

Л.В. ГОРБАТЕНКО

Состояние водопользования и качество водной среды в бассейне озера Ханка

Для отдельных муниципальных территорий, расположенных в бассейне оз. Ханка, проведена комплексная оценка водопользования, в том числе точечных сбросов загрязняющих веществ предприятиями-водопользователями. Описан состав этих сбросов с указанием характерных для каждой территории и производственной отрасли загрязняющих веществ. Установлены водотоки с наибольшими объемами сбросов. Показано, что самыми загрязненными на протяжении многих лет являются небольшие реки с низкой самоочищающей способностью. Анализируются современные и ретроспективные особенности качественного состава речных вод бассейна в целом, приводится оценка динамики качества отдельных водотоков по удельным комбинаторным индексам загрязнения вод (УКИЗВ).

Ключевые слова: озеро Ханка, водопользование, загрязняющие вещества, водоемкие отрасли, эффективность очистки, индекс загрязнения стоков, самоочищающая способность, качество вод, предельно допустимые концентрации, хозяйственная деятельность.

Status of water use and water quality in the Khanka Lake basin. L.V. GORBATENKO (Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok).

At the level of municipal territories a comprehensive assessment of water use in the Khanka Lake basin, including point sources of polluting substances discharge by water use industrial enterprises, has been conducted. The composition of sewage with an indication of distinctive pollutants for every territory and industrial sector is analyzed. Watercourses for which the volumes of pollutants discharges are the largest are identified. The most polluted of them over the many years are shown to be the small rivers with low self-cleaning capability. The modern and retrospective features of the river water quality in the Khanka Lake basin are analyzed, and the dynamics of the quality of some watercourses using calculated pollution indices is estimated.

Key words: Khanka Lake, water use, polluting substances, water-intensive industries, sewage treatment efficiency, sewage pollution index, river's self-cleaning ability, water quality, permissible concentrations, human activity.

Водная среда испытывает воздействие различных видов деятельности человека, ухудшающих ее природное качество. Между тем состояние этой среды влияет на здоровье населения, использующего воду в питьевых и хозяйственно-бытовых целях, сказывается на биоразнообразии водных экосистем, а также возможностях экологически чистого сельскохозяйственного производства в зонах, где вода применяется для орошения.

В процессе водопользования и хозяйственной деятельности происходит сброс загрязняющих веществ в водотоки. Оценка водопользования с точки зрения его воздействия на водную среду важна для любых территорий, в том числе тех, где имеются уникальные природные объекты и комплексы.

ГОРБАТЕНКО Лариса Вячеславовна – исполняющая обязанности научного сотрудника (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток). E-mail: glv@tig.dvo.ru

Работа выполнена в рамках проекта по Программе «Дальний Восток» 18-5-019 «Природные и техногенные экстремальные процессы в трансграничных бассейнах крупных рек: риски, методы оценки последствий и условий их минимизации (на примере бассейна Амура)».

Ханка – самое крупное озеро в Приморском крае. На территории его бассейна расположены водно-болотные угодья, которые с 1971 г. находятся под защитой международной Рамсарской конвенции (https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/waterfowl.shtml). Здесь охраняются виды птиц, включенные в Красные книги РФ и МСОП (Международного союза охраны природы). В 1990 г. в бассейне создан государственный природный заповедник «Ханкайский», с 2005 г. имеющий статус биосферного, целью которого является охрана большого биоразнообразия уникального природного комплекса Приханкайской низменности. Агроклиматические условия и земельные ресурсы бассейна позволили развивать здесь сельскохозяйственное производство: в бассейне оз. Ханка находится почти 60 % посевных площадей Приморского края, или 279,7 из 474,3 тыс. га¹.

Все вышесказанное определяет актуальность проведенных нами анализа характеристик водопользования, включая оценку воздействия предприятий-водопользователей на водотоки бассейна, а также районирования территории бассейна по степени этого воздействия, сопоставления воздействия с самоочищающей способностью водотоков и качественным составом речных вод бассейна.

Материалы и методы

Поскольку водопользование является одним из факторов формирования качества водной среды, его характеристика должна быть комплексной, так как именно масштабами, структурой водопотребления, а также составом и состоянием очистки сбрасываемых сточных вод определяется загрязняющий эффект при использовании воды. Этот эффект зависит от видов экономической деятельности, которую осуществляют водопользователи.

На основе данных автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) за 2017 г. рассматриваются различные параметры водопользования, включая объемы сбрасываемых загрязняющих веществ от точечных источников, а также территориально-отраслевая характеристика сбросов. Сброс загрязняющих веществ оценивается как по абсолютным значениям, так и с использованием условного расчетного показателя. Для характеристики масштаба воздействия применен базовый методический подход, на котором основаны правила охраны вод от загрязнения: оценочные показатели воздействия сравниваются с самоочищающей способностью водотоков, показателем которой служит водность рек.

Качество водной среды рассматривается на примере поверхностных вод с использованием доступных данных Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Примгидромета). Территориальный уровень исследования включает муниципальные районы, полностью или частично расположенные на территории бассейна, и городской округ Спасск-Дальний. Не рассматривается Анучинский район, так как на той его ограниченной части, которая расположена в бассейне, не ведется хозяйственной деятельности.

Результаты и обсуждение

Реки бассейна оз. Ханка небольшие, основные из них – Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка, Спасовка. Среднегодовой расход самой крупной из них, Илистой, в створе с. Халкидон составляет 20,3 м³/с (табл. 1), а диапазон колебаний годовых значений за периоды 1951–1987 и 2008–2016 гг. – от 4,2 до 62,1 м³/с.

Субъектами водопользования на территории бассейна являются население и производственные предприятия различных отраслей. Общая численность населения во всех

¹ Рассчитано по данным из: Приморский край. Основные показатели деятельности городских округов и муниципальных районов: стат. ежегодник / Приморскстат. Владивосток, 2018. 221 с.

Сток рек бассейна оз. Ханка в отдельных створах

Река (створ)	Площадь водосбора, км ²	Среднегодовой расход, м ³ /с	Среднегодовой объем стока, км ³
Комиссаровка (с. Ильинка)	2080	12,4	0,39
Мельгуновка (с. Луговой)	3450	11,1	0,35
Илистая (с. Халкидон)	4030	20,3	0,64
Абрамовка (с. Абрамовка)	839	2,88	0,09
Спасовка (г. Спасск-Дальний)	325	2,3	0,073
Кулешовка (с. Спасское)	322	1,7	0,054

Примечание. Использованы данные из: Доработка проекта СКИОВО по бассейну реки Амур. Кн. 1. Общая характеристика бассейна р. Амур. Кн. 1.7. Общая характеристика бассейна р. Усури: отчет ФГУП «РосНИИВХ». Екатеринбург, 2012. 108 с. – <http://www.amurbvu.ru/deyatelnost/skiovo/576-skiovo-po-basseynu-reki-amur.html> (дата обращения: 23.03.2019).

административных субъектах бассейна (без учета Октябрьского района) на 1 января 2018 г. составляла 203 тыс. чел., самое многочисленное – население г. Спасск-Дальний и Черниговского муниципального района (40,7 и 32,9 тыс. чел. соответственно).

По экономическому развитию административные территории бассейна оз. Ханка можно разделить на две группы (рис. 1).

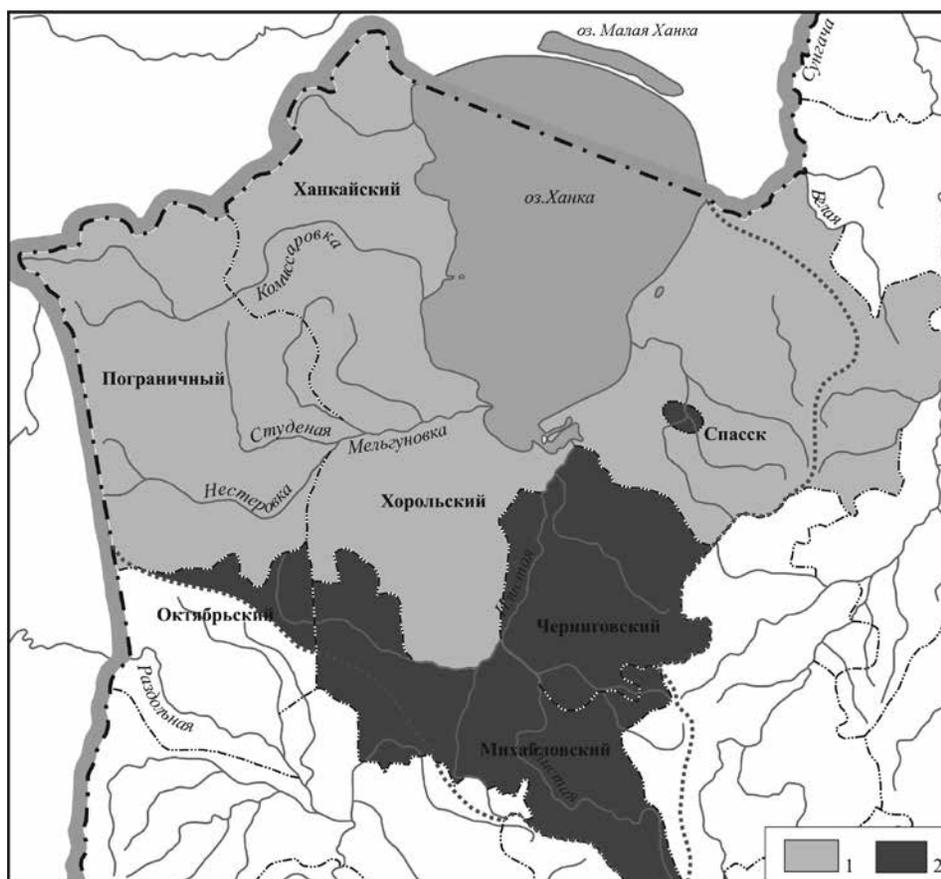


Рис. 1. Группировка административных районов бассейна оз. Ханка по экономическому развитию.

1 – районы с развитым сельским хозяйством и отсутствием обрабатывающих производств, за исключением мелких предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья и пищевой промышленности; 2 – районы с наличием предприятий добывающих и обрабатывающих отраслей

К первой группе относятся Пограничный, Ханкайский, Хорольский и Спасский районы. Здесь развито сельское хозяйство, продукция которого в денежном выражении превышает объемы промышленного производства, при этом практически отсутствуют предприятия обрабатывающих отраслей, за исключением мелких предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья и пищевой промышленности. К самым крупным производственным организациям относятся филиалы КГУП «Примтеплоэнерго», а также другие предприятия жилищно-коммунального хозяйства.

Во второй группе муниципальных районов и городском округе Спасск-Дальний имеются предприятия не только коммунальных услуг, но и добывающих и обрабатывающих отраслей. Так, в Михайловском районе действует разрез по добыче бурого угля «Павловский-2», в Октябрьском – разрез «Некковый» (каменный уголь). В Черниговском районе функционируют АО «Черниговский механический завод», выпускающий теплотехническое оборудование, АО «Литмаш», занимающееся обработкой отходов и лома черных металлов и производством готовых металлических изделий, а также Ремонтное локомотивное депо Сибирцево и предприятия строительной индустрии. В Спасске-Дальнем расположены производственные цеха ООО «Приморский механический завод», АО «Спасскцемент», АО «Спасский комбинат асбестоцементных изделий» и др.

Самой водоемкой отраслью на территории бассейна является рисосеяние. Посевные площади под рисом в Ханкайском, Хорольском, Спасском и Черниговском районах в 2017 г. составляли 8844 га, и на нужды орошения было использовано 81,6 млн м³ воды. Основной ее объем забирается в Ханкайском районе Ханкайским филиалом ФГБУ «Управление «Приммелиоводхоз», передающим часть этого объема для использования другим водопотребителям. В остальных районах общие объемы забора воды незначительные – от менее 1 млн м³ в Пограничном до 8,7 и 6,8 млн м³ в Михайловском районе и г. Спасск-Дальний соответственно. Нужды орошения преобладают (до 99,6 % потребляемого объема) в структуре использования воды в тех районах, где выращивается рис. На питьевые и хозяйственно-бытовые цели больше всего воды тратится в Пограничном, Октябрьском районах и г. Спасск-Дальний. В Михайловском муниципальном районе на производственные нужды расходуется более 70 % общего объема воды.

Самые значительные потери воды при транспортировке наблюдаются в Ханкайском районе, что, по-видимому, обусловлено большими потерями в оросительных каналах. Оборотное водоснабжение применяется в Спасске-Дальнем на предприятиях АО «Спасскцемент» и АО «Спасский комбинат асбестоцементных изделий» и в незначительном объеме – в Черниговском районе.

Основные объемы сточных вод сбрасываются сельскохозяйственными предприятиями, использующими воду для орошения, при этом сбрасываемая вода является нормативно чистой. Из всего объема сточных вод в бассейне оз. Ханка 22 % требуют очистки и всего 1 % сбрасываемого объема можно считать очищенными до нормативных показателей. Столь низкая доля очищенных вод объясняется отсутствием очистных сооружений на территориях Пограничного, Спасского и Ханкайского районов. В Хорольском районе мощность очистных сооружений составляет 1,47, Черниговском – 2,77, Михайловском – 17,5 и г. Спасск-Дальний – 4,69 млн м³/год, т.е. превышает потребности этих районов в очистке загрязненных стоков. При этом эффективность очистки очень низкая вследствие того, что технология очистки не соответствует категории и составу сточных вод либо сами очистные сооружения находятся в неудовлетворительном техническом состоянии. Таким образом, показатель эффективности очистки вод, рассчитанный как доля нормативно очищенных вод от всего объема стоков, прошедших очистку, в целом по бассейну составляет чуть более 1 % (табл. 2).

Указанные в табл. 2 объемы сточных вод включают шахтно-рудничные и карьерные воды, отводимые при добыче угля: в Михайловском районе на двух участках угольного разреза «Павловский-2» (5,74 и 1,04 млн м³ соответственно), Октябрьском (0,06 и 0,38 млн м³) и Хорольском (0,70 млн м³ карьерных вод) районах. В карьерах разреза «Павловский-2»

Таблица 2

Показатели водоотведения в административных районах бассейна оз. Ханка в 2017 г., млн м³

Район	Сброс сточных вод, всего	Объем сточных вод				Эффективность очистки, %
		требующих очистки	нормативно очищенных	без очистки	недостаточно очищенных	
Ханкайский	32,2	0,35	0	0,35	0	–
Пограничный	0,55	0,31	0	0,31	0	–
Хорольский	13,5	1,21	0	0,96	0,25	0
Михайловский	7,49	7,47	0	0,29	7,17	0
Черниговский	1,39	0,5	0,12	0,05	0,33	27
Спасский	0,04	0,02	0	0,02	0	–
г. Спасск-Дальний	2,80	2,78	0	0,18	2,59	0
Октябрьский	1,35	0,51	0,03	0	0,48	6
Всего	59,32	13,15	0,15	2,16	10,82	1,4

Примечание. Прочерк означает, что весь объем сточных вод, требующих очистки, сбрасывается в водотоки без очистки.

функционируют водоотливные установки, перекачивающие воду в пруды-отстойники, из которых по отводящим каналам вода самотеком сбрасывается в р. Абрамовка [7], т.е. очистка здесь только механическая.

Предприятия-водопользователи со сточными водами сбрасывают в водотоки различные загрязняющие вещества – органические, металлы, нефтепродукты, СПАВ, фенолы и др. (табл. 3). В 2017 г. было сброшено 1,56 тыс. т загрязняющих веществ, из них в наибольшем объеме – взвешенных и легкоокисляемых органических веществ по БПК_{полн.} (704 и 424 т соответственно). Кроме того, в бассейн озера с территории всех административных субъектов в 2017 г. в водотоки попало 15,2 т нитратов, 1,5 т нитритов, 76,6 т азота аммонийного, 150 т хлоридов, 130 т сульфатов, 38 т фосфатов, основная часть из них – с коммунально-бытовыми стоками.

Таблица 3

Сброс загрязняющих веществ со сточными водами предприятий в бассейне оз. Ханка (объемы нефти, нефтепродуктов и загрязняющих веществ по БПК_{полн.} – в тоннах, остальных веществ – в кг)

Район	БПК _{полн.}	Нефть и нефтепродукты	СПАВ	Фенол	Al ³⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Fe
Пограничный	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Спасский	0	0	0	0,0	0	0	0	0
Ханкайский	1,4	0,0	170	0,3	0	0	0	33,0
Хорольский	67,4	0,3	471	9,1	0	0	0	385
Черниговский	179	0,3	850	5,0	0	0	0	803
Михайловский	53,3	0,6	535	8,9	781	10,3	97,8	789
Октябрьский	35,7	0,2	1473	33,3	1,4	38,0	0,2	92,5
г. Спасск-Дальний	87,3	0,4	1435	8,1	0	0	0,9	1259
Всего	424	1,8	4935	64,7	782	48,3	98,9	3360

Специфика сброса загрязняющих веществ на территории бассейна определяется в первую очередь наличием тех или иных производств с их характерными загрязнителями.

В Хорольском муниципальном районе около 60 % объема загрязненных сточных вод поступает при добыче металлических руд. В них содержится 100 % сбрасываемого в районе и в целом по бассейну фтора и трудноокисляемых органических веществ по ХПК (1,7 и 6,0 т соответственно). Добывающую отрасль здесь представляет Ярославская горнорудная компания (Ярославский ГОК), выпускавшая из флюоритовой руды флотационный плавинокшпатовый концентрат. Комбинат прекратил работу еще в 2013 г., но, видимо,

по-прежнему осуществляет водоотлив карьерных вод. Предприятия по забору, очистке и распределению воды сбрасывают от 82 до 99 % взвешенных веществ, легкоокисляемых органических веществ, нефтепродуктов, СПАВ, железа, азота аммонийного и около 60 % фосфатов.

В Михайловском районе большая часть загрязненных сточных вод (6,78 из 7,47 млн м³, или 90 %) образуется при работе предприятий по добыче угля. В общем по району объеме сточных водах их доля составляет 100 % по алюминию, меди и цинку, 47 % по взвешенным веществам, 36 % по нефтепродуктам и 64 % по фенолам. Теплоснабжающими организациями и предприятиями по производству горячей воды (котельными), объем сброса загрязненных сточных вод которых составляет всего 4 % от общего по району, сбрасывается 100 % нитратов и нитритов, 12 % взвешенных веществ, 15 % СПАВ, 1–2 % железа и фосфатов. На предприятия по забору, очистке и распределению воды приходится основной объем поверхностно-активных веществ (85 %), 36 % фенолов, 60 % нефтепродуктов, 80 % легкоокисляемых органических веществ, 83 % азота аммонийного, 41 % взвешенных веществ. Остальной объем загрязняющих веществ сбрасывается предприятиями пищевой, металлургической, машиностроительной и других отраслей.

В Черниговском районе основными загрязнителями являются промышленные предприятия, организации военной безопасности и социального обеспечения. Доля загрязняющих веществ в общем объеме стока этих предприятий составляет 100 % по нефтепродуктам, СПАВ, нитратам, фосфатам и хлоридам, 95 % по фенолам. Остальная часть загрязняющих веществ отводится со сточными водами предприятий по производству пара и горячей воды, а также по забору и очистке воды.

В г. Спасск-Дальний практически весь объем (85 %) загрязненных сточных вод и основная доля загрязняющих веществ в их составе сбрасываются Спасским филиалом КГУП «Примтеплоэнерго». Это 88–100 % легкоокисляемых органических веществ, нефтепродуктов, СПАВ, фенолов, железа, нитратов, азота аммонийного, фосфатов и хлоридов. Остальные вещества, в том числе 27 % нитритов, поступают от производства цемента и электрического оборудования и исправительных учреждений.

Согласно обобщенной оценке, проведенной с использованием расчетного индекса загрязнения стоков (ИЗС), представляющего собой объем воды, требуемый для разбавления концентраций загрязняющих веществ в сточных водах до уровня ПДК, принятых для водоемов рыбохозяйственного значения², наибольшая нагрузка на водотоки имеет место в тех районах, где находятся предприятия добывающих и обрабатывающих отраслей, т.е. в Михайловском, Черниговском районах, а также в г. Спасск-Дальний, где большой вклад в загрязняющий эффект вносят предприятия коммунального хозяйства. По данным за 2017 г., значения ИЗС для этих территорий составляли 705, 938 и 827 млн м³ соответственно (рис. 2).

ИЗС является удобным обобщенным показателем, который не содержит информации о структуре загрязнения, но позволяет сравнивать территории по испытываемой нагрузке и саму нагрузку с водностью, т.е. с самоочищающей способностью водотоков. Условное сопоставление суммарного среднесного стока основных рек бассейна, оцениваемого в 1,6 км³ в год, с суммарным по всем административным территориям бассейна значением ИЗС, составившего в 2017 г. 3,36 км³, показывает более чем двукратное превышение антропогенной нагрузки, вызванной сбросом загрязненных сточных вод в водотоки бассейна, над их разбавляющей способностью. Для отдельных рек такое превышение является более значительным. Так, среднесного сток р. Илистая в створе с. Халкидон ниже суммы ИЗС, рассчитанного по Михайловскому и Черниговскому районам, на территории которых находится основная часть бассейна реки, почти в 3 раза. Для р. Спасовка в створе

² Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 20. – <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984> (дата обращения: 19.07.2019).

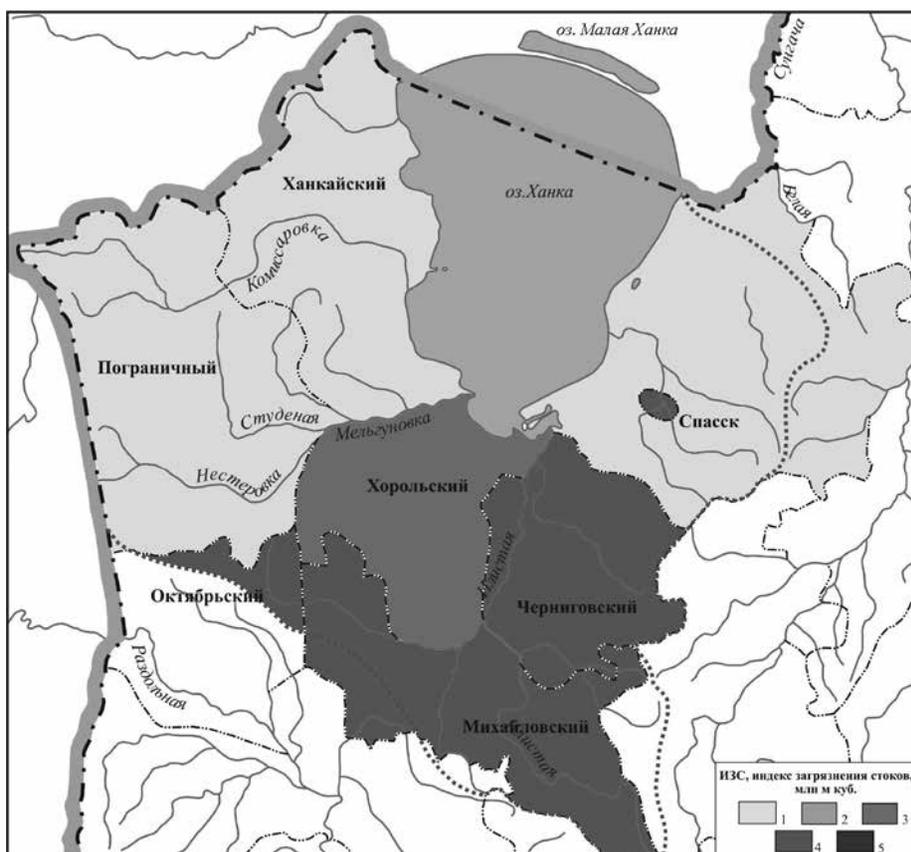


Рис. 2. Индекс загрязнения стоков в административных районах бассейна оз. Ханка в 2017 г., млн м³ в год: 1 – до 10; 2 – более 10, но не выше 100; 3 – более 100, но не выше 500; 4 – более 500, но не выше 1000; 5 – более 1000

г. Спасск-Дальний такое превышение составляет более чем 10 раз. При этом очевидно, что существует многолетняя и внутригодичная изменчивость речного стока, и поэтому в отдельные сезоны и годы превышение нагрузки еще более значительно.

Результаты расчета ИЗС показывают, что основной нагрузке при сбросе загрязняющих веществ подвергаются воды рек Илиястая, Спассовка и ее притока Кулешовка. По данным наблюдений за 2005–2017 гг., самые высокие значения удельных комбинаторных индексов загрязнения вод (УКИЗВ) фиксируются для рек Спассовка и Кулешовка: для р. Спассовка в 1 км ниже Спасска-Дальнего они изменялись в пределах 4–6, для р. Кулешовка – от 5 до 6 (рис. 3). При этом для указанных рек имеет место небольшая тенденция к снижению значений данного индекса.

Именно в реках Спассовка и Кулешовка, по данным Примгидромета, на протяжении длительного периода наиболее часто в сравнении с другими водотоками регистрируются случаи высокого загрязнения вод отдельными веществами. В частности, в 2016–2018 гг. в р. Спассовка наблюдались следующие уровни загрязнения: азотом аммонийным – 12–25 ПДК, азотом нитритным – 13–14 ПДК, алюминием – 11–13 ПДК, марганцем – 34–41 ПДК (рис. 4). В р. Кулешовка каждый год неоднократно фиксировались случаи загрязнения воды аммонийным азотом (15–25 ПДК), в единичных случаях – алюминием (10–12 ПДК) и марганцем (до 40 ПДК).

В р. Илиястая, которая также подвергается значительному воздействию сбрасываемых в нее сточных вод, качество воды благодаря большей самоочищающей способности и рассредоточенному расположению точек сброса сточных вод оценивается как более высокое,

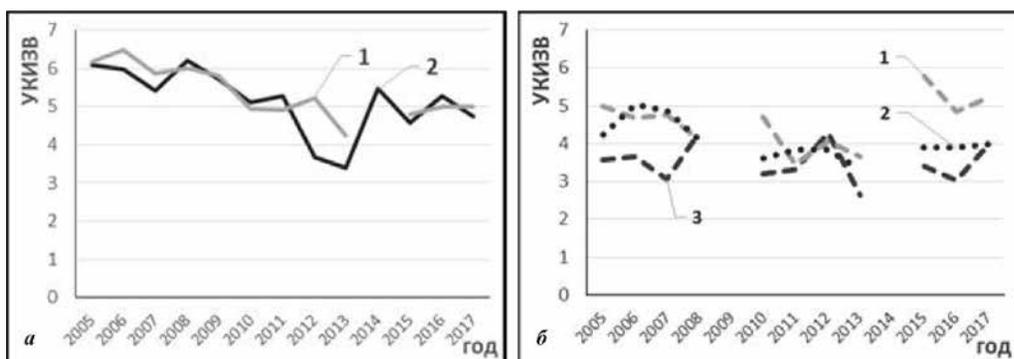


Рис. 3. Динамика качества вод рек бассейна оз. Ханка по УКИЗВ. *а* – р. Кулешовка, в 0,5 км выше устья (1); р. Спасовка, в 1 км ниже г. Спасск-Дальний (2); *б* – р. Нестеровка, ниже пос. Пограничный (1); р. Илистая, у с. Халкидон (2); р. Мельгуновка, у с. Луговой (3)

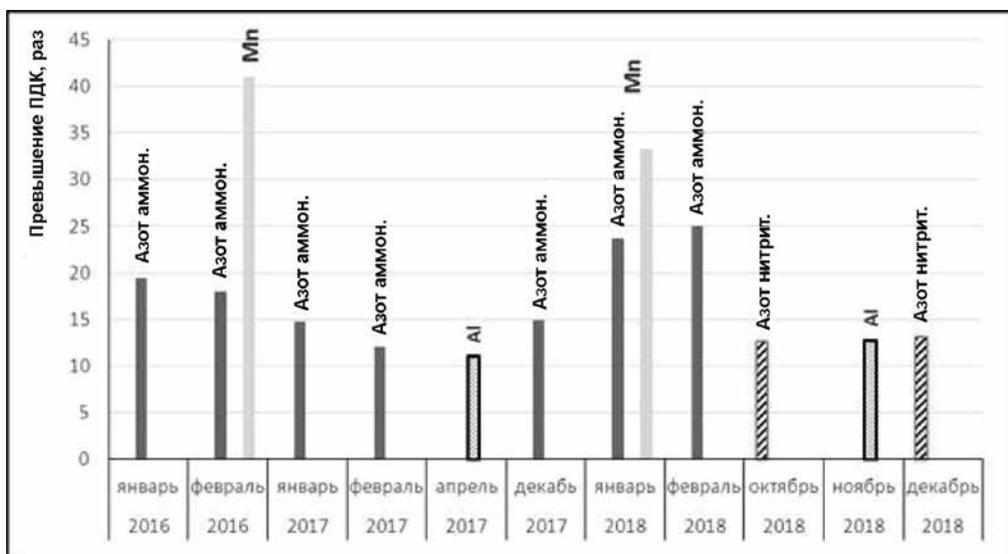


Рис. 4. Уровни сильного загрязнения отдельными веществами в р. Спасовка

чем в реках Кулешовка и Спасовка, – в диапазоне УКИЗВ от 3 до 5 (рис. 3). Стабильным является качество вод р. Мельгуновка в створе с. Луговой: УКИЗВ здесь в 2005–2017 гг. изменялся в пределах 2,6 – 4,3³. Река Нестеровка в створе ниже сброса коммунально-бытовых вод в пос. Пограничный относится к одной из самых загрязненных в бассейне оз. Ханка. Качество вод указанных водотоков в 2013–2016 гг. формировалось на фоне повышенной водности.

Общая оценка качества вод бассейна оз. Ханка за 2017 г. показывает, что среднегодовой уровень загрязненности водотоков в пунктах государственной сети наблюдений характеризуется классами качества 3 и 4, т.е. воды являются «загрязненными» и «грязными». Критическими критериями загрязненности вод, по которым наблюдается устойчивая либо характерная загрязненность, для рек бассейна оз. Ханка и вод самого озера в течение многих лет чаще всего являются алюминий, железо, марганец, а также азот аммонийный и нитритный (рис. 5).

³ Доклады об экологической ситуации в Приморском крае в 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг. Владивосток. – <https://pandia.ru/text/77/235/40223.php>; <https://docplayer.ru/26479367-Doklad-ob-ekologicheskoy-situacii-v-primorskom-krae.html>; <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения: 11.02.2019).

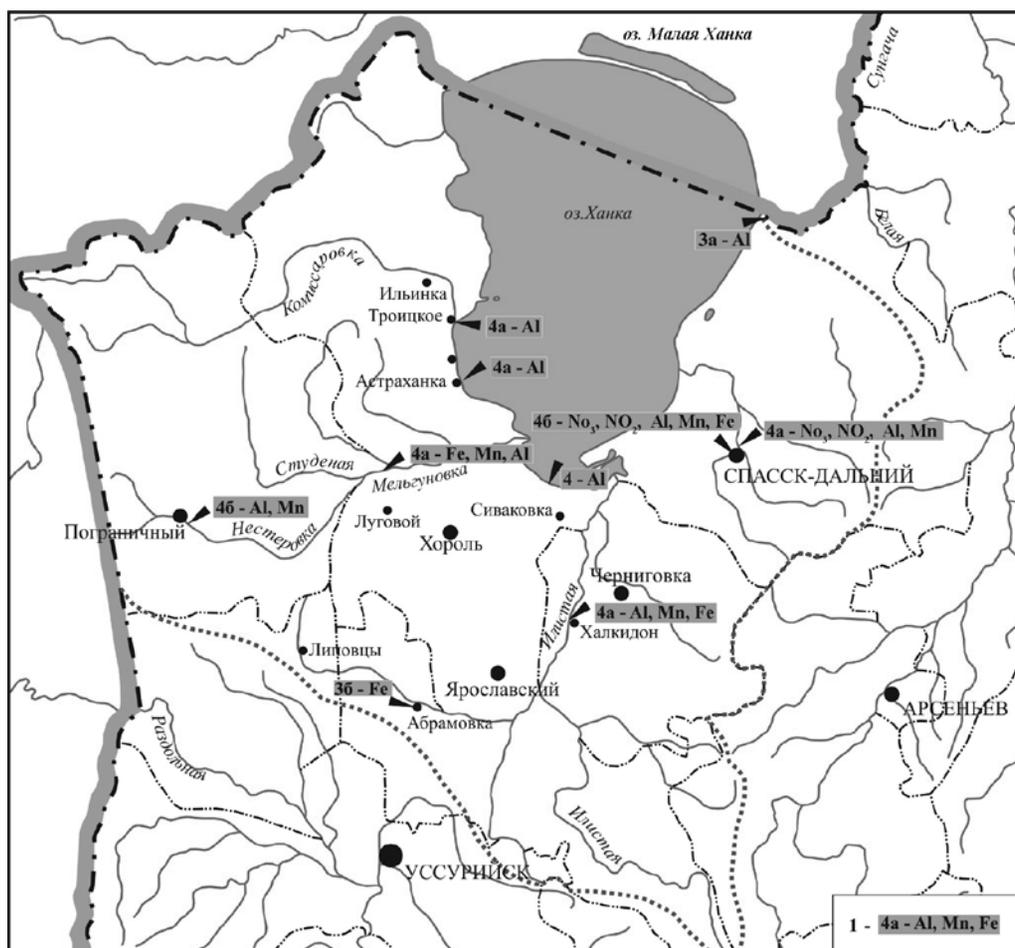


Рис. 5. Классы качества и критические показатели загрязненности вод в бассейне оз. Ханка. 1 – классы качества (3а, 3б, 4а, 4б) и критические показатели загрязненности вод Al, Mn, Fe.

Использованы данные из: Доклады об экологической ситуации в Приморском крае в 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг. Владивосток. – <https://pandia.ru/text/77/235/40223.php>; <https://docplayer.ru/26479367-Doklad-ob-ekologicheskoy-situacii-v-primorskom-kraye.html>; <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/report-on-the-environmental-situation-1.php> (дата обращения: 11.02.2019)

Следует подчеркнуть, что случаи сильного загрязнения рек алюминием (более 10 ПДК, или 0,4 мл/л) в 2015–2018 гг. фиксировались во всех пунктах гидрохимических наблюдений несколько раз в год: в створе р. Сунгача у с. Новомихайловское – на уровне 18–24 ПДК; р. Илистая у с. Халкидон – 18 ПДК; р. Мельгуновка у с. Луговой – 11–18 ПДК; р. Нестеровка как выше, так и ниже пос. Пограничный – 11–12 ПДК. Для вод самого озера, наблюдения за состоянием которых проводятся в селах Астраханка (в 0,5 и 24,1 км от берега), Сиваковка (в 1,8 км от устья р. Мельгуновка, 1,5 км от мыса Спасский, 6 км от мыса Калугина), Новосельское и Троицкое, также характерен высокий уровень загрязнения алюминием, регистрируемый несколько раз в год, в основном в период с мая по октябрь. В 2015–2018 гг. уровень загрязнения озерных вод алюминием составлял от 11 до 37 ПДК, в среднем – 15 ПДК.

Антропогенный сброс алюминия в настоящее время имеет место только в Михайловском районе при добыче угля в бассейне р. Абрамовка (приток р. Иистой). При этом важно, что наблюдения за качеством воды в этой реке проводятся в черте с. Абрамовка, а карьер угольного разреза «Павловский-2» и его отвалы расположены ниже по течению,

т.е. сбросы этого производственного объекта государственной сетью наблюдений не учитываются. Можно предположить, что алюминий попадает в водотоки также из отвалов и хвостохранилищ Ярославской горнорудной компании. Руды, перерабатывавшиеся этой компанией, по минералогическому составу относятся к карбонатно-слюдисто-флюоритовому типу, и их состав представлен в том числе светлыми слюдами и алюмосиликатами различного типа [2]. Соответственно отходы их обогащения, сконцентрированные в хвостохранилищах, включают не только флюорит, но и другие минералы, содержащие алюминий [9]. Кроме того, алюминий, являясь одним из основных породообразующих элементов, из-за своей высокой химической активности входит в виде алюмосиликатов в состав многих горных пород, слагающих водосборы бассейна оз. Ханка. Подобные породы встречаются в стратиграфических слоях различного возраста – от раннего кембрия до позднего голоцена. Это различные виды сланцев, аргиллиты, алевролиты, песчаники и др. Котловина оз. Ханка с юга и востока широкой полосой окружена лессоидами неоплейстоценового возраста. Аллювиальные отложения, в состав которых входят суглинки, слагают поймы и первые надпойменные террасы всех водотоков бассейна. Озерные отложения низкой террасы озера представлены суглинками, супесями, мелкозернистыми глинистыми песками, глинами [3].

В работе [11] при сравнении особенностей химического состава воды и взвесей различных рек Приморского края было показано, что алюминий в повышенных значениях отмечался именно в реках бассейна оз. Ханка: растворенный – в концентрациях в среднем 0,05 мг/л, во взвешенном веществе – 0,08 мг/г, максимальные значения составляли 0,31 и 0,1 мг/л соответственно.

Согласно требованиям к питьевой воде централизованного водоснабжения⁴ алюминий считается веществом 2-го класса опасности с ПДК 0,5 мг/л; для воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения – 3-го класса с ПДК 0,2 мг/л⁵; для водоемов рыбохозяйственного назначения – 4-го класса с ПДК 0,04 мг/л⁶. В организм человека алюминий может попадать с водой, используемой для питьевых и бытовых целей. Еще совсем недавно, до строительства в 2012 г. группового скважинного водозабора, такой риск существовал для жителей пос. Камень-Рыболов, где для нужд населения использовались воды самого озера.

Имеются сведения о токсичности алюминия для человека. В частности, в работе [12] на обширном материале показано, что в избыточных концентрациях алюминий влияет на работу почек, центральной нервной системы, костной ткани, легких, мозга и других органов. Об остром отравлении лабораторных белых мышей раствором нитрата алюминия при подкожном введении отмечается в работе [1]. Здесь же указано, что отравление испытуемых алюминием клинически характеризовалось угнетением центральной нервной системы, язвеннонекротическими поражениями тканей и другими патологиями различных органов.

Уменьшение объемов хозяйственной деятельности в бассейне оз. Ханка в последние 20–30 лет не могло не привести к улучшению качества природных вод. Это наглядно видно на примере загрязненности вод хлорорганическими пестицидами. Пестициды группы

⁴ СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М.: Минздрав России, 2002. – <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (дата обращения: 04.03.2019).

⁵ ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Минздрав РФ, 2003. – <http://docs.cntd.ru/document/901862249> (дата обращения: 23.04.2019).

⁶ Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Федерального агентства по рыболовству от 18.01.2010 г. № 20. – <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984> (дата обращения: 19.10.2017).

ДДТ и ГХЦГ постоянно обнаруживались в значительных количествах в воде всех рек бассейна в створах, где в конце 1980-х годов проводился контроль загрязнения [4, 5]. В сбросных водах большинства рисовых совхозов в 1987 г. содержание ядохимикатов превышало нормативные показатели в десятки и сотни раз. Например, в стоках совхоза «Имени 50-летия СССР» это превышение составляло 195 раз, совхоза «Авангард» – в 275 раз [8]. После 1991 г. произошло резкое снижение концентраций хлорорганических пестицидов, но в силу высокой устойчивости они постоянно обнаруживались в воде озера, хотя и с уменьшением общего содержания и случаев высокого загрязнения [10]. Последний единственный случай высокого загрязнения ДДТ на уровне 4,7 ПДК отмечен 17 апреля 2008 г. в р. Спасовка в фоновом створе выше г. Спасск-Дальний [6].

Из тяжелых металлов в водотоках бассейна наибольшие концентрации ранее отмечались для меди. Среднегодовые ее значения в воде озера в 1988–2004 гг. составляли от 3 до 11 мкг/л (3–11 ПДК), а в р. Сунгача в 2005 г. – около 20 ПДК [10]. Максимальные концентрации меди, временами превышающие высокий уровень загрязнения (более 30 ПДК) и экстремально высокий уровень (более 50 ПДК), фиксировались в озере в районе пос. Камень-Рыболов [4]. В настоящее время содержание меди в водных объектах бассейна, по данным ГСН, не имеет критических уровней загрязненности.

Несмотря на снижение содержания отдельных загрязняющих веществ в водотоках бассейна оз. Ханка в последние 10–30 лет их воды, по данным Примгидромета, по-прежнему характеризуются как «загрязненные» и «грязные». Подобная оценка отражает в определенной степени современную методику расчета комплексных индексов загрязнения, применяемых Росгидрометом. С 2005 г. для характеристики качества природных вод ведомство использует такой показатель, как УКИЗВ, который учитывает не только превышение концентрации загрязняющих веществ в единицах ПДК, но и повторяемость этого превышения, что завышает значения современных расчетных индексов в сравнении с ранее использовавшимися и делает их несопоставимыми. Необходимо также учитывать, что определенный вклад в высокие значения расчетных индексов загрязнения вносят повышенные концентрации таких элементов, как железо, марганец и алюминий, обусловленные природным фоном.

Выводы

В результате анализа установлены территории, на которых воздействие предприятий-водопользователей на водные объекты бассейна оз. Ханка является наибольшим. Это развитые в промышленном отношении по сравнению с большинством других административных единиц Черниговский и Михайловский районы и г. Спасск-Дальний. Выявлена территориально-отраслевая специфика состава загрязненных сточных вод: фтор и трудноокисляемые органические вещества по ХПК в Хорольском районе сбрасываются Ярославским ГОК, который прекратил работу, но осуществляет сброс карьерных вод; алюминий находится в составе сточных вод разреза «Павловский-2» в Михайловском районе; значительная часть органических веществ по БПК_{полн.}, различных форм азота, фосфатов, фенолов, СПАВ поступает в реки от предприятий коммунального хозяйства в большинстве административных территорий.

Наибольшему воздействию точечных источников загрязнения подвергаются р. Спасовка, ее приток Кулешовка и р. Илистая. При этом самыми загрязненными, по данным Примгидромета, являются реки Спасовка, Кулешовка, где постоянно фиксируются случаи сильного загрязнения вод отдельными веществами, а также р. Нестеровка, т.е. самые малые из водотоков, на которых проводятся наблюдения. Это реки с низким стоком и соответственно незначительной способностью к самоочищению, для которых точечные сбросы загрязняющих веществ, возможно, являются основными факторами формирования качества вод.

Алюминий чаще всего среди прочих загрязняющих веществ регистрируется в водотоках бассейна и водах самого оз. Ханка на высоком уровне загрязнения, т.е. более 10 ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Представляется, что это обусловлено литологическим составом подстилающей поверхности водосборов, который характеризуется наличием пород, содержащих в своем составе алюминий.

Полученные результаты представляют интерес с точки зрения оценки в будущем соотношения точечных и рассредоточенных источников воздействия на формирование качества поверхностных вод на территории бассейна оз. Ханка и, следовательно, степени его контролируемости специально уполномоченными органами. Это в свою очередь может играть определенную роль в повышении эффективности усилий государства по контролю водной среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барановская А.Т. Патоморфологические проявления токсикодинамики соединений алюминия у животных: автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук / Омский гос. аграр. ун-т. Омск, 2009. 19 с.
2. Гордиенко П., Ярусова С., Крысенко Г. и др. Переработка флюоритсодержащего минерального сырья и отходов Ярославского горно-обогатительного комбината. М.: Инфра-М, 2018. 115 с.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист L-(52), 53; (К-52, 53) – оз. Ханка: объясн. зап. СПб.: Картогр. фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 684 с.
4. Диагностический анализ состояния окружающей среды бассейна оз. Ханка: национальный доклад Российской Федерации. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1999. 149 с.
5. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г.: экологическая программа. Ч. 2 / П.Я. Бакланов, Ю.И. Берсенева, В.Н. Борисова и др. Владивосток: Дальнаука, 1992. 276 с.
6. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, водохозяйственных систем и сооружений на территории Приморского края за 2007 год. Владивосток: Отдел водных ресурсов по Приморскому краю АБВУ, 2008. 117 с.
7. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Дальневосточного федерального округа за 2017 год. Вып. 17 / Дальневост. регион. центр гос. мониторинга состояния недр. Хабаровск, 2018. 392 с. – http://www.geomonitoring.ru/download/1В/2017_dfo.pdf (дата обращения: 21.06.2019).
8. Ралько В.Д., Чудаева В.А. Экологическое состояние бассейна оз. Ханка и предложения к долговременной программе его изучения и рационального использования: препр. / Тихоокеан. ин-т географии ДВО АН СССР. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 29 с.
9. Рассказов И.Ю., Грехнев Н.И., Александрова Т.Н. Техногенные месторождения в отвалах горно-обогатительных комбинатов Дальневосточного региона // Тихоокеан. геология. 2014. Т. 33, № 1. С. 102–114.
10. Семькина Г.И. Обзор состояния и загрязнения озера Ханка по материалам Государственной сети наблюдений за загрязнением окружающей среды // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Спасск-Дальний, 10–11 июня 2006 г. Владивосток: Идея, 2006. С. 190–200.
11. Чудаева В.А., Чудаев О.В. Особенности химического состава воды и взвесей рек Приморья (Дальний Восток России) // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 2. С. 102–119.
12. Шугалей И.В., Гарабаджиу А.В., Илюшин М.А., Судариков А.М. Некоторые аспекты влияния алюминия и его соединений на живые организмы // Экол. химия. 2012. № 21 (3). С. 172–186.