

УДК 91:504

Л.В. ГОРБАТЕНКО

Геоэкологическая характеристика водопользования в трансграничном бассейне реки Амур: точечное загрязнение и качество вод

Проанализированы пространственная структура и динамика воздействия точечных источников сброса загрязняющих веществ на водотоки российской части бассейна Амура. Выполнена оценка динамики качества вод в главном русле р. Амур за 2005–2015 гг. на основе удельного комбинаторного индекса загрязненности воды. Количественно оценена связь улучшения качества вод у г. Хабаровск с изменением качества вод р. Сунгари.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, сточные воды, водопользователи, загрязняющие вещества, качество вод, трансграничный бассейн.

Geoeological assessment of water using in the transboundary Amur River basin: point pollution and water quality. L.V. GORBATENKO (Pacific Institute of Geography, FEB RAS, Vladivostok).

The spatial structure and dynamics of anthropogenic impact on watercourses of the Russian part of the Amur River basin from point sources have been analyzed. Assessment of water quality in the main course of the Amur River has been done using complex combinatorial index of water pollution for period 2005–2015. The connection of the improvement of water quality of the Amur River near Khabarovsk with the change of the water quality of the Songhua River has been revealed.

Key words: anthropogenic impact, sewage, water users, pollutants, water quality, transboundary basin.

Введение

Геоэкологическая характеристика водопользования включает различные оценки воздействия на водные ресурсы в процессе использования воды, а также последствий этого воздействия. В зависимости от видов (с забором воды и последующим ее отведением в водные объекты, с забором воды без ее отведения в водные объекты, без забора воды) и целей водопользования (снабжение водой населения, промышленности и сельского хозяйства, гидроэнергетика, рыбное хозяйство, лесосплав и т.д.) антропогенная нагрузка и ее последствия могут быть разными. В результате водопользования может, например, измениться гидрологический режим рек, ухудшиться качественный состав их вод, могут возникнуть или усилиться русловые деформации и т.д. В настоящей статье рассматривается водопользование с забором воды и последующим ее сбросом в водные объекты.

В последние 5–7 лет проводились оценки антропогенного воздействия на территорию ряда трансграничных бассейнов рек или их частей с использованием схожих методик,

ГОРБАТЕНКО Лариса Вячеславовна – главный специалист-гидролог (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). E-mail: glv@tig.dvo.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект RFMEFI61316X0060).

которые включали такие показатели водопользования, как объемы изъятия природных и сброса сточных вод, а также показатель водного стресса – отношение объема забора воды из поверхностных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Такие оценки выполнены для водосбора трансграничной р. Урал [10], российской части трансграничного бассейна р. Селенга [12], трансграничной р. Ишим [13]. С использованием этих показателей проведено зонирование по степени антропогенной нагрузки территорий трансграничных бассейнов рек Иртыш, Ишим и Тобол с учетом территории казахстанской части бассейна [11].

Подобные исследования водопользования как фактора воздействия на качество вод важны и для трансграничного бассейна р. Амур, особенностью которого является наличие в китайской его части самого крупного притока – р. Сунгари с водосбором площадью более 560 тыс. км², расположенным в основном в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь. Сунгари впадает в Амур чуть выше по течению от с. Ленинское на территории Еврейской автономной области РФ.

Вследствие достаточности водных ресурсов оценка водного стресса для территории бассейна р. Амур представляется неактуальной, а внимание, на наш взгляд, следует обратить на водопользование как фактор формирования качественного состава природных вод, в том числе трансграничных рек Аргунь и Амур. Актуальность такого подхода обусловлена ролью поверхностных вод в водоснабжении населения и хозяйственного комплекса, влиянием их качества на биоразнообразие водных, водно-болотных и прибрежно-морских экосистем. В российской части бассейна р. Амур водоснабжение населения и хозяйства осуществляется преимущественно из поверхностных водоисточников: его доля составляет до 88 % общего объема забора воды. На территории бассейна находятся уникальные природные комплексы, в том числе охраняемые Рамсарской конвенцией водно-болотные угодья, места обитания реликтовых видов животных и растений. Для бассейна характерно большое разнообразие ихтиофауны и рыбных ресурсов, которые зависят от качества вод. Сток р. Амур влияет и на экосистемы Амурского лимана и прилегающие акватории Охотского и Японского морей [2].

Цель настоящего исследования – изучить пространственную структуру и динамику загрязняющего эффекта водопользования от точечных источников и оценить влияние его на качественное состояние водотоков бассейна.

Материалы и методы

Пространственно-временная оценка загрязняющего эффекта водопользования в трансграничном бассейне р. Амур проводится в контексте методологического подхода к изучению взаимодействия в системе «общество–природа», обоснованного в работе [9] и описываемого цепочкой «воздействие–изменение–последствия». Для этого крупного географического объекта предпринята попытка на мелкомасштабном уровне выявить закономерности влияния сброса загрязняющих веществ (ЗВ) на качество вод реки.

Методические аспекты общей комплексной оценки воздействия на водные ресурсы, в частности в процессе водопользования, были подробно проанализированы в работе [1], там же приведен опыт районирования нагрузки на водные ресурсы с использованием различных показателей. При выборе параметров загрязняющего эффекта водопользования следует понимать, что оценки, основанные на показателях объемов сброса сточных вод, доли загрязненных сточных вод в общем объеме сбрасываемых являются косвенными показателями воздействия, суть же этого воздействия заключается в привнесении загрязняющих веществ в водные объекты. Поэтому для оценки загрязняющего эффекта нами использованы данные о сбросе загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты бассейна (точечные источники сброса) в разрезе административных районов (городских округов). Для оценки пространственной дифференциации воздействия на российской

территории бассейна привлекались также показатели структуры водопотребления по видам нужд. Динамика объемов ЗВ оценивалась с использованием данных по субъектам Российской Федерации, расположенным на территории бассейна, за период 2007–2015 гг. Изменение водной среды на фоне воздействия изучалось по динамике качества вод в р. Аргунь и главном русле Амура на всем его протяжении, включая трансграничный участок, с использованием удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ), рассчитываемого по данным государственного мониторинга природных вод. Учитывались также данные о сбросе ЗВ в китайской части бассейна с территорий провинций Хэйлуцзян и Цзилинь. С помощью статистических методов проанализирована связь качества вод р. Амур у г. Хабаровск с качеством вод р. Сунгари – главного китайского притока Амура.

Источниками данных послужили сведения, полученные от водопользователей органами статистики по форме 2-ТП (водхоз), и ежегодные информационные бюллетени о состоянии поверхностных водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории зоны деятельности Амурского бассейнового водного управления за 2010–2015 гг. (<http://www.amurbvu.ru>).

Обсуждение результатов

На территории бассейна р. Амур наибольшее количество воды расходуется на производственные нужды, но пространственная структура водопотребления неоднородна. В административных районах, где развиты добывающие отрасли (добыча угля, золота, металлических руд), имеются предприятия энергетической отрасли (ГЭС, ГРЭС и т.д.), преобладает водопотребление на производственные нужды (рис. 1). В тех районах, где промышленное производство представлено отдельными небольшими предприятиями пищевой и строительной индустрии, речная вода используется преимущественно на хозяйственно-питьевые нужды. Отдельную группу с преобладанием водопотребления на нужды сельского хозяйства образуют рисосеющие районы Приморского края и Еврейской автономной области с развитым орошением, а также районы Агинско-Бурятского автономного округа.

Суммарные объемы сброса ЗВ в зависимости от административного района на российской территории бассейна р. Амур различаются в тысячи раз – от менее 1 до более 1000 т/год (рис. 2). Максимальный сброс ЗВ фиксируется в Октябрьском районе Амурской области (1,66 тыс. т/год), где расположен разрез Еркевецкий (объемы добычи угля 2 млн т/год), и в Улетовском районе Забайкальского края (2,7 тыс. т/год), где также ведется добыча угля (более 1 млн т/год).

В общем объеме сброса ЗВ преобладают взвешенные вещества, сульфаты и хлориды, а сброс металлов, в том числе тяжелых, незначителен. При этом именно металлы представляют серьезную угрозу здоровью человека и состоянию водных экосистем. Учесть влияние этих и других вредных веществ (СПАВ, нефтепродуктов, фенолов) на природные воды позволяет индекс загрязнения стоков (ИЗС), ранее уже использовавшийся для оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы Дальнего Востока [16]. ИЗС – интегральный показатель, определяющий объем воды, требуемой для разбавления сточных вод до уровня ПДК рыбохозяйственных водоемов. В отличие от суммарного объема ЗВ, этот показатель учитывает класс опасности загрязняющего вещества. Очень близким к нему является индекс антропогенной нагрузки (ИАН), введенный ГОСТом Р 57075-2016 в качестве одного из критериев идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности [5]. ИАН характеризует требуемое количество условного объема разбавляющей воды в единицу времени, которое позволяет соблюдать целевые показатели качества воды водного объекта.

На рис. 3 показана территориальная дифференциация объемов сброса ЗВ в водотоки бассейна Амура с использованием показателя ИЗС. Наибольшие объемы воды для

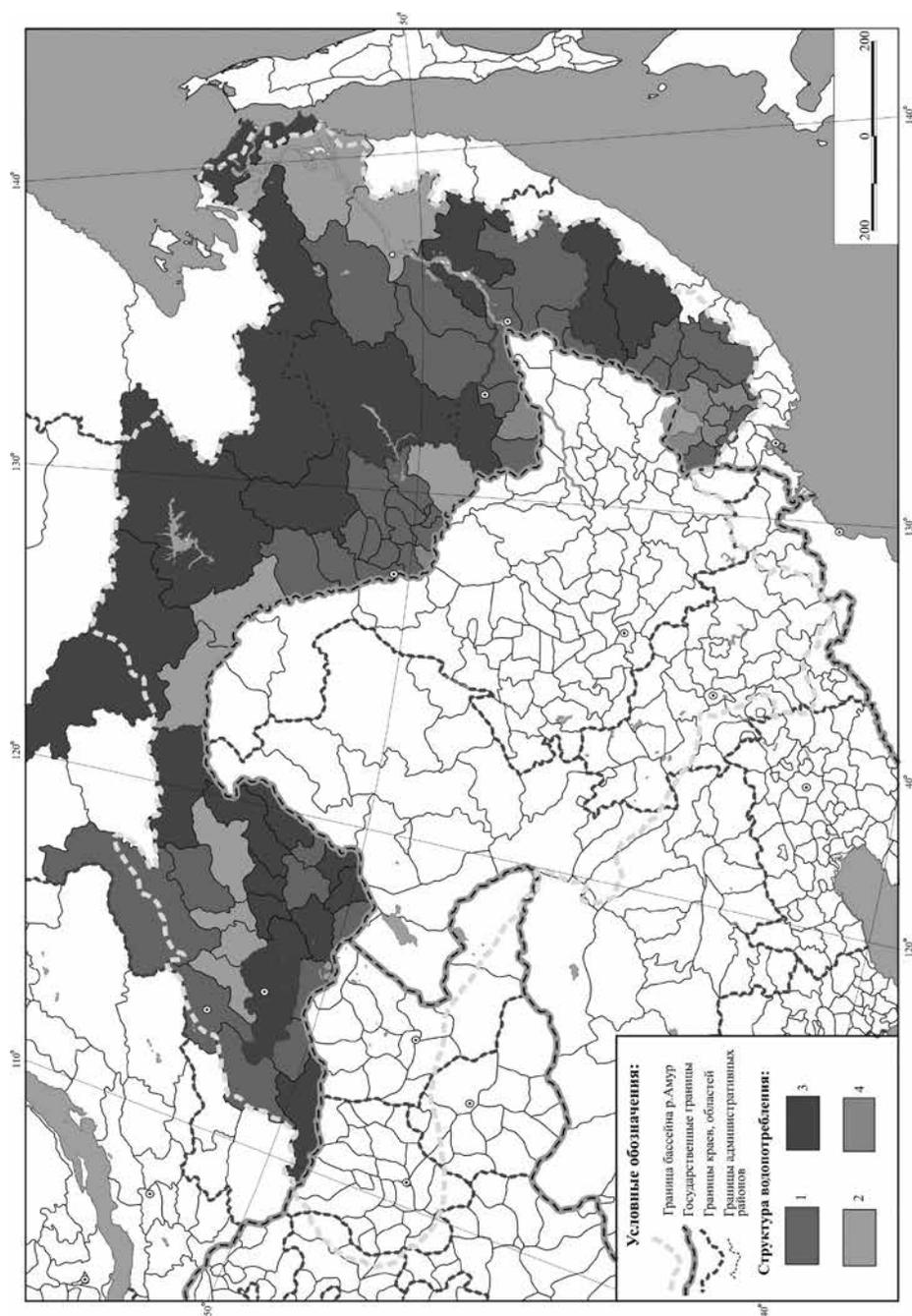


Рис. 1. Структура водопотребления в бассейне р. Амур в разрезе административных районов: 1 – преобладают хозяйственно-питьевые нужды; 2 – сочетаются в равных долях хозяйственно-питьевые и производственные нужды; 3 – преобладают производственные нужды; 4, 4а – преобладают сельскохозяйственные нужды

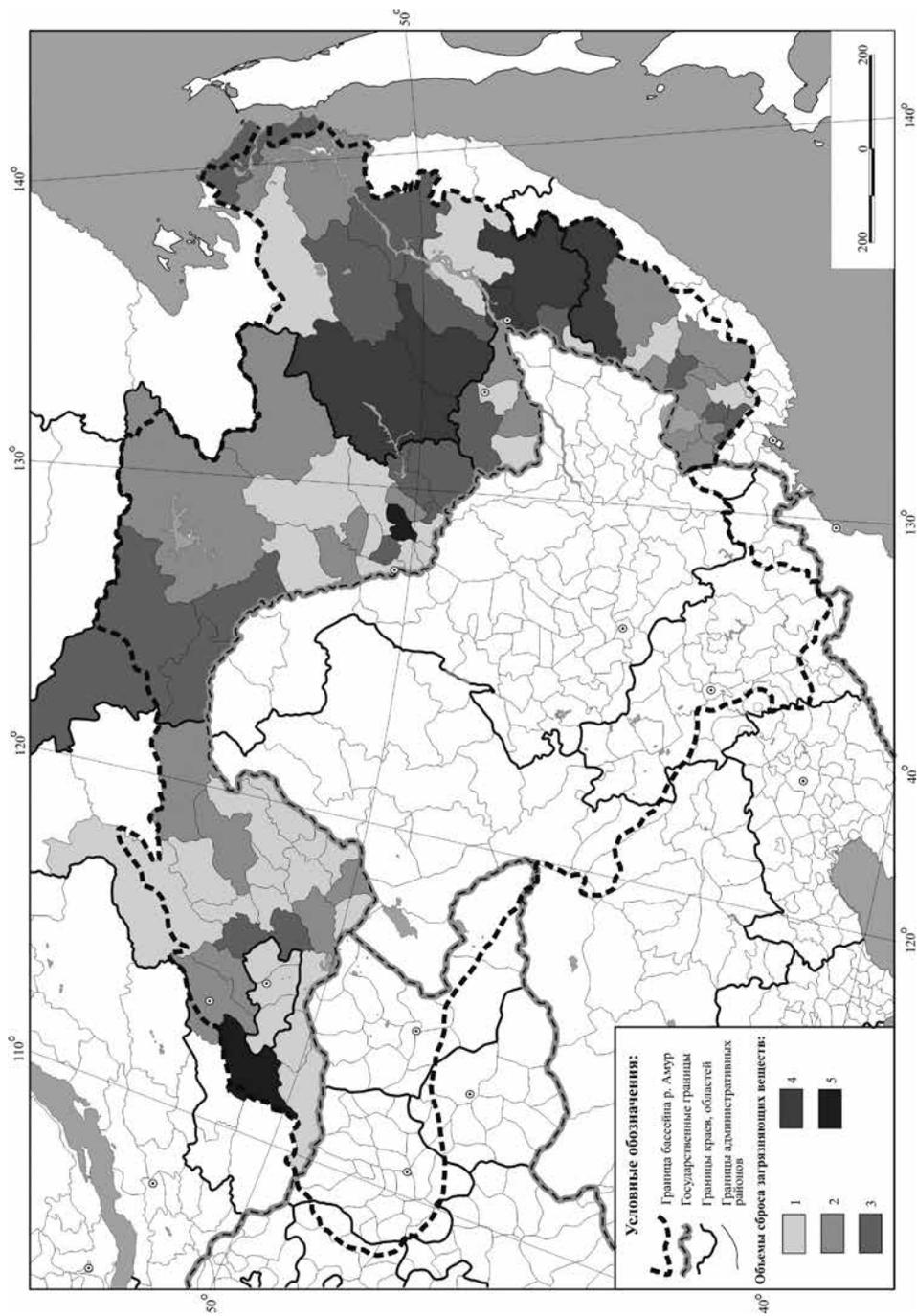


Рис. 2. Объемы сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в бассейне р. Амур в разрезе административных районов (т/год): 1 – до 10; 2 – от 10 до 100; 3 – от 100 до 500; 4 – от 500 до 1000; 5 – более 1000

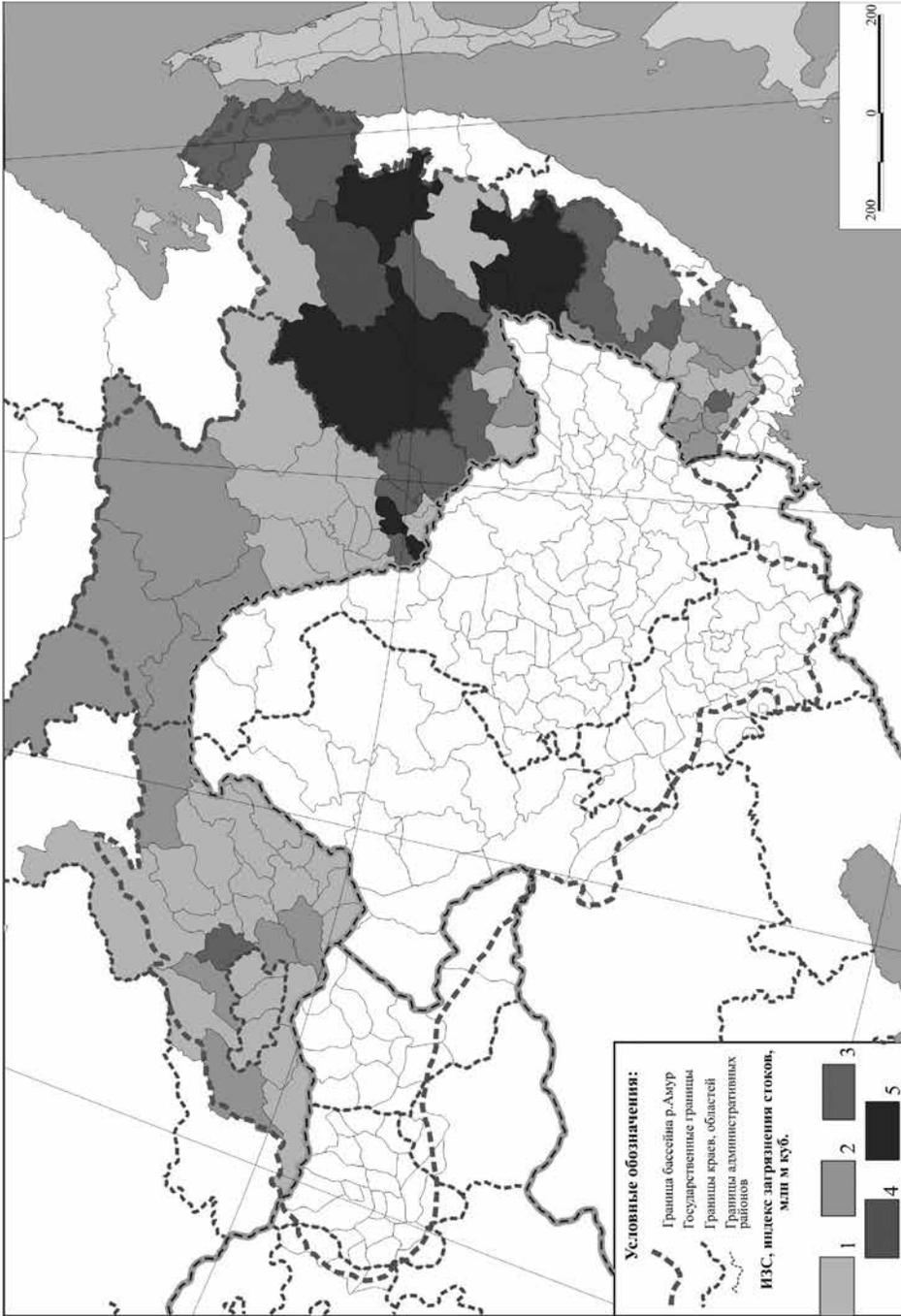


Рис. 3. Индекс загрязнения стоков вод в бассейне р. Амур в разрезе административных районов (млн м³/год): 1 – до 10; 2 – от 10 до 100; 3 – от 100 до 500; 4 – от 500 до 1000; 5 – более 1000

разбавления ЗВ в сточных водах требуются в крупных городах, а также в Верхнебуреинском, Хабаровском, им. Лазо, Комсомольском районах Хабаровского края. Как и в случае использования показателя суммарных сбросов ЗВ, в Амурской области по индексу загрязнения стоков выделяется Октябрьский район.

Обе картосхемы (рис. 2 и 3) дополняют друг друга

и в совокупности дают представление о территориальной структуре воздействия объемов сброса ЗВ на водотоки бассейна Амура. Динамика объемов ЗВ, сбрасываемых со сточными водами в субъектах Российской Федерации, расположенных на территории бассейна р. Амур, представлена на рис. 4. Наименьшие объемы характерны для ЕАО, наибольшие – для Хабаровского края. Тенденции изменений объемов ЗВ различаются в зависимости от субъекта Российской Федерации: за 2007–2015 гг. объемы ЗВ снизились в Хабаровском крае и Амурской области, увеличились в Забайкальском крае¹, суммарный объем сброса ЗВ в российской части бассейна уменьшился с 51,5 тыс. т в 2007 г. до 44,9 тыс. т в 2015 г.

Загрязняющие вещества в составе сточных вод попадают по притокам или непосредственно в главное русло, в определенной степени оказывая влияние на качественный состав его вод.

Анализ динамики качества вод в главном русле р. Амур от с. Черняево до Николаевскана-Амуре за период 2005–2015 гг. показывает, что качество вод по УКИЗВ в этих створах улучшилось. В 2007 г. загрязнение было приблизительно равномерным и высоким по всей протяженности реки. После 2009 г. от с. Черняево включительно и ниже по течению УКИЗВ становятся менее 4, а с 2011 г. наблюдается еще более значительное по сравнению с 2007 г. снижение уровня загрязнения. Наиболее последовательно снижался индекс загрязнения вод у г. Хабаровск – с 4,75 в 2005 г. до 2,57 в 2015 г. Динамика УКИЗВ в пунктах наблюдений у с. Черняево и г. Благовещенск практически синхронна, и для этих створов характерно ухудшение качества вод в 2013 и 2015 гг. в сравнении с предшествующими годами (рис. 5). Это может быть связано с повышенной водностью в указанные годы, вследствие чего, возможно, увеличилась роль рассредоточенных источников в формировании загрязнения – распаханых земель, территорий, пройденных пожарами, с которых смывается огромное количество ЗВ. Качество вод р. Аргунь в период с 2007 по 2013 г. не улучшилось.

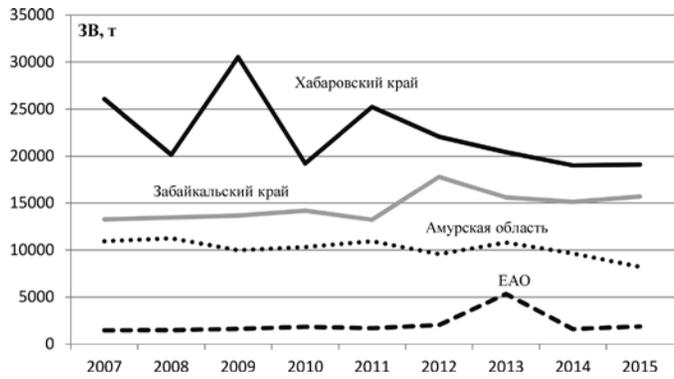


Рис. 4. Динамика сброса ЗВ по субъектам РФ в бассейне р. Амур

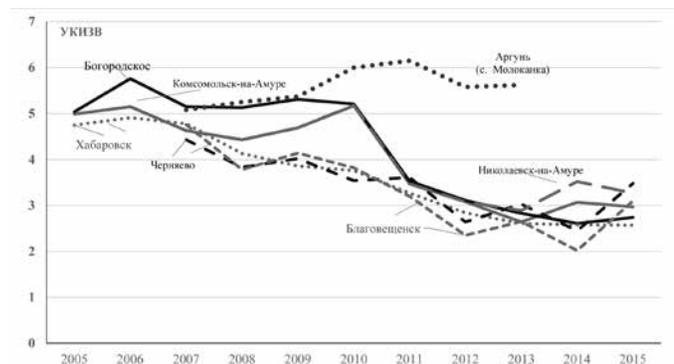


Рис. 5. Динамика качества вод в р. Аргунь и главном русле р. Амур по УКИЗВ. Составлено по данным информационных бюллетеней Амурского бассейнового водного управления

¹ По Приморскому краю данные не приводятся, так как они включают не весь перечень анализируемых ЗВ. Кроме того, водопользователи-загрязнители в крае в большинстве своем находятся за пределами бассейна Амура.

В условиях, когда отсутствуют наблюдения за качеством воды в створах в главном русле Амура на границах между соседними субъектами РФ, а данные о динамике загрязнения имеются только в целом по субъектам, нет возможности определить, каким образом влияют объемы ЗВ на качество вод в главном русле р. Амур в створах с. Черняево, г. Благовещенск, а также на качество вод р. Аргунь в створах сел Олочи и Молоканка. Кроме того, общий объем ЗВ, сбрасываемых в водотоки, незначителен в сравнении с разбавляющей способностью водотока.

Исключение составляет створ г. Хабаровск, замыкающий часть водосбора, находящегося на территории Забайкальского края, Амурской области и ЕАО. Но положительная корреляция между суммарным объемом ЗВ, сброшенных выше по течению, и индексами загрязнения отсутствует: коэффициент корреляции (Пирсона) между УКИЗВ в р. Амур у г. Хабаровск и общей суммой ЗВ в составе сточных вод с территорий Забайкальского края, Амурской области и ЕАО составляет $-0,50$, коэффициент корреляции УКИЗВ с суммой ЗВ в ЕАО $-0,45$, коэффициенты детерминации равны $0,25$ и $0,20$ соответственно.

Учитывая интенсивность водопользования и огромные объемы ЗВ, сбрасываемых в водотоки в китайской части бассейна р. Амур [3, 4], логично предположить, что снижение индексов загрязнения вод у г. Хабаровск обусловлено улучшением качества вод в бассейне р. Сунгари, доля стока которой в общем стоке Амура в среднем по году составляет около 30 %.

Ранее неоднократно отмечалось, что р. Сунгари существенно влияет на загрязнение воды в Амуре различными веществами, при этом трансграничное загрязнение вод проявляется ниже места впадения Сунгари во все фазы водного режима [6, 14, 15]. В частности, отмечено, что в период открытого русла содержание тяжелых металлов, хлорорганических соединений и других химических веществ повышается в водах у правого берега или на середине реки [8]. Во время мониторинга последствий техногенной аварии в г. Цзилинь в период ледостава 2005–2006 гг. нитробензол, поступивший с водами Сунгари, был зарегистрирован в районе г. Комсомольск-на-Амуре [7].

По данным Министерства окружающей среды КНР, с 2005 г. качество вод в водотоках бассейна р. Сунгари постепенно улучшается: воды все большей части водотоков бассейна соответствуют питьевому качеству – классам I–III (см. таблицу).

Качество воды в бассейне р. Сунгари (% участков водотоков, соответствующих классам качества)

Год	Классы качества вод					
	I	II	III	IV	V	Хуже V
2005	0	5,0	19,0	45,0	12,0	19,0
2006	0	3,0	21,0	48,0	7,0	21,0
2007	2,4	7,1	14,3	52,4	4,8	19,0
2008	0	0	33,3	45,2	7,2	14,3
2009	0	0	40,5	47,6	2,4	9,5
2010	0,5	8,4	41,9	21,2	8,8	19,2
2011	0	19,2	46,8	30,2	0	3,8
2012	0	26,9	65,3	3,9	3,9	0
2013	0	20,6	52,9	26,5	0	0
2014	0	6,9	55,2	28,7	4,6	4,6
2015	0	8,8	64,7	11,8	5,9	8,8

Примечание. Составлено по данным Министерства окружающей среды КНР. – www.mep.gov.cn (дата обращения: 17.03.2017).

Соотношение между долей водотоков в бассейне р. Сунгари с III (питьевым) классом качества вод и значениями УКИЗВ р. Амур в створе у г. Хабаровск характеризуется высоким коэффициентом детерминации (R^2) – 0,92 (рис. 6). Несмотря на незначительный размер выборки оценки параметров уравнения линейной регрессии являются статистически значимыми, а их стандартные ошибки незначительны.

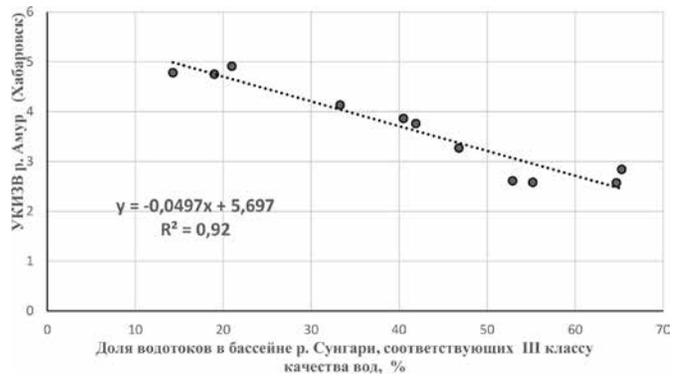


Рис. 6. Зависимость качества вод р. Амур у г. Хабаровск от качества вод р. Сунгари

Зависимость между долей водотоков в бассейне р. Сунгари, соответствующих III классу качества вод, и УКИЗВ в створе у Комсомольска-на-Амуре и Николаевска-на-Амуре слабее: коэффициенты детерминации, определяющие долю изменчивости качества вод в этих створах состоянием вод р. Сунгари, равны соответственно 0,55 и 0,53. Вероятно, это указывает на ослабление влияния р. Сунгари на качество вод Амура ниже по течению от г. Хабаровск.

Улучшение качества вод в бассейне Сунгари обусловлено усилением национального экологического контроля со стороны КНР. Известно, что к 2000 г. водная среда в Китае достигла состояния беспрецедентного загрязнения: более 60 % водотоков в бассейнах крупных рек, в том числе Сунгари, имели категорию загрязнения IV или хуже [17]. В период 10-й пятилетки (2001–2005 гг.) в КНР были введены существенные поправки в систему стандартов сброса сточных вод. В течение 11-й пятилетки (2006–2010 гг.) внесены поправки к 100 национальным законам и внедрено более 1000 стандартов, касающихся охраны окружающей среды. К 2010 г. в стране насчитывалось 36 национальных норм сброса загрязнителей воды, также были улучшены субнациональные стандарты. За период 12-й пятилетки (2011–2015 гг.) КНР предприняла ряд дополнительных мер в области безопасности водных ресурсов: в 2011 г. опубликован документ ЦК КПК, который поставил водную безопасность на первое место в политической повестке дня; в 2012 г. введен термин «экологическая цивилизация» и разработана политика «трех красных линий» с целевыми показателями в области качества вод; в 2014 г. ужесточен Закон об охране окружающей среды; в 2015 г. для достижения целевых ориентиров «трех красных линий» принят «План действий по предупреждению и контролю загрязнения вод»; в 2016 г. введены поправки в Закон о воде. Принятые поправки к законодательству содержат жесткие требования к загрязнителям водной среды, при несоблюдении этих требований предприятия могут быть подвергнуты принудительной ликвидации.

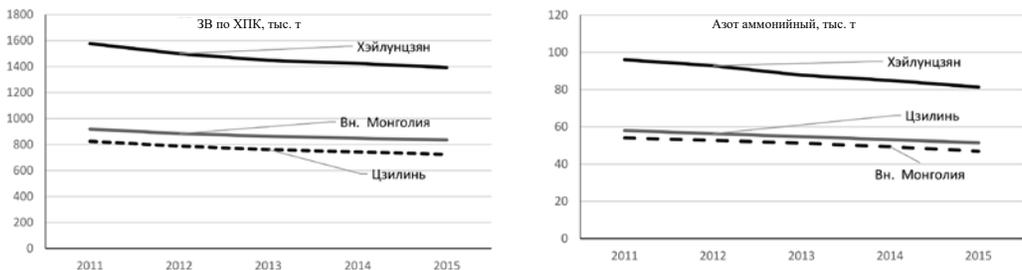


Рис. 7. Сброс отдельных ЗВ в китайской части бассейна р. Амур. Составлено по данным Бюро статистики КНР. – www.stats.gov.cn (дата обращения: 17.03.2017)

В результате предпринимаемых мер сброс загрязняющих веществ в составе сточных вод в р. Сунгари постепенно снижается. В частности, в провинциях Хэйлунцзян и Цзилинь, которые расположены на территории бассейна Сунгари, с 2011 по 2015 г. объемы ЗВ по ХПК (химическому потреблению кислорода) снизились с 2401 до 2117 тыс. т, азота аммонийного – с 154 до 133 тыс. т (рис. 7), нефтепродуктов – с 1540 до 495 т, фенолов – с 30,4 до 6,5 т, свинца – с 306 до 250 т, кадмия – с 40,9 до 38 т.

Следует ожидать, что и в дальнейшем качество вод в китайской части бассейна р. Амур будет улучшаться, что положительно скажется на качестве воды в главном русле реки в ее верхнем и среднем течениях, а также в реках Аргунь и Уссури. Согласно планам КНР к 2020 г. более 70 % водотоков в бассейнах семи крупных рек (Янцзы, Желтая, Жемчужная, Сунгари, Хуай, Хай и Ляохэ) и более 93 % источников питьевой воды в городах должны достигнуть III класса качества вод, а доля загрязненных подземных вод должна снизиться до 15 %. Для этого предусмотрено применение целевых показателей эффективности использования водных ресурсов, рыночных механизмов, таких как реформа тарифов на воду, кредитование и экологические компенсации.

Выводы

Оценка водопользования в трансграничном бассейне р. Амур на мелкокомасштабном уровне позволила выявить следующие общие закономерности пространственного распределения антропогенной нагрузки от точечных источников сброса ЗВ на водотоки и ее влияния на качество вод.

Территориальная дифференциация воздействия на водные объекты российской части бассейна р. Амур в целом отражает особенности размещения предприятий-загрязнителей и населения. Наибольшие объемы сброса загрязняющих веществ наблюдаются в крупных городах, где вода используется преимущественно на производственные нужды, а также в административных районах, где развита добыча полезных ископаемых.

В период 2005–2015 гг. качество вод главного русла р. Амур с российской стороны, в отличие от р. Аргунь, в целом улучшилось. Это улучшение наиболее выражено у г. Хабаровск. Согласно проведенной оценке оно не связано со снижением суммарных сбросов загрязняющих веществ в российской части водосбора выше по течению, а зависит от качества вод р. Сунгари, которое, по данным государственной статистики КНР, постепенно улучшается. С использованием методов статистического анализа получена количественная оценка этой зависимости. Ниже по течению р. Амур, как свидетельствует статистический анализ, влияние р. Сунгари ослабевает.

Отмечается синхронность динамики индексов загрязнения вод для пунктов наблюдений у с. Черняево и г. Благовещенск, а также Комсомольска-на-Амуре и Николаевска-на-Амуре, что обусловлено, видимо, схожими факторами формирования качества вод.

Полученные результаты могут быть использованы для анализа и прогнозирования общей экологической ситуации в бассейне р. Амур, при разработке экологических программ в субъектах Российской Федерации, а также при составлении схемы комплексного использования и охраны водных объектов бассейна. Кроме того, эти результаты могут служить информационной поддержкой работы совместной Российско-Китайской комиссии по рациональному использованию и охране вод трансграничных рек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия / отв. редактор Н.И. Коронкевич, И.С. Зайцева. М.: Наука, 2003. 367 с.
2. Воронов Б.А., Махинов А.Н. Современное состояние водных ресурсов Дальнего Востока и их антропогенное преобразование // 100-летие Камчатской экспедиции Русского географического общества 1908–1910 гг.: материалы Всерос. науч. конф. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2008. С. 54–63.

3. Говорушко С.М., Горбатенко Л.В. Трансграничное водопользование в бассейне р. Амур // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 2. С. 74–83.
4. Горбатенко Л.В. Водопользование в трансграничном бассейне реки Амур // География и природ. ресурсы. 2016. № 2. С. 27–35.
5. ГОСТ Р 57075-2016. Методология и критерии идентификации наилучших доступных технологий водохозяйственной деятельности. – <http://protect.gost.ru/v.aspx?control=8&baseC=6&page=6&month=10&year=2016&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=197009> (дата обращения: 04.09.2017).
6. Дугина И.О. К вопросу об увеличении мутности Амура у Хабаровска летом 1998 года // Амур на рубеже веков. Ресурсы, проблемы, перспективы: материалы Междунар. науч. конф. Хабаровск: ИВЭП ДВО РАН, 1999. Ч. 1. С. 28–30.
7. Кондратьева Л.М., Андреева Д.В., Голубева Е.М. Влияние крупных притоков на биогеохимические процессы в реке Амур // География и природ. ресурсы. 2013. № 2. С. 36–43.
8. Махинов А.Н. Трансграничные экологические проблемы в среднем и нижнем течении реки Амур // Социально-эколого-экономические проблемы развития приграничных регионов России–Китая–Монголии: материалы науч.-практ. конф. Чита: Экспресс-издательство, 2010. С. 67–72.
9. Оценка влияния хозяйства на природу. Воздействие–изменения–последствия. Т. 1. Брно: Типогр. Ин-та географии ЧСАН, 1985. 377 с.
10. Сивохиц Ж.Т., Павлейчик В.М., Чибилев А.А., Падалко Ю.А. Проблемы устойчивого водопользования в трансграничном бассейне реки Урал // Водные ресурсы. 2017. Т. 44, № 4. С. 504–516.
11. Стоянцева Н.В., Рыбкина И.Д. Оценка антропогенной нагрузки на водосборную территорию и водные объекты трансграничного бассейна р. Иртыш // Ползуновский вестн. 2011. № 4-2. С. 98–102.
12. Ульзетуева И.Д., Гомбоев Б.О., Жамьянов Д.Ц.-Д., Молотов В.С. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бассейна трансграничной реки Селенги (российская часть) // Вестн. Бурят. гос. ун-та. 2015. № 4. Биология. География. С. 68–75.
13. Фролова Н.Л., Ивановская В.В. Особенности водопользования в условиях дефицита водных ресурсов (на примере реки Ишим) // Водн. хоз-во России. 2015. № 2. С. 4–19.
14. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Пространственная и сезонная изменчивость химического состава воды среднего Амура // Водн. хоз-во России. 2012. № 5. С. 18–28.
15. Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М. Трансграничное загрязнение Амура // Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: материалы III Всерос. конф. с междунар. участием, Барнаул, 24–28 авг. 2010 г. Барнаул: АРТ, 2010. С.308–311.
16. Яковлева Л.М., На Юн За Ю.Б. Территориальная оценка водноресурсного потенциала. Разноуровневый анализ. Владивосток: Дальнаука, 1999. 121 с.
17. Water security in the People’s Republic of China: The 13-th Five-Year Plan (2016–2020) and beyond. Mandaluyong City, Philippines: Asian Development Bank, 2016. – www.adb.org (дата обращения: 19.01.2017).