участке реки Волги непосредственно связанном с ЗПИ. Оценки площадей водной поверхности ЗПИ были выполнены с использованием электронных космических изображений с аппаратов серии «Ресурс» и «Landsat» для различных фаз половодий и в межень в период 1986-2008 гг. (Полонский и др., 2009).

Гидравлически связанные между собой подсистемы ЗПИ последовательно с востока на запад заполняются водой. В некоторых районах ЗПИ после заполнения в половодье ильменей, подводящие к ним воду протоки искусственно перекрываются земляными дамбами или шлюзами для предотвращения обратного оттока воды из ильменей в основные водотоки дельты Волги на спаде половодья и в межень. Поступление воды в некоторые подсистемы ЗПИ регулируется принудительной подкачкой с помощью насосных станций.

Повышенные уровни воды в основной массе ильменей сохраняются длительное время после прохождения половодья в водотоках дельты Волги. Часть поступившей в половодье воды возвращается через малые ерики в эти водотоки на спаде половодья, а часть воды постепенно испаряется. Таким образом, ЗПИ играют роль аккумуляторов половодного стока и его испарителей в последующий летне-осенний период.

Закономерности и особенности изменений уровней воды в ЗПИ представлены на примере четырех ильменей, расположенных на различном удалении от питающих их водой русел реки Волги и рукава Бахтемира, характеризующихся различной степенью проточности. Расположенный в нижней зоне ЗПИ ильмень Большой Карабулак (у с. Яр Базар) имеет хорошую гидравлическую связь с основным рукавом дельты Волги – Бахтемиром и промывается большим, питающим ильмени протоком Хурдуном. Режим изменений уровня воды в половодье в этом ильмене близок к режиму изменений в дельтовых водотоках. Форма гидрографа половодья в ильмене Большой Карабулак в целом подобна форме гидрографа половодья по ГП Астрахань. Подъем и спад половодья четко обозначены. Основные фазы половодий относительно мало запаздывают по отношению к фазам половодий по ГП Астрахань. Резкий половодный подъем уровня воды здесь начинается одновременно. Окончание резкого спада половодья сдвинуто у с. Яр Базар по отношению к ГП Астрахань на 3-5 суток. Пик половодья у с. Яр Базар запаздывает от 3 суток при острой форме гидрографа до 14 суток при плоской форме гидрографа. Амплитуда колебаний уровня воды в период половодья в ильмене Большой Карабулак составляет 0.6 от амплитуды колебаний уровня р. Волги по ГП Астрахань.

Для центральных районов ЗПИ запаздывание начала подъема половодья относительно ГП Астрахань увеличивается от 9-10 суток у с. Озерное до 17-23 суток у с. Линейное и до 25 суток у с. Буруны (2005 г.). Запаздывание тем больше, чем меньше исходный уровень воды по ГП Астрахань накануне половодья. В 2006 г. волна половодья вообще не дошла до с. Буруны. Закономерность изменения запаздывания пика половодья в ЗПИ по отношению к ГП Астрахань, как и для начала подъема половодья, связана с исходным уровнем воды по ГП Астрахань накануне половодья – запаздывание тем больше, чем меньше этот уровень. При прочих равных условиях, чем острее форма гидрографа, тем меньше запаздывание пика половодья. В итоге по имеющимся данным в среднее (2004 г.) и высокое (2005 г.) половодья запаздывание его пика в с. Озерное составляет 11 суток, в с. Линейное 11 и 13 суток. В

низкое половодье 2006 г. с плоской формой гидрографа запаздывание пика намного больше – 25 суток у с. Озерное.

Амплитуда изменений уровня воды при прохождении половодья составляет от 0.4 м до 1.4 м (2006 г.) у с. Озерное, от 1.1 м у с. Линейное до 0.7 м у с. Буруны (2005 г.). В ильмень у с. Линейное вода в 2006г. подкачивалась искусственно. Уровень воды здесь поднялся с 17 мая по 7 августа на 0.4 м. В ильмене у с. Буруны в 2006 г. при отсутствии поступления половодной воды в период с 13 апреля по 16 июля наблюдалось непрерывное снижение уровня воды на 0.4 м, связанное с испарением. В северной части района ЗПИ в 2006 г. половодная волжская вода не дошла также до с. Янго-Аскер (21 км западнее реки Волги). Здесь с 15 мая по 15 июля наблюдалось снижение уровня воды на 0.55 м. Сохраняющийся в летнюю и зимнюю межень уровень воды в ЗПИ, как правило, выше, чем уровень воды в водотоках дельты Волги в соответствующей широтной зоне.

Связи уровней воды в ильменах с уровнем воды по ГП Астрахань при различных гидрографах стока имеют петлеобразную форму (рис. 2). Их нижняя ветвь соответствует фазе подъема половодья, верхняя ветвь – фазе спада половодья. Связи площади водной поверхности ЗПИ с уровнем воды по ГП Астрахань соответственно также должны иметь петлеобразную форму. На основе анализа космических снимков установлено, что на пике и в начале спада средних и высоких половодий площадь водной поверхности составляет соответственно от 25% до 35% от общей водной площади ильменей, а в летне-осеннюю межень – уменьшается до 11%. Причем доля площади водной поверхности по отношению к площади суши существенно уменьшается при продвижении от западных и центральных районов ЗПИ к их восточной границе. В отдельные годы (например, 1999 г.) при длительном поддержании предшествующих половодью попусков на уровне около 10000 м³/с площадь водной поверхности ильменей составляла перед началом половодья около 15% от общей площади района ЗПИ.

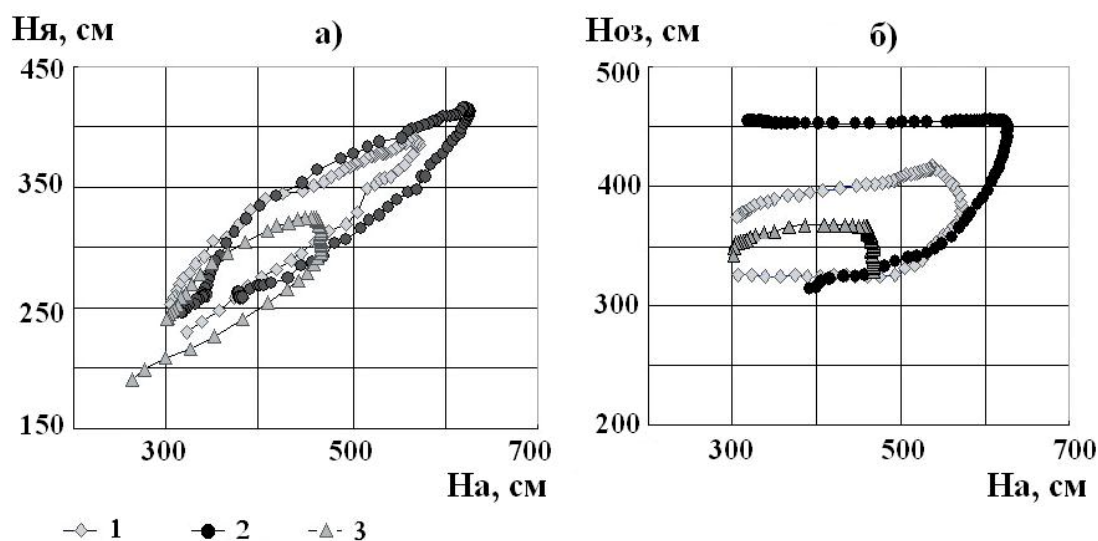


Рис. 2. Зависимости уровней воды в западных подстепных ильменах (Ня, Ноз) сел Яр.Базар (а) и Озерное (б) от уровней воды по ГП Астрахань (На) по данным специализированных исследований в 2004-2007 годах: 1 – 2004 г., 2 – 2005 г., 3 – 2006 г. **Fig. 2.** Dependence of water levels (Ня, Ноз) in western near-steppe lakes Yar. Basar (a) and Ozerное (б) on water levels in Astrakhan (На): 1– 2004, 2 – 2005, 3 – 2006.

Связи расходов воды в 20 крупных и малых водотоках (осуществляющих водообмен между Волгой и Бахтемиром с ильменями) от уровней воды по ГП Астрахань имеют

АРИДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ, 2010, том 16, № 3 (43)

разнообразные, неоднозначные для различных фаз половодья формы. Полученные данные показывают, что при наполнении ильменей волжской водой в половодье важное значение имеет меженный уровень в Волге в районе ГП Астрахань (при его низких значениях наполнение ильменей идет с запаздыванием), формы гидрографа в половодье, а также факторы, влияющие на уровенный режим ЗПИ (испарение, фильтрация, водопотребление на орошение, зарастаемость, обвалование, перекрытие дамбами, подкачка и др.)

Ухудшение мелиоративной обстановки в зоне ЗПИ связано прежде всего с резким изменением гидрологического режима, вызванного созданием каскада ГЭС на р. Волге, строительством автомобильных и железнодорожных магистралей. Значительный ущерб водной обеспеченности подстепных ильменей наносится также стихийным перекрыванием крупных и малых водотоков земляными, практически «глухими» дамбами, а также орошением земель, приводящим к дополнительным потерям воды на испарение. Ранее затопливаемые земли оказались вне зоны влияния весенних паводков, что способствовало увеличению минерализации воды в ильменях и ухудшению их санитарных показателей.

Качество воды

С проблемой водообеспечения ильменей тесно связана и другая – проблема качества воды. Наблюдения показали, что здесь, помимо увеличения солености вод, возникает опасность заморов в связи с неблагоприятным кислородным режимом. Наличие в воде сероводорода, а также зимние и весенние заморы сильно затрудняют ведение рыбного хозяйства, хотя по многим другим показателям качество воды может оставаться в пределах рыбохозяйственных стандартов (Еловенко, 2009). Между тем, состояние качества вод в ильменях вопрос недостаточно изученный.

Поскольку заливание ильменей и прудов происходит только в период половодья, очевидно, что исходное качество воды в них в значительной мере определяется составом волжской воды в этот период. С целью рассмотрения качества вод, поступающих в ильмени, было выполнено обобщение материалов гидрохимических исследований для периода весеннего половодья с использованием данных наблюдений Росгидромета за период 2001-2007 гг. для станций: Астрахань-ЦКК (станция 1, северная граница города), Астрахань-ПОС (станция 2, центральная часть города) и Астрахань-Ильинка (станция 3, южная граница города). Рассматривалось изменение расходов воды и концентраций в воде следующих элементов Cu, Zn, Cr, Pb, Co, Fe_{общ}, P_{общ}, а также величины ХПК, БПК₅, нефтепродукты (НУ), биогены. При выборе показателей учитывалось характерное для этого района загрязнение вод. Изменение всех показателей рассматривалось для половодного периода каждого года.

В качестве примера на рисунке 3 приведено изменение расхода воды и ряда гидрохимических показателей в половодный период для станции Астрахань-Ильинка в 2006 г. Как следует из рисунка 3, концентрации микроэлементов, величин ХПК, БПК₅ значительно изменяются в половодный период и неоднозначно зависят от величины расхода воды. Концентрации Ni, Zn, Pb, ХПК увеличиваются с ростом расхода воды, а концентрации Cr, Cu, БПК₅ – уменьшаются.

Обобщение данных гидрохимических показателей и расхода воды для периода половодья за 2001-2007 гг. показало, что на трех рассматриваемых станциях дельты Волги в районе г. Астрахани содержание в воде Cr, Pb, Co, Cd существенно ниже ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения (табл. 1). Концентрация никеля только в одном случае заметно превышает этот норматив – на южной окраине г. Астрахани (станция 3). Концентрации железа, цинка, главным образом меди в воде везде выше ПДК. Особенно в этом отношении выделяется рукав Старая Волга, хотя он испытывает значительно меньшую антропогенную нагрузку, чем рукав Бахтемир, являющийся главной транспортной артерией

вод, поступающих в ильмени. Заметное превышение ПДК характерно и для нефтяных углеводородов и фенолов. Превышение содержания фенолов связано не только с антропогенным воздействием, поскольку при химическом анализе учитываются и фенолы естественного происхождения (от высшей водной растительности).

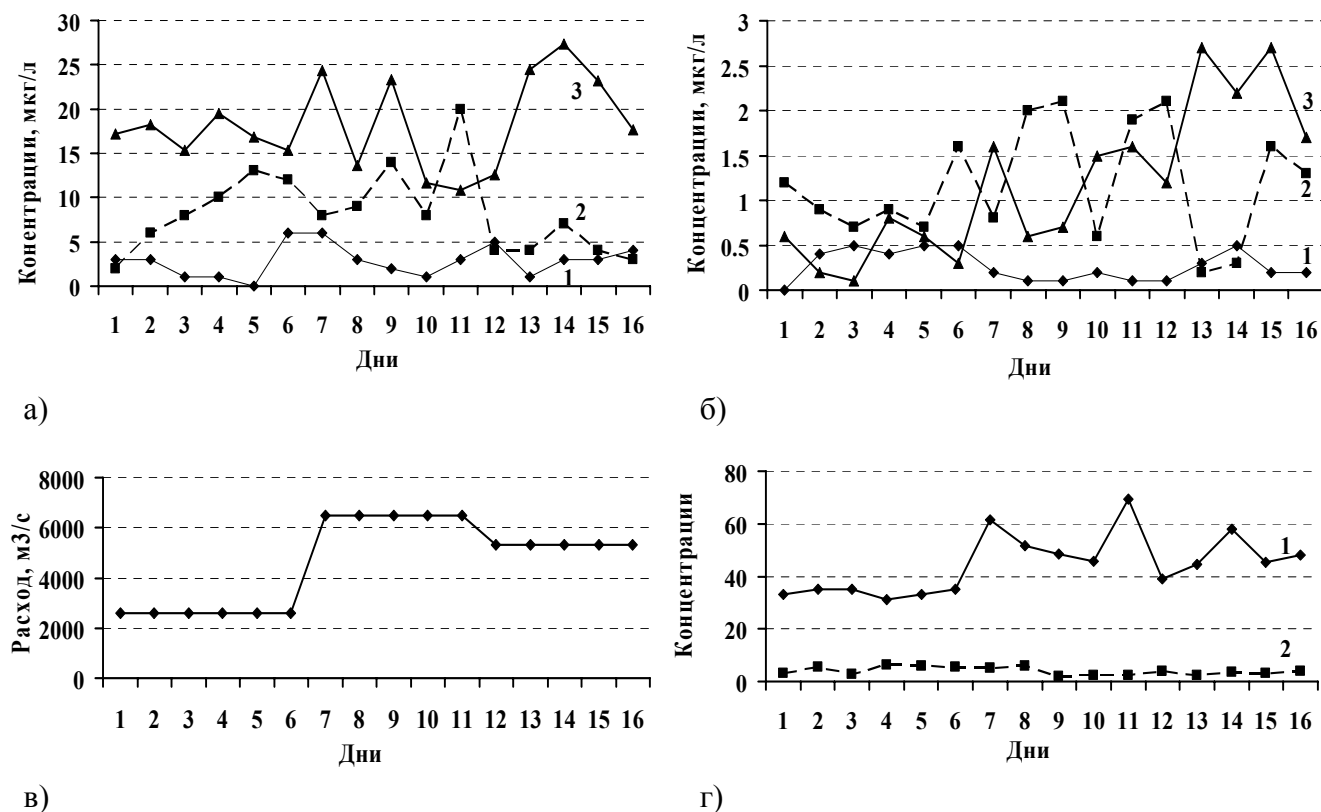


Рис. 3. Изменение расхода воды (в) и гидрохимических показателей (а, б, г) в половодный период на ст. Астрахань-Ильинка в 2006 г.: а) – медь (1), цинк (2), никель (3); б) – хром (1), свинец (2), кобальт (3); г) – ХПК, мгО/л (1) и БПК₅, мгО₂/л (2). **Fig. 3.** Water flow (в) and pollutant concentrations (а, б, г) after spring floods in 2006 near Astrakhan: а) – Cu (1), Zn (2), Ni (3); б) – Cr (1), Pb (2), Co (3); г) – COD, mgO/l (1) и BOD₅, mgO₂/l (2).

Перечень приоритетных загрязняющих веществ дельты р. Волги включает также легкоокисляющиеся (по БПК₅) и трудноокисляющиеся (по ХПК) органические вещества. Формирование стока Волги и химических ингредиентов вод в лесной, заболоченной (особенно в верховьях) зоне привносит в состав волжских вод органическое вещество гумусового происхождения. Кроме того, существенное влияние на содержание органического вещества оказывают сбросы сточных вод промышленных предприятий, в том числе лесобработывающей, пищевой промышленности. Так, неблагоприятная ситуация в период половодья отмечалась на рассматриваемых станциях с величинами БПК₅ в 2001-2002, 2004 и в 2006 гг. и ХПК в 2005-2006 гг.

Согласно Комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши (Оксиюк и др., 1993) по среднегодовым величинам ХПК и БПК₅ (период 2001-2007 гг.) в неблагоприятные годы по эколого-санитарным (трофо-сапробиологическим) показателям воды относятся к умеренно-загрязненным (класс качества 4 а) и сильно загрязненным (класс качества 4 б; табл. 1). Средние весенние гидрохимические показатели за период 2001-2007 гг. для 3-х станций (Астрахань-ЦКК, Астрахань-ПОС и Астрахань-Ильинка) позволяют

отнести воды по величинам ХПК к слабо загрязненным (класс 3 б), а по БПК₅ – к умеренно загрязненным. По содержанию в воде Cr, Pb, Mo, Co, Mn, взвешенных веществ воды относятся к классу достаточно чистых вод. Однако по содержанию Fe, Cd, Ni, NH₄, ХПК – к классу слабо загрязненных вод. По содержанию Cu, Ni (станция 1), БПК₅ – к умеренно загрязненным водам, а по содержанию Zn, фенолов, нефтяных углеводородов – к сильно загрязненным, по содержанию нефтяных углеводородов на станции 3 – к весьма грязным (табл. 1).

Период весеннего половодья обычно характеризуется существенным повышением концентраций металлов в воде. В это время происходит смыв загрязняющих веществ полыми водами с обширных территорий пойм дельты и Волго-Ахтубинской поймы.

Таблица 1. Средние весенние гидрохимические показатели и расход воды для периода 2001-2007 гг. на станциях: Астрахань-ЦКК (северная граница города) – 1, Астрахань-ПОС (центральная часть города) – 2, Астрахань-Ильинка (южная граница города) – 3. **Table 1.** Mean Water flow and pollutant concentrations in the springtime 2001-2007 for three points near Astrakhan: Astrakhan-ZKK – (northern border of the city) – 1, Astrakhan-POS – (central part of the city) – 2, Astrakhan-Il'inika – (southern border of the city) – 3.

Показатель	1	2	3	ПДК р/х	Класс качества вод
Расход, м ³ /с	10388	6394	6400		
Fe, мг/л	0.22	0.21	0.24	0.1	3 б
Cu, мкг/л	6	8	8	1	4 а
Zn, мкг/л	32	32	29	10	4 б
Ni, мкг/л	11	10	9	10	3 б – 4 а
Cr, мкг/л	0.5	0.3	0.5	5	3 а
Pb, мкг/л	1.1	0.9	1	6	3 а
Mo, мкг/л	1.2	0.9	0.9		3 а
Co, мкг/л	0.2	0.1	0.4	10	3 а
Sn, мкг/л	3.3	7.1	5		
Cd, мкг/л	0.1	0.1	0.1	5	3 б
Mn, мкг/л	1.2	1.1	1.1	10	3 а
NH ₄ , мкг/л	0.03	0.04	0.02	0.4 по N	2 а
NO ₂ , мкг/л	0.018	0.012	0.018	0.02 по N	3 б
NO ₃ , мкг/л	0.27	0.27	0.29	9.1 по N	2 б
Минерализация, мг/л	403	349	365	1000	
Фенолы, мг/л	0.002	0.002	0.002	0.001	4 б
HУ, мг/л	0.09	0.09	0.11	0.05	4 б
Робщ, мг/л	0.038	0.034	0.045	0.2 по P	2 б
ВВ, мг/л	18	18	19		3 а
ХПК, мгО/л	26	26.5	27.3	15	3 б
БПК ₅ , мгО/л	3	3.2	3.7	3	4 а

Примечание: жирным шрифтом в таблице показаны превышения ПДК. Note: Marked figures show excess of Maximum acceptable levels in water used for domestic consumption.

Подтверждением повышенного содержания микроэлементов и других загрязняющих веществ в водной системе дельты Волги в этот период являются данные, приведенные в работе (Богданов, 2005). В 1995 г. почти на всем протяжении рукава Бахтемир его воды были загрязнены Cd, Fe, NO₂, на ряде участков воды дополнительно загрязнены СПАВ, NH₄, Mn,

нефтяными углеводородами – (Маячное); БПК₅ (Троицкий-Сергиевское). Содержание растворенного в воде кислорода соответствует рыбохозяйственным нормативам. Для величин ХПК имеются значительные превышения норматива – до 5 ПДК (Троицкий-Сергиевское; табл. 2).

В половодье (апрель-май) в р. Волгу поступает значительное количество взвешенных веществ и преобладают взвешенные формы (Pb, Cd, Mn), однако Cu и Zn находятся в основном (95%) в растворенной форме, что повышает токсичность вод, так как растворенные формы более легко усваиваются биотой (Бреховских и др., 2010).

Таблица 2. Гидрохимические характеристики системы р. Бахтемир, превышающие ПДК весной 1995 г. (по данным Н.А. Богданова, 2005) **Table 2.** Chemical characteristics (in normative values), concentration dissolved O₂, values chemical demand O₂ on the stations of Baktemir flow, spring 1995 (Bogdanov, 2005).

Пункт	Выше (*) и ниже (**) течения	Гидрохимические характеристики в величинах ПДК	O ₂ , мг/л	ХПК, мг/л
Ильинка ПГТ	*	Cd (1.9), NO ₂ (1.5)	10	68
	**	Cd (2.9), NO ₂ (1.5)	9	68
Красные Баррикады, ПГТ	*	Cd (1.9)	9.1	19
	**	NO ₂ (2.8), Fe (1.8), Cd (1.4)	9.4	105
Бахтемир, ПГТ	*	NO ₂ (1.7), Cd, Fe (1.2)	9.6	28
	**	NO ₂ (2.6), Fe (2), Cd (1.5)	9.6	10
Икряное, ПГТ	*	NO ₂ (1.7), Cd (1.5), Fe (1.2)	9.9	29
	**	NO ₂ (1.7), Cd (1.5)	8.6	48
Маячное	*	NO ₂ (2.1), Cd (1.4), Fe (1.2)	9	57
	**	СПАВ (3.6), NH ₄ (3.2), Fe (2.9), NO ₂ (2.1), Cd (1.4)	8.1	19
	**	Mn, НП (1.2)		
Троицкий-Сергиевское	*	Cd (1.7), NO ₂ , Fe (1.5), БПК ₅ (1.3)	9.6	140
	**	NO ₂ (2.3), Fe, Cd (2)	9.6	70
	**	Fe (5.7), Cd, NO ₂ (2.8), NH ₄ (1.4)	8.3	28
Трудфронт	*	Cd (2), NO ₂ (1.8)	8.7	43
	**	NO ₂ (2), Cd (1.3)	8.8	28
Ниновка-Федоровка	*	Cd (1.6), NO ₂ (1.4)	9.3	98
	*	NO ₂ (2.1), Cd (2)	9.4	28
	**	Cd (2.3), NO ₂ (1.4)	9.3	28

Экологические проблемы

В последние годы уровень воды в этих водоемах снизился, она стала в меньших объемах поступать естественным путем из Волги. Снижение циркуляции воды из-за перегораживания водотоков и их зарастания привело к негативным последствиям, в частности, потеряны нерестилища, меняется ихтиофауна, исчезают ценные породы рыб, такие, как судак, жерех и замещаются малоценными породами, типа карася. В данном регионе имеется много нагульных рыбоводных прудов, источниками водоснабжения которых служат различные ирригационные системы (Еловенко, 2009). Некоторые из них непосредственно соединены с р. Бахтемир (водоток дельты 1 порядка), и паводковые воды весной заполняют их, а затем последовательно ерики и водогонные тракты. Значительная часть прудов заполняется

самотеком через шлюзы, установленные в теле дамб, а во многих случаях заполнение происходит принудительно с помощью насосных станций. Как правило, уровень воды в прудах достигает НПГ в конце мая на пике паводка. Естественные потери воды в межень не восполняются, и к осени уровень заметно снижается.

При работе ирригационных систем возникает целый ряд трудностей (Еловенко, 2009). Так, пропускная способность водогонных каналов зависит от их ширины и глубины, однако в настоящее время их суммарное поперечное сечение сильно уменьшилось в результате хозяйственной деятельности (строительство дамб для прокладки транспортных магистралей) и природных процессов (чрезмерное развитие высшей водной растительности и заиление ложа ильменей и протоков).

В некоторых случаях наблюдается серьезное засоление прилегающих к водному тракту земель и водоемов за счет выдавливания купольной соли, что отрицательно влияет на осуществление хозяйственной деятельности. Ильмени, которые не заполнялись водой в течение нескольких лет, находятся в разной стадии засоления, вплоть до превращения их в соленые озера.

Самая южная и многочисленная группа ильменей снабжается водой по Прикаспийскому водному тракту самотеком в период паводка. Здесь также вмешательство человека в совокупности с природными процессами сделало систему каналов малопроезжимой для воды, в результате чего ряд ильменей прекратил свое существование, а остальные испытывают дефицит воды. Все непроточные и слабопроточные ильмени здесь засолены от 5-10 до 55 г/л, и вода в них непригодна для использования.

Фитопланктон является одним из важных показателей экологического состояния ЗПИ. Его изучение в этом районе началось в 1909 г. (Эльдарава-Сергеева, 1913). В последующие годы исследования продолжили А.Ф. Зиновьев (1947), К.В. Горбунов (1976). Существенная перестройка фитоценозов озер произошла с 1937 по 1985 гг., поскольку в этот период резко возросла антропогенная нагрузка на водоемы, и в первую очередь, за счет сельского хозяйства.

Исследования, выполненные нами в 1996 г. были направлены на установление границ соленостной устойчивости фитопланктона. В качестве объектов наблюдения было выбрано 21 озеро в диапазоне солености от 1.8 до 325.9 г/л. Отбор проб в них проводился по общепринятой методике (Методика ..., 1975). Вода в объеме 0.5 л фиксировалась 40% формалином до 2% его концентрации. Затем она сгущалась до 10 мл в воронке прямой фильтрации через ядерные фильтры с диаметром пор 1 мкм. При очень высокой биомассе водорослей (более 644 мг/л) концентрирование проб не осуществлялось. Подсчет клеток до 100 экземпляров массовых, и не менее 600 – всех встреченных видов проводился в камере Нажжота объемом 0.02 мл (Федоров, 1979).

Для более точного и полного определения диатомовых водорослей изготавливались препараты. Для этого органическое вещество в пробах сжигали с помощью кипячения в 30% перекиси водорода с дальнейшей их четырехкратной деконтацией в дистиллированной воде фиксацией створок диатомей в смоле «*Naphrax*». Материалом для настоящей работы послужили пробы фитопланктона, перифитона и бентоса, собранные в Западных подстепных ильменях и дельте Волги.

Всего в составе альгофлоры было зарегистрировано 320 таксонов, в том числе: *Cyanophyta* – 54; *Bacillariophyta* – 174; *Chlorophyta* – 51; *Euglenophyta* – 28; *Pyrrophyta* – 8; *Xanthophyta* – 4; *Chrysophyta* – 1 вид. Доля синезеленых и зеленых водорослей снижалась по мере увеличения солености (рис. 4).

Солевыносливость планктонных водорослей способствует не только их распределению, но и приспособлению к меняющимся условиям солености в озерах. Были обнаружены виды-индифференты как в олигогалинных, так и в гипергалинных водах, причем их доля с ростом

солености сначала снижается с 75 до 40%, а затем вновь увеличивается до 50-60% (рис. 4). Количество галофитов колеблется в среднем от 10 до 35%, а мезогалобов – от 5 до 20% (здесь использована общепринятая Венецианская классификация вод по солености (Symposium ..., 1958).

Количественные показатели развития фитопланктона варьировали в широких пределах. Максимальная биомасса 2243 мг/л была отмечена в озере № 393 при солености 26 г/л. Ее основу (2208 мг/л) составил типичный для вод Северного Каспия вид *Lyngbya limnetica* Lemm. (99% от общей численности). Столь интенсивная вегетация водорослей в озерах обусловлена их мелководностью (средняя глубина не превышает 0.5 м), вследствие чего происходит интенсивное прогревание водоемов. Помимо этого, при смене режима солености озер, происходит отмирание фитопланктона и высшей водной растительности, что ведет к накоплению биогенных веществ в воде и ее «цветению».

Фитопланктон ЗПИ по видовому составу сходен с таковым для Северного Каспия (Лабунская, 1994). Однако, здесь он развивается в более широком диапазоне солености вод. Особенно ярко это проявляется в группе синезеленых водорослей родов *Microcystis*, *Merismopedia*, *Gloeocapsa*, *Anabaena*, *Anabaenopsis*. Группа доминирующих видов представлена галофилами *Lyngbya limnetica* Lemm., *Merismopedia tenuissima* Lemm., *Microcystis aeruginosa* Kütz., *M. ichtyoblabe* Kütz., *Aphanothece clathrata* W. et G.S. West и индифферентами *Microcystis pulverea* (Wood) Elenk., *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg., *Gomphosphaeria lacustris* Chodat. Многочисленными и широко распространенными были виды рода *Oscillatoria*.

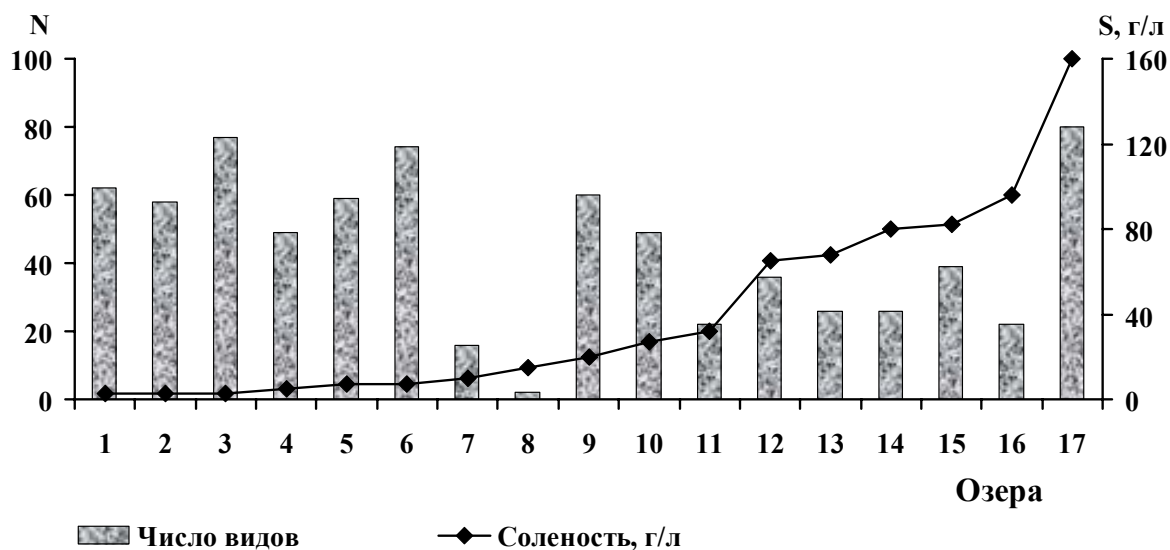


Рис. 4. Количество таксонов фитопланктона и соленость в Западных подстепных озерах Прикаспийской низменности в июле 1996 г. (1-17 нумерации озер: Баркас, 423, Шайтан-Куль, 424, Ибляшин, Горячинский, Горчичный, Уласты, Лата Большая, 393, Таби Хурдун, 421, Чистая Шайна, 331, 313, 329, 440). **Fig. 4.** Phytoplankton diversity and water salinity in western near-steppe lakes in July, 1996 for 17 western near-steppe lakes.

Зеленые водоросли являются преимущественно обитателями пресных вод, развиваясь при этом в изобилии. Все встреченные нами виды относятся к индифферентами. Поэтому они отмечались во всех озерах, исключая водоемы хорогалинной зоны. Число таксонов с увеличением солености снижалось с 18 до 2 на каждом из пунктов наблюдения. Вегетация представителей этой группы была крайне ограниченной. Среди них в большом количестве отмечались лишь виды рода *Scenedesmus* (*S. quadricauda* (Turp.) Bréb. и его подвиды,

S. acuminatus (Lagerh.) Chodat, *S. ellipticus* Corda), *Dictyosphaerium pulchellum* Wood. Доминирующее значение в ильмене № 421 (соленость 64.5 г/л) принадлежало *Chlorella vulgaris* Beijer.

В целом, наибольшее видовое разнообразие синезеленые и зеленые водоросли имели в ильменах, затопляемых во время половодья. Практически все они являлись планктонными формами. В горькосоленых водоемах, в которые не поступает речная вода, фитопланктон был очень беден и состоял, в основном, из мелких форм диатомовых родов *Nitzschia* и *Cyclotella*.

В группе диатомовых были зафиксированы представители всех биотопов. Наиболее широкое распространение имели водоросли, характерные для речных вод *Navicula cryptocephala* Kütz., *N. rhynchocephala* Kütz., *N. radiosa* Kütz., *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm., *N. acicularis* (Kütz) W. Sm., *Gyrosigma acuminatum* (Kütz) Rabenh (Лабунская, 1993). Среди планктонных галофилов и мезогалобов типичными были *Cyclotella meneghiniana* Kütz., *Gyrosigma balticum* (Ehrenb) Rabenh. Среди бентосных форм наиболее часто встречались мезогалоб *Amphora coffeaformis* (Agardh) Kütz, галофилы *Campylodiscus Daemelianus* Grun., *Tryblionella salinarum* (Grunow in Cleve & Grunow) Pelletan (*Nitzschia tryblionella* Hantzsch), *Navicula capitata* Ehr. (рис. 5).

Ареал обитания пиропитовых водорослей ограничивался соленостью воды 3 г/л. вгленовые имели более широкое распространение и все они являлись индифферентами. Среди них наибольшее значение имели виды рода *Euglena*: *E. acus* Ehr., *E. limnophila* var. *swirenkoi* (Arnoldi) Porova.

Желтозеленые водоросли встречались спорадически, главным образом в соленых водах. Среди них чаще отмечался *Centritractus belonophorus* Lemm. в диапазоне солености 3.1-64.5 г/л.

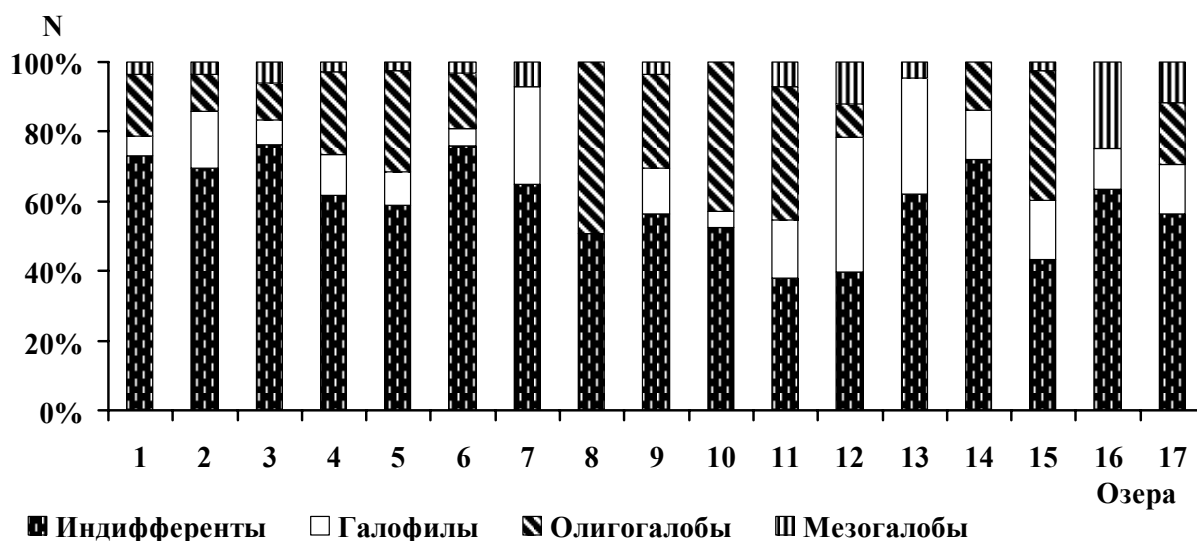


Рис. 5. Эколого-географическая характеристика фитопланктона Западных подстепных озер Прикаспийской низменности в июле 1996 г. (1-17 нумерации озер). **Fig. 5.** Phytoplankton Characteristics in western near-steppe lakes. Numeration is as Fig. 4.

При следующей съемке в сентябре 2007 г. в каждом из исследованных озер было обнаружено от 17 до 31 таксонов водорослей. Среди них массово отмечались синезеленые. Во всех пробах от 32 до 97% численности составляла *Lyngbya limnetica* Lemm, при этом биомасса ее достигала 1.97-5.16 мг/л (табл. 3). В оз. Джая в большом количестве развивалась *Oscillatoria guttulata* van Goor (1567 тыс. кл/л). Разнообразен был состав рода *Anabaena*.

При этом обильнее вегетировали *Aulacoseira granulata* (Ehr.) Ralfs и ее разновидности, а

так же солоноватоводная *Skeletonema subsalsum* (Cl.-Euler) Bethge. В оз. Хурунга, пункт 2 64% численности (1549 тыс. кл/л) при биомассе 0.03 мг/л составила бентосная *Navicula* sp.

Зеленые, типичные для Нижней Волги в осенний период (*Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Bréb., *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh., *P. tetras* (Ehr.) Ralfs, *Oocystis borgei* Snow, виды рода *Ankistrodesmus*), имели подчиненное значение (Лабунская, 1996). Однако, они встречались повсеместно. Наиболее многочисленными и разнообразными были виды рода *Chlamydomonas*. Практически все виды данной группы относились к пресноводным индифферентам.

Характерный видовой состав евгленовых наблюдался в районе сброса вод оз. Джая. Здесь широко отмечались виды рода *Euglenophyta*, главным образом, *E. acus* Ehr. (8.4 тыс. кл/л), а также виды рода *Phacus*.

Таблица 3. Численность (тыс. кл/л) и биомасса (мг/л) фитопланктона Западных подстепных ильменей (сентябрь 2007 г.). **Table 3.** Phytoplankton Characteristics in western near-steppe lakes in 2007.

Пункт отбора проб	Соленость, ‰	Общая численность, тыс. кл/л количество видов	Общая биомасса, мг/л	Массовые виды (% от численности)
оз. Джая	5	$\frac{146678}{18}$	2.27	<i>Lyngbya limnetica</i> , 97
оз. Хурунга, пункт 1	11	$\frac{320}{18}$	0.13	<i>Fragillaria capucina</i> , 44; <i>Nitzschia palea</i> , 18; <i>Skeletonema subsalsum</i> , 18
оз. Хурунга, пункт 2	13	$\frac{2389}{17}$	0.08	<i>Lyngbya limnetica</i> , 32; <i>Navicula</i> sp., 64
Сброс из оз. Джая	5	$\frac{31228}{31}$	5.57	<i>Lyngbya limnetica</i> , 88

Большинство зафиксированных видов-индикаторов сапробности фитопланктона относится к представителям умеренно загрязненных вод. Объем биомассы водорослей, который не превышал 20 мг/л, также свидетельствует о низком уровне биогенной нагрузки на водоемы.

Таким образом, вода озер в осенний период характеризуется как умеренно загрязненная с отдельными участками – умеренно-загрязненной с уклоном в грязную (оз. Джая).

Солоноватоводные экосистемы обладают высокими биопродукционными возможностями, наиболее полно проявляющихся в ильменах, в которые во время половодья поступают речные воды. Осолонение водоемов ведет к упрощению фитоценозов, когда подавляющее значение часто имеет один или несколько видов группы синезеленых водорослей. При этом, в данной системе озер выделяется зона критической солености (9-14 г/л), где резко снижаются все количественные показатели развития фитопланктона. Большинство встреченных водорослей относятся к индифферентам по отношению к солености. Их доля в альгоценозах по мере увеличения солености сокращается, галофилов и мезогалобов – возрастает.

ВЫВОДЫ

Экологические проблемы ЗПИ в значительной мере обусловлены уменьшением их водности в связи с зарегулированием стока р. Волги и снижением половодных пиков. Кроме того, снижение циркуляции воды из-за перегораживания водотоков и их застоя привело

к негативным последствиям, в частности, потере нерестилищ, изменениям ихтиофауны, исчезновению ценных пород рыб, таких, как судак, жерех и замещением их малоценными породами, типа карася. Увеличение солености вод в ильменях, особенно западной и южной зон привело к существенным перестройкам в биоценозах водоемов, что затрудняет их многоцелевое использование.

При наполнении ильменей волжской водой в половодье важное значение имеют меженный уровень в Волге в районе ГП Астрахань (при его низких значениях наполнение ильменей идет с запаздыванием), форма гидрографа в половодье, а также факторы, влияющие на уровенный режим ЗПИ (испарение, фильтрация, водопотребление на орошение и др., зарастаемость, обвалование, перекрытие дамбами, подкачка и др.).

Исследования фитопланктона на 17 водоемах зоны ЗПИ в 1996 г. показали, что, в целом, наибольшее видовое разнообразие синезеленые и зеленые водоросли имели в ильменях, затопляемых во время половодья. В водоемах с горько соленой водой, в которые не поступает речная вода, фитопланктон был беден и состоял в основном из мелких форм диатомовых. Исследования фитопланктона в ильменях осенью 2007 г. позволяют отнести воды по сапробиологическим показателям к умеренно-загрязненным с отдельными участками умеренно-загрязненной с уклоном в грязную.

Изученные виды-индикаторы сапробности фитопланктона в ильменях относятся к представителям умеренно загрязненных вод. Осолонение водоемов приводит к упрощению фитоценозов, с преобладанием одного или нескольких видов группы сине-зеленых водорослей. Использование экологической классификации качества вод показало, что диапазон классов меняется от 2 б (вполне чистая) до 5 а (весьма грязная). Основная часть показателей укладывается в диапазон 3 б (слабо загрязненная) – 4 б (сильно загрязненная). Помимо увеличения солености вод в ильменях, возникает опасность заморозов в связи с неблагоприятным кислородным режимом. Наличие в воде сероводорода, а также зимние и весенние заморы сильно затрудняют ведение рыбного хозяйства, хотя по многим другим показателям качество воды может оставаться в пределах рыбохозяйственных стандартов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов Н.А. 2005. Экологическое зонирование: научно-методические приемы (Астраханская область). М.: Едиториал УРСС. 176 с.
- Болгов М.В., Красножон Г.Ф., Любушин А.А. 2007. Каспийское море. Экстремальные гидрологические события. М.: Наука. 381 с.
- Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Перекальский В.М., Ильзова Ф.Ш. 2010. Тяжелые металлы в донных отложениях Нижней Волги и дельты реки // Вода: химия и экология. № 2. С. 2-10.
- Горбунов К.В. 1976. Влияние зарегулированного стока Волги на биологические процессы в ее дельте и биосток. М.: Наука. 219 с.
- Горелиц О.В. 1998. Характеристика уровенного режима дельты Волги в период половодья // Водные ресурсы. Т. 24. № 4. С. 457-462.
- Еловенко В.Н. 2005. Гидрохимический режим прудов зоны западно-подстепных ильменей // Материалы международной научно-практической конференции «Мелиорация малых водотоков, нерестилищ дельты р. Волги и Волго-Ахтубинской поймы» Астрахань. С. 461.
- Зиновьев А.Ф. 1947. Планктон полоев и ильменей дельты реки Волги для воспроизводства полупроходных рыб // Труды Волго-Каспийской научной рыбохозяйственной станции. Т. 9. Вып. 10. Астрахань. С. 45-52.
- Изучение и обзор стока основных загрязняющих веществ из Волжского каскада. Сводный

- отчет по проекту № RER03G31 (00034997). 2006. Москва. 119 с.
- Лабунская Е.Н. 1993. Сапробиологическая оценка состояния вод низовий Волги по фитопланктону // Водные ресурсы. Т. 20. № 1. С. 12-18.
- Лабунская Е.Н. 1994. Исследования фитопланктона Северного Каспия как индикатора загрязнения // Водные ресурсы. Т. 21. № 4. С. 431-436.
- Лабунская Е.Н. 1996. Фитопланктон. Гидробиологический режим Нижней Волги // Экология Астраханской области. Вып. 4. Астрахань. С. 114-156.
- Методика изучения биоценозов внутренних водоемов. 1975. М.: Наука. 240 с.
- Михайлов В.Н., Исупова М.В. 1997. Влияние современных изменений уровня Каспийского моря на режим дельты Волги // Вестник Московского Университета. Сер. 5. География. № 6. С. 46-52.
- Михайлов В.Н., Исупова М.В., Повалишников Е.С. 2000. Изменение водного режима устьевой области Волги под влиянием многолетних колебаний уровня Каспийского моря // Водные ресурсы. Т. 27. № 4. С. 400-415.
- Оксиюк О.П., Жукин В.Н., Брагинский Л.П. и др. 1993. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши. // Гидробиологический журнал. Т. 29. № 4. С. 62-76.
- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение 1999. М.: Изд-во ВНИРО. 304 с.
- Полонский В.Ф., Остроумова Л.П., Бухарицин П.И., Синенко Л.Г. 2009. Водообеспечение западных подстепных ильменей дельты реки Волги в условиях изменяющегося объема речного стока и возрастающего антропогенного воздействия на экосистему // Проблемы и перспективы современной науки. Сборник научных трудов. Т. 2. № 1. Томск. С. 71-76.
- Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря. 1998. М.: ГЕОС. 280 с.
- Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. 1979. М.: Изд-во МГУ. 124 с.
- Эльдарова-Сергеева М.Х. 1913. Фитопланктон дельты р. Волги // Труды Астраханской ихтиологической лаборатории. Астрахань. Т. 2. Вып. 7. 84 с.
- Symposium on the classification of brackish waters (Venice – 8-14 april, 1958). 1958. // Archives for Oceanography and Limnology. Vol. 11. P. 1-248.

ECOLOGICAL PROBLEMS OF WESTERN NEAR-STEPPE LAKES IN THE VOLGA RIVER DELTA

© 2010. V.F. Brekhovskikh, P.I. Bukharitsin, Z.V. Volkova, E.N. Labunskaya

*Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences
Russia, 119991 Moscow, Gubkin str., 3. E-mail: vadim@aqua.laser.ru, volkova@aqua.laser.ru*

Abstract. Some ecological problems of western near-steppe lakes in the Volga River delta have been studied. Main factors of forming the hydrological regime of lakes have been revealed, the dependence of their water level on the delta water level having been very strong. Pollutant concentrations and water quality were estimated with the use of the data for the Lower Volga River spring floods in 2001-2007. Phytoplankton characteristics and their dependence on the water salinity in lakes were analyzed.

Key words: The river Volga delta, Hydrological regime, western near- steppe lakes, chemical characteristics, Phytoplankton, water quality.