

УДК 574.58

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА*

© 2017 г. А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных, Ю.И. Винокуров, А.Т. Зиновьев, В.В. Кириллов, Б.А. Красноярова, И.Д. Рыбкина, А.В. Котовщиков, А.В. Дьяченко

ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук», г. Барнаул, Россия

Ключевые слова: Обь-Иртышский бассейн, р. Обь, водные ресурсы, водохозяйственный комплекс, качество поверхностных вод, экологические проблемы.

Приведены результаты комплексных водноресурсных и экологических исследований современного состояния Обь-Иртышского бассейна. Дана оценка многолетней динамики основных показателей, характеризующих экологическое состояние р. Оби. Данные приводятся на основе анализа материалов многолетних гидрологических, гидрохимических, гидробиологических, экологических и водохозяйственных исследований Института водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук.

Выявлены основные проблемы водообеспечения и водопользования, характерные для этого бассейна: неравномерность распределения водных ресурсов, опасные гидрологические явления (наводнения, подтопления, русловые процессы), загрязнение вод (антропогенного и природного происхождения). Ситуация осложняется трансграничным статусом Обь-Иртышского бассейна. Оценена антропогенная преобразованность территории: наиболее высок индекс антропогенной преобразованности в степных и южных лесостепных районах Обь-Иртышского бассейна, низок – в северной части; в горных регионах Алтая, Салаира и Кузнецкого Алатау антропогенная преобразованность невысока, а в регионах Зауралья и Кузнецкой котловине выделены территории экологического неблагополучия. Для различных участков бассейна выявлена асинхронность многолетних трендов изменения водности. За последние десятилетия в целом по бассейну несколько снизились объемы водопотребления и водоотведения. С учетом обеспеченности подземными и поверхностными водными ресурсами в условиях катастрофически низкой и очень низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами проживает 15 % общей численности населения Обь-Иртышского бассейна. Приведены новые данные, полученные в 2016 г. в результате комплексных экспедиционных водно-экологических исследований с использованием научного флота.

* Работа выполнена при поддержке СО РАН (проект П.2П/IX.134-1 «Исследования современного экологического состояния реки Оби»), ФАНО (Сводный план экспедиционных исследований на научно-исследовательских судах), а также Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук

ние внутриводоемных процессов и динамики экосистем водных объектов Сибири, включая субарктическую зону», «Исследование современного экологического состояния реки Оби», «Исследование процессов формирования стока и разработка информационно-моделирующих систем оперативного прогнозирования опасных гидрологических ситуаций для крупных речных систем Сибири».

В результате исследований выявлено, что для Обь-Иртышского бассейна характерны различные острые проблемы водообеспечения и водопользования. Вододефицитные районы бассейна в основном приурочены к его степной части – области замкнутого стока Обь-Иртышского междуречья и некоторым небольшим, но освоенным водосборам восточного склона Уральских гор. В противоположность этому в ряде регионов бассейна Верхней Оби актуальными являются проблемы подтоплений и наводнений, особенно для бассейнов горных и предгорных притоков.

Для трансграничной р. Иртыш характерны проблемы совместного использования ее водных ресурсов Китаем, Казахстаном и Россией. Практически на всех участках равнинной части бассейна водные объекты по классификации Росгидромета относятся к «загрязненным» – «очень грязным» (р. Обь и ее основные притоки, крупные водоемы), что в основном обусловлено природными особенностями их водосборов. Однако нередки случаи сильного загрязнения поверхностных вод бассейна в районах расположения крупных горнодобывающих и промышленных производств, а также населенных пунктов (что характерно для южной части), районов нефтепромыслов (северная часть бассейна).

Особенности гидрологического режима рек Обь-Иртышского бассейна

Особенности гидрологического режима обуславливают вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций в бассейне, оцениваемую как наиболее высокую для наводнений, вызванных половодьями и паводками, равную 40 % для левых притоков рек Тобол и Чулым. Для рек Томь, Вах (в верхнем течении), Тобол (остальные притоки), Тавда (в среднем течении) характерна вероятность наводнений 30–40 %. Вероятность наводнений, составляющая 20–30 %, определена для Иртыша (ниже устья Ишима), Оби (район Новосибирского водохранилища), рек Вах (в среднем течении), Северная Сосьва. Для остальных рек Обь-Иртышского бассейна вероятность наводнений – менее 20 %.

Русловые процессы, выражающиеся в изменении плановых очертаний русел, вертикальных отметок дна, смещении аллювиальных форм руслового рельефа также могут сопровождаться частыми опасными проявлениями, особенно характерными для рек юга Западной Сибири. Прогноз изменения водности на основе метода линейных трендов показал, что из-

менение водности отдельных участков р. Оби по отношению к 2010 г. составит к 2020 г. от $-6,2\%$ до $5,7\%$ и к 2030 г. от $-12,3\%$ до $11,5\%$ [2, 3].

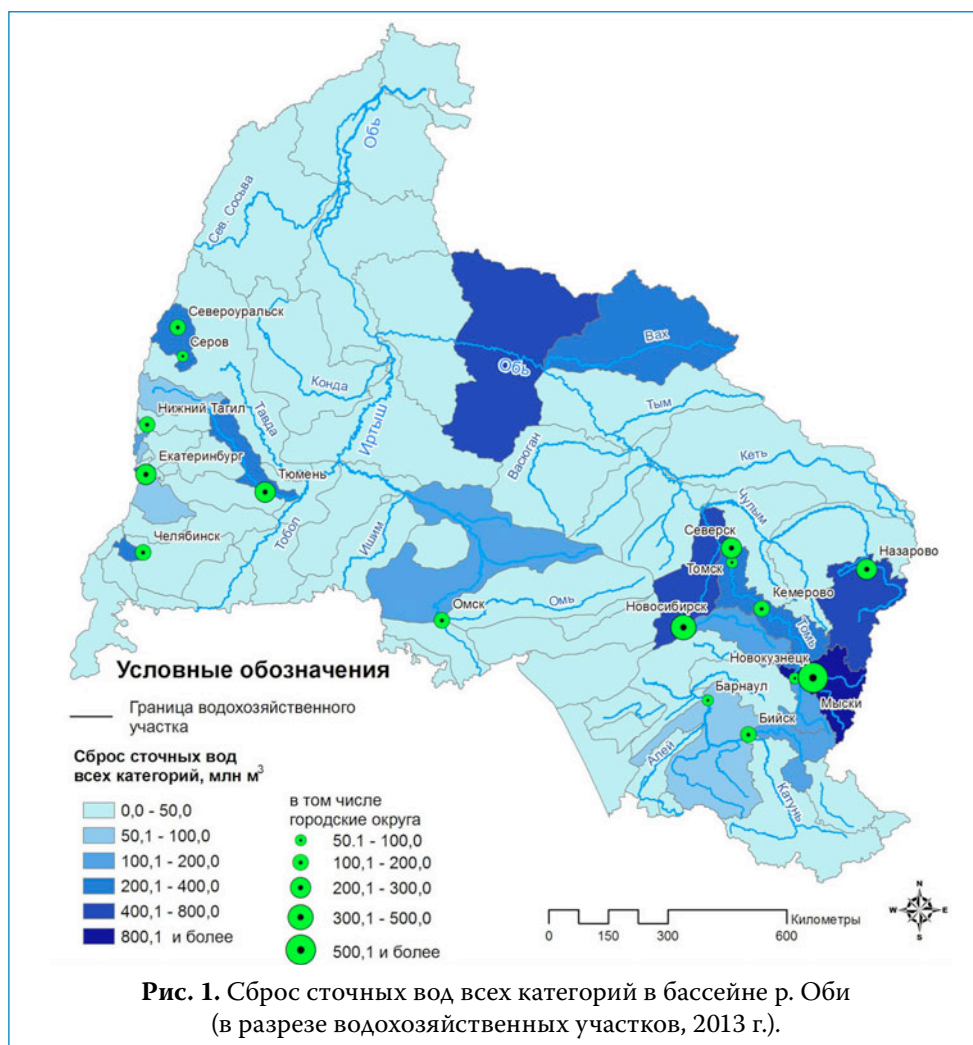
Ландшафтно-геохимические, биогеохимические условия и степень хозяйственного освоения водосборных бассейнов отражаются на величине стока загрязняющих веществ. Геохимическая обстановка в исследуемом бассейне варьирует от окислительной слабощелочной и щелочной в повышенных элементах рельефа до восстановительной глеевой слабокислой в пониженных, избыточно увлажненных и на участках развития слабопроницаемых пород. В условиях низкой антропогенной нагрузки качество поверхностных вод формируется за счет поступления веществ из почвенного покрова и почвенно-грунтовых вод [4].

Водохозяйственный комплекс

В Обь-Иртышском бассейне создан и функционирует мощный водохозяйственный комплекс, обеспечивающий потребности в воде населения, промышленности, сельского хозяйства, очистку сточных вод, выработку электроэнергии, судоходство, рыбный промысел, задачи рекреации. На его территории в пределах России расположены более 200 крупных водохранилищ объемом свыше 1 млн м³, в т. ч. 11 объемом более 100 млн м³. Среди них крупнейшими являются Новосибирское (8800 млн м³), Аргазинское (740 млн м³), Гилевское (471 млн м³) и Белоярское (250 млн м³) водохранилища. Большинство водных объектов находятся в Алтайском крае (80), Кемеровской (57), Свердловской (44), Новосибирской (34) и Челябинской (8) областях. По данным Верхне-Обского бассейнового водного управления, только в бассейне Верхней Оби функционирует свыше 1850 водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений, в т. ч. 561 ГТС водохранилищ и прудов емкостью 100 тыс. м³ и более, защитные дамбы, водозаборы, очистные сооружения, накопители и отстойники (рис. 1).

В 2013 г. водоотбор в бассейнах Оби и Иртыша на территории Российской Федерации не превышал 8 млн м³/год. Основные потребители воды расположены в бассейнах рек Иртыш и Томь на территории Тюменской, Кемеровской и Свердловской областей, на которые приходится более 60 % общего водозабора. За последние десятилетия в Обь-Иртышском бассейне, как и в целом по России, объемы забранной воды снизились [5].

Основные объемы водоотведения также приурочены к бассейнам рек Иртыш и Томь. При общем объеме сбросов сточных вод в Обь-Иртышском бассейне на уровне 6,1 км³/год (2013 г.), на территории бассейнов рек Иртыш и Томь образуется около 65 % сточных вод всех категорий, 84 % загрязненных стоков и 80 % сточных вод, не прошедших очистку. В целом, объемы водоотведения сокращаются, исключение составляет бассейн р. Томи.



Неравномерное обеспечение населения и экономики водными ресурсами предопределило разработку в 1970-х годах многочисленных проектов внутрибассейновых и межбассейновых перераспределений речного стока. К ныне существующим внутрибассейновым переброскам водного стока относятся Кулундинский канал и Чарышский групповой водопровод. Среди других действующих межбассейновых перераспределений водного стока – переброска части стока р. Камы в бассейн Тобола, каналы Иртыш-Караганда и Черный Иртыш-Карамай-Урумчи. Периодически происходит возврат к рассмотрению ряда проектов внутрибассейновой и межбассейновой переброски. В настоящее время однозначного мнения по этим проектам не су-

ществует. Для оценки всех возможных последствий перераспределения водного стока необходимо проведение комплексных исследований.

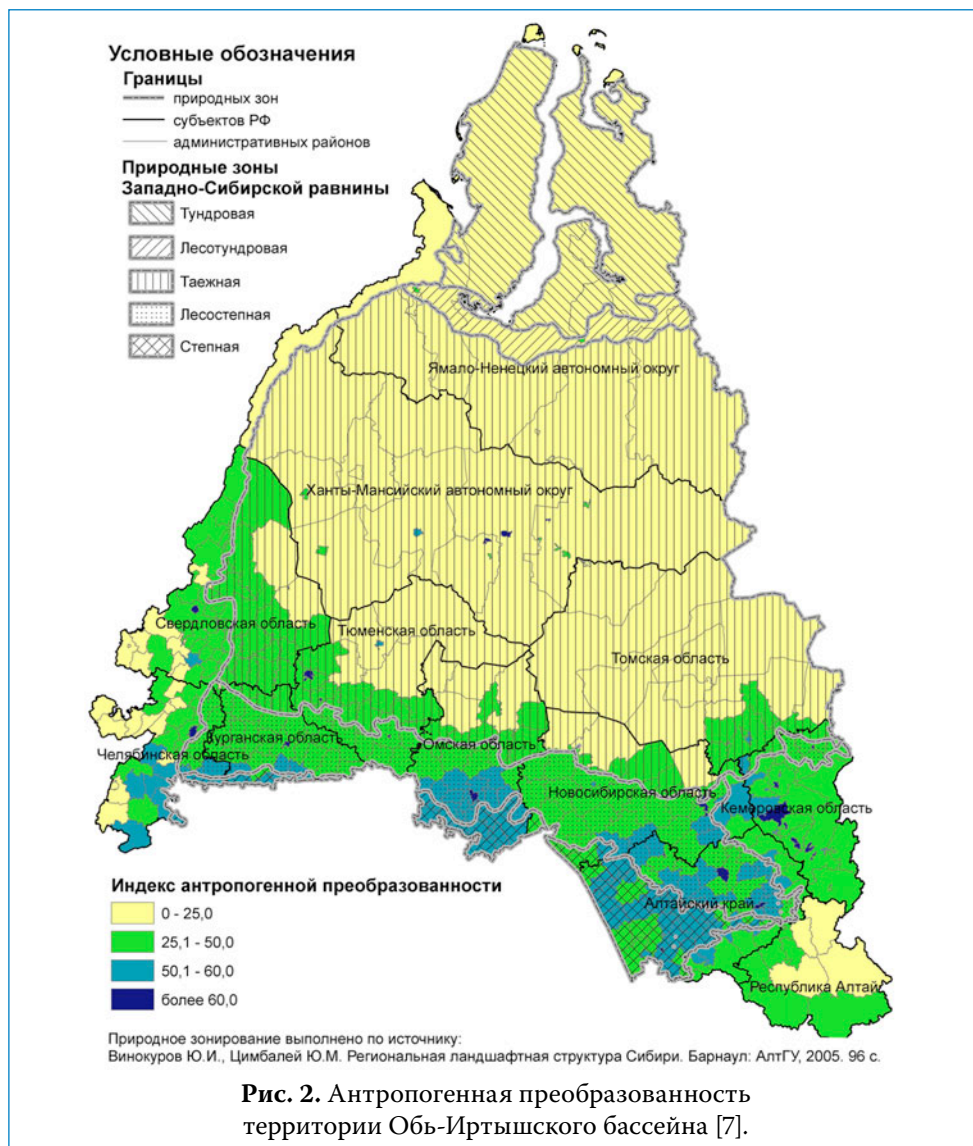
Анализ современной обеспеченности поверхностными водными ресурсами в расчете на одного жителя показал закономерное увеличение водообеспеченности с юга на север, по мере нарастания водности рек и увеличения увлажнения территории. Наиболее всего ресурсами поверхностных вод (свыше 1000 тыс. м³/чел. в год) обеспечены малообжитые северные территории, в т. ч. население в нижнем течении Иртыша и Оби, а также в бассейнах рек, впадающих в Обскую губу и Карское море. Менее обеспечено поверхностными водными ресурсами (5–50 тыс. м³/чел. в год) население основной полосы расселения, приуроченной к лесостепной и степной зонам. Это густо заселенные и интенсивно освоенные бассейны Чулыма и Томи, а также горно-таежный пояс Урала. Наименьшей водообеспеченностью отличаются территории области внутреннего стока и южная часть Уральского региона.

В целом, с учетом подземных вод, результаты оценки показывают, что в условиях катастрофически низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами (менее 1,0 тыс. м³/чел. в год) проживает около 130 тыс. чел., очень низкой потенциальной водообеспеченности (1–2 тыс. м³/чел. в год) – 1678 тыс. чел., низкой (2–5 тыс. м³/чел.) – 1477 тыс., что суммарно составляет около 15 % общей численности населения Обь-Иртышского бассейна.

Антропогенная преобразованность территории Обь-Иртышского бассейна

Антропогенная преобразованность территории оценена путем расчета индекса антропогенной преобразованности с использованием методики А.Г. Исаченко [6], которая основывается на расчете занятых различными модификациями ландшафтов площадей с использованием данных Росреестра по категориям земель и видам земельных угодий и отражает пространственную характеристику воздействия населения и хозяйственной деятельности на территорию водосборного бассейна и на водный объект. Наиболее высок индекс антропогенной преобразованности (рис. 2) в степных и южных лесостепных районах Обь-Иртышского бассейна (Алтайский край, юг Курганской, Новосибирской и Омской областей) с развитым сельским хозяйством и высокой распаханностью, а также в городских и пригородных районах, где индекс преобразованности достигает 60 % и более. Наиболее низкий – в северной части бассейна (таежной, лесотундровой и тундровой природных зонах, в ХМАО и ЯНАО, на севере Омской, Томской и Тюменской областей).

В горных регионах наблюдается ситуация двух типов. На Алтае, Салаире и Кузнецком Алатау антропогенная преобразованность невысока, основ-



ной вид использования территории – сенокосы и пастбища. Иная ситуация сложилась в регионах Зауралья и Кузнецкой котловине, отличающихся высоким удельным весом антропогенно-преобразованных и нарушенных земель, концентрацией предприятий горнодобывающего комплекса, формирующих территории и локусы экологического неблагополучия (территории крупных городов и промышленных узлов), в первую очередь нуждающиеся в санации и оздоровлении.

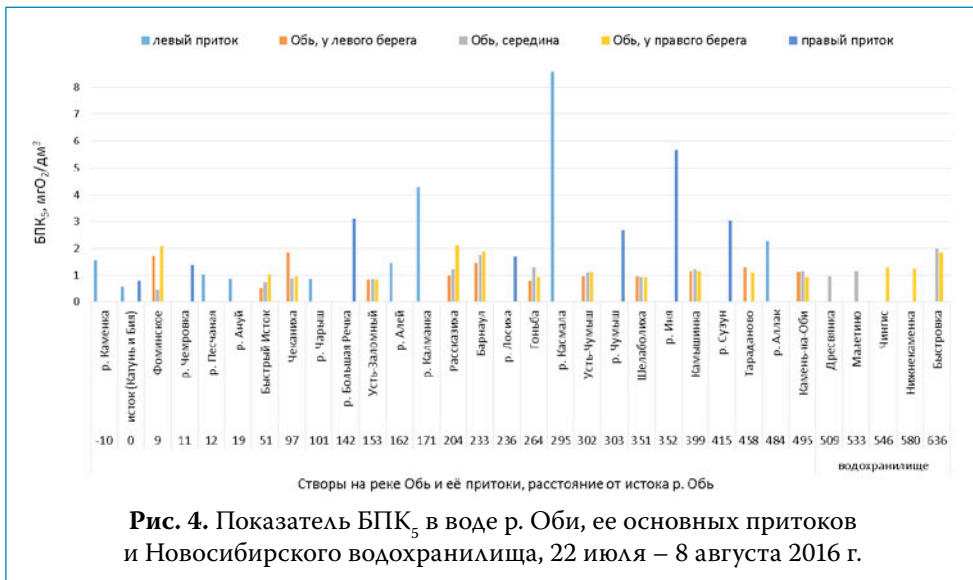
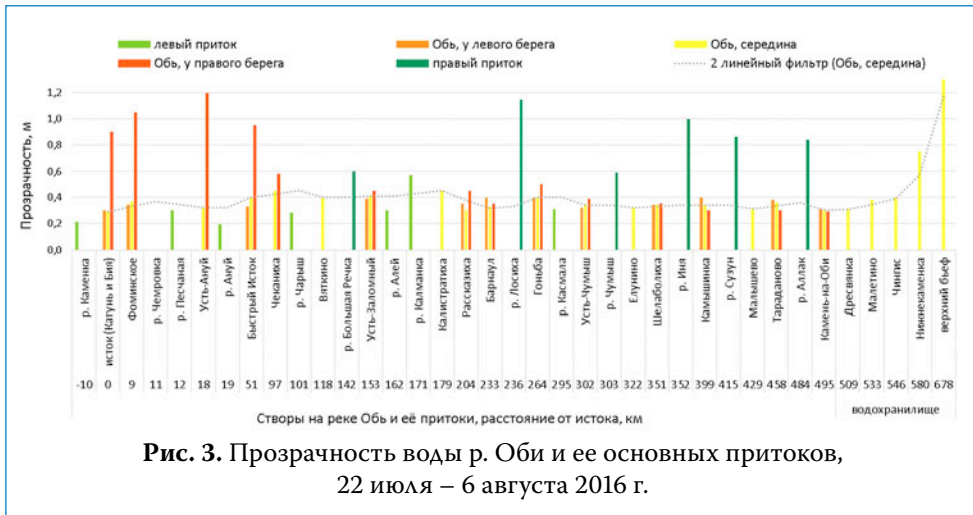
Трансграничный характер Иртыша и его притоков Ишима и Тобола также в значительной мере определяет экологическую ситуацию в Обь-Иртышском бассейне. Остаются нерешенными вопросы институционального регулирования водопользования в межнациональных и межрегиональных сегментах водохозяйственной системы бассейна. Не приняты согласованные лимиты вододеления, что особенно актуально в маловодные годы и сезоны; нет согласованных графиков попусков трансграничных вод с учетом безопасного функционирования ГТС и водохозяйственных систем; отсутствует или низка технологическая дисциплина водопользования на предприятиях – основных потребителях водных ресурсов и в жилищно-коммунальных хозяйствах крупных городов; велики потери водных ресурсов в открытых водоемах и каналах.

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО БАССЕЙНА

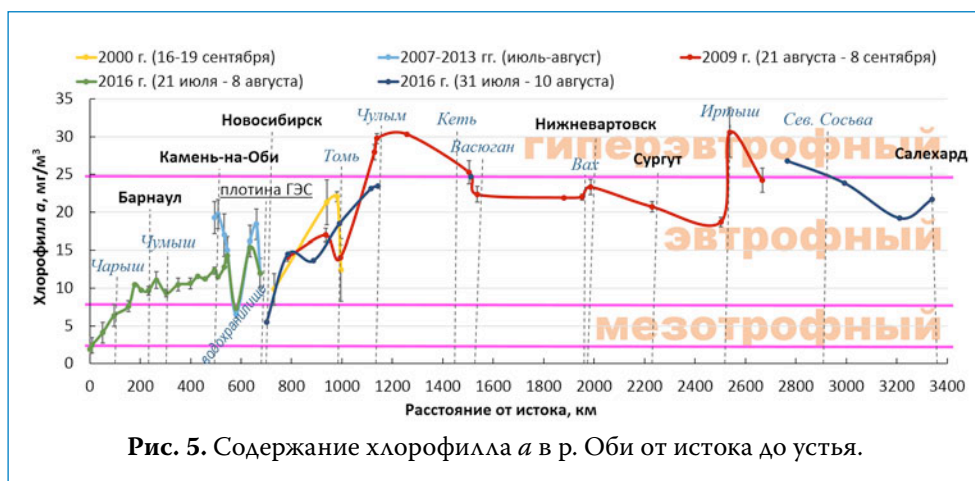
В соответствии с планом экспедиций на научно-исследовательских судах Федерального агентства научных организаций России на 2016 г., специалисты ИВЭП СО РАН впервые за последнее десятилетие выполнили комплексные экспедиционные водно-экологические исследования в бассейне р. Оби с использованием научного флота. Основной целью экспедиции было изучение пространственной неоднородности гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик речной системы Оби и связанных с ней крупных водоемов, а также характеристик стока и влияния поймы [8].

В 2016 г. на двух судах проведено три экспедиции на различных участках р. Оби (от г. Бийска до г. Салехарда) и Новосибирского водохранилища, а также пять экспедиций на Телецком озере. На р. Оби более подробно изучался ее верхний участок – от г. Бийска до г. Камня-на-Оби и Новосибирское водохранилище. Получен массив актуальных данных о характеристиках русла (плановая конфигурация, морфометрия) и гидравлических характеристиках речного потока (скорости течения, расходы воды, продольные уклоны водной поверхности, пропускная способность русловых разветвлений и пойменных протоков), собранный в рассредоточенных по протяжению русла реки опорных створах в целях уточнения одномерной горизонтальной компьютерной модели течений в системе русел Верхней Оби. Это необходимо для увеличения достоверности прогнозирования чрезвычайных гидрологических явлений. Получены актуальные гидрофизические, гидрохимические и гидробиологические данные для оценки современного экологического состояния Оби [9]. На рис. 3–5 приведены некоторые из этих показателей.

По многолетним данным выявлено, что разнообразие природных и антропогенных факторов обуславливает значительную вариабельность



содержания химических веществ в природных водах (от низкого до превышающего ПДК). По условиям самоочищения за счет разбавляющей способности, интенсивности трансформации загрязняющих веществ, температуры и цветности воды, уровня развития планктона и бентоса, а также по содержанию растворенного в воде кислорода, биогенных и органических веществ, результатам биоиндикации р. Обь в период открытой воды на всем протяжении характеризуется высокими потенциалом и интенсивностью самоочищения. Снижение интенсивности самоочищения



наблюдается в подледный период, особенно в условиях поступления вод с заболоченного водосбора на участке Средней Оби [10]. Содержание легкоокисляемых органических веществ (по БПК₅) в 2016 г. достигало наиболее высокого значения в устье притоков.

Максимальные уровни развития фитопланктона в р. Оби, как свидетельствует содержание хлорофилла *a*, отмечаются на участках ниже поступления стоков г. Новосибирска и ниже впадения р. Томь, а также ниже впадения крупнейших притоков – Чулыма и Иртыша. Минимумы наблюдаются в средней части зарегулированного участка реки, а также под влиянием притоков с заболоченными водосборами (Кеть, Васюган). В целом в Оби практически на всем протяжении поддерживается высокий уровень развития фитопланктона, что указывает на высокий трофический статус и способность реки к самоочищению.

В ходе выполнения на Телецком озере экспедиционных работ с использованием современного измерительного оборудования получены подробные гидрофизические, гидрологические и гидрохимические характеристики водоема и уточняющая информация о таксономическом составе, структуре и функционировании водных сообществ. По результатам гидрохимического и гидробиологического анализов дана оценка современного состояния экосистемы озера. Произведена биогеохимическая оценка почв Прителецкой тайги как важного фактора формирования качества воды, охарактеризованы макрокомпонентный и микроэлементный состав вод основных притоков озера. Установлено, что существенная часть металлов в поверхностных водах транспортируется в составе взвеси [11].

В связи с возросшим уровнем антропогенной нагрузки и изменениями климата для Телецкого озера специалистами ИВЭП СО РАН разработа-

на программа научных исследований по оценке и прогнозу состояния его уникальной экосистемы. В результате реализации программы планируется выполнить анализ современного состояния и перспектив развития водохозяйственного комплекса и экономики бассейна Телецкого озера, а также оценку современного состояния его экосистем и водосборного бассейна, спрогнозировать возможные изменения экологического состояния озера в связи с изменениями климата, увеличением антропогенной нагрузки и социально-экономическим развитием территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, обобщение материалов многолетних комплексных водно-экологических исследований ИВЭП СО РАН показало, что для территории Обь-Иртышского бассейна присущи такие проблемы и ситуации, как наводнения, подтопления, маловодья, негативные русловые и береговые процессы, загрязнение вод. Выявлена асимметрия водно-экологических проблем, когда для отдельных участков бассейна характерен дефицит водных ресурсов (Обь-Иртышское междуречье и некоторые небольшие, но хозяйственно-освоенные малые водосборы западной части бассейна), для других – при избытке водных ресурсов – актуальны регулярно повторяющиеся процессы весенних подтоплений и наводнений. В значительной мере экологическую ситуацию в Обь-Иртышском бассейне осложняет трансграничный характер Иртыша и его притоков – Ишима и Тобола.

Расчеты индекса антропогенной преобразованности территории бассейна показали, что наиболее высокий индекс характерен для степных и южных лесостепных районов, а в регионах Зауралья и Кузнецкой котловине имеются территории и локусы экологического неблагополучия. В северных районах бассейна, а также на Алтае, Салаире и Кузнецком Алатау уровень антропогенной преобразованности низкий. Наблюдения последних десятилетий свидетельствуют о том, что для различных участков бассейна характерны различные небольшие изменения водности, но общая водность бассейна практически не меняется. Отмечено небольшое снижение объемов водопотребления и водоотведения в регионах бассейна, что характерно и для других регионов России. В то же время анализ общей водообеспеченности населения Обь-Иртышского бассейна показал, что в настоящее время в условиях катастрофически низкой и очень низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами проживает более 1,6 млн человек.

Результаты экспедиционных исследований в 2016 г. подтвердили, что многолетнее функционирование в бассейне крупнейших в России нефте- и газодобывающих комплексов, горнорудных и промышленных предприятий привело к локальному загрязнению многих водных объектов, но значительный потенциал самоочищения крупных водотоков предотвращает негативное воздействие этих загрязнений на нижележащие участки бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современное состояние водных ресурсов и функционирование водохозяйственного комплекса бассейна Оби и Иртыша / Ю.И. Винокуров, А.В. Пузанов, Д.М. Безматерных и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 236 с.
2. Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Атавин А.А., Безматерных Д.М., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Папина Т.С., Ротанова И.Н., Цимбалей Ю.М. Научное обеспечение устойчивого функционирования водохозяйственного комплекса бассейнов крупных рек (на примере Обь-Иртышского бассейна) // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: матер. III Всерос. конф. с междунар. участием (Барнаул, 24–28 августа 2010 г.). Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. С. 504–507.
3. Винокуров Ю.И., Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Галахов В.П., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Папина Т.С., Цимбалей Ю.М. Проблемы формирования и рационального использования водных ресурсов Обь-Иртышского бассейна // XIV Съезд Русского географического общества (11–14 декабря 2010, г. Санкт-Петербург). Кн. 3. Климат, Мировой океан и воды суши. СПб., 2010. С. 135–138.
4. Пузанов А.В., Винокуров Ю.И., Безматерных Д.М., Атавин А.А., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Красноярова Б.А., Ловицкая О.В., Папина Т.С., Рыбкина И.Д. Водные ресурсы и водохозяйственный комплекс Обь-Иртышского бассейна // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: матер. междунар. науч.-практ. конф. Алматы, 2016. Т. 1. С. 388–394.
5. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Губарев М.С., Орлова Е.С., Седова Е.Ю. Особенности водопользования в регионах Обь-Иртышского бассейна // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 4 (43). С. 19–29.
6. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2003. 192 с.
7. Красноярова Б.А., Шарабарина С.Н., Гармс Е.О. Антропогенная преобразованность территории Обь-Иртышского бассейна: некоторые результаты оценки // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. 2016. № 1. С. 15–20.
8. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Кириллов В.В., Зиновьев А.Т., Рождественская Т.А., Котовицков А.В., Дьяченко А.В. Оценка современного экологического состояния реки Оби // Материалы IV Всерос. конф. с междунар. участием. (г. Иркутск, 18–21 апреля 2017 г.). Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. С. 49–51.
9. Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Зиновьев А.Т., Кириллов В.В., Котовицков А.В., Красноярова Б.А., Рыбкина И.Д., Дьяченко А.В. Современное состояние водных ресурсов и водохозяйственного комплекса Обь-Иртышского бассейна // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии: тр. III Всерос. науч. конф. с междунар. участ. (28 августа – 1 сентября 2017 г., Барнаул). Барнаул, 2017. Т. 1. С. 3–16.
10. Кириллов В.В., Безматерных Д.М., Яныгина Л.В., Третьякова Е.И., Кириллова Т.В., Котовицков А.В., Ермолаева Н.И. Факторы и показатели самоочищения реки

Оби // *Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: матер. III Всерос. конф. с междунар. участием* (Барнаул, 24–28 августа 2010 г.). Барнаул: Изд-во АРТ, 2010. С. 137–140.

11. *Пузанов А.В., Безматерных Д.М., Винокуров Ю.И., Кириллов В.В., Зиновьев А.Т.* Современное состояние, экологические проблемы и перспективы изучения Телецкого озера (Республика Алтай) // *Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы 1-й междунар. конф. (11–15 сентября 2017 г.)*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. С. 137–144.

Сведения об авторах:

Пузанов Александр Васильевич, д-р биол. наук, профессор, директор, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: puzanov@iwer.ru

Безматерных Дмитрий Михайлович, канд. биол. наук, доцент, заместитель директора по научной работе, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: bezmater@iwer.ru

Винокуров Юрий Иванович, д-р геогр. наук, профессор, лаборатория водных ресурсов и водопользования, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: vinokurov@iwer.ru

Зиновьев Александр Тимофеевич, д-р техн. наук, заведующий лабораторией гидрологии и геоинформатики, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: zinoviev@iwer.ru

Кириллов Владимир Викторович, канд. биол. наук, доцент, заведующий лабораторией водной экологии, «ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: vkirillov@iwer.ru

Красноярова Бэлла Александровна, д-р геогр. наук, профессор, заведующая лабораторией ландшафтно-водно-экологических исследований и природопользования, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: bella@iwer.ru

Рыбкина Ирина Дмитриевна, канд. геогр. наук, доцент, заведующая лабораторией водных ресурсов и водопользования, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: irina@iwer.ru

Котовщиков Антон Викторович, канд. биол. наук, научный сотрудник, лаборатория водной экологии, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: kotovschik@iwer.ru

Дьяченко Александр Владимирович, научный сотрудник, лаборатория гидрологии и геоинформатики, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук» (ИВЭП СО РАН), Россия, 656038, Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: dychenko@iwer.ru