

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 556.555.2/8:504.062.2

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(33-43)

П.Я. БАКЛАНОВ*, **А.Н. КАЧУР***, **В.В. ЕРМОШИН***, **С.И. КОЖЕНКОВА*,****, **А.Н. МАХИНОВ*****,
А.Н. БУГАЕЦ*, **В.Б. БАЗАРОВА***, **В.И. КИМ*****, **В.В. ШАМОВ***

*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
 690041, Владивосток, ул. Радио, 7, Россия, pbaklanov@tigdvo.ru, kachur@tigdvo.ru, yermoshin@tigdvo.ru,
 svetlana@tigdvo.ru, andreybugaets@yandex.ru, bazarova@tigdvo.ru, vlshamov@yandex.ru

**Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский»,
 692245, Спасск-Дальний, ул. Ершова, 10, Россия, svetlana@tigdvo.ru

***Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
 680000, Хабаровск, ул. Дикопольцева, 56, Россия, amakhinov@mail.ru, kim@ivep.as.khb.ru

**СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
 В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА**

Приводится краткая географическая характеристика оз. Ханка и его бассейна, 90 % которого расположено на территории России. В озеро втекают 16 рек на российской территории и восемь — на китайской. Вытекает одна река — Сунгача, которая, будучи приграничной, соединяет оз. Ханка с р. Уссури. Исторический анализ динамики уровня воды в оз. Ханка за последние 10 тыс. лет показал, что теплым климатическим фазам соответствовал подъем уровня воды в озере, размыв берегов, увеличение частоты и длительности паводков, рост степени заболоченности долин, а в холодные фазы уменьшалась водность рек, понижался уровень озера, усиливались золотые процессы в прибрежной зоне озера и речных долинах. Причинами изменения уровня воды в озере могут быть также сейсмические процессы и вариации подземного стока. Морфоструктурный анализ свидетельствует о потенциально высокой сейсмической активности данной территории и возможности землетрясений в 8 баллов. В XX в. на естественные процессы колебания уровня воды в озере стали влиять антропогенные факторы: забор воды на рисовые поля и регулирование речного стока. На территории Китая в бассейне оз. Малая Ханка расположены обширные рисовые системы, на которые вода подается из бассейна р. Мулинхэ, далее сбрасывается в оз. Малая Ханка и через водопропускные сооружения поступает в оз. Ханка. Фактически осуществляется межбассейновая трансграничная переброска стока, что может оказывать существенное влияние на уровень воды в озере. Приводятся характеристики сложившегося природопользования на российской части бассейна, а также оценки загрязнения озера. Выявлены основные геоэкологические проблемы в трансграничном бассейне оз. Ханка, связанные с колебаниями уровня воды, геодинамическими процессами, загрязнением среды. Под геоэкологическими проблемами понимаются изменения природных процессов, сопровождающиеся трансформацией отдельных природных компонентов и ландшафтов в целом и вызывающие, как правило, негативные последствия для человека и различных форм природопользования. Выделяются первичные звенья геоэкологических проблем и сопутствующие. Предложены основные направления комплексных исследований в рамках сотрудничества КНР и РФ с целью разработки плана управления устойчивым природопользованием в трансграничном бассейне оз. Ханка.

Ключевые слова: трансграничный бассейн, Приханкайская низменность, уровень воды, трансгрессия, геоэкологические проблемы, природопользование, загрязнение.

P.Ya. BAKLANOV*, **A.N. KACHUR***, **V.V. ERMOSHIN***, **S.I. KOZHENKOVA*,****, **A.N. MAKHINOV*****,
A.N. BUGAETS*, **V.B. BAZAROVA***, **V.I. KIM*****, **V.V. SHAMOV***

*Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
 690041, Vladivostok, ul. Radio, 7, Russia, pbaklanov@tigdvo.ru, kachur@tigdvo.ru, yermoshin@tigdvo.ru,
 svetlana@tigdvo.ru, andreybugaets@yandex.ru, bazarova@tigdvo.ru, vlshamov@yandex.ru

**Khankaiskii Biosphere Reserve, 692245, Spassk-Dal'nii, ul. Ershova, 10, Russia, svetlana@tigdvo.ru

***Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,
 680000, Khabarovsk, ul. Dikopol'tseva, 56, Russia, amakhinov@mail.ru, kim@ivep.as.khb.ru

CURRENT GEO-ECOLOGICAL PROBLEMS WITHIN THE LAKE KHANKA DRAINAGE BASIN

A brief geographical description is provided for Lake Khanka and its drainage basin where the Russian part accounts for more than 90 % of the area. Sixteen rivers on the Russian territory and 8 rivers on the Chinese territory flow into the lake. Only one river, Sungacha, flows out of the lake; it is a border river and connects Lake Khanka with the Ussuri river. A historical analysis of the water level dynamics in Lake Khanka for the last 10 thousand years showed that rises of the lake water level, shore erosion, an increase in flood frequency and duration, and an increase of the degree of waterlogging of the valleys corresponded to warm climatic phases. The cold phases showed a decrease in hydraulicity of the rivers and in the lake level, and an enhancement in aeolian processes in the coastal zone of the lake and its river valleys. Seismic processes and changes in ground-water flow can also be responsible for changes in the lake water level. Morphostructural analysis indicates a potentially high seismic activity of this territory and risks of magnitude 8 earthquakes. In the 20th century, the natural processes of water level fluctuations in the lake began to be influenced by anthropogenic factors, such as the water withdrawal for irrigation of paddy fields and streamflow control. The territory of China within the Lake Malaya Khanka drainage basin is the home for extensive paddy systems which are supplied with water from the Muling river basin. The water is then directed to Lake Malaya Khanka, and through the drain facilities it enters Lake Khanka. In fact, an inter-basin transboundary water transfer is carried out, which can affect significantly the water level in the lake. Characteristics of the existing nature management practices in the Russian portion of the lake drainage basin, and also lake pollution assessments are given. The main geo-ecological problems in the Lake Khanka transboundary drainage basin associated with water level fluctuations, geodynamic processes and environmental pollution are identified. Geo-ecological problems are considered to mean changes in natural processes accompanied by the transformation of separate natural components and landscapes in general, and causing, as a rule, negative consequences for humans and for various forms of nature management. The primary and related components of the geo-ecological problems are highlighted. The main directions of comprehensive research within the framework of cooperation between the People's Republic of China and the Russian Federation in order to work out the plan for governance of sustainable nature management in the transboundary drainage basin of Lake Khanka are suggested.

Keywords: transboundary drainage basin, Prikhankaiskaya lowland, water level, transgression, geo-ecological problems, nature management, pollution.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн оз. Ханка и само озеро обладают богатым природно-ресурсным потенциалом и имеют большое международное значение как территория и акватория, сохраняющие уникальное биоразнообразие Северо-Восточной Азии. Бассейн является ключевым участком Азиатского миграционного пути перелетных птиц, а также представляет значительный интерес с позиции экономики Дальнего Востока России [1]. Здесь развиты такие отрасли сельского хозяйства, как растениеводство, в том числе рисосеяние, и животноводство. Ведется добыча известняка, полевого шпата и сырья для строительных материалов, развивается туризм. Российский биосферный заповедник «Ханкайский» и китайский биосферный заповедник «Синкай-Ху» образуют охраняемую трансграничную территорию международного значения «Озеро Ханка».

В последние годы наблюдался устойчивый подъем уровня воды в оз. Ханка. В 2015 г. усилиями сотрудников Дальневосточного отделения РАН была инициирована научная дискуссия о влиянии изменений режима оз. Ханка на экосистемы и социально-экономическую сферу прилегающих к водоему территорий [2].

Проблемой колебания уровня озера и состояния окружающей среды в бассейне озера занимались многие организации в России и КНР, осуществлялись международные проекты, нацеленные на разработку программы совместных действий в бассейне. Из последних можно выделить работы специалистов КНР, РФ и США в рамках проекта «Уссури» и российско-китайское сотрудничество по разработке диагностического анализа окружающей среды для всего бассейна оз. Ханка и сопредельных территорий бассейна р. Мулинхэ. В результате этих работ были проанализированы данные о состоянии окружающей среды в 1990-е гг., предложены мероприятия по совершенствованию системы охраны природы, проведено функциональное зонирование бассейна оз. Ханка (м-б 1:500 000), предложены рекомендации по оптимизации землепользования и определены приоритетные виды хозяйственной деятельности на перспективу [3, 4].

Степень реализации разработанных рекомендаций оказалась разной для России и КНР. Китайская сторона не просто внедрила полученный материал в качестве основы для рационализации природопользования, но и привлекла весомый капитал (порядка 2–3 млрд долл. США) в виде инвестиций в модернизацию производств, технологий и инфраструктуры. В результате класс качества вод р. Мулинхэ, например, перешел из 5-го в 3-й, т. е. от «сточных» к «умеренно загрязненным». С российской стороны разработки указанного выше проекта так и остались в статусе рекомендательных [5].

За последние 15 лет в бассейне оз. Ханка наблюдаются изменения как природного, так и антропогенного характера, в первую очередь повышение уровня озера. Это привело к формированию целого ряда геоэкологических проблем. Цель статьи — выявление и анализ современных геоэкологических проблем трансграничного бассейна оз. Ханка.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Ханка — самое крупное озеро Дальнего Востока России. Оно располагается в средней части Приханкайской низменности на границе с КНР. Северная часть озера Ханка, Малая Ханка и соответствующая часть их водосборов принадлежат КНР. С востока низменность ограничивается западными предгорьями Сихотэ-Алиня, с запада — возвышенностями и отдельными хребтами Восточно-Маньчжурской горной страны. На юге она отделена от Верхнесуйфунской равнины невысоким Вознесенским поднятием. Соответственно, прибрежные территории имеют неодинаковый рельеф. Западное побережье озера возвышенное, берега крутые, местами обрывистые. Лишь в устьях рек располагаются небольшие равнинные участки. С юга и востока непосредственно к озеру примыкает обширная сильно заболоченная плоская поверхность, на 1,5–2 м превышающая уровень воды.

Площадь акватории озера меняется в зависимости от уровня воды в нем. При среднем многолетнем уровне она составляет 4070 км², из которых 3030 км² расположены в пределах РФ. При максимальном историческом уровне площадь достигала 5100 км², при минимальном — сокращалась примерно до 3800 км². Основные морфометрические и гидрологические характеристики оз. Ханка и его бассейна следующие.

Объем воды при высшем уровне	22,6 км ³
при среднем многолетнем уровне	18,3 км ³
при минимальном уровне	12,7 км ³
Наибольшая длина при среднем многолетнем уровне	90 км
Длина озера по преобладающему направлению ветра (ЮЮЗ)	87 км
Средняя ширина озера	45 км
Наибольшая ширина (по перпендикуляру к продольной оси)	67 км
Средняя глубина при среднем многолетнем уровне	4,5 м
при низшем уровне	3,22 м
Наибольшая глубина при среднем многолетнем уровне	
(максимальная глубина по данным за 1998 г. 11,6 м)	6,5 м
Длина береговой линии при среднем многолетнем уровне	308 км
Коэффициент извилистости береговой линии	1,36
Площадь бассейна (без зеркала озера)	16 890 км ²
без бассейна оз. Малая Ханка	15 820 км ²
Доля площади водоема от площади бассейна (без оз. Малая Ханка)	25,7 %
Отношение объема озера (при среднем многолетнем уровне) к годовому притоку воды	9,4
Отношение объема озера (при среднем многолетнем уровне) к годовому стоку воды	9,9

На российской территории озеро имеет 16 притоков: семь крупных рек — Тур, Комиссаровка, Новотроицкая, Мельгуновка, Рисовая, Илистая, Спасовка, и девять небольших. Из оз. Ханка вытекает р. Сунгача, которая соединяет озеро с р. Усури, южным притоком Амура. На территории КНР в озеро впадают восемь небольших рек, а также построен канал Донгдихе, через который поступает сток из р. Мулинхэ.

Высокопродуктивные экосистемы бассейна оз. Ханка служат средоточием видового разнообразия, характеризуются наличием ценных видов растений и животных, имеют значительное ландшафтообразующее, климатическое, хозяйственное, рекреационное и эстетическое значение.

На рубеже XX–XXI вв. районы с влажным муссонным климатом становятся еще более влажными. В бассейне оз. Ханка, как и во всей окраинной зоне Северо-Западной Пацифики, в последние 20 лет (особенно в последнее десятилетие) нарастает количество атмосферных осадков во все сезоны года вследствие усиления циклонической активности, в том числе тропических циклонов [5].

Российская часть бассейна оз. Ханка (общая площадь 17 849 км², более 90 % всего бассейна) располагается в пределах Приморского края и входит в десять муниципальных районов, шесть из которых (Михайловский, Пограничный, Спасский, Ханкайский, Хорольский, Черниговский) полностью или почти полностью находятся в пределах Ханкайского бассейна. Численность населения на этой территории — 181 тыс. чел., большая часть живет в сельской местности. Статус города имеет лишь Спасск-Дальний с населением 40,7 тыс. чел. (на 2017 г.).

Территория китайской части бассейна оз. Ханка ранее оценивалась в 1315 км², или 1/10 от общей площади [3, 4]. По имеющимся данным, на 2000 г. там располагалось шесть деревень и два города с общей численностью населения около 130 тыс. чел. Вместе с тем определенная сложность в выделении границ бассейна связана с функционированием на китайской стороне с середины 1930-х гг. водорегуляторов для переброски воды из оз. Малая Ханка в р. Мулинхэ и обратно в целях орошения, регулирования уровня воды в озере и т. д. Это способствует взаимодействию бассейнов оз. Ханка и р. Мулинхэ и вызывает сложности в современных географических оценках. Так, на берегах р. Мулинхэ расположены города Мулинг, Цзиси, Цзидонг, Мишань и Хулинг. Крупный город Цзиси с населением около 2 млн чел. влияет на экологическое состояние р. Мулинхэ. Переброска ее вод по каналу Донгдихе в оз. Малая Ханка может, в свою очередь, влиять на качество и уровень воды в оз. Ханка.

Как с российской, так и с китайской стороны население в пределах бассейна занимается главным образом сельским хозяйством. Благоприятные почвенно-климатические и геоморфологические условия способствуют успешному возделыванию различных сельскохозяйственных культур: из зерновых — риса, пшеницы, гречихи, ячменя, овса; из технических — сои, сахарной свеклы, подсолнечника; из овощных — помидоров, огурцов, капусты, свеклы, моркови, редиса, перца, баклажанов; из бахчевых — дынь и арбузов. Применяемые агротехнические приемы выращивания часто приводят к эрозии почв и загрязнению окружающей среды пестицидами и биогенными соединениями.

В целях сохранения уникального биоразнообразия в соответствии с Рамсарской конвенцией (1971) бассейну оз. Ханка присвоен статус водно-болотных угодий международного значения. В 1990 г. на российской стороне был создан государственный природный заповедник «Ханкайский», в 2005 г. ему присвоен статус биосферного. На смежной, китайской, территории, в северной части бассейна оз. Ханка, в 1986 г. был организован заповедник «Синкай-Ху», в 2007 г. он получил статус биосферного. В 1996 г. было подписано межправительственное российско-китайское соглашение о создании на базе заповедников «Ханкайский» и «Синкай-Ху» международного заповедника «Озеро Ханка» [5].

Оценки уровня воды в оз. Ханка приведены по архивным данным гидрометеостанции Астраханка (Ханкайский район Приморского края), на которой наблюдения ведутся с 1923 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика уровня воды оз. Ханка. На уровень воды влияют природные и антропогенные факторы. Установлено, что в голоцене (последние 10 тыс. лет) оз. Ханка испытало несколько гидрологических фаз, связанных с колебаниями климата и изменением режима аккумуляции (рис. 1). Максимальный подъем уровня (трансгрессия) воды в оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8,5–11 тыс. л. н. В этот период площадь водоема в 1,5–2 раза превышала современную. Трансгрессия сопровождалась интенсивным заболачиванием прибрежной равнины и нижних участков речных долин [6].

Более детальные данные получены по развитию оз. Ханка за последние 2,5 тыс. лет. За этот период озеро на фоне трансгрессии испытало не менее трех кратковременных снижений уровня продолжительностью несколько сотен лет, совпадавших с периодами похолодания климата. Стадии по-

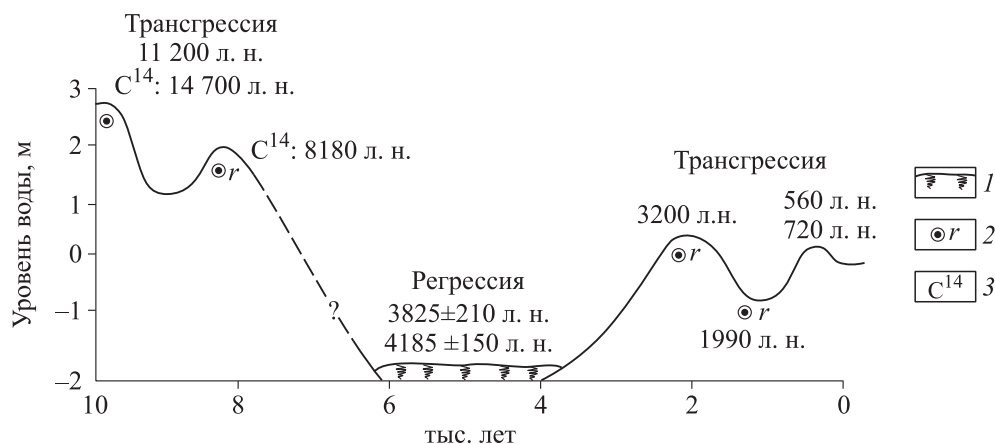


Рис. 1. Кривая колебания уровня воды в оз. Ханка в голоцене [6].

1 — почва; 2 — древесина и мелкие растительные остатки; 3 — радиоуглеродные датировки.

вышения уровня воды в оз. Ханка, сменявшие регрессии, происходили при потеплении климата. Одна из регрессий отмечалась в V–VI вв. и привела к обмелению прибрежных зон. К этому времени относится образование перемычки, соединяющей о. Сопка Лузанова с южным берегом озера [7]. Последующая небольшая трансгрессия произошла в VII–VIII вв. Уровень воды в озере был выше современного на 0,8–1 м [8]. Вторая малоамплитудная регрессивная фаза позднего голоцена имела место в условиях холодного и сухого климата в начале малого ледникового периода (XII–XIV вв.). Климатические условия были значительно суровее, чем в V–VI вв. Незначительный кратковременный подъем уровня произошел в XV в. Он сменился третьей регрессией озера, перешедшей в финальную фазу малого ледникового периода (XVI – первая половина XIX в.). Можно предположить, что в настоящее время наблюдается начальный этап очередного периода трансгрессии.

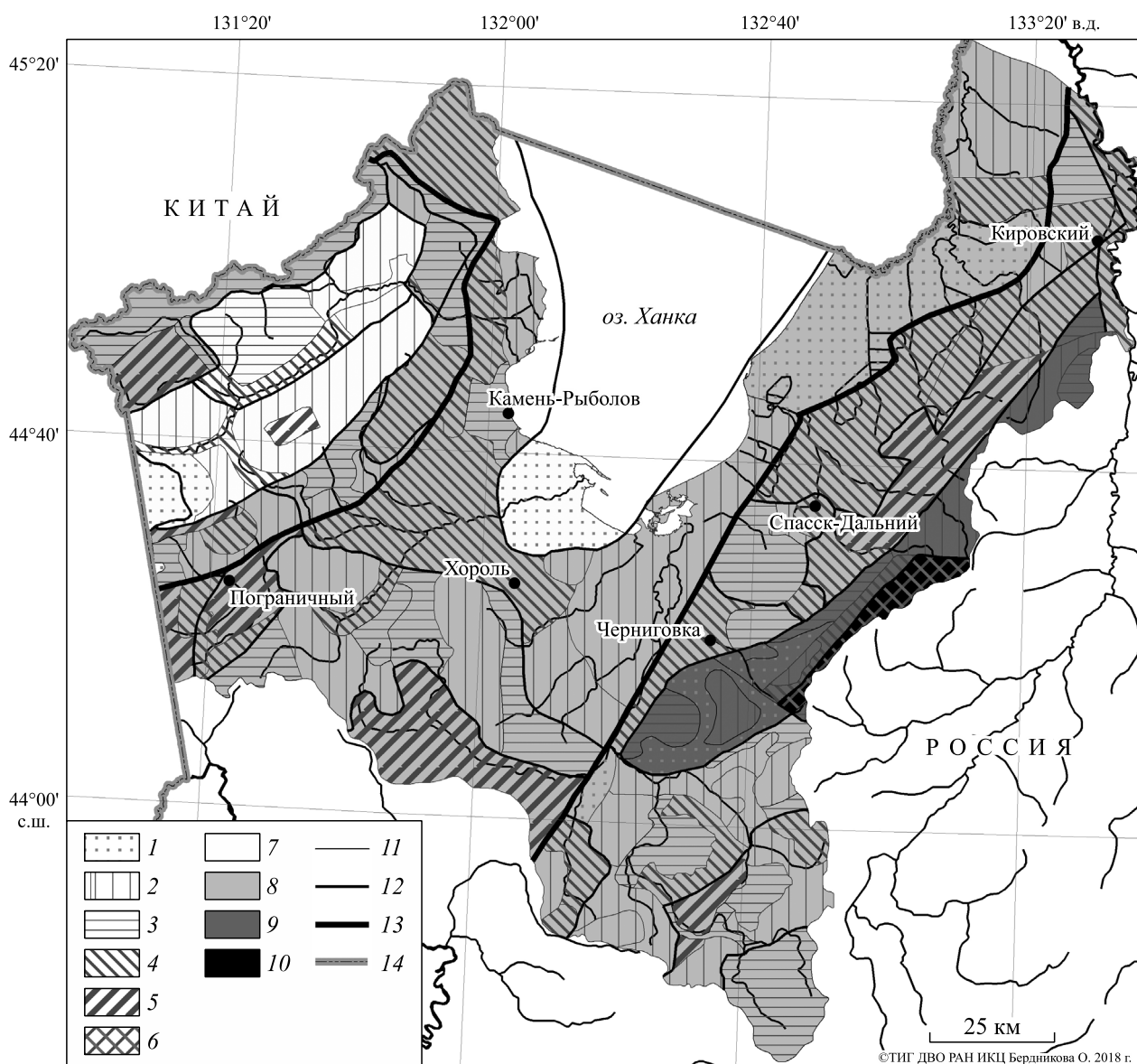


Рис. 2. Степень относительной геодинамической опасности.

Экзодинамическая опасность: 1 – минимальная, 2 – очень слабая, 3 – слабая, 4 – умеренная, 5 – высокая, 6 – очень высокая. Эндодинамическая опасность, балл по шкале МСК-64: 7 – 6, 8 – 7, 9 – 8, 10 – 9. Границы: 11 – геодинамических участков, 12 – геодинамических подрайонов, 13 – геодинамических районов, 14 – государственная.

Таким образом, теплым климатическим фазам соответствовал подъем уровня воды в озере, размыв берегов, увеличение частоты и длительности паводков, рост степени заболоченности долин, а в холодные фазы уменьшалась водность рек, понижался уровень озера, усиливались эоловые процессы в прибрежной зоне озера и речных долинах. Следует отметить, что пойменное осадконакопление имеет хорошую корреляцию с трансгрессивными и регрессивными фазами в развитии оз. Ханка [9, 10].

Причинами изменения уровня воды в озере могут быть также сейсмические процессы и вариации подземного стока. Геоморфологи, изучавшие морфоструктуру бассейна оз. Ханка, указывают на потенциально высокую сейсмическую активность данной территории и возможность землетрясений в 8 баллов [11, 12]. На рис. 2 представлена карта-схема относительной геодинамической активности на территории бассейна оз. Ханка с учетом эндогенной и экзогенной составляющих геодинамической опасности. При этом под эндогенной понимается сейсмическая опасность, а под экзогенной — опасность негативных последствий, возникающих вследствие сейсмической активности. Величины эндогенной и экзогенной опасности для одного района имеют, как правило, различные значения и оцениваются по балльной шкале. Бассейн оз. Ханка можно охарактеризовать как активную зону с эндогенной геодинамической опасностью от средней (6 баллов) до высокой (7–9 баллов) и нестабильной в экзогенном отношении.

Как показывает анализ данных инструментальных наблюдений последних лет, уровень воды в озере, который около 10 лет назад соответствовал среднемуголетним значениям, с 2007 г. начал непрерывно расти (рис. 3). Уже к 2013 г. был превышен известный исторический максимум, отмеченный в октябре 1974 г.

Натурные наблюдения последних лет подтверждают сейсмическую активность в бассейне озера. Так, по сообщению Ю.П. Антипенко, сотрудника Ханкайского биосферного заповедника, 19 января 2018 г. в юго-восточной части оз. Ханка произошло землетрясение такой силы, что находившиеся на льду люди едва не упали. После подземного толчка в течение нескольких месяцев наблюдалось довольно быстрое снижение уровня воды в озере. По нашим наблюдениям, в августе 2018 г. он стал на 0,5 м ниже, чем летом 2017 г.

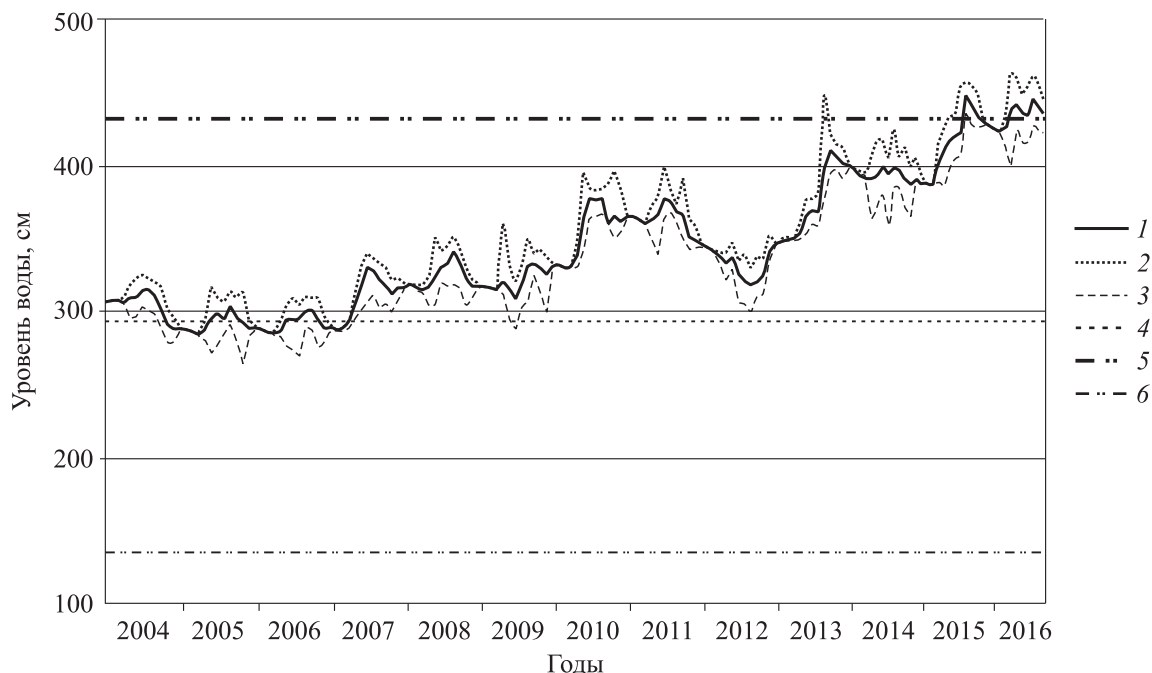


Рис. 3. Изменение средних, максимальных и минимальных месячных уровней оз. Ханка за 2004–2016 гг. по данным гидрометеостанции Астраханка.

Уровень: 1 — средний месячный, 2 — максимальный месячный, 3 — минимальный месячный, 4 — средний многолетний (1936–2013 гг.), 5 — исторический максимум (23.10.1974), 6 — исторический минимум (17.06.1954). Данные для 4–6 приведены за период инструментальных наблюдений с 1936 по 2016 г.

Таблица 1

Годовой сток в оз. Ханка [4, 13]

Река	Площадь водосбора, км ²	Средний многолетний сток, м ³ /с	Объем стока за год, м ³
Спасовка	1260	6,73	212×10 ⁶
Илистая	5470	24,9	784×10 ⁶
Мельгуновка	3510	10,2	321×10 ⁶
Комиссаровка	2310	10,8	340×10 ⁶
Большие Усачи	304	0,86	27,1×10 ⁶
Малые реки	15370	54,5	1715,6×10 ⁶
Прибрежные междуречья	1666	—	—
Реки китайской части бассейна	444	—	696,9×10 ⁶

Примечание. Прочерк — нет данных.

Водный баланс озера в целом определяется соотношением притока и расхода влаги. Приток воды в оз. Ханка на 54 % (567 мм, или 2,3 км³) формируется за счет выпадения осадков на его поверхность и на 46 % (476 мм, или 1,93 км³) — за счет впадающих в озеро рек (табл. 1).

Главными расходными статьями водного баланса являются: 56 % — испарение с поверхности (584 мм, или 2,37 км³), 44 % — сток р. Сунгача (453 мм, или 1,84 км³). По классификации Б.Б. Богословского [14], озеро относится к испарительно-дождевому типу водоемов. Полный обмен вод происходит в течение 10 лет, т. е. озеро относится к слабопроточным водоемам.

В XX в. на естественные процессы колебания уровня воды в озере стали влиять антропогенные факторы, такие как забор воды на рисовые поля и регулирование речного стока. Доля водозабора на сельскохозяйственные и прочие нужды в бассейне на конец 1990-х гг. составляла для России около 200×10⁶ м³, для Китая — около 560×10⁶ м³ [4]. И использованные воды возвращались в Малую и Большую Ханку, однако объемы безвозвратного водозабора неизвестны.

В пределах РФ рис выращивают в четырех административных районах: Ханкайском, Хорольском, Черниговском и Спасском. В 2010–2015 гг. площадь рисосеяния составляла 18–27 тыс. га. В Хорольском и Ханкайском районах сосредоточено более 70 % суммарной площади земель с оросительной сетью, из которых в настоящее время по назначению (т. е. под полив) используются 18 и 70 % соответственно.

На территории Китая в бассейне оз. Малая Ханка расположены обширные рисовые системы площадью около 520 км², на которые вода подается из бассейна р. Мулинхэ и далее сбрасывается в оз. Малая Ханка и через водопропускные сооружения в оз. Ханка [5, 15]. Фактически осуществляется межбассейновая трансграничная переброска стока. Данные, позволяющие оценить воздействие этой переброски на гидрологический режим озера, российским специалистам в настоящее время недоступны.

Влияние современного подъема уровня воды в оз. Ханка на природопользование в российской части бассейна. Повышение уровня воды в оз. Ханка с 2013 г. привело к масштабному подтоплению окружающей территории, что негативно повлияло на состояние берегов. На западном побережье озера активизировались абразионные процессы во время штормов, при которых высота волн достигает 2 м. Высота уступов местами превышает 10 м, а максимальное отступление береговой линии составило на интенсивно размываемых участках 12–15 м. По нашим наблюдениям, летом 2018 г. в условиях снижения уровня воды примерно на 0,7 м по сравнению с 2013 г. размыв берегов прекратился. Однако в настоящее время продолжается процесс разрушения берегов в результате многочисленных оползней и обвалов грунта с крутых уступов.

На южном и восточном побережье озера были затоплены устья рек и наиболее низкие заболоченные участки. Под воду ушли обширные ханкайские плавни, торфяники, осоковые, вейниковые и разнотравные луга, а также два острова — Сосновый и Васильевский. Многие песчаные отмели — традиционные места размножения дальневосточной черепахи — также оказались под водой. Разрушается инфраструктура кордонов Ханкайского заповедника. Водой уничтожены многие прибрежные строения и сооружения (причалы, хозяйственные постройки, информационные щиты и аншлаги, беседки и пр.). Подъездные пути размыты и подтоплены, небольшие островки суши остались оторванными от безопасной зоны на многие километры, затоплены участки леса.

Масштабные подтопления поймы озера затронули и жилые постройки в зоне сотрудничества¹ биосферного заповедника. Жители сел Новосельское и Новониколаевка вынуждены покинуть свое

¹ Зона сотрудничества — это сопредельная территория вокруг охранной зоны заповедника, которая выделяется на основе функционального зонирования в пределах биосферного резервата.

Геозоологические проблемы бассейна оз. Ханка

Первичные (основные) звенья геозоологических проблем	Сопутствующие звенья геозоологических проблем в пределах	
	озера	бассейна
Подъем уровня воды в озере	Поступление в озеро дополнительного твердого стока, загрязняющих веществ	Затопление прибрежных участков территории, заболачивание, разрушение берегов
Снижение уровня воды в озере	Обмеление отдельных участков	Появление новых прибрежных форм рельефа, в том числе пляжей
Относительно высокая геодинамическая активность бассейна озера	Колебания уровня воды в озере	Негативное воздействие на ряд экзогенных процессов (оползни, обвалы и т. п.)
Загрязнение наземных и водных геосистем	Загрязнение гидробионтов, в том числе промысловых видов рыб	Загрязнение воздуха, почвы, рек (в том числе трансграничное)

жилье и перебираться в безопасное место. Численность проживающего в границах резервата населения стремительно снижается.

В последние годы негативные гидрологические и климатические процессы, связанные с неожиданным подъемом уровня воды в озере и частыми интенсивными ливнями, вызывающими наводнения в долинах впадающих в него рек, отрицательно сказываются на устойчивости природопользования в бассейне оз. Ханка, в том числе на эффективности земледелия. Существенные колебания уровня воды, как подъем, так и снижение, вызывают цепочки сопутствующих изменений в природных процессах. Такие изменения, сопровождающиеся трансформацией отдельных природных компонентов и ландшафтов в целом и вызывающие, как правило, негативные последствия для человека и различных форм природопользования, рассматриваются нами как геозоологические проблемы.

С учетом этого можно выделить сочетание геозоологических проблем, связанных с подъемом уровня воды в озере, а также с его снижением. Их обобщенная характеристика приведена в табл. 2. Эти проблемы реальны, они уже проявляются на конкретных территориях. Целесообразно выделение и потенциальных геозоологических проблем при тех или иных прогнозных изменениях отдельных природных процессов и компонентов.

Изменение уровня воды в озере необходимо учитывать при планировании экономического развития всей территории бассейна с учетом различных сценариев развития событий, связанных как с повышением или стабилизацией уровня, так и с его понижением. Очевидно, что при первом варианте будут затоплены поймы рек, под воду могут уйти наиболее благоприятные для земледелия первые террасы озера [5].

Проблема загрязнения оз. Ханка. Экологическая ситуация в бассейне оз. Ханка не является благополучной [16]. Сброс неочищенных сточных вод промышленных и сельскохозяйственных предприятий является ведущим антропогенным фактором, негативно влияющим на экологическую обстановку [17]. Кроме того, сети водоснабжения и водоотведения жилого сектора ряда населенных пунктов существенно изношены, что ведет к разливу канализационных стоков на поверхность почвы, попаданию их в ручьи, несущие свои воды в оз. Ханка [5].

Доступные данные о содержании в окружающей среде и биоте загрязняющих веществ немногочисленны. Известно, что максимальные концентрации хлорорганических пестицидов (ХОП) были отмечены в 1987–1989 гг. [18]. В 1990-х гг. содержание пестицидов в воде озера снизилось вследствие уменьшения объемов их применения, сокращения посевных площадей, занятых под рис, и обусловленного природными факторами подъема уровня воды. В 1986–1987 гг. ученые Тихоокеанского института географии ДВО РАН проводили анализ содержания пестицидов в печени и мышечной ткани промысловых рыб и диких уток. В 30 % интегральных проб рыб было обнаружено высокое содержание ХОП как группы гексахлорана (ГХЦГ), так и группы ДДТ и его метаболитов. Максимальные концентрации были отмечены в печени и жировой ткани толстолобика, сазана и верхогляда. В мышцах диких уток пестициды не были обнаружены, а в печени и жире фиксируются пестициды группы ДДТ. В 2005 г. концентрация ХОП в воде озера увеличилась, и с июня по сентябрь в акватории Ханки и р. Сунгач было зафиксировано семь случаев высокого загрязнения пестицидами ДДТ и ГХЦГ. Это свидетельствовало о применении опасных веществ в бассейне трансграничного оз. Ханка [18]. По данным М.Д. Бояровой [19], ХОП в гидробионтах оз. Ханка обнаружены во всех звеньях трофической цепи. Соотношение изомеров ДДТ/ДДЕ и α/γ -ГХЦГ указывало на относительно недавнее

(в 2004 г.) загрязнение озера этими пестицидами. Концентрации металлов, таких как Cu, Zn и Hg, в воде оз. Ханка в мае 2017 г. превышали санитарные нормы в 5–49 раз [20]. По данным ученых и местного населения, периодически в озере гибнет рыба. В некоторых районах у выловленных рыб наблюдаются аномалии развития и различные уродства [21].

Таким образом, загрязнение вод оз. Ханка также влечет за собой геоэкологические проблемы (см. табл. 2). Они могут проявляться как в загрязнении вод и гидробионтов, так и в заболеваниях рыб и снижении биопродуктивности.

Будучи трансграничным, оз. Ханка принимает загрязняющие вещества как от российской, так и от китайской части водосборного бассейна. В настоящее время в китайской части бассейна высоко развито сельское хозяйство, особенно выращивание риса. Применяются пестициды и удобрения, что приводит к загрязнению окружающей среды. По данным оценки качества поверхностных вод в Китае в 2005–2010 гг. [22], в реках его северо-восточной части было отмечено увеличение концентрации ионов аммония, что может усиливать эвтрофирование водных объектов. В рыбах семейства вьюновых и почве с рисовых полей на северо-востоке Китая содержатся различные пестициды, в том числе ДДТ, ГХЦГ и гексахлорбензен [23].

Для предотвращения ситуации экологического неблагополучия в бассейне в целом необходимо продолжить изучение степени загрязнения среды и биоты в рамках международной комплексной программы эколого-географических исследований бассейна оз. Ханка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В последние годы наблюдался устойчивый подъем уровня воды в оз. Ханка. На него оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы, но точное соотношение между ними до сих пор не выявлено. Тем не менее отмечается негативное воздействие целого сочетания геоэкологических проблем, вызванных повышением уровня воды в озере, на жизнедеятельность человека и биоты в бассейне оз. Ханка. Изменения гидрологических и климатических процессов отрицательно сказываются на природопользовании и социально-экономическом развитии территории. Неочищенные сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий приводят к загрязнению окружающей среды в бассейне оз. Ханка.

Анализ современных геоэкологических проблем бассейна оз. Ханка показывает, что для определения путей минимизации негативных последствий подъема уровня воды как в экологическом плане, так и в отношении устойчивого природопользования в целом необходима организация международного мониторинга в сочетании с комплексными исследованиями в рамках специального научного проекта. При этом важны совместные российско-китайские исследования, а в конечном итоге — разработка и реализация международного плана управления устойчивым природопользованием во всем трансграничном бассейне оз. Ханка.

Основные задачи комплексных исследований следующие:

- провести обобщение имеющихся, в том числе в системе Росгидромета, данных с целью уточнения периодичности колебаний уровня воды в озере в связи с динамикой водного баланса и потеплением климата;
- выявить воздействие региональной и локальной климатической, гидрологической, тектонической, геоморфологической и антропогенной составляющих на колебания уровня воды в озере;
- определить современные уровни загрязнения компонентов экосистемы оз. Ханка биогенными элементами, пестицидами, тяжелыми металлами;
- уточнить ландшафтное строение прибрежных геосистем, территориальную хозяйственно-экономическую структуру и тенденции их сопряжений и изменений;
- выявить для российской части бассейна оз. Ханка негативные геоэкологические и социально-экономические последствия подъема уровня воды и загрязнения окружающей среды в настоящее время, на ближайшую и отдаленную перспективы;
- на основе установленных причин, масштабов и тенденций изменения колебаний уровня воды в оз. Ханка и с учетом оценки их последствий разработать предложения по защите различных объектов от негативного воздействия вод. При этом следует иметь в виду, что для заповедных территорий естественные изменения уровня воды в озере являются их природной особенностью.

Выполнение указанных задач рекомендуется осуществить в два этапа, с учетом сложности и трудозатрат на сбор информации и времени, необходимого для организации специальных и экспедиционных исследований и других мероприятий.

В краткосрочной перспективе (2–3 года) целесообразно провести комплексную экспедицию с целью сбора недостающих данных и уточнения имеющихся морфометрических и геоэкологических характеристик озера для создания его пространственной цифровой модели, а также для картирования таких проявлений негативного воздействия на прибрежные геосистемы, как размыв берегов, аккумуляции наносов в устьях рек и в истоке р. Сунгача, затопление и подтопление территорий, изменение растительности, концентрации загрязняющих веществ и др. (по существу, это геоинформационное моделирование геоэкологических проблем).

Также необходимо собрать и проанализировать данные гидрометеорологических наблюдений с целью выявления трендов в их динамике и связей между изменением количества осадков на водосборе, объемом стока основных притоков, режимом грунтовых вод, стоком из р. Сунгача, потеплением климата и т. п. Построение ряда прогнозных сценариев колебания уровня воды в оз. Ханка позволит рассчитать максимальные отметки и площадь затопления прибрежных территорий с предложениями по минимизации негативного воздействия на хозяйственную деятельность.

В долгосрочной перспективе (4–5 лет) с целью углубления прогнозных оценок целесообразно разработать математическую модель бассейновой геосистемы оз. Ханка. Такая модель может быть включена в состав информационных технологий для принятия решений в управлении водными ресурсами региона и обеспечения устойчивой хозяйственной деятельности на водосборе озера.

Работа выполнена в рамках Программы ДВО РАН «Дальний Восток» (AAAA-A18-118111290006-4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Геосистемы** Дальнего Востока на рубеже XX–XXI веков. В 3 т. / Под общ. ред. П.Я. Бакланова. — Владивосток: Дальнаука, 2008. — Т. 1. — 428 с.; 2010. — Т. 2. — 560 с.; 2012. — Т. 3. — 364 с.
2. **Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В., Новикова П.А., Гузев М.А., Никитина Е.Ю., Тимофеева Я.О.** К вопросу о колебаниях уровня озера Ханка // Вестн. ДВО РАН. — 2018. — № 2. — С. 88–94.
3. **Программа** устойчивого землепользования и рационального использования земель в бассейне реки Уссури и Центральном Сихотэ-Алине (российский Дальний Восток и Северо-Восточный Китай). Совместный проект при участии научных организаций США, КНР и РФ / Под ред. Д.Д. Дэвис, Д.М. Лэмптон. — Нью-Йорк, 1997. — 94 с. (на рус., англ. и китайск. языках).
4. **Diagnostic Analysis of the Lake Xingka (Khanka basin)** (People's Republic of China and Russian Federation). United Nations Environment Programme, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Pacific Geographical Institute FEB RAS. — Nairobi, 2001. — 136 p.
5. **Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы** / Отв. ред. Ю.Н. Журавлев, С.В. Клышевская. — Владивосток: Дальнаука, 2016. — 284 с.
6. **Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И.** Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Уссури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология. — 2007. — Т. 26, № 4. — С. 53–68.
7. **Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н., Орлова Л.А.** Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // Научное обозрение. — 2007. — № 2. — С. 7–13.
8. **Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Белянин П.С.** Динамика изменения уровня озера Ханка в позднем голоцене // Тихоокеанская геология. — 2008. — Т. 27, № 3. — С. 111–116.
9. **Базарова В.Б., Ляшевская М.С., Макарова Т.Р., Орлова Л.А.** Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднем–позднем голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология. — 2018. — Т. 37, № 1. — С. 94–105.
10. **Базарова В.Б., Ляшевская М.С., Макарова Т.Р., Макаревич Р.А., Орлова Л.А.** Обстановки голоценового осадконакопления в поймах рек бассейна оз. Ханка // Геология и геофизика. — 2018. — Т. 59, № 11. — С. 1765–1776.
11. **Тащи С.М., Ермошин В.В.** Уязвимость геолого-геоморфологических структур и устойчивое развитие территории // Устойчивое развитие дальневосточных регионов: эколого-географические аспекты. — Владивосток, 1999. — С. 163–175.
12. **Кулаков А.П., Мясников Е.А.** Бассейн озера Ханка: новые представления о морфоструктуре и сейсмической опасности // Вестн. ДВО РАН. — 2008. — № 4. — С. 51–57.
13. **Васьковский М.Г.** Уровненный режим оз. Ханка // Методика расчета и прогноза стока рек Дальнего Востока. — Л.: Гидрометеиздат, 1968. — С. 155–182.
14. **Богословский Б.Б.** Озероведение. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960. — 335 с.
15. **Болгов М.В.** Экстремальные уровни озера Ханка: природные вариации или антропогенное воздействие? // Вестн. Отделения наук о Земле РАН. — 2016. — Т. 8. — NZ1001 [Электронный ресурс]. — <https://onznnews.wdcb.ru/doi/2016NZ000127-res.html> (дата обращения 02.10.2018).

16. **Бакланов П.Я., Касьянов В.Л., Качур А.Н.** Основные экологические проблемы Дальнего Востока России и направления их решения // Вестн. ДВО РАН. — 2003. — № 5. — С. 109–119.
17. **Долговременная** программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г. (Экологическая программа). — Владивосток, 1992. — Ч. 1. — 388 с.; 1993. — Ч. 2. — 297 с.
18. **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: Труды Второй Междунар. науч.-практ. конф. — Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. — С. 190–200.
19. **Боярова М.Д.** Современные уровни содержания хлорорганических пестицидов в водных организмах залива Петра Великого (Японское море) и озера Ханка: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 2008. — 26 с.
20. **Катайкина О.И., Симоконь М.В., Матвеев В.И., Ковкековдова Л.Т.** Оценка качества воды озера Ханка по содержанию металлов и мышьяка // Материалы Второй Всерос. конф. с междунар. участием, приуроченной к году экологии в России «Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы» (Владивосток, 3–4 октября 2017 г.). — Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2017. — С. 74–77.
21. **Герштейн В.В.** Проблемы и пути дальнейшего российско-китайского сотрудничества в сохранении рыбных биоресурсов озера Ханка // Материалы X Дальневост. конф. по заповедному делу. — Благовещенск: Изд-во Благовещ. пед. ун-та, 2013. — С. 91–94.
22. **Sun J., Chen Y., Zhang Z., Wang P., Song X., Wei X., Feng B.** The spatio-temporal variations of surface water quality in China during the «Eleventh Five-Year Plan» // Environmental Monitoring and Assessment. — 2015. — Vol. 187:64, Issue 3 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.1007/s10661-015-4278-z> (дата обращения 02.10.2018)
23. **Zhang H., Lu X., Zhang Y., Ma X., Wang S., Ni Y., Chen J.** Bioaccumulation of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls by loaches living in rice paddy fields of Northeast China // Environmental Pollution. — 2016. — Vol. 216. — P. 893–901.

Поступила в редакцию 02.11.2018

После доработки 02.11.2018

Принята к публикации 26.06.2019