



**ТРАНСГРАНИЧНОЕ
ОЗЕРО ХАНКА
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION
FAR EASTERN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
FEDERAL SCIENTIFIC CENTER OF THE EAST ASIA TERRESTRIAL
BIODIVERSITY



TRANSBOUNDARY KHANKA LAKE: current state and prospects of development of the region



Vladivostok
2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР БИОРАЗНООБРАЗИЯ
НАЗЕМНОЙ БИОТЫ ВОСТОЧНОЙ АЗИИ ДВО РАН



ТРАНСГРАНИЧНОЕ ОЗЕРО ХАНКА: современное состояние и перспективы развития



Владивосток
2021

UDC 574(282.287.583.1)
LBC 28.080.3(255.3)

Transboundary Khanka Lake: current state and prospects of development of the region – Vladivostok: Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, 2021 – 296 p.

The multi-author monograph presents the scientific results of the different specialists from academic and management institutions on the transboundary Khanka Lake problems. The book summarizes the data of geophysical, hydrological, biological and other studies conducted in the lake basin. Most of the presented papers were reported at the II Far Eastern Conference “Transboundary Khanka Lake: current state and prospects of development of the region”, held on May 14–18, 2019 at the Federal Scientific Center of Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

The book is addressed for a wide range of scientists, ecologists, environmental specialists, officials of administrative and executive authorities, municipalities, for teachers and students of university, high and middle school, and public.

E d i t o r s :

S.V. Klyshevskaya, T.V. Nikulina

R e v i e w e r s :

A.N. Kachur, E.A. Zharikova

The Scientific Council of the Federal Scientific Center of the Biodiversity FEB RAS
approved for publication.

Authors of photos on the cover and pages with section headings: K.A. Drozdov, S.V. Klyshevskaya, D.V. Korobov, P.G. Mametiev.

ISBN 978-5-6047011-5-7

© Team of authors, 2021

© Publishing design, IP Miromanova I.V. 2021

УДК 574(282.287.583.1)
ББК 28.080.3(255.3)

Трансграничное озеро Ханка: современное состояние и перспективы развития. – Владивосток: ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, 2021. – 296 с.

В коллективной монографии представлены материалы исследований специалистов научных и ведомственных организаций по проблемам трансграничного озера Ханка. Обобщены данные геофизических, гидрологических, биологических и других исследований в бассейне озера. Большая часть публикуемых материалов была представлена в виде докладов на II Дальневосточной конференции «Трансграничное озеро Ханка: современное состояние и перспективы развития», состоявшейся 14–18 мая 2019 г. в ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Книга предназначена для широкого круга научных работников, экологов, специалистов в области охраны окружающей среды, представителей административных и исполнительных органов власти, муниципальных образований, общественности, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Ответственные редакторы:
С.В. Клышевская, Т.В. Никулина

Рецензенты:
А.Н. Качур, Е.А. Жарикова

Утверждено к печати Ученым советом ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН.

Авторы фото на обложке и страницах с заголовками разделов: К.А. Дроздов, С.В. Клышевская, Д.В. Коробов, П.Г. Маметьев.

ISBN 978-5-6047011-5-7

© Коллектив авторов, 2021
© Издательское оформление,
ИП Мироманова И.В., 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	10
----------------	----

РАЗДЕЛ 1. Трансграничное озеро Ханка: современное состояние и перспективы развития

Гидрологические и гидрохимические исследования бассейна оз. Ханка (<i>Ю.Н. Журавлев, С.В. Клышевская</i>)	14
Антропогенные мероприятия в бассейне озера Ханка как основной фактор нарушения его водного режима (<i>Н.Н. Бортин, А.М. Горчаков, Ю.В. Кролевецкая</i>)	22
Основные геоэкологические проблемы бассейна озера Ханка и их проявление в хозяйственной деятельности (<i>П.Я. Бакланов, А.Н. Качур, А.Н. Махинов, В.В. Ермошин, С.И. Коженкова, А.Н. Бугаец, Ю.П. Сушицкий, В.Б. Базарова, В.В. Шамов, В.И. Ким</i>)	33
Абразионно-аккумулятивные процессы на берегах озера Ханка при высоком стоянии уровней воды (<i>А.Н. Махинов, В.И. Ким, Д.В. Матвеев</i>)	39
GNSS наблюдения за движениями земной коры в бассейне озера Ханка (<i>А.Г. Коломиец, М.Д. Герасименко, Н.В. Шестаков</i>)	45
Гидрологические и гидрохимические характеристики озера Ханка в период экстремального уровня (<i>А.С. Важова, В.И. Матвеев, О.И. Катайкина</i>)	48
Минерализация и солевой состав вод озера Ханка: многолетняя динамика (<i>В.П. Шестеркин</i>)	57
Об изменении распределений характеристик цвета вод озера Ханка по спутниковым данным (<i>Е.А. Штрайхерт, С.П. Захарков</i>)	63

РАЗДЕЛ 2. Трансформация и устойчивость экосистем Приханкайской низменности

Развитие экосистем восточного сектора Приханкайской равнины в течение криохрона позднего плейстоцена МИС 2 и в раннем голоцене (<i>П.С. Белянин, Н.И. Белянина</i>)	74
Балансовое моделирование изменений уровня озера Ханка (<i>Ю.И. Зуенко, А.С. Важова</i>)	80
Современное состояние западного побережья озера Ханка (<i>В.Б. Базарова, Р.А. Макаревич, Е.П. Кудрявцева</i>)	86
Оценка качества воды озера Ханка по уровню содержания биогенных веществ и хлорорганических пестицидов (<i>С.И. Коженкова</i>)	98

Оценка содержания микроэлементов в поверхностных водах озера Ханка (М.В. Симоконь, Л.Т. Ковековцова, И.С. Наревич)	111
Энергетические условия формирования и энергезапасы в почвах природных и агрогенных ландшафтов Приханкайской низменности (Л.Н. Пуртова)	123
Морфология и систематика почв заповедника «Ханкайский» (участки «Журавлиный», «Чертово болото») (Е.А. Жарикова, О.М. Голодная)	129
Основные почвы водно-болотных угодий Приморья (на примере заповедника «Ханкайский») (О.М. Голодная, Е.А. Жарикова)	144
Эрозионное состояние почв бассейна оз. Ханка (О.М. Голодная, В.И. Ознобихин) ..	151
Землетрясения в Приморье и Приамурье (С.В. Клышевская)	158
Оценка экологического состояния водотоков, расположенных в сфере влияния свиного комплекса ГОР «Михайловский» (Спасский район, Приморский край) (Т.С. Вишкова, С.В. Клышевская, К.А. Дроздов, С.В. Клышевский)	180

РАЗДЕЛ 3. Проблемы сохранения биоразнообразия прибрежных территорий и акватории оз. Ханка. Особенности природопользования на прибрежной территории трансграничного оз. Ханка

Предварительная оценка современного состояния популяции дальневосточной черепахи <i>Pelodiscus taackii</i> (Brandt, 1857) и мест ее размножения на оз. Ханка (И.В. Маслова)	198
Характеристика перифитонных диатомовых сообществ и оценка качества вод р. Спасовка (бассейн оз. Ханка) (Т.В. Никулина)	216
Распространение соевой цистообразующей нематоды <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 на Приханкайской равнине (Пограничный район) (Т.В. Волкова)	229
Распространение соевой цистообразующей нематоды <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 на Приханкайской равнине и в бассейне р. Усури (Кировский район) (И.П. Казаченко)	234
Анализ современной структуры землепользования в бассейне озера Ханка с применением данных дистанционного зондирования земли (К.Ю. Базаров, Е.Г. Егидарев, Н.В. Мишина)	239
Водные ресурсы, водопользование и качество поверхностных вод в бассейне оз. Ханка (Л.В. Горбатенко)	248
Сравнительный анализ современного социально-экономического состояния российской и китайской частей Ханкайской трансграничной территории (Н.В. Мишина) ...	256
Заключение	267
Литература	270
Тезисы	283
Список авторов	294

CONTENT

Introduction	10
--------------------	----

SECTION 1. Transboundary Khanka Lake: current state and development prospects

Study of the hydrological regime and hydrochemical state of Khanka Lake (<i>Yu.N. Zhuravlev, S.V. Klyshevskaya</i>).....	14
Antropogenic activity in the Khanka Lake basin as the main factor of the water regime violation (<i>N.N. Bortin, A.M. Gorchakov, Y.V. Krolevetskaya</i>).....	22
The main geo-ecological problems of the Khanka Lake basin and their manifestation in economic activity (<i>P.Ya. Baklanov, A.N. Kachur, A.N. Makhinov, V.V. Ermoshin, S.I. Kozhenkova, A.N. Bugaets, Yu.P. Sushitsky, V.B. Bazarova, V.V. Shamov, V.I. Kim</i>)...	33
Abrasion-accumulative processes on the shores of Khanka Lake at high standing water levels (<i>A.N. Makhinov, V.I. Kim, D.V. Matveenko</i>)	39
GNSS observations of the earth's crust movements in the Khanka Lake basin (<i>A.G. Kolomiets, M.D. Gerasimenko, N.V. Shestakov</i>)	45
Hydrological and hydrochemical characteristics of Khanka Lake during the period of extreme water level (<i>A.S. Vazhova, V.I. Matveev, O.I. Kataykina</i>)	48
Mineralization and salt composition of the Khanka Lake waters: long-term dynamics (<i>V.P. Shesterkin</i>)	57
On changes in the distributions of color characteristics of the Khanka Lake water from satellite data (<i>E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov</i>).....	63

SECTION 2. Transformation and sustainability of the Khanka lowland ecosystems

Development of ecosystems in the eastern sector of the Pre-Khanka Plain during the Late Pleistocene cryochron (MIS 2) and in Early Holocene (<i>P.S. Belyanin, N.I. Belyanina</i>) ...	74
Balance modeling of the water level variations of Khanka Lake (<i>Yu.I. Zuenko, A.S. Vazhova</i>)	80
The current state of the Khanka Lake western coast (<i>V.B. Bazarova, R.A. Makarevich, E.P. Kudryavtseva</i>).....	86
Estimation of the water quality of Khanka Lake by the level of nutrients and organochlo- rine pesticides concentration (<i>S.I. Kozhenkova</i>)	98
Estimation of the trace elements content in the surface waters of Khanka Lake (<i>M.V. Simokon, L.T. Kovekovdova, I.S. Narevich</i>)	111

Energy conditions of formation and energy reserves in soils of natural and agrogenic landscapes of the Khanka Lake lowland (<i>L.N. Purtova</i>)	123
Morphology and taxonomy of soils of the “Khankaisky” Nature Reserve (“Zhuravliny” and “Chertovo Boloto” clusters) (<i>E.A. Zharikova, O.M. Golodnaya</i>).....	129
The main wetland soils of Primorye (on the “Khankaisky” Nature Reserve example) (<i>O.M. Golodnaya, E.A. Zharikova</i>).....	144
Erosion state of soils in the Khanka Lake basin (<i>O.M. Golodnaya, V.I. Oznobikhin</i>).....	151
Earthquakes in Primorye and Amur Region (<i>S.V. Klyshevskaya</i>).....	158
Estimation of streams water quality located in the sphere of influence of the TPD “Mikhailovsky” pig farms (Spassky District, Primorsky Territory) (<i>T.S. Vshivkova, S.V. Klyshevskaya, K.A. Drozdov, S.V. Klyshevsky</i>)	180

SECTION 3. Problems of biodiversity conservation of the coastal and water areas of Khanka Lake. Features of environmental management in the coastal territory of the transboundary Khanka Lake

Preliminary assessment of the current state of the northern Chinese softshell turtle (<i>Pelodiscus maackii</i> (Brandt, 1857)) population and its breeding grounds at Khanka Lake (<i>I.V. Maslova</i>).....	198
Characteristics of periphyton diatom communities and water quality assessment of Spasovka River (Khanka Lake basin) (<i>T.V. Nikulina</i>)	216
Distribution of the soybean cyst-forming nematode <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 in the Khanka Lake lowland (Pogranichny district) (<i>I.P. Kazachenko, T.V. Volkova</i>)	229
Distribution of the soybean cyst-forming nematode <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 in the Khanka Lake lowland and the Ussuri River basin (Kirovsky district) (<i>I.P. Kazachenko</i>)	234
Analysis of current land use structure in the Khanka Lake basin using remote sensing data (<i>K. Yu. Bazarov, E.G. Egidarev, N.V. Mishina</i>)	239
Water resources, water use, and surface water quality in the Khanka Lake basin (<i>L.V. Gorbatenko</i>)	248
Comparative analysis of the current socio-economic condition of the Russian and Chinese parts of the Khanka Lake transboundary territory (<i>N.V. Mishina</i>).....	256
Conclusion	267
Bibliography	270
Abstract.....	283
List of authors	294

ВВЕДЕНИЕ

INTRODUCTION

Исследования цикличности изменений уровня озера Ханка, его притоков, а также другие экологические проблемы бассейна озера и всей Приханкайской низменности не теряют своей актуальности. Экстремальные природные процессы, в том числе, как в прошлом, так и современности, имеют зачастую циклический характер, а их экологические последствия инертны. Местные, локальные события оказываются вложенными в явления гораздо более крупного масштаба и во многом определяют их сценарии. В таком аспекте фундаментальная составляющая проблемы гидрологического режима бассейна Ханки еще не рассматривалась. Недостаточно длительных и сравнимых данных по динамике водных масс на территории бассейна, особенно в его северной трансграничной части, ответственной за сброс.

Бассейн озера Ханка и само озеро обладают богатым природно-ресурсным потенциалом и имеют большое международное значение как территория, сохраняющая уникальное разнообразие Северо-Восточной Азии, так как является ключевым участком Азиатского миграционного пути, а также представляет значительный интерес с позиции экономики северо-востока КНР и Дальнего Востока России. Состояние трансграничных водных объектов обеспечивает экологическую безопасность прилегающих территорий.

Основой охраны и рационального использования водных ресурсов оз. Ханка должна стать разработанная и согласованная межгосударственная и межведомственная стратегия экологически адаптированного управления водно-ресурсным потенциалом данного трансграничного водного объекта между Российской Федерацией и КНР.

В последние 15 лет в режиме колебаний уровня озера Ханка наметилась устойчивая тенденция его экстремальных повышений. Это, в сочетании со штормами, привело к подтоплениям целого ряда населенных пунктов, подмыву и разрушению берегов вместе со всеми находящимися на них объектами, а также к затоплению сельхозугодий. Опасность повышения водности бассейна озера заключается не только в затоплении социальных объектов, но и ареалов проживания диких животных, птиц и другой биоты. В результате водосборная площадь озера Ханка увеличилась почти в 2 раза. При этом пропускная способность вытекающей из озера Ханка реки Сунгач осталась на прежнем уровне, если не уменьшилась в результате предполагаемого сокращения живого сечения русла этой реки на выходе из озера.

В результате работ по проекту были проанализированы данные по состоянию и тенденциям изменения окружающей среды, а также охране природы бассейна.

Основой охраны и рационального использования водных ресурсов оз. Ханка должна стать разработанная и согласованная межгосударственная стратегия

экологически адаптированного управления водно-ресурсным потенциалом данного трансграничного водного объекта между КНР и Российской федерацией.

Исследование основных составляющих водного баланса озерных экосистем на примере озера Ханка, создание базы данных и модели водообмена в бассейне озера Ханка, прогнозирование изменений уровня воды в озере и рекомендации по предупреждению катастрофических событий.

Для достижения этих целей необходимо решить три существенные и взаимосвязанные проблемы:

1) провести анализ имеющихся и вновь полученных данных об экстремальных природных процессах с целью уточнения их цикличности и периодичности колебаний уровня озера. в том числе, в связи с динамикой водного баланса и потеплением климата;

2) выявить характер и основные причины современных циклических экстремальных природных процессов, прежде всего, колебаний уровня воды в озере и оценить их влияние на состояние природной среды и условия хозяйственной деятельности в бассейне, оценить вероятные экологические последствия их цикличность и инерционность для прибрежных территорий от высокой водности озера;

3) разработать рекомендации и предложения по минимизации экологических последствий и защите различных объектов от негативного экологического воздействия на основе инженерных решений с учетом трансграничности бассейна озера.

Исследования направлены на решение фундаментальных задач современной географии и экологии, связанных с выявлением динамики природных структур и процессов в трансграничных бассейнах (на примере бассейна озера Ханка), в т.ч. с учетом влияния на них современных климатических и антропогенных процессов, определение существующих и потенциальных экологических проблем, и угроз в регионе. При этом сопряженного анализа цикличности экстремальных процессов и инерционности их экологических последствий не проводилось. В подобной комплексной постановке такая задача решается впервые.

Основой охраны и рационального использования водных ресурсов оз. Ханка должна стать разработанная и согласованная межгосударственная и межведомственная стратегия экологически адаптированного управления водно-ресурсным потенциалом данного трансграничного водного объекта между КНР и Российской федерацией.

В результате осуществления стратегии будут получены результаты как фундаментального, так и прикладного характера, в том числе:

- установлены основные причины квазипериодичной цикличности колебаний уровня воды в озере Ханка;
- определены многолетние и сезонные периоды и амплитуды колебаний уровня воды;

- выявлены устойчивые тренды в рядах наблюдений и рассчитаны максимальные уровни озера, объемы поступления воды из его основных притоков и стока в реке Сунгача, и гидросооружений прилегающих низменностей и в результате установлена необходимая мощность регулирующей системы. Определено отношение необходимых защитных и регулирующих мероприятий их стоимость и хозяйственный эффект;

- определены возможные негативные последствия наступления высокого уровня озера и способы их минимизации (в том числе для особо охраняемых территорий);

- осуществлены расчеты максимальных отметок затопления прибрежной территории, в т.ч. сельскохозяйственных и других категорий земель;

- проведена корректировка функционального зонирования и рекомендаций по оптимизации природопользования в прибрежной зоне озера Ханка в сложившихся условиях.

С целью обмена информацией, координации исследований по проекту на базе ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН 14–18 мая 2019 г. организована и проведена II Всероссийская конференция с международным участием «Трансграничное озеро Ханка: Современное состояние и перспективы развития региона». В ходе конференции на пленарном и пяти секционных заседаниях заслушано 63 доклада, в которых были представлены результаты работ специалистов различных областей науки по изучению проблем бассейна крупнейшего озера Дальневосточного трансграничного региона, связанных с изменениями его водного режима. В работе конференции приняли участие специалисты 15 научных, административных и ведомственных организаций. Общее число участников конференции 121 чел., из них 35 иностранных.

РАЗДЕЛ 1

**Трансграничное озеро Ханка:
современное состояние
и перспективы развития**



SECTION 1

**Transboundary Khanka Lake:
current state and development prospects**

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БАССЕЙНА ОЗ. ХАНКА

STUDY OF THE HYDROLOGICAL REGIME AND HYDROCHEMICAL STATE OF KHANKA LAKE

Ю.Н. Журавлёв, С.В. Клышевская

Yu.N. Zhuravlev, S.V. Klyshevskaya

Исследования цикличности изменений уровня озера Ханка, его притоков, а также другие экологические проблемы бассейна озера и всей приханкайской низменности не теряют своей актуальности.

Важными факторами, влияющими на гидрологический режим оз. Ханка, являются не только естественные колебания водного режима бассейна, но и антропогенные изменения водного баланса в результате активного развития орошаемого земледелия в части озерного бассейна, расположенного на территории Китая. Наряду с нарушениями водного режима в верховьях рек, питающих озеро, где сразу после 2001 г. начались неконтролируемые вырубки леса, не могли не повлиять на ход многолетних циклов наполненности озера заборы и сбросы воды из-за нужд сельского хозяйства. Однако вклад отдельных явлений в общий баланс остается неопределенным. Число гидрометеостанций и постов на основных реках бассейна, сильно сократившееся в последние десятилетия, недостаточно для балансовых расчетов.

Прогноз и учет метеорологических событий в бассейне не дают данных для количественного учета осадков. Большие затруднения вызывает также и оценка вклада китайской стороны, особенно ее годичная оценка, так как там в многоводные годы сбрасывают воду с полей, в засушливые – запасают. Остаются не раскрытыми и многие другие возможные причины аномального повышения уровня воды в озере.

Исследован почвенный покров Приханкайской низменности на территории Ханкайского заповедника, Хорольском, Спасском и Кировском районах Приморского края, диагностированы основные типы почв, ведутся аналитические исследования показателей физико-химических свойств почв.

Проведены полевые исследования на юго-восточном и восточном побережьях озера Ханка с целью определения состояния прибрежной территории в современный период. Исследованы основные гидрологические характеристики оз. Ханка (пост Астраханка), р. Спассовка (с. Новосельское), р. Уссури (посты Кировский и Лесозаводск).

Установлено, что снижение уровня воды в оз. Ханка в 2017 г. и в первой половине 2018 г. не привело к заметному уменьшению затопленных площадей (рис. 1, 2). Причиной этого явилась медленная разгрузка озера в зимний период. На рисунке 1 она не достигает 10 см за два месяца. Наметившееся снижение уровня на многолетнем среднегодовом графике в конце 2017 года (рис. 2), как мы и предполагали в нашей летней публикации, не оказалось сигналом кардинальных изменений в динамике водности бассейна.

Засушливая в первой половине лета погода 2018 года сменилась периодом тайфунов, и с начала сентября 2018 г. произошел существенный (до 50 см) подъем уровня воды в озере Ханка и р. Уссури, что продолжает негативно сказываться на состоянии прибрежной низменности.

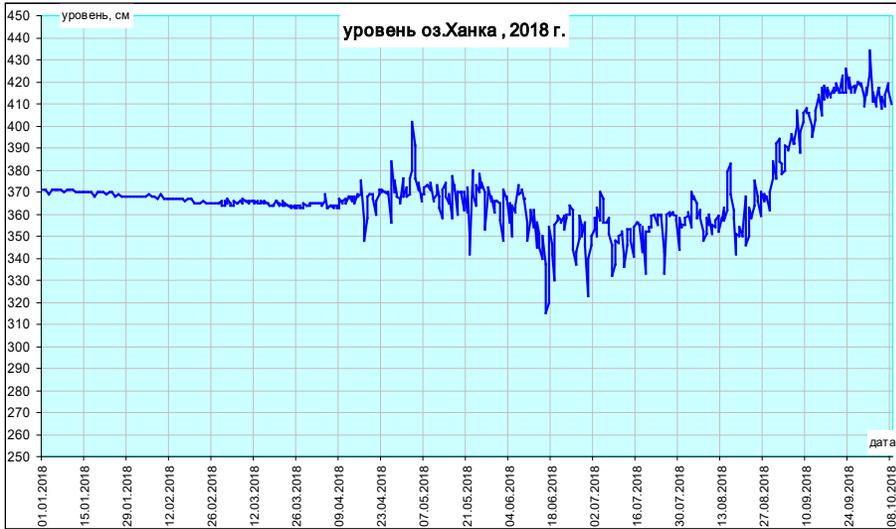


Рис. 1. Среднесуточные показатели уровня воды в оз. Ханка (пост Астраханка) в 2018 г.

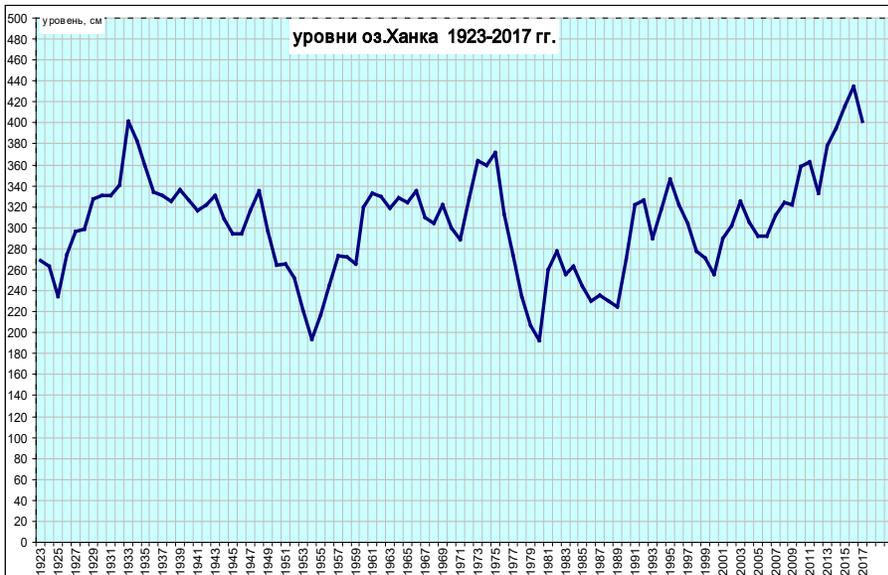


Рис. 2. Средние многолетние показатели уровня воды в оз. Ханка (пост Астраханка)

Сравнение уровней воды в реке Уссури и в озере Ханка в разные годы показало, что уровень воды в р.Уссури ниже 100 см является достаточным условием, чтобы началась заметная разгрузка озера (рис. 3, 4, 5). Такой уровень наблюдался только зимой 2017–2018 годов. Именно в это время произошло некоторое снижение уровня воды в озере, которое можно было принять за начало периода малой водности в бассейне. Осеннее увеличение уровней воды заставляет думать, что смены режимов еще не происходит. Если р. Уссури уйдет в зиму с уровнем воды много выше 100 см, отток из озера Ханка замедлится, а при уровне воды в р. Уссури выше 2-х метров может прекратиться. Эти цифры нуждаются в уточнении и пересчете на средние многолетние показатели, но, установленная тенденция уже сейчас показывает всю бессмысленность проекта по искусственному углублению истока р. Сунгач.



Рис. 3. Уровни оз. Ханка (пост Астраханка), р. Уссури по постам (Кировский, Лесозаводский) в 2018 г.

Исследованы основные гидрологические характеристики оз. Ханка, р. Сунгач, р. Уссури. Установлено, что снижение уровня воды оз. Ханка в первой половине 2019 г. сменилось в августе–сентябре резким его повышением на 0,5–0,7 м после тайфунов и циклонов. Осенью 2019 г. заметного снижения уровня в оз. Ханка и р. Сунгач не наблюдалось, вследствие чего не произошло заметного уменьшения затопленных площадей (рис. 6, 7). Сравнение уровней воды в реке Уссури и в озере Ханка в разные годы показало, что уровень воды в р. Уссури подвержен резким колебаниям, но его снижения недостаточно для разгрузки озера Ханка (рис. 8, 9).



Рис. 4. Уровень р. Усури по посту Кировский в 2018 г.



Рис. 5. Уровень р. Усури по посту Лесозаводский в 2018 г.



Рис. 6. Уровень оз. Ханка в 2019 г.

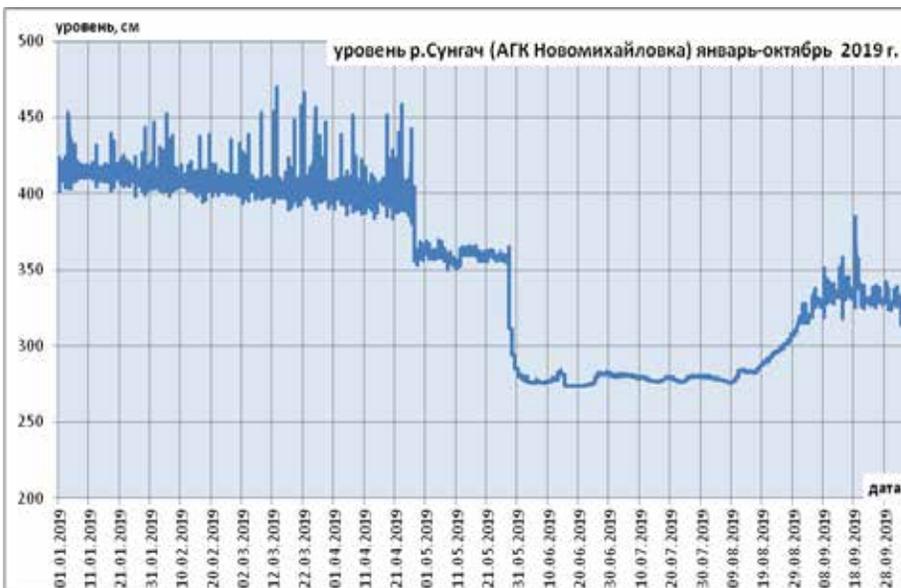


Рис. 7. Уровень р. Сунгач в 2019 г.



Рис. 8. Уровень р. Усури (Кировский) в 2019 г.



Рис. 9. Уровень р. Усури (Лесозаводск) в 2019 г.

Анализ показателей среднемноголетнего уровня воды в озере указывает на то, что современный период трансгрессии начался более 10 лет назад. Следует заметить, что значительная часть снижения приходится на зимний и ранневесенний (до вскрытия льда) периоды и что с началом периода дождей на Ханке отмечены колебания уровня, нарушающие тенденцию к снижению. Происхождение этих ко-

лебаний явно связано с нагонными явлениями, но трудно выяснить, являются ли нагонные явления единственной и исчерпывающей причиной колебаний уровня

Проведена оценка состояния прибрежных территорий, определены границы зон затопления в Спасском, Хорольском и Ханкайском районах Приморского края. Во всех поверхностных водотоках были взяты образцы воды для последующего физико-химического и микробиологического анализа. Результаты исследований помогут оценить состояние водотоков и определить возможное влияние на него антропогенной нагрузки.

В ходе работ нами был исследован физико-химический состав вод озера Ханка, рек Сунгач, Гнилая, Спассовка (табл.1).

Таблица 1. Физико-химический состав водных проб

Показатели	Пробы							ПДК
	1	2	3	4	5	6	7	
Органолептические показатели								
Запах (балл)	0	0	0	0	0	0	3	Не более 3
Цветность (градус)	108,0	56,0	103,0	<1,0	<1,0	<1,0	28,0	Не более 30
Мутность (мг/дм ³)	7,2	3,1	6,7	<0,5	<0,5	<0,5	1,8	2,6-3,5
Привкус(балл)	0	0	0	0	0	0	0	Не более 3
Взвешенные вещества(мг/дм ³)	0,23	0,15	0,10	0,18	0,31	0,85	0,14	0,25
Физико-химические показатели								
pH (ед. pH)	7,4	7,3	7,4	6,9	6,8	7,1	7,1	6-9
Окисляемость перманганатная (мг/дм ³)	10,9	10,0	7,6	1,76	7,6	10,4	6,32	5-7
Общая жесткость (моль/дм ³)	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,5	1,25	7-10
Железо, общее (мг/дм ³)	2,36	1,86	2,79	2,76	2,43	0,79	3,31	0,3 (до 1,0)
Нитриты (мг/дм ³)	0,29	0,29	0,24	0,22	0,10	0,07	0,36	3,3
Нитраты (мг/дм ³)	<0,5	0,52	0,74	1,48	<0,5	<0,5	0,6	Не более 45
Соли аммония	0,94	1,30	0,87	1,43	0,25	0,62	1,19	2,00
Хлориды (мг/дм ³)	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	12,0	Не более 350

Примечание: превышение ПДК выделено жирным шрифтом.

Номера проб и место отбора:

- 1 – исток реки Сунгач (у заставы пограничников);
- 2 – река Сунгач (3-4 км выше истока);
- 3 – озеро Ханка перед истоком Сунгача;
- 4 – озеро Ханка у маяка на Гнилой;
- 5 – устье реки Гнилой (недалеко от пос. Чкаловка и Зелёный Дол);
- 6 – река Спасовка, 500 м выше устья;
- 7 – у устья реки Второй Ерик, 400 м от берега.

Одной из главных проблем состояния вод бассейна озера Ханка является загрязнение биогенными веществами. Концентрации биогенных элементов азота и фосфора характеризуют трофность водоема. Все исследованные пробы характеризуются малой минерализацией, концентрация магния и кальция составляла

от нуля до 28 мг/дм³ и от 0,04 до 0,18 мг/дм³ соответственно. Оценка органолептических показателей качества воды: содержание плавающих примесей во всех пробах не обнаружено, цветность в трех пробах, содержание взвешенных веществ в двух пробах превышают ПДК. Химические показатели свойств воды: кислотность всех водных образцов находится в пределах установленной нормы (6,8–7,4) и относится к близкой к нейтральной. Содержание растворенного кислорода, нитритов, нитратов, солей аммония, хлоридов, общей жесткости находится в пределах нормы во всех пробах. Перманганатная окисляемость проб воды на пяти станциях выше ПДК. Содержание общего железа значительно выше ПДК во всех изученных пробах.

АНТРОПОГЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА КАК ОСНОВНОЙ ФАКТОР НАРУШЕНИЯ ЕГО ВОДНОГО РЕЖИМА

ANTHROPOGENIC ACTIVITY IN THE KHANKA LAKE BASIN AS THE MAIN FACTOR OF THE WATER REGIME VIOLATION

Н.Н. Бортин, А.М. Горчаков, Ю.В. Кролевецкая

N.N. Bortin, A.M. Gorchakov, Yu.V. Krolevetskaya

Дискуссия по причинам и последствиям экстремального повышения уровня воды в трансграничном оз. Ханка будет еще продолжаться, поскольку уровень озера остается высоким (около 1 м выше среднемноголетнего). Причины резкого изменения уровня озера (рис. 1) нами были выявлены еще в 2016 году по результатам анализа всех элементов водного баланса, которые показали, что главной причиной повышения уровня воды в озере является повышенная приточность к озеру, связанная с переброской стока р. Мулинхе. Результаты наших исследований были доложены на I Дальневосточной конференции «Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы», состоявшейся 27–29 апреля 2016 г. в Биолого-почвенном институте ДВО РАН и опубликованы в журнале «Водное хозяйство России. 2016. № 4» (Бортин, Горчаков, 2016а), а основные выводы вошли в резолюцию конференции.

В данной и последующих статьях (Бортин, Горчаков, 2016а, б; Бортин и др., 2016; Носовский, Бортин, 2017) основное внимание нами было уделено не только причинам резкого повышения уровня озера, но и последствиям на российской территории, вызванными антропогенными мероприятиями в бассейне озера на территории КНР.

Не останавливаясь на основных морфометрических характеристиках озера и его бассейна (они подробно изложены в упомянутых статьях), рассмотрим при-

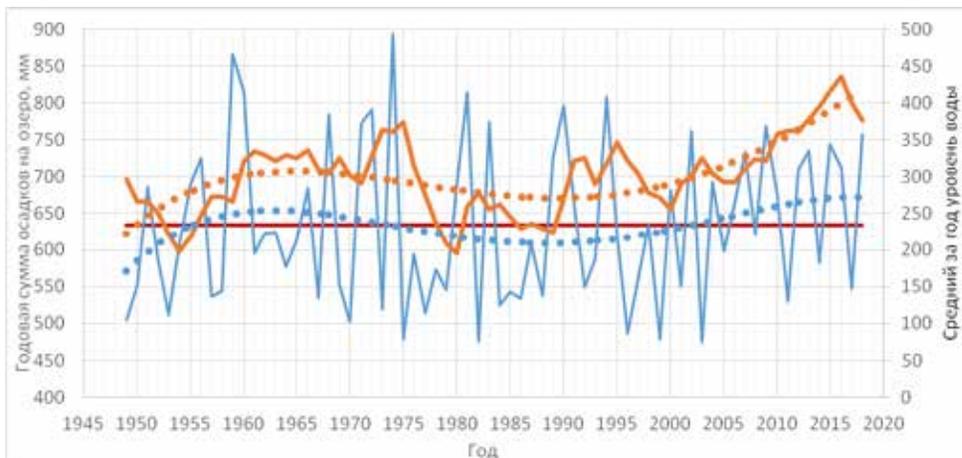


Рис. 1. Динамика и тренд годовых осадков и среднегодового уровня воды в оз. Ханка

родные и антропогенные факторы, определяющие уровень режим и емкостные характеристики оз. Ханка.

Природные факторы: атмосферная циркуляция, атмосферные осадки на озеро; речной приток в озеро; испарение с водной поверхности озера и отток из озера. К антропогенным факторам или хозяйственной деятельности на водосборной площади озера следует отнести гидромелиорацию и переброску стока.

Средний годовой приток в озеро и сток из него до 1980 года составлял примерно 1,9 км³. Средний многолетний уровень – 298 см, минимальный – 174 см (1925 г.). В последние 12 лет в режиме уровня озера Ханка наметилась тенденция его непрерывного повышения. В 2016 году максимальный и среднемесячный уровень в августе превысил свой исторический максимум, который наблюдался в 1974 и 1975 годах (соответственно – 401 и 395 см; а максимальный среднесуточный – 402 и 399 см), на 0,5 м. При среднемноголетнем уровне 293 см среднегодовой уровень воды в озере в 2016 г. составил 433 см, обеспеченность его была выше 1%. Это в сочетании со штормами, привело к подтоплениям целого ряда населенных пунктов, подмыву и разрушению берегов вместе со всеми находящимися на них объектами.

Нами, основываясь на опубликованных многолетних данных наблюдений различных организаций и материалов собственных исследований, выполненных в 2016 г., было показано, что значимых изменений в динамике элементов водного баланса озера (осадки и испарение) не произошло. Поэтому более детально рассмотрим антропогенную деятельность на водосборной площади озер Ханка и Малая Ханка на российской и китайской территориях.

Антропогенные воздействия на озеро Ханка, в связи с его трансграничным положением, ранее исключительно были связаны с масштабами орошаемого земледелия на российской и китайской частях бассейна озера. Если на российской части бассейна озера площади орошения занимали максимум до 53 тыс. га (1980 год), то в настоящее время – около 18 тыс. га. При этом безвозвратные потери воды на орошение на российской части сократились с 240 до 64,4 млн. м³ (Носовский, Бортин, 2017). Разница в объемах безвозвратных потерь, которая по отношению к объему озера оставляет всего 0,5 %, практически не сказывается на режим уровня оз. Ханка.

Согласно опубликованным данным (Носовский, Бортин, 2017), к концу XX века на Приханкайской низменности российской части бассейна оз. Ханка были созданы 69 тыс. га рисовых систем и 13 современных агрогородков с полной инфраструктурой жизнеобеспечения и социально-инженерного обустройства. В 1970–1980 гг. площади посевов риса составляли 53,1 тыс. га в год, под овощные культуры – 11,5 тыс. га, площадь водного зеркала каналов – 28,3 км², водной поверхности 36 водохранилищ в бассейне озера Ханки – 8,5 км² при общем водопотреблении на орошение риса 0,6 км³ (табл.1). В последующие годы площади посевов риса снизились: до 46,2 (1981–1985 гг.), 42,4 (1986–1990), 26,6 (1991–1995 гг.), 6,6 (1996–2000 гг.), 4,9 (2001–2006 гг.), 12,0 (2006–2010 гг.), 22,7 (2011–2015 г.), 17,6 тыс. га (2016 г.).

Таблица 1. Динамика хозяйственной деятельности в бассейне озера на российской территории по (Носовский, Бортин, 2017)

Характеристики	1970–1980 гг.	1995 г.	2012 г.	2015 г.
Площади под рис, тыс. га	53,12	12,4	24,7	17,6
Площади под овощные культуры, тыс. га	11,5	-	-	-
Суммарная длина оросительных каналов, км	3489	3489	3489	3489
Суммарная длина сбросных каналов, км	3600	3600	3600	3600
Площадь водного зеркала каналов, км ²	28,3	28,3	28,3	28,3
Построено водохранилищ, шт.	36	-	-	-
Суммарная площадь водной поверхности водохранилищ, км ²	8,5	8,5	8,5	8,5
Общий объем водохранилищ, млн м ³	24,2	24,2	24,2	24,2
Потребление воды, млн м ³	600	129,5	256,48	161,01
Безвозвратные потери, млн м ³	240	51,8	103,0	64,4

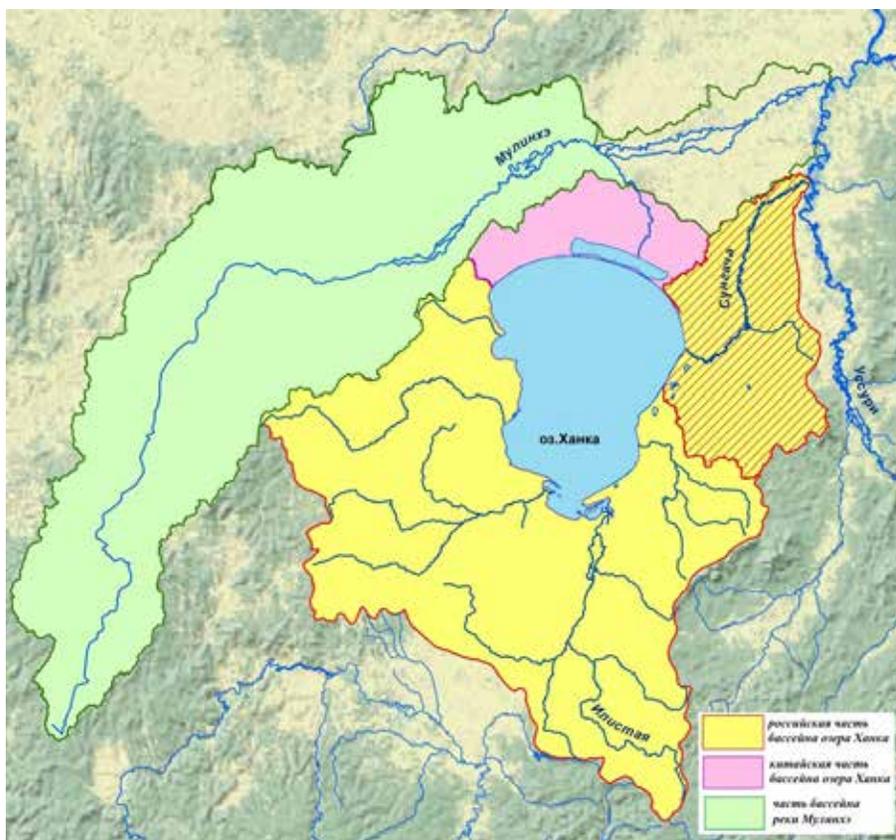


Рис. 2. Водосборная площадь бассейна озера Ханка

Если в 1980 году потребление воды на орошение составляло 600 млн м³, то в 2015 оно снизилось до 161 млн м³.

В свою очередь, китайская сторона, для обеспечения своей продовольственной безопасности, систематически увеличивала объем переброски стока реки Мулинхэ в оз. Малая Ханка (Бортин, Горчаков, 2016а).

В настоящее время водосборную площадь, оказывающую влияние на состояние озера Ханка можно условно разделить на три части: российская часть бассейна озера, китайская часть бассейна озера, часть бассейна р. Мулинхэ (рис. 2).

Значительная роль в оценке оказываемого антропогенного воздействия на водосборную площадь озера принадлежит структуре использования земель. Одним из основных показателей увеличения сельскохозяйственной нагрузки на водосборе является рост площади пахотных земель. Для оценки структуры использования земель (табл. 2, рис. 3) использованы карты растительного покрова проекта GlobCover за 2015 год. Для трех упомянутых частей бассейнов были определены основные категории земель: пахотные земли, орошаемые пахотные земли, луга и пастбища, лесная растительность, а также соотношение их площадей.

Из представленных в таблице 2 данных видно, что площадь водосборного бассейна оз. Ханка увеличилась более чем на 60%. В настоящее время в общей структуре землепользования бассейна озера суммарная площадь категорий земель, имеющих более выраженное антропогенное влияние на водный режим озера (пахотные и орошаемые пахотные земли, луга и пастбища) составляет 42,8%.

Таблица 2. Структура использование земель в бассейне оз. Ханка в 2015 г.

№	Категория земель	Российская часть бассейна оз. Ханка		Китайская часть бассейна оз. Ханка		Часть бассейна р. Мулинхэ		Бассейн оз. Ханка	
		км ²	%	км ²	%	км ²	%	км ²	%
1	Пахотные земли	1721,2	8,2	187,4	4,8	306,36	1,9	2214,96	5,4
2	Орошаемые пахотные земли	419,8	2	148,3	3,8	817,74	5	1385,84	3,4
3	Луга, пастбища	5667,3	27	1849,5	47,4	6445,68	39,7	13962,48	34
4	Лесная растительность	7913,2	37,7	195,1	5	6588,51	40,6	14696,81	35,7
5	Водные объекты	3148,5	15	1240,8	31,8	86,13	0,5	4475,43	10,8
6	Другие	2120	10,1	280,9	7,2	1985,58	12,3	4386,48	10,7
	Итого	20990	100	3902	100	16230	100	41122	100

После «проколов» китайской стороной перешейка между озерами Малая Ханка и Ханка в 1975 и 2000 годах с одновременным перенаправлением стока реки Мулинхэ в оз. Малая Ханка, к водосборной площади оз. Ханка добавилась водосборная площадь оз. Малая Ханка и значительная часть площа-

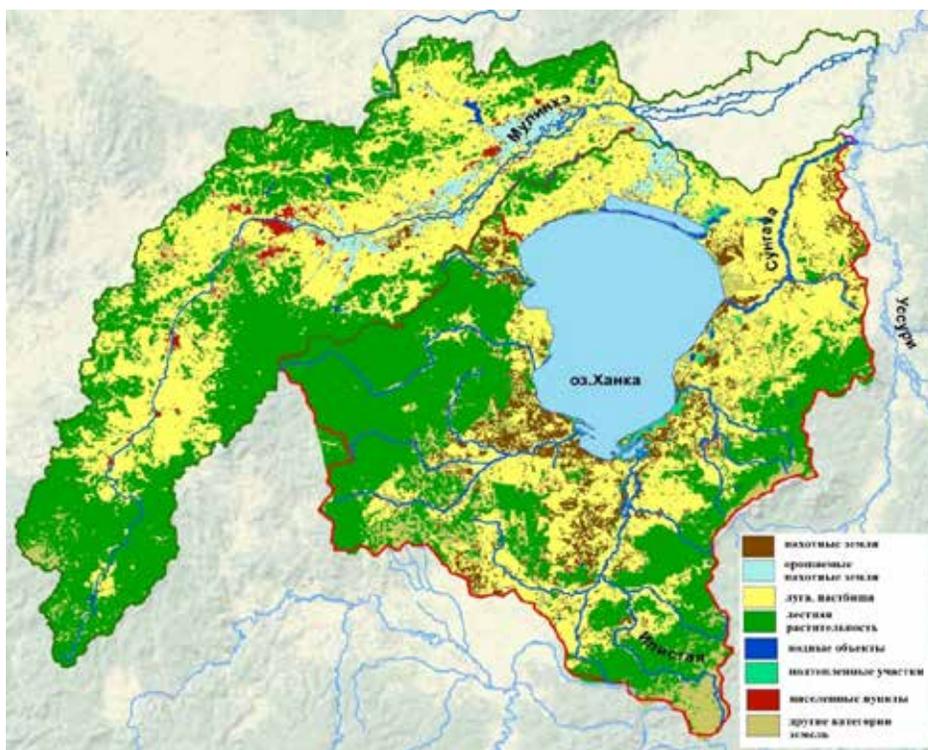


Рис. 3. Структура использования земель в бассейне оз. Ханка в 2015 г.

ди реки Мулинхэ. До этого момента водосборная площадь озера составляла 20,1 тыс. км². В настоящее время она составляет более 35 тыс. км² (т.е. увеличение в 1,7 раза).

Переброска стока в озеро Ханка на российской части бассейна озера не осуществляется. Водообмен между оз. Ханка и оз. Малая Ханка до 1975 года осуществлялся через одну протоку шириной до 10 м в западной части перешейка. После строительства в 1975 году в центральной части перешейка канала шириной 100 м водообмен увеличился, а после строительства третьего канала шириной 125 м условия для перетока воды в оз. Ханка и обратно стали соответствовать объему стока реки Мулинхэ, сток которой, начиная примерно с 2009 года по каналу Мусин был почти полностью направлен в оз. Малую Ханку (рис. 4). Тем самым в КНР были решены следующие две основные задачи: осушена долина в нижней части р.Мулинхэ с целью ее дальнейшего освоения, обеспечено самотечное водоснабжение орошаемых полей в бассейне оз. Малая Ханка.

Сведений о ежегодном стоке р. Мулинхе не имеется. Из литературных источников известен лишь среднемноголетний годовой объем стока до створа в районе г. Мишань (площадь бассейна около 16 тыс. км²), равный 2,208 км³ и сопоставимый со стоком реки Раздольная, имеющей общий водораздел с



Рис. 4. Схема размещения водорегулирующих сооружений на косе

р. Мулинхэ и такую же водосборную площадь. Ширина отводящего канала более 80–100 м, длина 30 км. При этом ширина р. Мулинхе ниже водоразделителя порядка 15 м (рис. 5). В этом заключается главная причина нарушения водного баланса оз. Ханка и аномального роста уровня воды в озере в последние годы (Бортин, Горчаков, 2016а).



Рис. 5. Схема отсечения нижней части р. Мулинхэ в районе п. Хубэй

Усугубляет ситуацию тот факт, что пропускная способность единственной, вытекающей из озера, реки Сунгача ($1,9\text{--}2,2 \text{ км}^3$ в год) ограничена ее морфометрическими характеристиками, прежде всего малым уклоном, низкими берегами, малой глубиной и подпорными явлениями со стороны реки Уссури, в которую Сунгача впадает. Этот объем стока примерно сопоставим с объемом стока р. Мулинхэ в средний по водности год. Накопление воды в оз. Ханка за последние 12 лет составило более 6 км^3 (33 %) при среднемноголетнем объеме озера $18,3 \text{ км}^3$. Среднее накопление в год – $0,4\text{--}0,6 \text{ км}^3$ (Бортин, Горчаков, 2016а).

На космических снимках с 1984 г. по 2015 г., «отсеченная» нижняя часть Мулинхэ постепенно уменьшалась в своих размерах и в 2011 году практически стала невидима из космоса (рис. 6). Одновременно огромная территория ранее переувлажненной низменности, сопоставимая с Приханкайской низменностью, площадью 400–450 тыс. га, была осушена и вовлечена в сельскохозяйственный оборот.

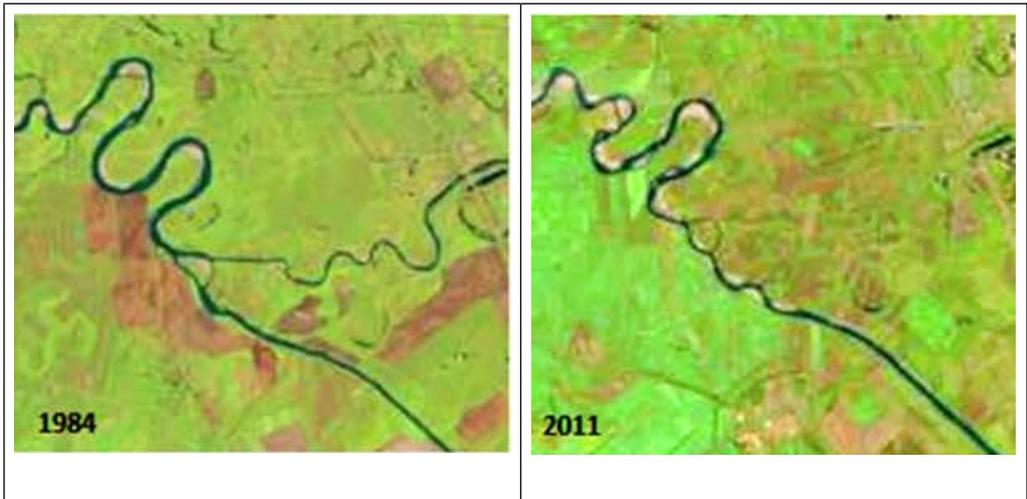


Рис. 6. Динамика отсечения нижней части реки Мулинхэ с 1984 по 2011 г.

Последствия подъема уровня воды в озере выразились в подтоплении населенных пунктов, земель сельскохозяйственного назначения, а также государственного природного биосферного заповедника «Ханкайский» на российской территории. В подтопленном состоянии в 2016 г. находились 5 рисовых оросительных систем (РОС) на южном побережье озера. Доля подтопления оросительных площадей этих РОС колебалась от 7 % («Авангард») до 58 % («Новосельская») (Бортин и др., 2016).

Следует отметить, что продолжение переброски стока р. Мулинхэ в оз. Малая Ханка может привести к еще большему подтоплению орошаемых земель на российской территории.

Таким образом, основными причинами резкого изменения уровня озера Ханка являются:

1. Планомерные действия КНР (ориентировочно с 1975 г.), направленные на увеличение водообмена между озерами (Ханка и Малая Ханка), с переброской все большей части стока р. Мулинхэ по каналу Мусин в Малую Ханку с целью защиты от наводнений, осушения поймы и дальнейшего освоения заболоченной территории низовья р. Мулинхэ, а также самотечного орошения мелиорированных земель в бассейне Малой Ханки с целью значительной экономии электроэнергии для водоподачи из оз. Малая Ханка и реки Сунгача. Для этого здесь был создан современный водохозяйственный комплекс. Основной объем стока р. Мулинхэ теперь направлен не в сторону р. Уссури, а через систему «Мусин-Малая Ханка-Ханка-Сунгача» и водосборная площадь Малой Ханки (соответственно и самого оз. Ханка) увеличилась в 1,7 раза.

2. Вторая причина заключается в ограниченности пропускной способности единственной, вытекающей из озера реки Сунгача (1,9–2,3 км³ в год) в истоке которой находится песчаная отмель (бар), весьма неустойчивая и подверженная деформациям. Бассейн реки находится в пределах обширной заболоченной Приханкайской низменности, имеет малый уклон, низкие берега и подвержена подпорным явлениям со стороны реки Уссури, в которую р. Сунгача впадает. В реку Сунгача с китайской и российской территорий впадают два крупных и 16 мелких притоков. Со стороны КНР к реке примыкают более 40 ирригационных сбросных каналов. Все вышеперечисленные факторы усиливают подпорные явления в реке в период повышения уровня воды в озере. При сложившейся ситуации уровень оз. Ханка в значительной степени будет зависеть теперь от количества осадков в году.

Ниже (табл. 3) представлена информация о состоянии уровня воды в озере Ханка за последние три года (2016–2018 гг.). На рисунке 7 показана динамика среднемесячных уровней воды за эти годы, которая главным образом теперь зависит от водности реки Мулинхэ. Здесь же приведены среднемноголетние среднемесячные уровни за период с 1936 по 1980 год.

Снижение уровня воды в оз. Ханка до середины 2018 года связано с малым количеством осадков в 2017 году (менее 500 мм, что ниже нормы на 100 мм), а за первую половину 2018 года выпало всего 210 мм (около нормы). Однако, в августе выпало 270 мм и уровень в озере резко повысился на 60 см. В конце ноября 2018 уровень в оз. Ханка колебался около 400 см, что выше среднемноголетнего значения в ноябре на 100 см (рис. 8).

Из изложенного следует, что нет оснований ожидать падения уровня оз. Ханка в ближайшие годы, если ничего не предпринимать. При этом последствия штормовых нагонов, разрушающих берега и приводящих к подтапливанию населенных пунктов, будут усугублять ситуацию. Этому также способствует денivelация (или перекося уровня поверхности воды озера), обусловленная сгонно-нагонными явлениями под действием ветра или сейшми. Высота нагона при

Таблица 3. Средние и экстремальные уровни воды оз. Ханка
за периоды 2016–2018 и 1936–1980 гг.

Характеристика	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2016 год													
Средн. уровень, см				426	439	440	435	435	445	441	433	427	436
Макс. уровень, см				433	454	459	449	456	463	452	440	430	448
Мин. уровень, см				415	421	426	416	417	431	429	424	425	423
Уровень на конец месяца, см				424	450	427	438	453	444	440	430	425	437
Осадки, мм	4	5,8	23	70	117	66	70	132	137	43	34	5,2	707
2017 год													
Средн. уровень, см	425	419	416	420	427	439	417	407	404	390	386	374	400
Макс. уровень, см	422	415	413	396	388	392	382	371	369	369	360	372	
Мин. уровень, см	423	416	415	418	412	392	394	397	375	373	374	373	
Уровень на конец месяца, см	423	416	415	418	412	392	394	397	375	373	374	373	
Осадки, мм	2,3	2,5	24	29	78	62	67	173	24	12	18	4,9	497
2018 год													
Средн. уровень, см	370	367	365	366	368	353	351	360	407	412	410	408	377
Макс. уровень, см	371	369	366	376	391	373	367	383	423	431	427		389
Мин. уровень, см	368	365	363	356	350	320	333	342	380	398	402		362
Уровень на конец месяца, см	368	365	365	376	366	355	354	376	417	405	402		377
Осадки, мм	4,9	1,4	24	52	59	70	99	272	77	72	32		763
1936–1980 гг.													
Ср. многолетний уровень, см	296	293	292	292	299	300	298	300	302	301	298	296	297
Наибольший уровень, см	395	391	388	391	395	389	387	372	377	394	402	399	390
Наименьший уровень, см	191	190	191	191	196	191	187	182	186	190	194	193	190
Осадки, мм	6,7	7,7	14	30	59	78,7	99,7	118	83	50,7	21	10	581

ветре свыше 20 м/с может достигать до 1,5 м и более. Для прогноза среднегодового уровня на 2019 год нами уточнены параметры уравнения множественной корреляции между средним уровнем в году и двумя переменными (осадки на озеро (X) и уровень (H₁) в озере на начало года), приведенного в (Бортин, Горчаков, 2016а):

$$H_{cp} = 0,083_*X + 0,837_*H_1 + 12,9$$

Выполненные расчеты по данному уравнению показывают, что при любых годовых осадках в 2019 году уровень озера по сравнению с 2018 годом повысится.

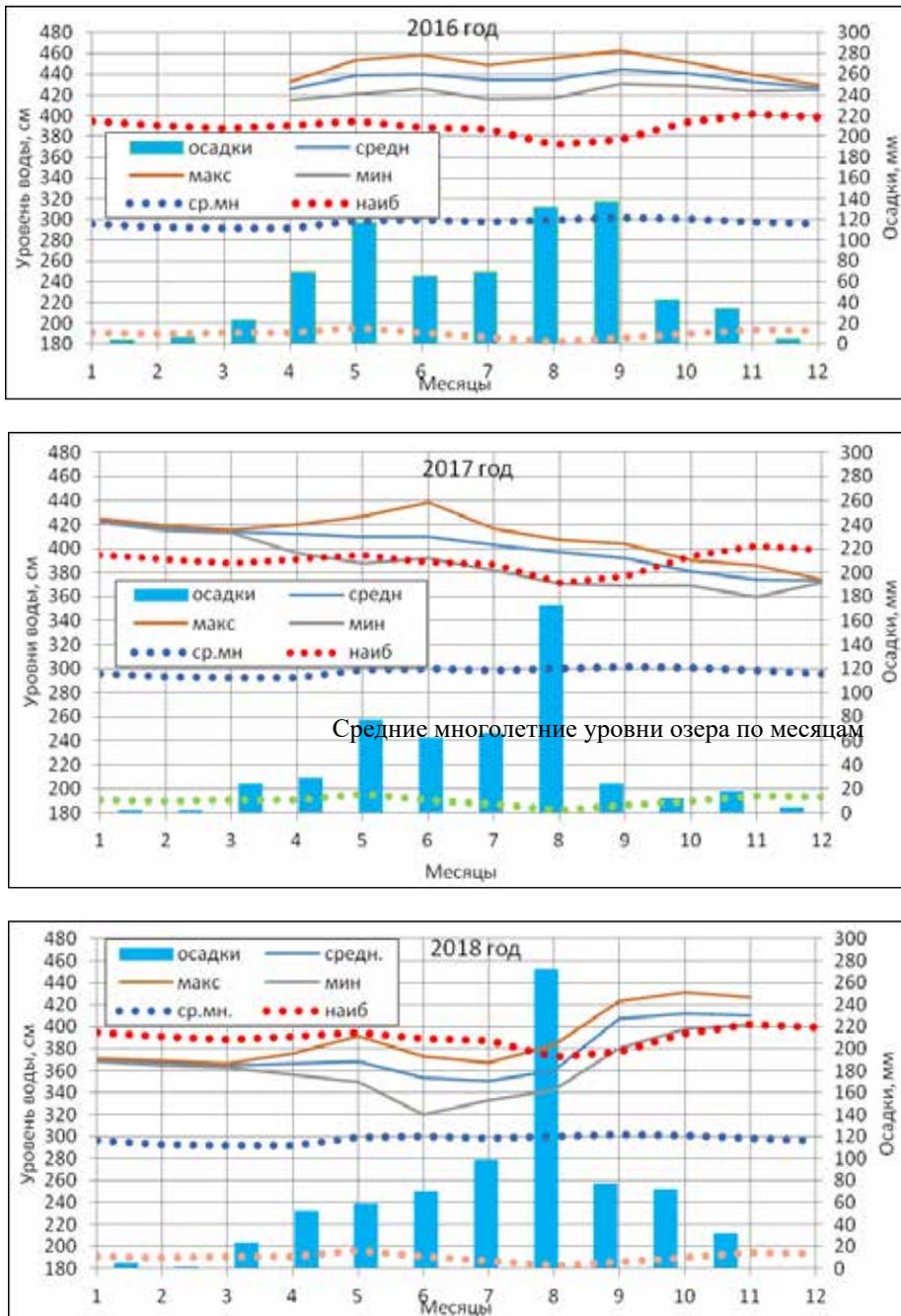


Рис. 7. Средние и экстремальные уровни воды оз. Ханка за периоды 2016–2018 и 1936–1980 гг. и месячные суммы осадков на мст. Астраханка

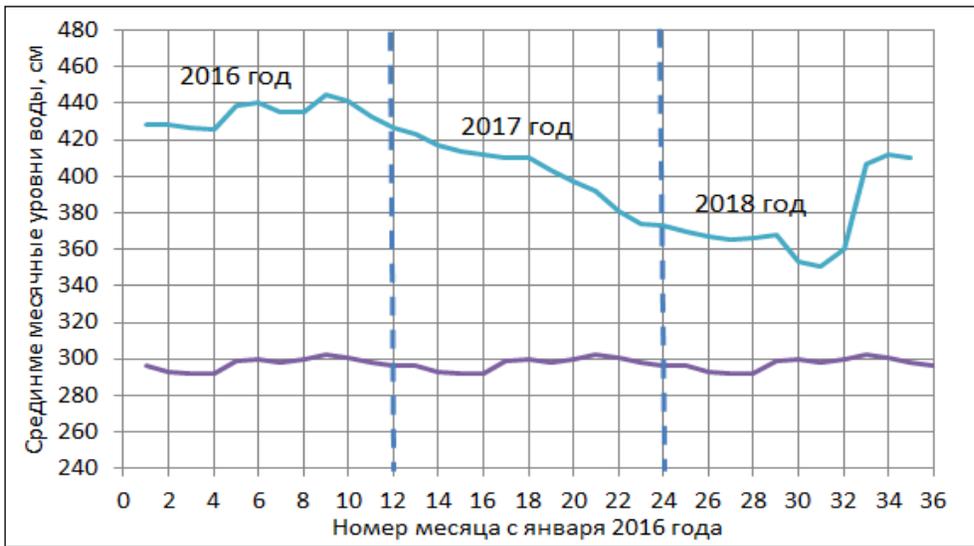


Рис. 8. Динамика среднемесячных уровней в период 2016–2018 гг.

Величина этого повышения (табл. 4) будет зависеть от водности года (точнее от уровня превышения осадков на озеро относительно нормы).

Таблица 4. Прогнозные уровни в озере Ханка на 2019 год

Осадки на озеро, мм	Уровень на 1.01.2019 г., см	Средний уровень в 2019 г., см	Превышение над средним уровнем 2018 г., см
450	400	385	7
600	400	398	20
750	400	410	32

ОСНОВНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ В ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

THE MAIN GEO-ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE KHANKA LAKE BASIN AND THEIR MANIFESTATION IN ECONOMIC ACTIVITY

**П.Я. Бакланов, А.Н. Качур, А.Н. Махинов, В.В. Ермошин,
С.И. Коженкова, А.Н. Бугаец, Ю.П. Сушицкий, В.Б. Базарова,
В.В. Шамов, В.И. Ким**

**P.Ya. Baklanov, A.N. Kachur, A.N. Makhinov, V.V. Ermoshin,
S.I. Kozhenkova, A.N. Bugaets, Yu.P. Sushitsky, V.B. Bazarova,
V.V. Shamov, V.I. Kim**

Озеро Ханка – самое обширное озеро Дальнего Востока России. Оно располагается в средней части Приханкайской низменности на границе с КНР. Северная часть озера Ханка, озеро Малая Ханка и соответствующая часть их водосборов, принадлежат КНР. Сетью гидротехнических сооружений, регулирующих пропуск воды, оз. Малая Ханка связано с оз. Ханка.

Приханкайская низменность с востока 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 по площади равнинные участки. С юга и востока непосредственно к озеру примыкает обширная сильно заболоченная плоская поверхность, возвышающаяся над уровнем воды на 1,5–2,0 м.

Бассейн оз. Ханка и само озеро обладают богатым природно-ресурсным потенциалом и имеют большое международное значение как территория, сохраняющая уникальное биоразнообразие Северо-Восточной Азии. Бассейн является ключевым участком Азиатского миграционного пути перелётных птиц, а также представляет значительный интерес с позиции экономики Дальнего Востока России (Геосистемы..., 2008; 2010; 2012). Здесь развиты различные отрасли сельского хозяйства: растениеводство, в том числе рисосеяние, животноводство. Ведется добыча сырья для строительных материалов, в том числе известняков, полевого шпата; развивается туризм. Российский биосферный заповедник «Ханкайский» и китайский биосферный заповедник «Синкай-ху» образуют охраняемую трансграничную территорию международного значения «Озеро Ханка».

Российская часть бассейна оз. Ханка располагается в пределах Приморского края и входит в 6 административных районов (Михайловский, Пограничный, Спасский, Ханкайский, Хорольский, Черниговский) общей площадью 17849 км² и численностью населения 272 тыс. человек. Большая часть населения проживает

в сельской местности, статус города имеет лишь Спасск-Дальний, в котором проживает 41 тыс. чел.

Китайская сторона относит к бассейну оз. Ханка территорию площадью 1315 км², или 1/10 от общей площади бассейна. По имеющимся данным, на 2000 г. там располагалось 6 деревень и 2 города с общей численностью населения около 130 тыс. человек. Вместе с тем, определенная сложность в выделении границ бассейна связана с функционированием на китайской стороне с середины 1930-х годов водорегуляторов для переброски воды из оз. Малая Ханка в р. Мулинхэ, которая входит в другой бассейн, и обратно в целях орошения, регулирования уровня воды в озере и т.д. Это приводит к взаимодействию бассейнов оз. Ханка и р. Мулинхэ и вызывает определенные сложности в географических оценках. Так, на берегах р. Мулинхэ расположены города Мулинг, Цзиси, Цзидонг, Мишань и Хулинг. Крупный город Цзиси с населением около 2 млн. человек оказывает влияние на экологическое состояние р. Мулинхэ. Переброска ее вод по каналу Донгдихе в оз. Малая Ханка может, в свою очередь, влиять и на воды 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 – рис, пшеница, гречиха, ячмень, овес; из технических – соя, сахарная свекла, подсолнечник; из овощных – помидоры, огурцы, капуста, свекла, морковь, редис, перец, баклажаны; из бахчевых – дыни и арбузы. При этом применяемые аграрные приемы выращивания часто приводят к эрозии почв и загрязнению окружающей среды пестицидами и биогенными соединениями.

В последние десятилетия в бассейне оз. Ханка наблюдаются изменения как природного, так и антропогенного характера, в первую очередь – повышение уровня озера (Журавлев и др., 2018). Это привело к формированию целого ряда геоэкологических проблем.

Повышение уровня воды в озере Ханка с 2013 г. привело к масштабному подтоплению окружающей территории, что оказало существенное негативное воздействие на состояние берегов. На западном побережье озера активизировались абразионные процессы во время штормов, при которых высота волн достигает двух метров. Высота уступов местами превышает 10 м, а максимальное отступление береговой линии составило на интенсивно размываемых участках 12–15 м.

Так, например, южнее с. Турий Рог высокий берег озера при больших уровнях воды подвергался интенсивной абразии в сочетании с денудационными процессами на протяжении нескольких сотен метров (рис.). Берег сложен слабосцементированными песчаниками, достаточно легко поддающимися размыву. В настоящее время высота уступов составляет 12–15 м. Почти вертикальные обрывы подвержены интенсивному воздействию денудации и плоскостной эрозии. На крутых склонах у подножий уступов образовались многочисленные эрозионные рытвины и борозды, по которым водным потоком во время ливней на пляж вы-

носятся глинистый материал, накапливающийся на его поверхности в виде тонких напластований сложной формы. Они поставляют в озеро значительный объем терригенного материала, что увеличивает мутность воды в озере. По наблюдениям летом 2018 г. в условиях снижения уровня воды на величину около 0,7 м, по сравнению с 2015 г., размыв берегов прекратился.



Рис. Абразионно-денудационный берег в районе с. Турий Рог (слева) и абразионный берег в с. Платоно-Александровское

Нижняя часть уступов наполовину перекрыта обвальным и осыпным материалом, образующим поверхность с уклоном 40–45 °, на которой наблюдается обилие оползней в виде блоков размером 3×4 м. Часто основой таких блоков являются корневые системы отдельных деревьев с вмещающим грунтом. Поэтому процесс разрушения берегов продолжается в результате многочисленных оползней и обвалов грунта с крутых уступов.

Активное разрушение берегов на крутых и высоких склонах отмечается также в районе селения Камень-Рыболов. Максимальная высота береговых обрывов здесь достигает 10 м. С крутого склона над уступом сползают блоки размером до 5×7 м рыхлого материала вместе с деревьями. Подножья уступов перекрыты оползнями, небольшими обвалами и местами осыпями, что свидетельствует об отсутствии волнового воздействия в настоящее время.

На равнинных участках, слабо возвышающихся над урезом воды, происходят типичные абразионные процессы. В южной оконечности с. Новокачалинск вертикальный уступ берегового клифа имеет высоту 2,2 м. В уступе обнажается толща гравийного песка, обладающего слабыми противоабразионными свойствами. Низкий пляж имеет ширину 6–7 м. Вдоль уреза воды в настоящее время формируется невысокий штормовой вал. Размыв берега на этом участке был значительным. По опросным данным общий размыв берега к 2017 г. составил 10–12 м. В результате абразии были частично разрушены жилые дома.

Абразионные процессы активно проявились также в районе селений Платоно-Александровское и Новониколаевка. Здесь пришлось укреплять берег каменной наброской для защиты строений и дорог от разрушения.

На южном и восточном побережьях 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, редкого реликтового животного – также оказались под водой. Разрушается инфраструктура кордонов Ханкайского заповедника. Водой уничтожены 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 низких берегов озера затронули и жилые постройки, расположенные в зоне сотрудничества Ханкайского биосферного заповедника. Жители сел Новосельское и Новониколаевка вынуждены покидать своё жильё и перебираться в безопасную зону. Численность проживающего в границах резервата населения стремительно снижается.

В последние годы негативные гидрологические и климатические процессы, связанные с неожиданным подъемом уровня воды в озере Ханка и частыми интенсивными ливнями, вызывающими наводнения в долинах впадающих в озеро рек, отрицательно сказываются на устойчивости природопользования в бассейне оз. Ханка.

Таким образом, существенные колебания уровня воды в озере – как подъем, так и снижение, – порождают цепочки сопутствующих изменений в природных процессах и ландшафтах, часть из которых сопровождаются негативными последствиями для природопользования. Такие изменения отдельных природных процессов, которые приводят к трансформации соответствующих природных компонентов и ландшафтов в целом, и вызывают, как правило, негативные последствия для человека, для различных форм природопользования, рассматриваются нами как *геоэкологические проблемы*.

С учетом этого можно выделить сочетание геоэкологических проблем, связанных с подъемом уровня воды в озере, а также возникающих при его снижении. Их обобщенная характеристика приведена в таблице. Перечисленные геоэкологические проблемы являются реальными, они уже проявляются на конкретных территориях. В целом же необходимо выделение и потенциальных геоэкологических проблем, вероятных при тех или иных изменениях отдельных природных процессов и компонентов в бассейне озера. Для отдельных геоэкологических проблем целесообразно составить расчетные «цепочки их проявления» в хозяйственной деятельности человека. Очевидно, что такие цепочки могут иметь как отрицательные (негативные), так и положительные эффекты.

Изменение уровня воды в озере необходимо учитывать при планировании экономического развития территории с учетом различных сценариев дальнейшего развития событий: как для варианта повышения уровня или его стабилизации, так и для его понижения. Очевидно, что при первом варианте будут затоплены поймы

Таблица. Геоэкологические проблемы бассейна озера Ханка

Первичные (основные) звенья геоэкологических проблем	Сопутствующие звенья геоэкологических проблем	
	в пределах озера	в пределах бассейна
Подъем уровня воды в озере	Размыв берегов, оползни и обвалы, поступление в озеро дополнительного стока наносов	Затопление прибрежных участков территории, подъем уровня грунтовых вод, заболачивание
Снижение уровня воды в озере	Образование аккумулятивных форм берегового рельефа (вдольбереговых валов, отмелей и др.), обмеление отдельных участков	Появление новых прибрежных форм рельефа с пионерной растительностью, в т.ч. изолированных лагунных водоемов, активизация эоловых процессов
Загрязнение наземных и водных геосистем	Ухудшение качества воды в устьях рек и в прибрежной зоне, гидробионтов, в т.ч. промысловых видов рыб	Загрязнение воздушной среды, почв, выпадающих в озеро рек (в т.ч. трансграничное)

рек, а также под воду могут уйти наиболее благоприятные для земледелия первые террасы озера (Трансграничное..., 2016).

До недавнего времени наблюдался устойчивый подъём уровня воды в озере Ханка. Как показали исследования, на него оказали влияние как природные, так и антропогенные факторы. Точное соотношение между ними до сих пор не выявлено, но имеются оценки, что их вклад составляет 82 % и 18 %, соответственно (Георгиевский и др., 2017). В целом отмечаются негативные последствия целого сочетания геоэкологических проблем, порождаемых повышением уровня воды в озере, для жизнедеятельности человека и биоты в различных частях бассейна оз. Ханка.

Изменения гидрологических и климатических условий отрицательно сказываются на природопользовании и социально-экономическом развитии территории. Неочищенные сточные воды промышленных и сельскохозяйственных предприятий являются ведущим антропогенным фактором, влияющим на экологическую обстановку в бассейне оз. Ханка (Долговременная..., 1992; Бакланов и др., 2003). Особую угрозу биоте данной территории и проживающему здесь населению составляют сбросы воды с участков рисосеяния, особенно на территории КНР. Уровни содержания пестицидов в тканях мышц и печени промысловых рыб и диких уток по имеющимся оценкам превышали ПДК (Семькина, 2006).

В настоящее время в результате начавшегося снижения уровня воды абразионные процессы существенно замедлились, а на большинстве участков прекратились совсем. Однако, разрушение берегов продолжается в результате оползневых процессов и проявлений плоскостного и линейного размыва на уступах и наклон-

ных поверхностях, скоплений рыхлого материала у их подножий. Во время подъёма уровня воды были затоплены дороги и разрушены хозяйственные строения, но в результате снижения уровня воды в последние годы угроза для инфраструктуры миновала.

Анализ современных геоэкологических проблем бассейна оз. Ханка показывает, что для определения путей минимизации негативных последствий подъёма уровня воды как в экологическом плане, так и в отношении устойчивого природопользования в целом необходима организация 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 развития и 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 озера в связи с динамикой водного баланса и изменением климата.

Выявить воздействие региональных и локальных климатических, гидрологических, геоморфологических и антропогенных составляющих на колебания уровней озера.

Определить современные уровни загрязнения компонентов экосистемы оз. Ханка биогенными элементами, пестицидами, тяжелыми металлами.

Уточнить ландшафтное строение прибрежных геосистем, территориальную хозяйственно-экономическую структуру и современные тенденции их сопряжений и изменений.

Выявить негативные геоэкологические и социально-экономические последствия на российской части бассейна озера Ханка от вариантов подъема уровня воды и загрязнения окружающей среды в настоящее время, на ближайшую и отдаленную перспективы.

На основе установленных причин, масштабов и тенденций изменения режима уровня воды в озере Ханка и оценки их последствий необходимо разработать обоснованные предложения по защите территориально-хозяйственных структур от негативных воздействий и развитию приоритетных видов хозяйственной деятельности в бассейне озера. При этом следует учитывать, что для заповедных территорий естественные изменения уровня воды в озере являются их природной особенностью.

АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА БЕРЕГАХ ОЗЕРА ХАНКА ПРИ ВЫСОКОМ СТОЯНИИ УРОВНЕЙ ВОДЫ

ABRASION-ACCUMULATIVE PROCESSES ON THE SHORES OF KHANKA LAKE AT HIGH STANDING WATER LEVELS

А.Н. Махинов, В.И. Ким, Д.В. Матveenко

A.N. Makhinov, V.I. Kim, D.V. Matveenکو

Многолетние колебания уровней воды в озере Ханка являются важнейшей особенностью его водного режима (Базарова и др., 2008; Баканов, 1988; Васильковский, 1978), природа которых до настоящего времени остается недостаточно понятной и слабо изученной. Подъемы уровня воды на 1,4–1,5 м за несколько лет наблюдались в конце 1920-х – начале 1930-х годов, конце 1950-х – начале 1960-х годов и менее выражено в начале 1990-х годов. Последний значительный подъем воды на 1,2 м произошел в 2006–2015 гг., превысив за короткий период времени 2013–2015 гг. исторический уровень. Он отличается от предыдущих тем, что начался при более высоких уровнях озера и поэтому достиг максимальной величины за весь период инструментальных наблюдений.

Отмечается синхронность высоких уровней воды в озере Ханка с повышенной водностью Амура. В нижнем течении Амура отчетливо выделяются периоды с серией высоких максимальных уровней воды (Махинов, 2016), в целом совпадающие по времени с высокими уровнями воды в озере. Между этими явлениями, вероятно, имеется не совсем пока понятная связь.

Быстрые изменения уровней воды в озере наносят существенный ущерб хозяйственной деятельности и оказывают заметное влияние на состояние берегов и прибрежных экосистем озера (Журавлев, Клышевская, 2015). Поэтому большое значение имеет изучение процессов активизации размыва берегов и их влияния на устойчивость различных береговых сооружений. Цель исследований заключалась в оценке интенсивности современных абразионно-аккумулятивных процессов и особенностей водного режима озера Ханка в период высоких стояний уровня воды в озере.

Методы исследований и материалы

Полевые исследования проводились в августе 2018 г. на западном побережье озера Ханка, испытавшем наиболее значительный размыв берегов, на протяжении около 70 км от с. Турий Рог до с. Камень-Рыболов. Было изучено 8 участков, которые выбирались преимущественно в пределах населенных пунктов или их окрестностях. С использованием БПЛА проводилась фотосъемка и картирование побережья в районе селений Платоно-Александровское и Камень-Рыболов.

Для оценки величины размыва берегов была разработана специальная методика на основе морфометрического анализа поперечного профиля берега. Она позволяет оценить величину отступления берегового уступа за весь цикл активной абразионной деятельности на озере при высоких стояниях уровня воды за период 2013–2015 годы. Суть ее заключается в сравнении уклонов берегового уступа до размыва, которые определялись по сохранившимся фрагментам в верхней части склона и крутизной современных уступов. Использовалось уравнение: $L = H(1/\operatorname{tg}A - 1/\operatorname{tg}B)$, где L – величина отступления берега, H – высота современного абразионного уступа, A – крутизна первоначального склона в градусах, B – крутизна абразионного уступа.

В процессе работ большое внимание уделялось также характеристике современных процессов, преобразующих созданные абразионной деятельностью береговые уступы. При полевом исследовании берегов производилась оценка размеров оползневых тел на уступах и у их подножий, а также оценка частоты встречаемости оползней на берегах, сложенных различными по составу отложениями.

Результаты исследований

Высокие уровни воды в озере Ханка на отдельных участках существенно повлияли на природную среду и условия хозяйственной деятельности в прибрежной полосе водоема. Анализ полученного материала позволил выявить основные особенности динамики берегов оз. Ханка при кратковременном значительном поднятии уровня воды.

Наиболее интенсивно разрушение берегов происходило на участках высоких склонов крутизной 35–40°, выступающих непосредственно в акваторию озера в виде мысов на его западном побережье. Высота образовавшихся в результате волнового воздействия крутых, местами отвесных уступов достигала 15 м, а величина отступления берегов за весь период стояния высоких уровней воды составила 7,9–12,5 м (табл. 1).

Интенсивному разрушению берегов способствовал состав отложений, представленный в основном слабосцементированными песчаниками с прослоями суглинков (рис. 1). При этом на высоких склонах величина размыва была меньше по сравнению с более пологими береговыми склонами. Образование высоких уступов способствовало проявлению на них ряда других экзогенных процессов – сползанию блоков рыхлых отложений, как правило, с корневой системой деревьев, плоскостного смыва и линейного размыва грунтов во время ливней.

В пределах собственно абразионных берегов большое влияние на интенсивность разрушения берегов оказывает литологический состав отложений аллювиальных и озерных равнин. Берега равнинных территорий, сложенных суглинистыми отложениями, размываются интенсивнее, чем берега, сложенные песчаными толщами или слабосцементированными песчаниками.

Таблица 1. Величина абразии берегов оз. Ханка за период высокого стояния уровней воды (2013–2015 гг.)

Пункт наблюдений	Тип берега	Макс. высота уступа, м	Макс. величина отступления берега, м
В 1,5 км южнее с. Турий Рог	Абразионно-денудационный	15,0	12,3
В 10 км южнее с. Турий Рог	Абразионно-денудационный	12,0	7,9
С. Камень-Рыболов	Абразионно-денудационный	10,0	12,5
С. Новокачалинск	Абразионный	2,2	10-12*
С. Платоно-Александровка	Абразионный	1,7	7-8*
С. Новониколаевка	Абразионный	2,3	2-3
С. Турий Рог	Абразионно-аккумулятивный	0,6	4-5*
С. Новокачалинск	Абразионно-аккумулятивный	1,0	4-5

* По опросным данным

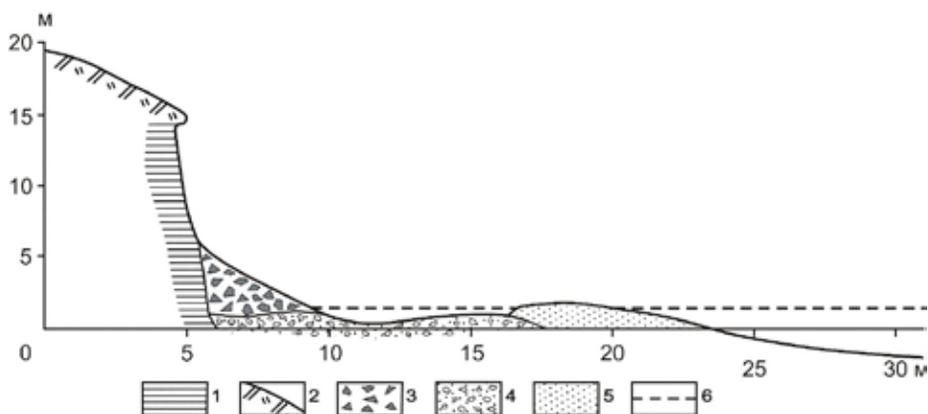


Рис. 1. Абразионно-денудационный берег озера Ханка южнее с. Турий Рог

1 – слабосцементированные песчаники, 2 – почвогрунты, 3 – обвально-осыпные и оползневые накопления, 4 – пляж при высоком стоянии уровней воды, 5 – современный пляж 6 – максимальный подъем уровня воды в озере

Максимальный размыв берегов, сложенных суглинистыми отложениями, происходил на равнинных участках с высотными отметками поверхности 1,0–2,5 м над уровнем воды. Абразия низких берегов менее 1,0 м высотой сопровождалась формированием вдольбереговых штормовых валов, состоящих в основном из мелкозернистого песка. Ширина их составляет от 5 до 7 м на разных участках. Максимальная толщина песчаных отложений достигает 0,6 м.

Образовавшиеся денудационно-абразионные и абразионные уступы в настоящее время продолжают разрушаться в результате проявления комплекса эк-

зогенных процессов – оползней, обвалов, плоскостного и линейного размыва поверхности уступов и склонов их подножий (табл. 2).

Таблица 2. Протяженность берегов различного типа оз. Ханка (российская часть) и основные процессы их преобразования

Тип берега	Протяженность, км	Современные процессы
Абразионно-денудационный	27,0	Волновая абразия, оползни, осыпи, плоскостной смыв, линейная эрозия
Абразионный	31,0	Волновая абразия, обвалы
Абразионно-аккумулятивный	26,0	Волновая абразия, формирование аккумулятивных вдольбереговых валов, эоловые процессы
Затопленный	94,0	Затопление прилегающей поверхности

В пределы пониженных участков побережья произошла трансгрессия озерных вод, в результате которой обширные площади, примыкающие к водной поверхности озера, были затоплены во время катастрофического подъема уровней воды (Махинов, Ким, 2016). Анализ данных экспедиционных работ и космических снимков показал, что преобразование морфологических характеристик устьевых участков впадающих в озеро рек и накопления аллювиальных отложений в их пределах при этом не произошло. На многих участках восточного побережья озера отмечается подтопление построек различного назначения, освоенных ранее земель, дачных участков, автомобильных дорог. Менее заметное пока влияние оказало подтопление грунтовыми водами обширных территорий на изменение гидротермических свойств почвогрунтов и растительность.

В последние три года уровень воды в озере понизился примерно на 0,6–0,7 м. В результате разрушающее действие волн на подножья клифов существенно уменьшилось, а на некоторых участках совсем прекратилось. Однако на уступах активизировались оползневые процессы, которые часто фиксировались при описании береговых профилей. В результате снижения уровня воды угроза разрушения, затопления и подтопления различных береговых объектов минувала.

При исследовании динамики водных масс в озере Ханка необходимо оценить объем поступления терригенного материала в его акваторию, так как наносы заполняют озерную котловину и вытесняют воду из существующего объема. Основными источниками поступления этого материала являются речной сток, абразия берегов и эоловый перенос.

В озеро Ханка впадают 24 реки, из них самые крупные – Комиссаровка, Мельгуновка, Илистая, Спасовка (табл. 3). Наибольшую протяженность и площадь бассейна имеет р. Илистая, образующая обширную дельту выполнения. Озеро является проточным – из него вытекает одна река Сунгача, которая впадает в р. Усури с левого берега на 450 км от устья.

Таблица 3. Гидрологические характеристики основных рек бассейна оз. Ханка

Наименование	Длина, км	Площадь водосбора, км ²	Притоки длиной менее 10 км		Озера на водосборе	
			Количество	Общая длина, км	Количество	Общая площадь, км ²
Комиссаровка	111	2310	140	390	128	1,01
Мельгуновка	67	3510	12	83	175	1,32
Илистая	220	5470	148	311	486	6,98
Спасовка	83	1260	6	30	34	0,26
Сунгача	212	$\frac{25600}{21000}$ *	3	20	1163	4244,0

* – на территории Российской Федерации

Терригенный сток, поставляемый реками, приблизительно можно оценить по данным о площади водосбора озера и модуле стока наносов. Общая площадь бассейна озера составляет 15 820 км² без учета площади оз. Малая Ханка, а средний модуль стока наносов – 17,0 т/км² в год (Махинов, 1988).

Таким образом, поступление терригенного материала со стоком рек в пределы акватории озера составляет около 270 тыс. тонн в год или несколько менее 150 тыс. м³. Практически весь принесенный материал остается в озере и не выносится за пределы его акватории. Это составляет около 0,0009 % от всего объема воды в озере, равного 18,3 км³. Уровень воды в озере за счет ее вытеснения притокимыми в озеро наносами, как показывают расчеты, повысится всего на 0,04 мм, что можно не принимать во внимание как фактор, влияющий на изменение уровня воды.

Поступление терригенного материала в озеро за счет абразии значительно больше, чем привнос речных наносов, но он происходит неравномерно. По приблизительным оценкам на основе полученных данных экспедиционных работ 2018 г. в акваторию озера за 2013–2015 гг. поступило около 1,4 млн тонн наносов, что также не оказывает существенного влияния на изменение уровня воды в водоеме.

Эоловое поступление материала в озеро в целом незначительно по сравнению с речным стоком и абразией.

Заключение

Причина долговременных колебаний уровней воды в озере Ханка, вероятно, связана с комплексом природных и антропогенных факторов (Георгиевский и др. 2017; Бортин, Горчаков, 2016). Проведенные в 2018 г. полевые исследования

позволили получить новые данные о водном режиме оз. Ханка и особенностях динамики береговых процессов в экстремальных гидрологических условиях и после их воздействия. Установлено, что подъем уровня воды в озере на 1,2 м в течение нескольких лет привел к различным последствиям для его восточного и западного побережий. На западном побережье на участке от с. Турий Рог до с. Камень-Рыболов наиболее интенсивно проявились абразионные процессы с максимальной величиной размыва берегов 8–12 м. В некоторых населенных пунктах (Новокачалинск) были разрушены жилые дома и дороги.

В настоящее время в результате снижения уровня воды абразионные процессы существенно замедлились, а на большинстве участков прекратились совсем. Вместе с тем разрушение берегов продолжается в результате оползневых процессов и проявлений плоскостного и линейного размыва на уступах и наклонных поверхностях скоплений рыхлого материала у их подножий.

Результаты проведенных исследований имеют практическое значение при разработке мероприятий по наиболее эффективной защите прибрежных территорий от неблагоприятных последствий катастрофических подъемов уровня воды в оз. Ханка в будущем.

GNSS НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДВИЖЕНИЯМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА

GNSS OBSERVATIONS OF THE EARTH'S CRUST MOVEMENTS IN THE KHANKA LAKE BASIN

А.Г. Коломиец, М.Д. Герасименко, Н.В. Шестаков

A.G. Kolomiets, M.D. Gerasimenko, N.V. Shestakov

В последние годы наблюдается нестабильность уровня воды в озере Ханка: экстремальный рост уровня воды до 3 м в 2015 г., что выше исторического максимума, и колебания уровня в 2017–2018 гг. с амплитудой до 0,5 м. При этом, согласно работам (Бакланов и др., 2016; Бортин, Горчаков, 2016; Махинов, Ким, 2016), вокруг озера Ханка расположен Приханкайский артезианский бассейн, имеющий сложную структуру – состоит из малых артезианских бассейнов и массивов третьего порядка. Разгрузка подземных вод осуществляется через дно озера, прибрежные территории и реку Сунгач. Как подчёркивается в работе (Махинов, Ким, 2016) «...одной из наиболее сложных задач представляется оценка изменения баланса водных масс озера, так как для этого необходимо большое количество данных об уровнях озера, о притоке поверхностных и подземных вод, испарений на водной поверхности и в бассейнах притоков».

Еще одной особенностью района озера Ханка является его высокая сейсмическая активность. В 1967 г. вблизи озера произошло землетрясение, считающееся самым мощным сейсмическим ударом за историю наблюдений в крае – колебания грунта в Спаске-Дальнем достигали 6 баллов по шкале MSK-64. Последнее зарегистрированное коровое землетрясение с магнитудой 3,3 произошло в январе 2017 г. в юго-западной части озера. Последствия этих и других землетрясений для региона не изучены.

Из сказанного следует, что районы, прилегающие к озеру Ханка, районы с развитым сельским хозяйством и инженерными сооружениями – в гидрологическом, сейсмическом и геодинамическом отношении являются «белым пятном», что в последствии может привести к техногенным катастрофам и серьезному экономическому ущербу. На сегодняшний день неизвестно: как сейсмические события влияют на артезианский бассейн и изменяют баланс водных масс; могут ли движения земной коры приводить к подъёму уровня воды; какое влияние на геодинамические и сейсмические процессы оказывает подъём уровня воды; и др.

Для разрешения поставленных вопросов нами начаты комплексные геофизические исследования в районе озера Ханка. Осенью 2017 г. нами заложен и запущен в эксплуатацию пункт непрерывных GNSS наблюдений на Лузановской сопке (оз. Ханка, Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский»). Предварительные результаты расчётов представлены на рис. 1.

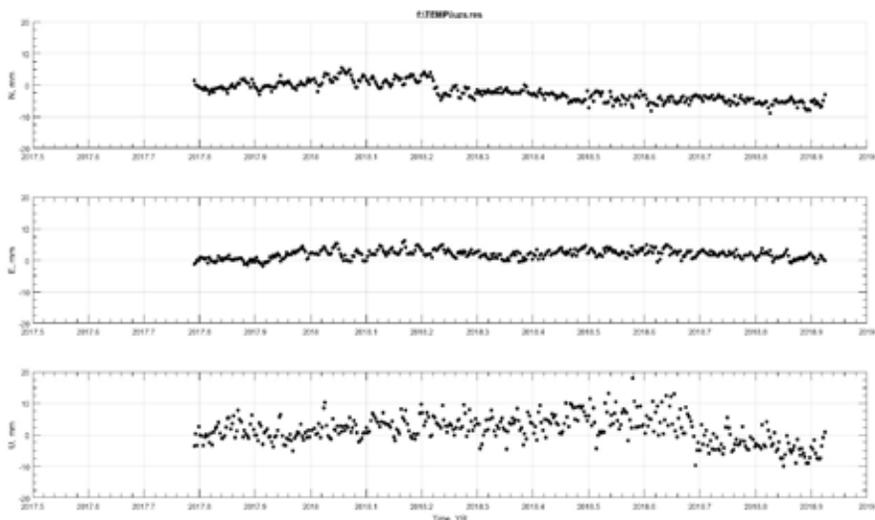


Рис. 1. Изменение положения GNSS пункта по направлениям север-юг, запад-восток, верх-низ в мм

Для сравнения изменения положения пункта с изменением уровня воды в озере Ханка были использованы данные, предоставленные Дальневосточным филиалом «ФБГУ РосНИИВХ», рис. 2 и рис. 3. Сравнение рисунков 1 и 3 позволяет сделать предварительный вывод о связи подъёма уровня воды и опускания GNSS пункта. Как следует из рис. 1 и рис. 3, подъём уровня воды порядка 0,5 м и опускание GNSS пункта на несколько миллиметров начались практически одновременно в июле-августе 2018 г. При этом, если следовать методике, представленной в (Тимофеев и др., 2015), при подъеме уровня воды на 0,5 м вертикальное смещение дна озера может достигать порядка 2 мм (для средних значений модуля Юнга и коэффициента Пуассона земной коры), т.е. достаточно хорошо согласуется с полученными экспериментальными данными.

Однако необходимо отметить, что после наводнения 2015 г. и по сегодняшний день сопка Лузановская отрезана от Приханкайской долины водой и находится в южной части озера Ханка, а как отмечается в (Бакланов и др., 2016), «С юга и востока к нему примыкает заболоченная низменность, возвышающаяся над уровнем воды в озере на 1,5–2 метра. С востока Ханкайская низменность ограничена западными предгорьями Сихотэ-Алиня, а с запада – возвышенностями и отдельными хребтами Восточно-Маньчжурской горной страны.»

Такое расположение GNSS пункта не позволяет сделать однозначный вывод о природе его вертикального движения. Опускание пункта может быть вызвано как геодиническими процессами, так и проседанием набравших влаги грунтов. Разделение этих составляющих вертикального движения пункта и установ-

ление их связи с подъемом-опускание уровня воды возможно при наличии еще нескольких GNSS пунктов непрерывного наблюдения на западном и восточном берегах озера, а также в глубине Приханкайской низменности, пространство которой совпадает с Приханкайским артезианским бассейном (Бакланов и др., 2016). Для прояснения геодинамической обстановки в данном регионе в дальнейшем нами планируется также использовать GNSS пункт непрерывного наблюдения, установленный в конце 2018 г. в п. Камень-Рыболов, и гравиметрические данные GRACE.

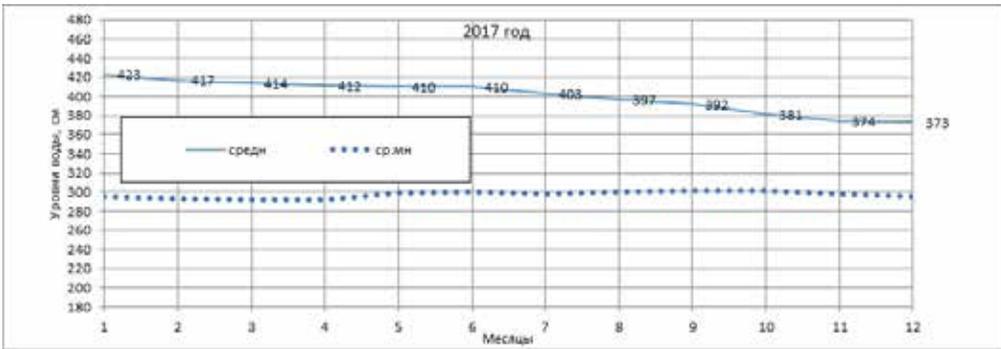


Рис. 2. Изменение уровня воды в озере за 2017 г. в см

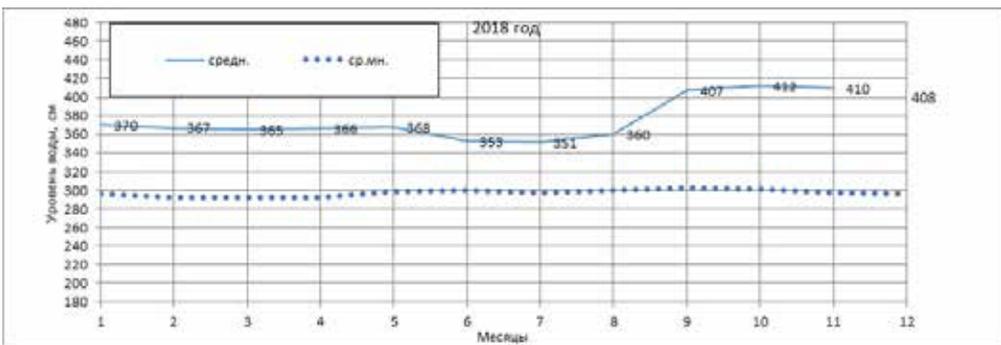


Рис. 3. Изменение уровня воды в озере за 2018 г. в см

Авторы выражают признательность Дальневосточному филиалу «ФГБУ РосНИИВХ» и лично его директору Бортину Н.Н. и сотруднику Горчакову А.М. за предоставленные данные о изменении уровня воды озера Ханка в 2017–2018 гг.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕРА ХАНКА
В ПЕРИОД ЭКСТРЕМАЛЬНОГО УРОВНЯ
HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL
CHARACTERISTICS OF KHANKA LAKE DURING
THE PERIOD OF EXTREME WATER LEVEL

А.С. Важова, В.И. Матвеев, О.И. Катайкина
A.S. Vazhova, V.I. Matveev, O.I. Kataykina

Озеро Ханка – самый большой пресноводный водоем на Дальнем Востоке, его площадь составляет около 4070 км². Однако площадь его изменяется в зависимости от метеорологических условий, максимальная площадь в период повышения уровня составляет 5010 км², а минимальная – 3940. В озеро впадает 24 реки, вытекает только одна – р. Сунгача. Средняя глубина 4,5 м, максимальная (при среднем уровне) – 6,5 м (Васьковский, 1978). Уникальное биологическое разнообразие озера вызывает интерес разных исследователей. Вследствие активной хозяйственной деятельности воды озера по гидрохимическим и гидробиологическим показателям относятся к умеренно загрязненным с 80-х годов (Щур и др., 2000). Межгодовые изменения колебаний уровня воды в озере Ханка происходят с периодом 24–26 лет. Вместе с тем наблюдаются и сезонные изменения уровня. Высшие уровни наблюдаются на Ханке осенью, часто отмечаются сгонно-нагонные явления (Ананьева, 2016). Усиленное внимание ученых к озеру Ханка с 2015 года связано как с увеличением уровня озера, который достиг максимального значения за весь период наблюдений, так и вследствие усиленного использования озера в рекреационном и рыбопромысловом направлениях. В связи с этим, чрезвычайно актуально для контроля качества воды в озере проводить систематические наблюдения за гидрохимическим составом.

В лаборатории промысловой океанографии ТИНРО исследования озера Ханка были начаты в декабре 2015 г. и проводились в разные сезоны, что позволило провести анализ гидрологических и гидрохимических параметров в период экстремальных значений уровня озера.

Материал и методика

Во все сезоны, кроме зимнего, исследования проводились с мотобота: в 2016 г. на реперном разрезе, расположенном вблизи Континентальной НИС (разрез 1,5 км, удаленность от берега ~500 м), с 2017 г. – каждые 2 месяца в южной части озера. Полевые работы в зимний период выполняли со льда на реперном разрезе (рис. 1).



Рис. 1. Схема съемок в южной части озера Ханка (на врезке показана схема реперного разреза)

Сбор гидрологической информации осуществлялся с помощью гидрологического зонда ASTD102-ALC-R02 в автономном режиме. Связь с зондом и выгрузка данных, перевод входных данных в физические величины осуществляли с использованием программных пакетов, прилагаемых к зонду. Пробы воды отбирали с поверхности и с придонного горизонта, разливали в полиэтиленовые банки емкостью 0,5 л и транспортировали в холодильных ящиках (при температуре не выше 4°C) в лабораторию для дальнейших исследований. Аналитическая работа проводилась в лаборатории промышленной океанографии ТИНРО. Для химического анализа воды на содержание биогенных элементов были использованы аттестованные методики ВНИРО (Руководство..., 2003). При дальнейшей обработке и построении рисунков и графиков использовались программы Surfer, Excel, Ocean Data View. Аномалии уровня озера Ханка получены со спутниковой альтиметрии (TOPEX/POSEIDON/Jason-1 and Jason-2/OSTM). Количество использованного материала представлено в табл.1.

Таблица 1. Количество станций, выполненных в озере Ханка в различные сезоны

Год	Янв.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Ноя.	Дек.	Всего
2015												4	4
2016		4		5	7		7		5			4	32
2017		4			16		15		12				47
2018		3			9		9			5			26
2019		3											3
Всего		14		5	32		31		17	5		8	112

Результаты гидрологических исследований

Период выполнения экспедиционных исследований совпал с периодом максимального уровня озера (за период 2008–2018 гг.) и последующего его снижения (рис. 2).

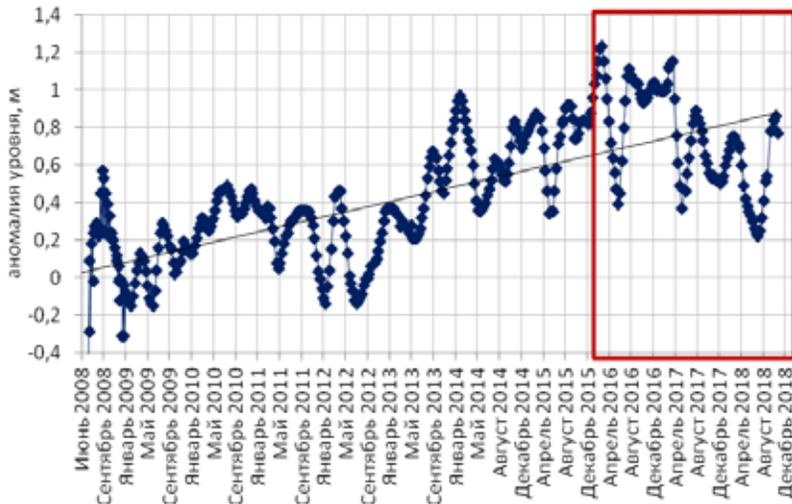


Рис. 2. Средние месячные аномалии уровня оз. Ханка в 2010–2016 гг. по спутниковым данным

По данным 2015–2018 гг. в зимний период исследований температура воды подо льдом в поверхностном слое составляла около 0°C и до апреля прогрев вод происходил довольно медленно ($1,1^{\circ}\text{C}$ в декаду), по мере разрушения ледового покрова. После освобождения поверхности озера ото льда (конец апреля – начало мая) интенсивность прогрева вод резко возростала (3°C в декаду), при этом вертикальное распределение температуры воды становилось однородным, а прогрев вод раньше начинался у берегов. Максимальная температура воды в озере наблюдалась в июле – августе, в сентябре температура воды снижалась почти на 8°C . Таким образом, темпы прогрева вод озера Ханка и их выхолаживание происходили практически одинаково – $2\text{--}3^{\circ}\text{C}$ в декаду (рис. 3). Однородное вертикальное распределение температуры наблюдалось весь теплый период года из-за того, что большая площадь озера позволяет беспрепятственно работать ветрам различного направления, а малая глубина озера приводит к тому, что вертикальное перемешивание наблюдается до дна. Изменяются только абсолютные значения температуры, обусловленные прогревом и выхолаживанием вод. В сентябре значения температуры воды у дна становятся на $0,5\text{--}1,0^{\circ}\text{C}$ ниже, чем на поверхности (рис. 3).

Анализ поверхностного распределения температуры в весенний и летний в южной части озера (2017–2018 гг.) выявил следующие особенности. В мае температура воды на поверхности довольно равномерно увеличивалась от центральной

части исследуемого района (~11 °С) к береговым станциям (12,5–13,2 °С). В июле температура воды увеличивается от 24,7 до 25,5 °С в юго-восточном направлении.

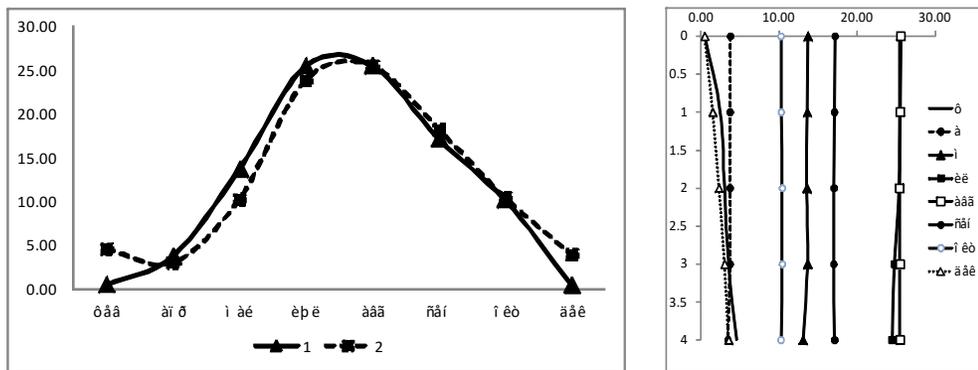


Рис. 3. Сезонный ход температуры на поверхности (1) и у дна (2) (слева) и сезонное вертикальное распределение температуры воды в озере Ханка (справа)

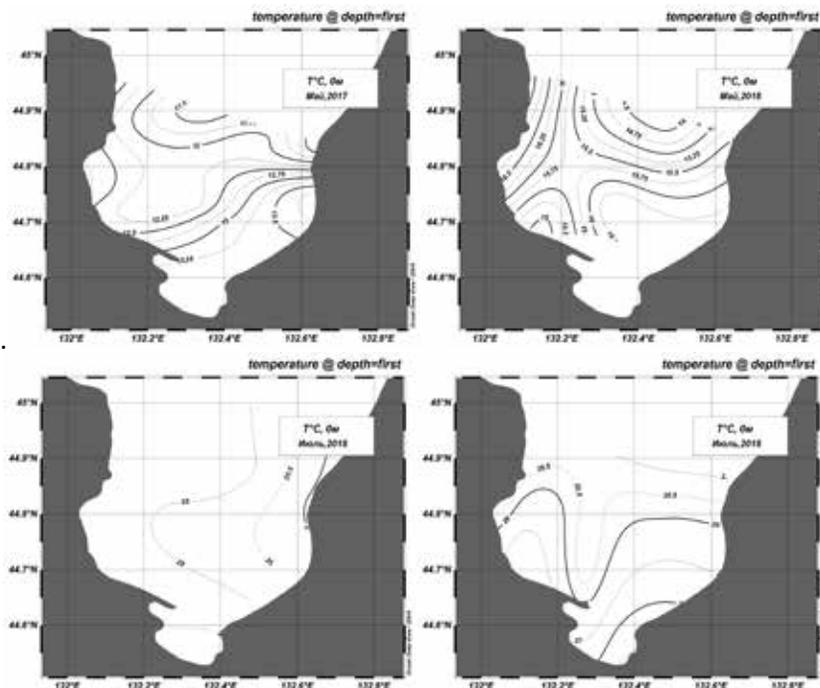


Рис. 4. Распределение температуры на поверхности озера в мае и июле в 2017 г. (слева) и в 2018 г. (справа)

Осенью распределение температуры воды на поверхности противоположное весеннему: выхолаживание начинается у берегов (~17 °С) и в центральной части озера составляет 18,5 °С (рис. 5). Сравнивая 2017 и 2018 гг. можно отметить, что характер поля температуры практически не меняется в межгодовом аспекте, но весьма существенно изменяются значения: температура воды в 2018 году в течение всего года была теплее на 1–2 °С.

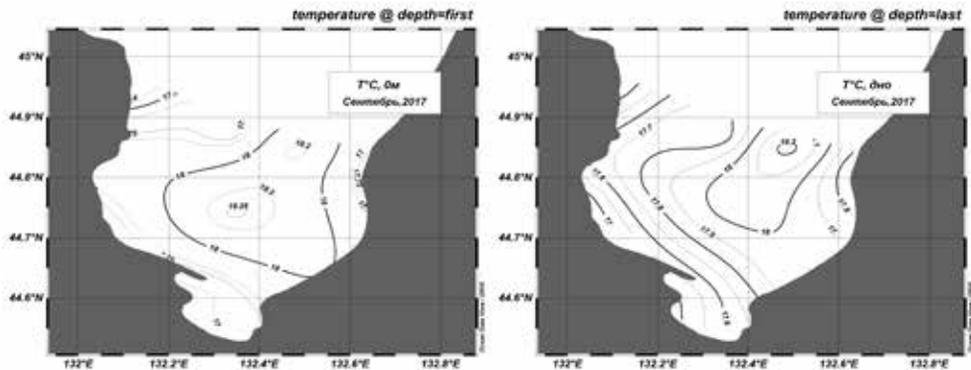


Рис. 5. Распределение температуры на поверхности озера (слева) и у дна (справа) в сентябре в 2017 г.

Анализ поверхностного распределения температуры в весенний, летний и осенний сезоны в южной части озера (2017–2018 гг.) выявил следующие особенности. В мае температура воды на поверхности довольно равномерно увеличивалась от центральной части исследуемого района (~11 °С) к береговым станциям (12,5–13,2 °С). В июле температура воды увеличивается от 24,7 до 25,5 °С в юго-восточном направлении.

Результаты гидрохимических исследований

Сезонное распределение растворенного кислорода хорошо согласуется с изменениями температуры вод – чем выше температура, тем ниже содержание кислорода. Наиболее высокие концентрации растворенного кислорода закономерно отмечались зимой – в декабре и феврале, с прогревом вод его концентрация начинает снижаться. Максимальные концентрации зафиксирована в феврале (до 16,5 мл/л, ~140 %), в апреле концентрация составляла в среднем 10,1 мл/л при насыщенности 110 %, а минимальное абсолютное и относительное содержание кислорода отмечается в июле – августе (5,8 мл/л при 98–101 %). С сентября по февраль наблюдается увеличение содержания растворенного кислорода в воде.

Зимой из-за высокой прозрачности ледового покрова в озере не прекращается массовое развитие фитопланктона. Во время проведения наших работ зимой относительное содержание в некоторых случаях достигало 170 %. Причем зимой, скорее всего, развиваются диатомовые водоросли, о чем свидетельствуют высокое содержание фосфатов, нитратов и низкие концентрации кремния, который при развитии диатомовых активно потребляется. Внутригодовые изменения концентрации кремния хорошо согласуются с изменениями растворенного кислорода и БПК₅. Так, с мая по сентябрь, когда относительное содержание растворенного кислорода составляет 100–110 %, концентрация кремния увеличивается до 110 мкМ/л (рис. 5). При этом значения БПК₅ наименьшие в сезонном ходе (~2,5 мл/л). Только в период максимального уровня озера зимой 2015–2016 гг. отмечалось пониженное содержание растворенного кислорода (12,84 мл/л), силикатов (48,8 мкМ/л) и нитратов (4,61 мкМ/л) относительно зимних исследований в 2017–2018 гг. Существенных межгодовых изменений концентрации фосфатов не наблюдалось (рис. 5).

В целом, внутригодовые изменения концентраций биогенных элементов имеют схожий характер. Наиболее низкие концентрации фосфатов, нитратов так же, как и силикатов отмечаются в апреле (рис. 5). Такая ситуация может быть обусловлена тем, что кремний весной в озере активно потребляется при продуцировании диатомовых водорослей. Косвенно это обстоятельство подтверждается высоким уровнем относительного содержания растворенного кислорода (более 110 %). Уменьшение относительного содержания растворенного кислорода от зимы к весне, вероятно, связано с эвазией его в атмосферу, а не с уменьшением интенсивности фотосинтеза. Увеличение концентрации кремния летом (до 104 мкМ/л) вероятно, обусловлено снижением продуцирования диатомовых водорослей (Щур и др., 2000) и соответственно слабым потреблением кремния. При этом летом увеличивается число сине-зеленых и зеленых водорослей, которым кремний не так необходим, как диатомовым. Другой причиной повышения концентрации кремния летом может служить увеличение стока впадающих рек.

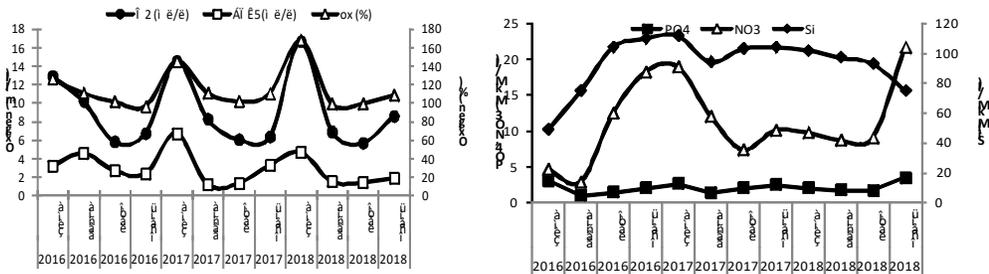


Рис. 6. Сезонный ход растворенного кислорода и БПК₅ (справа) и биогенных веществ (слева) в озере Ханка на поверхности

Резкое увеличение концентрации всех биогенных элементов наблюдалось с августа по октябрь (рис. 5). Так, в мае концентрация фосфатов составляет в среднем 1,5 мкМ/л, нитратов – в среднем 8,0 мкМ/л, а во время стоков с рисовых плантаций (сентябрь – октябрь) их содержание возрастают до 3,0 мкМ/л и 21,5 мкМ/л соответственно.

В апреле концентрация нитритов близка к аналитическому нулю (рис. 6), а уровень содержания аммонийного азота остается на одном уровне с февраля по май. Максимальная концентрация аммонийного азота отмечалась летом (2,7 мкМ/л), что вероятно связано с затуханием продукционных процессов и более интенсивным разложением органического материала при высоких температурах. Это факт подтверждается тем обстоятельством, что относительное содержание растворенного кислорода в июле составляет 98–100 %.

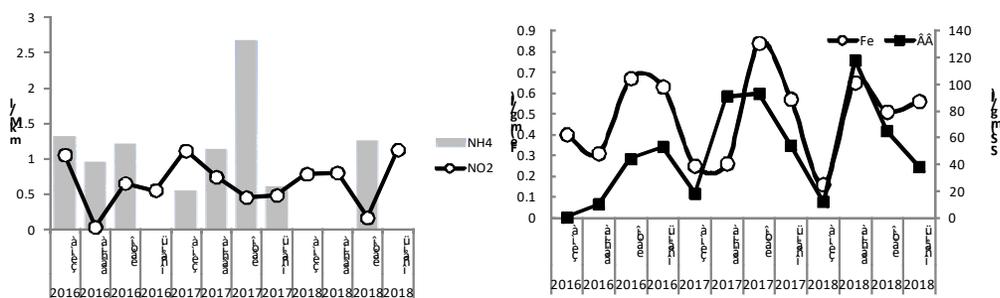


Рис. 7. Сезонный ход нитритов и аммония (слева) и железа и взвешенных веществ (справа) в озере Ханка на поверхности

Довольно существенно, как в течение года, так и межгодовом аспекте изменяется концентрация железа и взвешенных веществ. Наименьшее количество взвеси наблюдается зимой, когда озеро покрыто льдом, а максимальное летом (рис. 6).

В период максимального уровня озера отмечено пониженное содержание взвешенных веществ: зимой в 6 раз, весной в 9 раз, летом в 2 раза. При этом уровень концентрации железа в рассматриваемые годы был практически одинаковым, отмечались только сезонные изменения. Наибольшее его количество отмечалось весной и летом. Отмечены низкие концентрации кремния (48,8 мкМ/л), нитратного азота (4,6 мкМ/л) и растворенного кислорода (12,8 мл/л, 123 %) зимой 2016 года относительно зимних исследований в 2017–2018 гг., при этом содержание фосфатов было практически одинаковым.

Для поля растворенного кислорода характерно увеличение его содержания от центральной части к периферии (рис. 7).

В мае относительное содержание растворенного кислорода в центральной части рассматриваемого района составляло 105 %, увеличиваясь до 115–120 % на прибрежных станциях, в июле его содержание изменялось от 90 до 110–115 %

в том же направлении. В сентябре поле относительного содержания кислорода меняется на противоположное: отмечено уменьшение содержания кислорода от центральной части озера – к прибрежной (от 122 % до 110 %). Такой характер распределения кислорода может быть обусловлен стоком бытовых отходов поселка Камень-Рыболов и стоком вод с рисовых чеков.

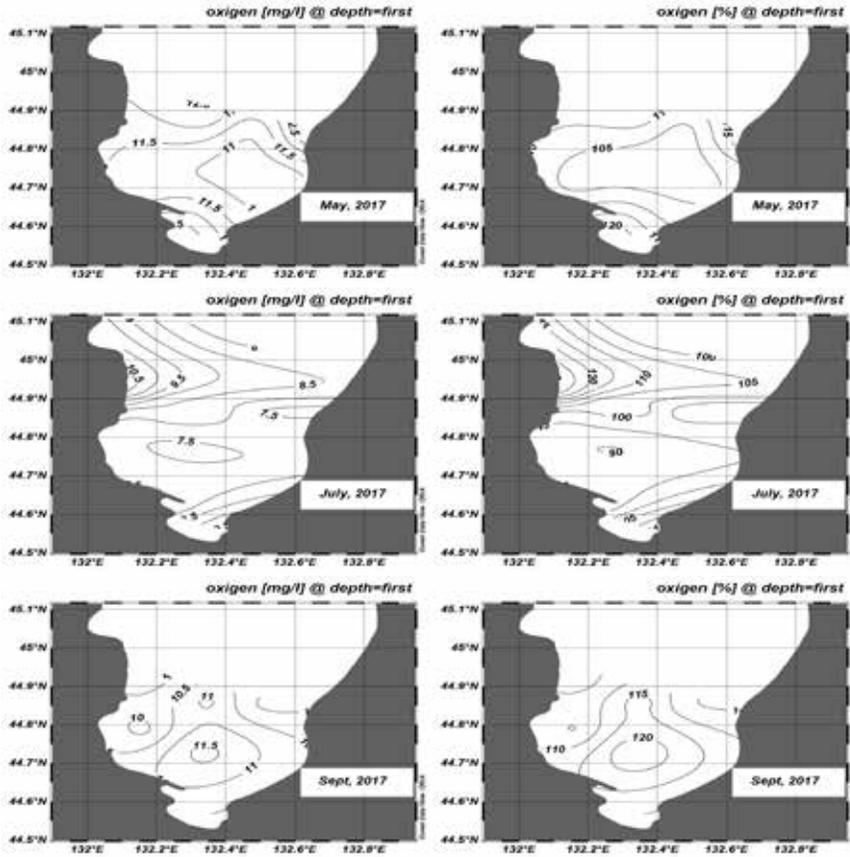


Рис. 8. Распределение растворенного кислорода на поверхности (мл/л слева и в % справа) в мае, июле и сентябре

Этот факт подтверждается резким увеличением концентрации всех биогенных элементов с августа по октябрь (рис. 5). Так, в мае концентрация фосфатов составляет в среднем 1,5 мкМ/л, нитратов – в среднем 8,0 мкМ/л, а во время стоков с рисовых плантаций (сентябрь – октябрь) их содержание возрастают до 3,0 мкМ/л и 21,5 мкМ/л соответственно.

Следует отметить, что по исследуемым гидрохимическим характеристикам воды озера относятся к относительно чистым водоемам. Превышение ПДК

отмечалось только по содержанию кремния, железа и взвешенным веществам (табл. 2), что характерно для подобных водоемов Приморского края. Превышение по БПК₅ отмечалось только зимой и весной, вероятно вследствие активной деструкции органического вещества.

Таблица 2. Значения ПДК и средние концентрации гидрохимических элементов в озере Ханка в различные сезоны

Требования к составу водных объектов	pH	O ₂	NO ₃	NO ₂	NH ₄	PO ₄	Si	Fe	БПК ₅	Взвешенные вещества
рыбохозяйственного значения	Ед рН	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ⁴	мг/дм ³	мг/дм ⁴	мг/дм ³	мг/дм ³	мг/дм ³
зима	6.74	18.9	0.24	0.019	0.007	0.08	1	0.27	6.1	9.54
весна	7.41	12.9	0.1	0.005	0.014	0.04	2.5	0.34	3.8	57.8
лето	7.09	8.23	0.14	0.007	0.028	0.06	2.9	0.7	2	62.56
осень	6.7	11.12	0.24	0.021	0.011	0.09	2.6	0.58	3	43.97

В результате проведенных исследований на акватории озера Ханка выявлено, что в зимний период подо льдом происходит активное цветение фитопланктона, о чем свидетельствуют высокие концентрации растворенного кислорода. Концентрации биогенных веществ практически не изменяются в течение теплого периода, но при этом происходит их перераспределение. В разные сезоны источник поступления биогенных веществ в озера различен. В августе – сентябре это может быть сброс вод с рисовых плантаций, а весной – поступление с терригенным стоком.

В период максимального уровня озера зимой 2016–2017 года отмечено сниженное содержание растворенного кислорода и силикатов относительно зимнего периода в 2017 г. и 2018 г. Также наблюдалось самое низкое содержание взвешенных веществ за весь исследованный период. В зимний период во всех пробах отмечены высокие значения БПК₅ (до 6,53 мг/л), что говорит о происходящих активных деструкционных процессах. В остальные исследованные сезоны повышенные показатели БПК₅ и взвешенных веществ отмечены в прибрежной зоне озера. Летом 2016 г. в период максимальной наблюдаемой водности озера значения гидрохимических параметров находились в адекватных пределах и в среднем практически не отличались от значений, наблюдаемых летом 2017 и 2018 гг., когда наблюдалось небольшое снижение уровня озера. Осенью во все исследованные годы в воде озера наблюдается увеличение концентраций минерального азота и фосфора, вероятно вследствие накопления и поступления с водосборной территории после выпадения осадков.

Сравнительный анализ гидрохимических параметров в период максимальной водности (2016 г.) озера и в момент небольшого снижения уровня (2017–2018 гг.) показывает, что характерные для вод озера повышенные значения биогенных веществ и взвешенного вещества не претерпели больших изменений.

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ И СОЛЕВОЙ СОСТАВ ВОД ОЗЕРА ХАНКА: МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА

MINERALIZATION AND SALT COMPOSITION OF THE KHANKA LAKE WATERS: LONG-TERM DYNAMICS

В.П. Шестеркин

V.P. Shesterkin

Озеро Ханка – самый большой водоем на территории Дальневосточного Федерального округа РФ. Общая площадь водной поверхности при среднем многолетнем уровне составляет 4070 км², в том числе в пределах России – 3030 км² (Васьковский, 1978). Общая площадь водосбора достигает 18400 км², российской части – 15370 км². Озеро мелководное с наибольшими глубинами на севере (до 5–6 м) и наименьшими на юге. Длина береговой линии водоема 308 км. Объем водной массы при среднем уровне озера составляет 18,5 км³. В озеро Ханка впадают пять относительно крупных водотоков: Илистая (длина 220 км), Комиссаровка (111 км), Спасовка (83 км), Мельгуновка (67 км), Большие Усачи (46 км). Вытекает р. Сунгача, приток р. Уссури, длиной 212 км. Измеренные расходы воды р. Сунгача в 1958 г. находились в пределах 35,4–67,6 м³/с (Васьковский, 1978).

Озеро Малая Ханка отделена от основного водоема узкой песчаной косой. Средняя и максимальная глубины составляют 1,8 и 3,0 м соответственно, площадь водной поверхности – 176 км² (Xangcan, 1995).

Первые исследования химического состава поверхностных вод оз. Ханка летом 1903 г. при содействии «Общества изучения Амурского края» свидетельствовали о больших различиях в концентрациях основных ионов из-за несовершенства методов анализа природных вод. Если в южной части оз. Ханка содержание хлоридов натрия и калия суммарно составляло 2,6 мг/дм³, а значение минерализации – 45 мг/дм³, то в р. Сунгача – 19,1 и 197 мг/дм³ соответственно (Оссендовский, 1906).

Мониторинг за химическим составом вод оз. Ханка у с. Астраханка и с. Турий Рог в 1952 г. начинает управление гидрометеослужбы Дальнего Востока (УГМС ДВ). В 1957 г. появляются первые данные о качестве воды р. Сунгача у с. Ново-Михайловка.

В 60–70-е годы началось активное освоение водных ресурсов оз. Ханка для рисосеяния. Исследования Тихоокеанского института географии ДВО АН СССР в 1982–1988 гг. свидетельствовали о более высокой минерализации вод озера по сравнению с реками центрального Приморья, загрязнении озерных вод пестицидами, тяжелыми металлами и биогенными веществами (Чудаева, 1989; 2002). Однако, пространственная изменчивость содержания основных ионов и их многолетняя динамика до настоящего времени в научной литературе не была рассмотрена. В немалой степени этому способствовало и отсутствие свободного доступа к гидрохимической информации Росгидромета после 1988 года.

Эпизодические наблюдения за содержанием загрязняющих веществ (минеральных форм азота, органических соединений и микроэлементов) в воде р. Сунгача в створе «Лунвянямя-Новомихайловка» осуществлялись во время российско-китайского мониторинга в 2008–2013 гг.

В последнее время были получены новые данные по химическому составу вод основных притоков, которые дали возможность рассмотреть многолетнюю динамику концентраций основных ионов в оз. Ханка. Среди этих ионов наибольшее внимание было уделено хлоридному иону, который характеризуется высокой растворимостью, слабо выраженной способностью к сорбции взвешенными веществами и к потреблению гидробионтами.

Объекты и методы

Гидрохимические исследования осуществляли на притоках оз. Ханка (Спасовка, Илистая, Комиссаровка и Мельгуновка) в сентябре 2018 г. и феврале 2019 г. Пробы воды отбирали с поверхности, аналитические работы осуществляли по общепринятым при гидрохимических исследованиях методам. Содержание основных ионов (натрия, калия, кальция, магния, гидрокарбонатного, хлоридного и сульфатного) определяли в Центре коллективного пользования при ИВЭП ДВО РАН.

В работе также использовали опубликованные материалы УГМС ДВ за 1952–1958 гг. и российского – китайского мониторинга в 2008, 2011 и 2013 годах.

Обсуждение результатов

Воды оз. Ханка по химическому составу относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция, первому типу (Алекин, 1970), который обусловлен муссонным характером климата, устойчивостью подстилающих пород водосбора к выветриванию.

Минерализация воды варьирует в широких пределах. В 1952–1958 гг. она находилась в пределах 65,6–187,9 мг/дм³ (табл. 1). Значительная амплитуда колебаний была характерна для концентраций ионов натрия и калия, сульфатного иона повышенные значения которых могли быть обусловлены высокой мутностью озерных вод (Чудаева, 2002), т.к. в эти годы определение содержания сульфатного иона и иона кальция в химических лабораториях проводилось весовым методом. Затем, после выполнения всех определений рассчитывалось суммарное содержание ионов натрия и калия. Поэтому наибольшее содержание вышеназванных основных ионов в озерной воде наблюдалось в любое время года и могло быть завышенным, также как и значение минерализации. Содержание остальных

Таблица 1. Содержание основных ионов и минерализация в воде оз. Ханка в 1952–1958 гг., мг/дм³

Сезон	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Минерализация
с. Турий рог							
Зима	<u>12,4–27,8</u> 18,1	<u>1,5–5,2</u> 3,1	<u>10–24,2</u> 15,9	<u>61,0–123,8</u> 79,8	<u>3,5–7,5</u> 5,2	<u>6,9–17,3</u> 12,6	<u>97,4–187,9</u> 135,6
Весна	<u>8,6–13,6</u> 11,0	<u>0,4–2,6</u> 1,6	<u>7,8–18,0</u> 13,2	<u>43,9–62,8</u> 50,6	<u>2,9–4,9</u> 3,7	<u>2,3–27,7</u> 15,3	<u>75,6–112,6</u> 93,3
Лето	<u>10,2–12,7</u> 11,3	<u>0,1–4,1</u> 1,5	<u>5,2–22,5</u> 14,0	<u>39,1–61,6</u> 49,5	<u>1,3–5,1</u> 3,4	<u>4,4–25,7</u> 15,1	<u>71,5–116,2</u> 95,6
Осень	<u>10,0–13,2</u> 10,9	<u>0,7–3,7</u> 2,2	<u>5,5–31,8</u> 13,6	<u>43,3–52,5</u> 48,9	<u>2,8–3,8</u> 3,3	<u>3,9–19,6</u> 12,8	<u>77,5–96,9</u> 87,7
с. Астраханка							
Зима	<u>10,2–20,5</u> 14,9	<u>0,2–6,1</u> 2,5	<u>9,2–20,2</u> 13,5	<u>45,8–94,6</u> 71,5	<u>4,1–6,7</u> 5,3	<u>4,0–21,4</u> 12,2	<u>78,5–166,4</u> 115,5
Весна	<u>8,5–13,6</u> 10,4	<u>0,7–3,2</u> 1,9	<u>6,2–24,2</u> 14,8	<u>36,6–83,6</u> 53,3	<u>1,0–5,7</u> 3,2	<u>9,7–36,2</u> 17,2	<u>70,5–139,6</u> 102,0
Лето	<u>10,0–12,4</u> 11,2	<u>0,2–3,2</u> 1,4	<u>5,8–19,5</u> 12,4	<u>36,6–50,6</u> 44,7	<u>1,8–6,7</u> 3,2	<u>5,3–29,1</u> 15,9	<u>65,6–109,5</u> 88,6
Осень	<u>9,6–12,0</u> 11,0	<u>0,6–3,2</u> 1,7	<u>4,8–22,5</u> 14,9	<u>42,7–53,7</u> 46,4	<u>2,7–4,1</u> 3,2	<u>4,7–29,5</u> 20,7	<u>69,5–117,6</u> 98,0

главных ионов находилось в более узких пределах, в сезонном отношении их максимальные концентрации отмечались зимой. Подобная сезонная динамика химического состава воды наблюдалась в 1957–1958 гг. в воде р. Сунгача. По акватории водоема содержание этих ионов и значения минерализации распределялись относительно равномерно: среднемноголетнее содержание хлоридного иона в воде оз. Ханка у с. Турий рог составляло 3,8 мг/дм³, у с. Астраханка – 3,7 мг/дм², в р. Сунгача – 3,2 мг/дм³.

В воде оз. Малая Ханка и китайской части оз. Ханка в 1983 г. (Ханган, 1995) большие различия в содержании ионов кальция (19,0 и 20,9 и мг/дм³ соответственно) и магния (6,23 и 6,85 мг/дм³) отсутствовали, в то время как концентрации иона калия значительно различались (9,03 и 4,39 мг/дм³ соответственно). Наблюдения в российской части оз. Ханка (Чудаева, 2002) в эти годы свидетельствовали о значительных колебаниях величины минерализации (60–120 мг/дм³). Следует сказать, данные значения минерализации являются максимальными для озерных вод Нижнего Приамурья. В воде оз. Чукчагирское – самого крупного водоема Хабаровского края (площадь водной поверхности 366 км²), например, величина минерализации перед ледоставом не превышает 23 мг/дм³, зимой возрастает до 59 мг/дм³ (Шестеркин, 1984).

Изучение химического состава вод р. Сунгача в 2008–2012 гг. свидетельствует о более высоких концентрациях основных ионов. Содержание хлоридного иона и значение минерализации в феврале в среднем составляло 12,6 и 169,4 мг/дм³, в мае–июне – 5,0 и 100,3 мг/дм³, июле–октябре – 7,0 и 128,8 мг/дм³ (Луценко и др., 2013). Согласно данным российско-китайского мониторинга со-

держание хлоридного иона в феврале 2008 г. достигало 8,9 мг/дм³, в августе – 7,0 мг/дм³ (Оценка данных..., 2009), т.е. значения различались незначительно. По сравнению с 1957–1958 гг. содержание иона кальция в зимний период возросло в 1,3 раза, гидрокарбонатного иона – 1,4 раза, хлоридного иона – 3,5 раза, иона магния – 4,1 раза. Выше была концентрация основных ионов и по сравнению с летне-осенним периодом: иона кальция и гидрокарбонатного иона в 1,5 раза, хлоридного иона в 2,0 раза, иона магния – 3,0 раза. Значение минерализации в эти сезоны повысилось в 1,6 и 1,4 раза соответственно.

Сравнение материалов наблюдений за июнь 2017 г. (Шестеркин, Крутикова, 2018) и май–июнь 2008–2012 гг. (Луценко и др., 2013) также указывают на различия в содержании главных ионов. В июне 2017 г. минерализация воды р. Сунгача и содержание хлоридного иона в ней достигало 124,6 и 7,7 мг/дм³ соответственно, т.е. по сравнению с 2008–2012 гг. возросло в 1,2 и 1,5 раза. Содержание иона калия составляло 3,0 мг/дм³, иона натрия – 7,0 мг/дм³, иона кальция – 15,9 мг/дм³. Среди катионов доминировал ион кальция (49,5 % экв.), среди анионов – гидрокарбонатный ион (74,5 %-экв.). Содержание остальных ионов было существенно ниже: магния – 26,7 %-экв., натрия – 19,0 %-экв., сульфатного и хлоридного ионов – 12,2 и 13,2 %-экв. соответственно. Примечательно, что в 2008–2012 гг. доля хлоридного иона составляла 9,4 %-экв., а сульфатного – 21,9 %-экв.

Такое изменение солевого состава вод р. Сунгача свидетельствует об активизации хозяйственной деятельности в бассейне оз. Ханка, обусловленной в первую очередь интенсивным развитием мелиорации в российской и в китайской части бассейна оз. Ханка, переброской стока р. Мулинхэ в озеро, широким использованием минеральных удобрений в сельском хозяйстве и др.

В 2017 г. в китайской части бассейна оз. Ханка в структуре использования земель доминировали рисовые поля (1200,45 км² или 30,7 %), пашня достигала 536,81 км² или 13,7 %. В российской части бассейна озера доля обрабатываемых земель составила 13,2 %, причем в отличие от китайской территории, преоблада-

Таблица 2. Химический состав вод притоков оз. Ханка в 2018–2019 гг., мг/дм³

Дата	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Минерализация
р. Спасовка										
30.08.18	5,3	2,9	17,8	3,5	71	3,8	7,2	0,19	0,36	112,3
26.02.19	14,6	3,9	29,0	7,2	140	11,5	10,3	1,21	0,36	218,1
р. Илистая										
30.08.18	3,2	2,1	6,6	2,5	34	2,1	3,6	0,06	0,46	54,7
26.02.19	7,8	3,2	13,1	4,6	55	5,6	17,9	0,09	0,34	107,7
р. Комиссаровка										
30.08.18	4,9	2,9	11,6	3,5	50	4,1	10,0	0,09	<0,04	87,1
р. Мельгуновка										
30.08.18	3,2	2,7	6,6	2,5	33	1,8	2,9	0,18	<0,04	53,2

ла пашня (2323,06 км² или 11,1 %). Наибольшие площади обрабатываемой пашни расположены в Хорольском, Михайловском, Спасском и Ханкайском районах (Егидарев и др., 2019).

Повышению минерализации вод озера способствует поступление большого объема сточных вод животноводческих ферм, промышленных и коммунальных сточных вод, в российской части бассейна проживает 205,1 тыс. человек, в китайской части – 400,7 тыс. человек (Егидарев и др., 2019).

Поэтому в воде рек Спасовка и Кулешовка, притоков оз. Ханка, в 1985–2004 гг., содержание хлоридного иона изменялось в пределах 5,0–202 и 12,4–254 мг/дм³ соответственно, а в 2005–2009 гг. – 5,0–54,6 и 7,1–69,8 мг/дм³ также соответственно. Минерализация воды в р. Спасовка в эти периоды времени находилась в пределах 84,2–763 и 63,2–413 мг/дм³, в р. Кулешовка – 91,2–2525 и 112–490 мг/дм³ соответственно (Никаноров, Брызгало, 2011). Согласно данным Росгидромета в 2017 г. воды рр. Спасовка, Кулешовка, Илистая и Мельгуновка по качеству относились к 4 классу «грязная», причем критическим показателем в водах рр. Спасовка и Кулешовка являлся аммонийный азот (Доклад..., 2018).

Наблюдения в 2018–2019 гг. также свидетельствуют о поступлении больших количеств солей с водами р. Спасовка в оз. Ханка. Во время паводка, вызванного выходом экс-тайфуна Соулик, обусловившего подъем уровней воды на 1,0–3,0 м, подтопление хозяйственных строений и сельскохозяйственных угодий в пониженных местах (Бережная и др., 2018), минерализация воды и содержание хлоридного иона в воде р. Спасовка были в 2 раза выше, чем в Мельгуновка (табл. 2). В зимнюю межень содержание растворенных веществ в воде притоков было значительно выше (хлоридного иона в 2,7–3,0 раза), причем воды р. Спасовка характеризуются повышенным содержанием аммонийным азотом, которое превышало значение ПДК в 2,4 раза.

Большую роль в повышении концентраций солей играют особенности гидрологического режима водоема. Известно, что оз. Ханка относится к испарительно-нейтральным водоемам, в котором полный водный обмен происходит раз в десять лет. В расходной части водоема за 23-летний период наблюдений (1949–1971 гг.) на долю испарения приходится 55,9%, на сток р. Сунгача из озера – 44,1% (Васьковский, 1978). Поэтому в случае ограничения пропускной способности р. Сунгача (образование сплавин, кос и др.), содержание растворенных веществ в оз. Ханка будет только возрастать. Как свидетельствуют материалы российско-китайского мониторинга, в августе 2011 и 2013 гг. расходы воды р. Сунгача составляли 12,2 и 17,7 м³/с соответственно (Итоговый отчет..., 2012, 2014), т.е. были в 2–3 раза ниже, чем в 1958 г. (Васьковский, 1978).

Учитывая гидрологические особенности этого водоема (преобладание притока над расходной частью), а также повышенный сток солей в озеро, в том числе и из бассейна р. Мулинхэ, можно предполагать дальнейшее увеличение содержания основных ионов в воде оз. Ханка, а соответственно и р. Уссури. Проведение масштабных гидрохимических исследований на всей акватории этого водоема по-

зволит оценить современное состояние химического состава его вод и дать прогноз изменения их качества.

Заключение

Исследования свидетельствуют о больших изменениях в содержании основных ионов в воде оз. Ханка за многолетний период. Отмечено повышение концентраций главных ионов в озерной воде, обусловленное активизацией хозяйственной деятельности на водосборе и особенностями гидрологического режима. Показано относительно равномерное распределение содержания основных ионов по акватории в 1952–1958 годах. Установлено, что в летне-осенний период 2008–2012 гг. содержание хлоридного иона в воде р. Сунгача, вытекающей из озера, по сравнению с 1957–1958 гг., повысилось в 2,0 раза, значение минерализации – 1,4 раза. Сделано предположение о дальнейшем повышении солености оз. Ханка и трансформации химического состава его вод в случае снижения пропускной способности р. Сунгача.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам ФГБУН ИВЭП ДВО РАН и ТИГ ДВО РАН за содействие в отборе проб воды рек – притоков оз. Ханка.

ОБ ИЗМЕНЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ЦВЕТА ВОД ОЗЕРА ХАНКА ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

ON CHANGES IN THE DISTRIBUTIONS OF COLOR CHARACTERISTICS OF THE KHANKA LAKE WATER FROM SATELLITE DATA

Е.А. Штрайхерт, С.П. Захарков

E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov

Одним из направлений применения спутниковых данных о цвете вод является мониторинг изменения их состояния (изучение и выявление случаев «цветения» фитопланктона и эвтрофикации вод, загрязнения органическим веществом, увеличения содержания взвеси) (ЮСССГ, 2008). Озеро Ханка является таким водоёмом, который требует усиленного внимания и постоянного экологического мониторинга поскольку он является самым большим пресноводным водоёмом на Дальнем Востоке, имеет рыбохозяйственное значение и на его побережье расположен Ханкайский заповедник. Одной из главных проблем состояния воды озера является загрязнение органическими и биогенными веществами, вызывающими его эвтрофикацию (Ралько и др., 2002; Евсеев, 2004). Ещё одной проблемой озера является разрушение берегов (<https://tass.ru/obschestvo/2420887>). Также в бассейне озера ведётся добыча угля и других полезных ископаемых (флюоритовая руда, плавиковый шпат, цинк, бериллий и редкие металлы, танталониобиевая руда, строительный камень, градиорит, известняки) (https://ru.wikipedia.org/wiki/Приханкайская_равнина). Загрязнение воздушного бассейна в процессе добычи и переработки угля вызвано процессом буро-взрывных работ, работой двигателей внутреннего сгорания карьерной техники, выбросами от котельных и пожаров, возникающих от самовозгорания пород. При добыче угля открытым способом основными загрязняющими веществами являются выбросы твердых веществ: пыль неорганическая содержанием диоксида кремния, зола углей и углерод (сажа). Вследствие выветривания горных пород в воздух попадает большой спектр загрязняющих веществ, перенос на значительное расстояние делает характер загрязнений трансграничным (Подосенова, Сливяк, 2003). Временная серия площадных спутниковых наблюдений характеристик цвета вод (концентрация хлорофилла-а – chl и коэффициент водной яркости, предназначенный для изучения флуоресценции хлорофилла-а (Fl), – Rrs, показатель поглощения света детритом и жёлтым веществом – a_{dg} , содержание общего взвешенного вещества – tsm), отображающих содержание фитопланктона, органического вещества, взвеси, позволяет для безоблачных случаев получить информацию о преобладающих на данное время в конкретном месте биогеохимических процессах в воде, выносе с побережья терригенной взвеси, проследить за их изменением. На распределение вышеуказанных характеристик цвета вод влияет состояние атмосферы, поскольку их оценки основаны на анализе спектра восходящего излучения воды, испытавшего на себе воздействие компонентов атмосферной

среды (Мак-Картни, 1979; IOCCG, 2000; IOCCG, 2018). Поэтому распределения характеристик цвета вод, а также показатель аэрозольной оптической плотности (a_{ot}) – T865 несут информацию о загрязнении атмосферы.

Целью работы являлось показать применение спутниковых данных о цвете вод для изучения и мониторинга биогеохимических процессов, антропогенного влияния в бассейне озера Ханка. Для этого рассмотреть сезонные изменения характеристик цвета вод озера Ханка в 2018 г. по данным спутникового датчика цвета OLCI-Sentinel-3.

Район исследования

Район исследования – озеро Ханка показан на рис. 1. Центр озера проходит примерно по координате $45,01^\circ$ с.ш. и $132,25^\circ$ в.д. Южная часть озера относится к Приморскому краю России, а северная – провинции Хэйлунцзян Китая. На китайской территории значительная часть водосбора относится к озеру Малая Ханка, который отделён от основного водоёма узкой песчаной косой. Оба озера ранее были одним водоёмом, акватория Малой Ханки отделилась при накоплении наносов, приносимых притоками, и устойчивых южных ветров. Средняя глубина озера Ханка составляет около 4,5 м, а наибольшая – около 6,5–10,5 м. В озере преобладают глубины 1–3 м. Прозрачность воды в летний период мала из-за ветро-волнового взмучивания (0,15–0,35 м). Из-за благоприятных условий динамического перемешивания вода насыщена кислородом. Озеро замерзает, как правило, во второй половине ноября, вскрывается в апреле. Наиболее крупными притоками являются реки Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка (Научно-популярная ... (<http://water-rf.ru>); <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ханка>).

Материалы и методы

Для этого района для безоблачных дней с веб-сайта <http://coda.eumetsat.int> были получены доступные данные уровня 2 радиометра OLCI (Ocean and Land Colour Imager), находящегося на борту спутника Sentinel-3, за 2018 год. Всего было получено данных для распределений характеристик цвета вод по 21 сценарию. Пространственное разрешение получаемых OLCI данных составляет примерно 300 м в надире (Donlong et al., 2012). В работе анализировались распределения следующих характеристик цвета вод: концентрация хлорофилла-а, оцененная по методу нейронных сетей (chl_NN), коэффициент яркости вод на длине волны 681 нм (спектральный канал 10), предназначенный для изучения $F1$ (Rrs), показатель поглощения света детритом и растворённым органическим веществом на длине волны 443 нм, оцененный по методу нейронных сетей (a_{dg-443_NN}), содержание



Рис. 1. Расположение озера Ханка

общего взвешенного вещества, оцененное по методу нейронных сетей (tsm_NN), aot на длине волны 865 нм (T865) (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-olci/product-types/level-2-water>). Оценка chl по данным спутникового зондирования часто оказывается завышенной из-за влияния на сигнал яркости вод детрита и окрашенного растворённого органического вещества (ОРОВ, «желтое вещество»). Спектры поглощения излучения детритом и ОРОВ неразличимы, поэтому поглощение ими света описывается одной компонентой (Carder et al., 1991). ОРОВ представляют собой группу органических растворенных веществ, состоящую из гуминовых и фульвокислот. Они могут иметь местное происхождение, например, из-за деградации клеток фитопланктона и других органических частиц, или могут быть принесены вместе с материковым стоком (ЮСССГ, 2000). О завышении спутниковых значений chl из-за преобладания в воде ОРОВ указывалось в работах (Burenkov et al., 1999; Фефилов, 2003; Штрайхерт и др., 2006; Салюк и др., 2013). При преобладании поглощения света в воде взвешенными частицами также

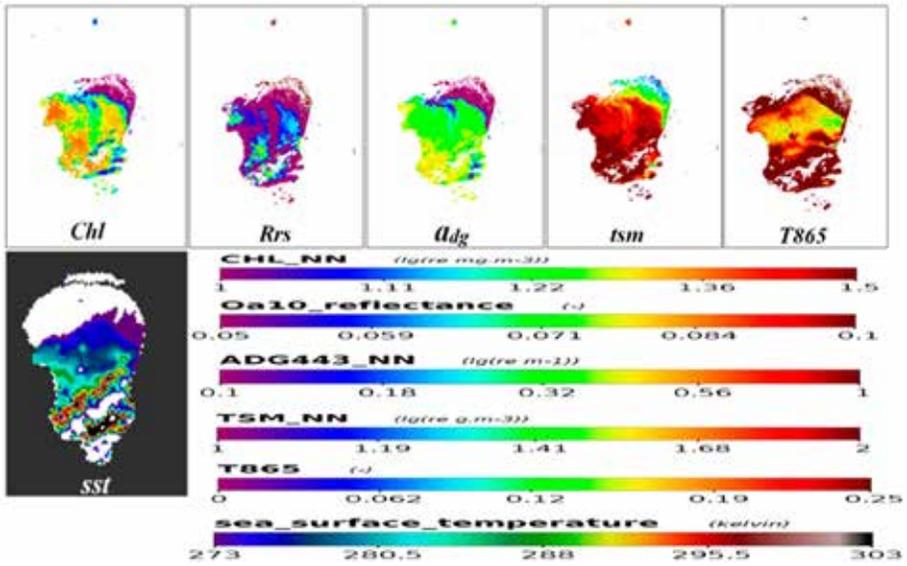
рассеивающих свет по сравнению его поглощением ОРОВ значения спутниковых оценок chl оказываются ниже реальных значений (Burenkov et al., 1999). Так, например, в прибрежной зоне залива Петра Великого в осенне-зимний период, характеризующийся ветровым и конвективным перемешиванием вод и поэтому взмучиванием донных осадков, спутниковые значения chl были ниже полученных из натуральных наблюдений, и их относительная ошибка составляла 70 %, тогда как в других случаях они были завышены более, чем на 200 % (Штрайхерт и др., 2006). Изменение гидрометеорологических условий может существенно влиять на изменение содержания оптически активных компонентов в воде и, следовательно, на их вклад в сигнал яркости вод и расхождение между спутниковыми и реальными значениями chl (Штрайхерт, Захарков, 2016). При определённых для развития фитопланктона условиях chl можно охарактеризовать FI (IOCCG, 2000). FI зависит от chl, удельного коэффициента поглощения света фитопланктоном, потока ФАР и квантового выхода флуоресценции (Behrenfeld et al., 2009). Испускание света, характерное для FI, испытывает меньшее по сравнению с сине-зелёной областью влияние поглощения света ОРОВ и детритом (Carder et al., 1991; Behrenfeld et al., 2009; Salyuk et al., 2010). FI даёт информацию о chl и физиологическом состоянии водорослей. На сигнал яркости моря и, следовательно, на характеристики цвета вод в прозрачных водах оказывает влияние дно. В районах, подверженных влиянию речного и берегового стока прозрачность вод резко уменьшается и поэтому влияние дна на сигнал яркости вод сводится к нулю (IOCCG, 2000). Толщина слоя, в котором формируется сигнал яркости моря составляет 20–25 % от глубины эвфотической зоны (Gordon, McCluney, 1975; Gordon et al., 1983).

Поскольку индикатором гидрометеорологических условий служит температура и они влияют на распределения характеристик цвета вод, то также рассматривались распределения характеристики sst (температура поверхности моря), полученные по данным радиометра SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) установленном на борту Sentinel-3. Её определение основано на анализе спектра яркости моря в инфракрасном диапазоне спектра. Для обработки полученных с сайта данных использовалось программное обеспечение SeaDAS версии 7.4. Шкалы диапазонов цвета в распределениях характеристик цвета вод подбирались таким образом, чтобы наиболее чётко проявилась пространственная структура вод. Метеорологическая информация с гидрометеорологической станции «Астраханка» была получена через сайт <http://rp5.ru>.

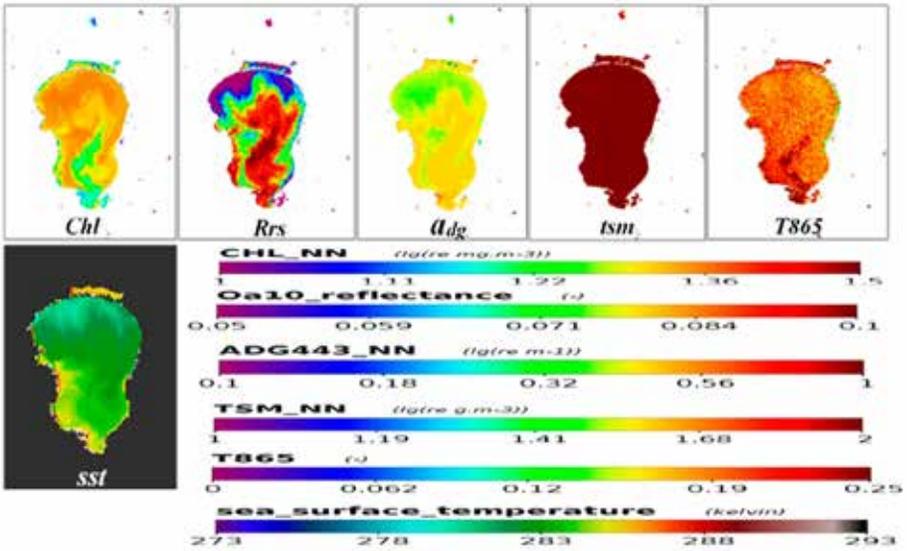
Результаты и обсуждение

На распределениях характеристик цвета вод (рис. 2) хорошо прослеживается влияние сезонных гидрометеорологических условий. В районе таяния льда на 24 апреля в северной части озера прослеживаются низкие значения показателей chl, Rrs, a_{dg} , tsm (рис. 2a). Такое распределение объясняется низким содержани-

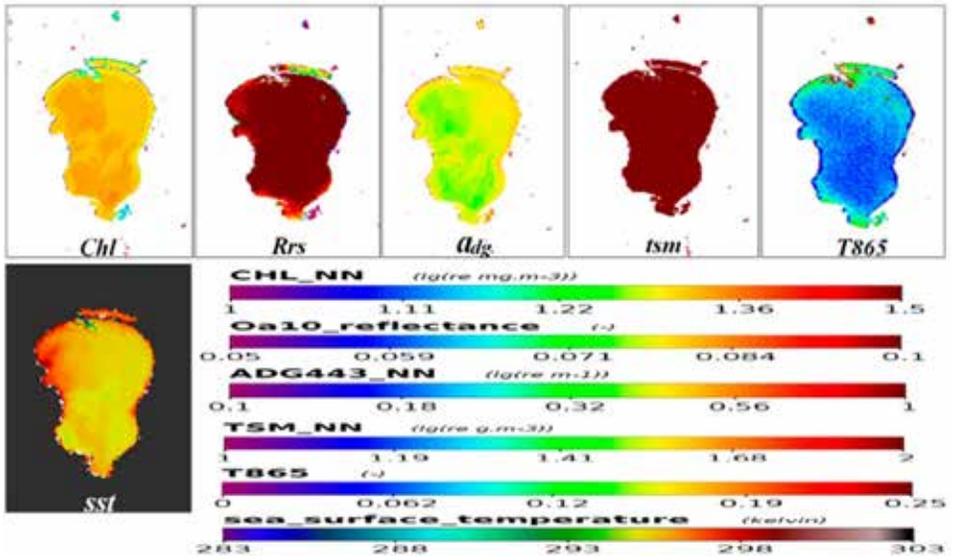
a



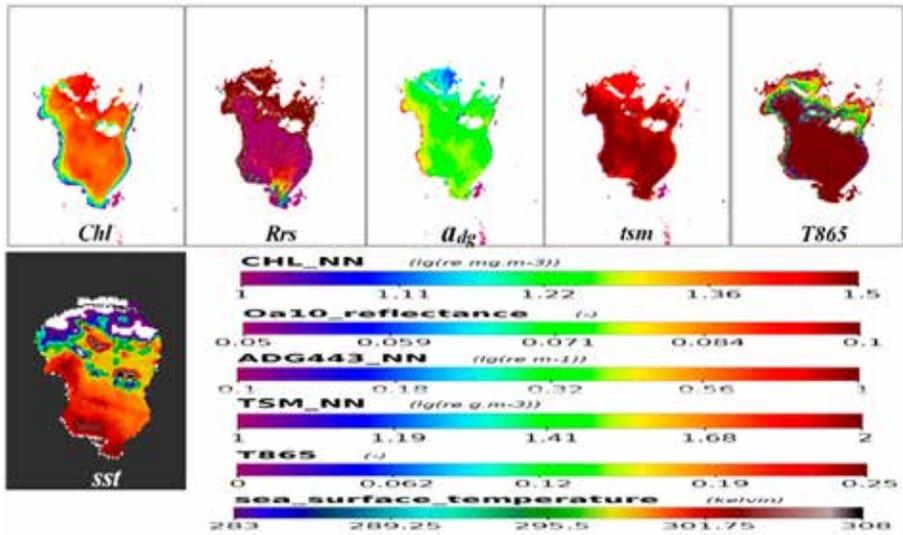
б



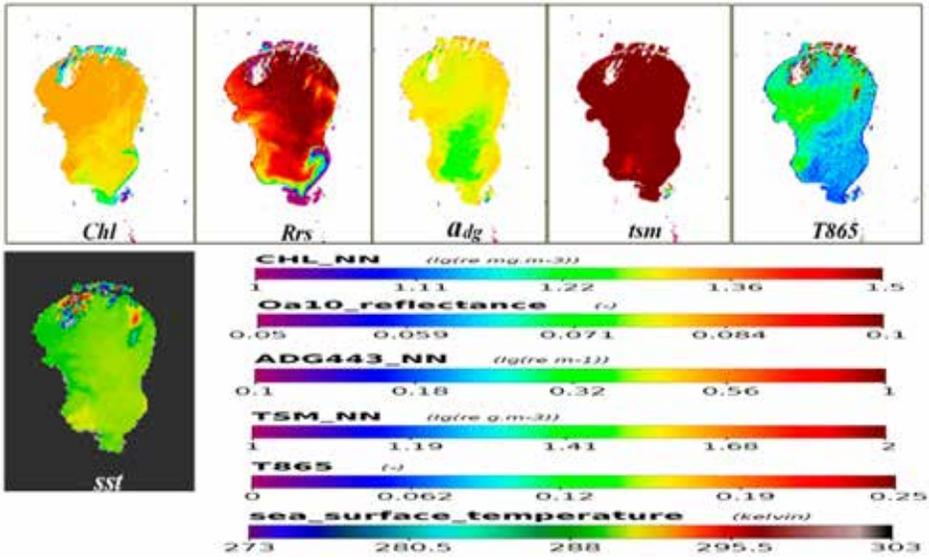
6



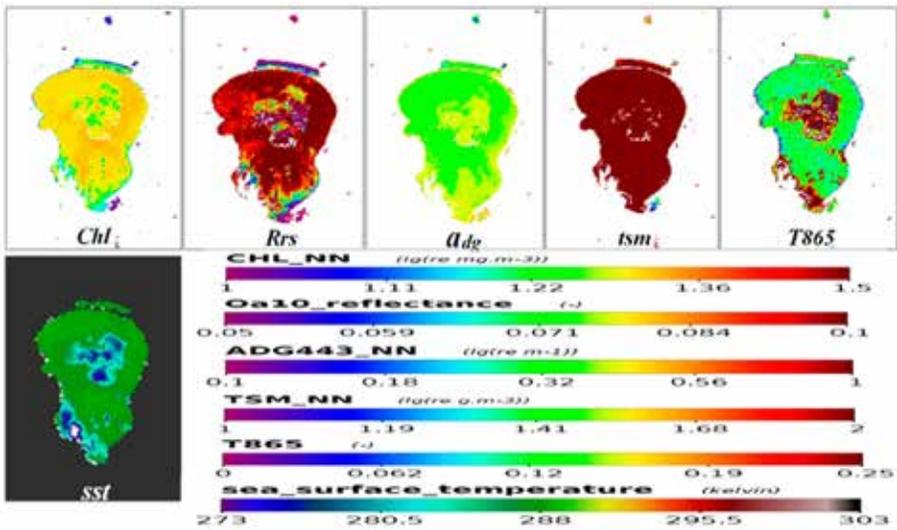
2



d



e



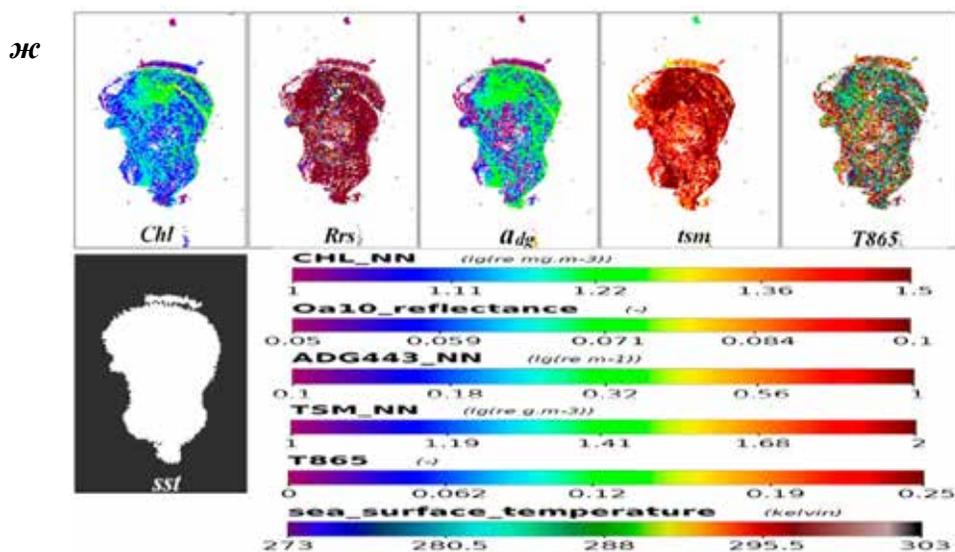


Рис. 2. Распределения характеристик цвета вод и атмосферы – chl, Rrs, a_{dg} , tsm, T865 и характеристики, полученной в инфракрасном диапазоне спектра. Белый цвет на области оз. Ханка указывает на отсутствие спутниковых данных из-за облачности. Очертания побережья приводятся на распределении sst.

a – sst для озера Ханка 24 апреля 2018 г., *б* – sst для озера Ханка 10 мая 2018 г., *в* – sst для озера Ханка 15 июля 2018 г., *г* – sst для озера Ханка 22 июля 2018 г., *д* – sst для озера Ханка 25 сентября 2018 г., *е* – sst для озера Ханка 8 октября 2018 г., *ж* – sst для озера Ханка 20 декабря 2018 г.

ем нутриентов, органического вещества, взвеси в талой не перемешанной воде. Более плотная вода при 4 °С при слабом ветровом перемешивании в это время остаётся на дне. На распределении параметра aot ровные очертания и ограниченные побережьем озера области высоких значений, свидетельствуют об содержании аэрозоля в атмосфере в виде капелек воды. На распределениях за 10 мая с юга на север прослеживается шлейф высоких значений Rrs, вызванный паводком на реке Илия (рис. 2б). Воды реки выносят также жёлтое вещество и взвесь. Влияние терригенной взвеси, выносимой рекой прослеживается на распределении chl. Спутниковые значения chl в этом шлейфе занижены из-за влияния взвеси. На распределении параметра tsm этот поток от реки не проявляется. Этот факт можно объяснить разным оптическим проявлением крупной и мелкой фракций взвеси и меньшим количеством взвеси в речной воде, которая состоит преимущественно из крупной фракции, чем в озере. Информация о взвеси в озере Ханка представлена в работе (Апонасенко и др., 2000). Для летнего периода в распределениях цвета вод наблюдаются, как правило, относительно высокие значения chl, Rrs, tsm. Пример таких распределений представлен за 15 июля на рис. 2в. Параметр a_{dg} вдоль береговой линии повышен. Меньшие его значения наблюда-

ются в более глубоководных местах, где перемешивание более глубоких слоёв воды мало. Возможно, вода с меньшими значениями a_{dg} принесена вместе со стоком реки Илистой с большим содержанием биогенных элементов, так как на этих участках наблюдаются повышенные значения chl (рис. 2в). После ливневых осадков на 22 июля наблюдаются высокие значения chl по всему озеру, за исключением прибрежной полосы из-за эффекта занижения спутниковых оценок chl при повышенном содержании терригенной взвеси (рис. 2з). Несмотря на высокую chl, в южной и центральной областях озера значения Rrs близки к нулю. Такой случай возможен если сигнал яркости с подповерхностного горизонта, на котором происходит цветение фитопланктона, сильно ослабляется слоем дождевой воды, где цветение фитопланктона не успело развиваться. По-видимому, из-за слабого перемешивания вод с дождевыми водами параметр tsm по сравнению с другими днями имеет пониженные значения. Для осеннего периода в распределениях характеристик chl и a_{dg} характерны вариации их значений из-за неустойчивой погоды, проявляющиеся в серии относительно тёплых и холодных дней, либо приводящих к конвективному перемешиванию вод, либо нет. Пример распределения приводится за 25 сентября на рис. 2д. Конвективное перемешивание вод приводит к подъёму к поверхности нижележащих вод. Они имеют большие концентрации биогенных элементов, детрита и ОРОВ. На 8 октября в центральной части озера и у юго-западного его побережья наблюдается облако повышенных значений aot (рис. 2е), которое заметно влияет как на распределения характеристик цвета вод, так и на распределение sst. Это облако указывает на загрязнение атмосферы. К зиме наблюдается заметное уменьшение значений на распределениях, указанных выше характеристик (рис. 2ж). На распределении параметра Rrs на 20 декабря наблюдаются пиксели как с относительно высокими, так и низкими значениями, что объясняется увеличением квантового выхода F1 при смене благоприятных на неблагоприятные для жизнедеятельности фитопланктона условий.

Заключение

По спутниковым изменениям распределений характеристик цвета вод оз. Ханка прослеживаются сезонные изменения биогеохимических процессов, проявления стоков органического вещества, терригенной взвеси с побережья, загрязнение атмосферы аэрозолем, которое может быть вызвано деятельностью предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых, пожарами. Выделены особенности распределений указанных выше характеристик цвета вод, сформированных под влиянием сезонных изменений гидрометеорологических условий: в конце апреля для района таяния льда характерны низкие значения показателей chl, Rrs, a_{dg} , tsm, в начале мая с юга почти до северной части озера отмечен крупный поток вод, характеризующийся повышенными значениями Rrs, a_{dg} , по всей видимости, вызванный паводком на реке Илистой, для лета характерны в основ-

ном повышенные значения характеристик цвета вод за исключением характеристики a_{dg} на участках с повышенной chl, после ливневых осадков значения tsm уменьшаются, вклад флуоресценции хлорофилла-а в сигнал Rrs заметно уменьшается из-за высокой мутности вод, а на распределении chl около берега проявляется полоса пониженных значений, вызванная оптическим влиянием терригенной взвеси, для осеннего периода характерна смена распределений с повышенными и средними значениями chl и a_{dg} , зимой значения рассматриваемых характеристик цвета вод заметно снижены. В октябре отмечено облако повышенных значений aot в центре озера и у юго-западного его побережья, которое заметно повлияло на распределения характеристик цвета и температуры поверхности вод и поэтому, по-видимому, было вызвано пылью органического происхождения. Содержание общего взвешенного вещества в поверхностном слое вод по спутниковым данным составляет около 100 г/м^3 и почти не меняется, за исключением случаев таяния льда и ливневых осадков. Содержание хлорофилла-а по спутниковым данным бывает, что доходит примерно до 25 мг/м^3 . Из-за влияния на сигнал яркости вод, из анализа которого в определённых спектральных каналах оценивается спутниковое значение chl, содержания ОРОВ и взвеси для количественных реальных оценок этого параметра необходимо сопоставление с данными натурных измерений. Таким образом, представленные распределения характеристик цвета вод могут быть используемы при мониторинге изменения биогеохимического состояния озера (цветении фитопланктона, выявлении потоков ОРОВ, терригенной взвеси) и загрязнения атмосферы, а при коррекции оценок chl данными натурных измерений – при расчёте первичной продукции водоёма.

РАЗДЕЛ 2

**Трансформация и устойчивость экосистем
Приханкайской низменности**



SECTION 2

**Transformation and sustainability
of the Khanka lowland ecosystems**

РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ ВОСТОЧНОГО СЕКТОРА
ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЫ В ТЕЧЕНИЕ КРИОХРОНА
ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА МИС 2 И В РАННЕМ ГОЛОЦЕНЕ

DEVELOPMENT OF ECOSYSTEMS IN THE EASTERN SECTOR
OF THE PRE-KHANKA PLAIN DURING THE LATE PLEISTOCENE
CRYOCHRON (MIS 2) AND IN EARLY HOLOCENE

П.С. Белянин, Н.И. Белянина

P.S. Belyanin, N.I. Belyanina

Развитие экосистем при переходе от ледниковых эпох к межледниковым и наоборот, к настоящему времени изучено достаточно детально. Палеогеографические данные полученные для разных областей Земли показывают, что эволюция природной среды на границе поздний плейстоцен-голоцен носила пульсационный характер. При этом последовательность, продолжительность и возможные причины коротковременных вариаций климата и соответствующих им состояний природной среды исследованы явно недостаточно (Безрукова и др., 2011).

Наступившая 29 тыс. кал. л.н. последняя холодная эпоха, когда среднегодовые температуры в умеренных широтах Северного полушария опустились до минимальных за поздний плейстоцен значений, сменилась на рубеже 11,7 тыс. кал. л.н. (Walker et al., 2012) резким потеплением, ознаменовавшим начало голоцена. При этом компоненты экосистем относительно быстро отреагировали на изменение климатических условий (Величко, 2012).

Прогнозируемое дальнейшее потепление в этих регионах может, например, активизировать широтную миграцию растений, что изменит облик ландшафтов и будет иметь различные, в том числе негативные, последствия для человека. Поэтому анализ ландшафтно-климатических условий при переходе от ледниковой эпохи к межледниковью имеет важное значение для понимания протекающих процессов и создания прогнозных моделей реакции экосистем в ответ на ожидаемые климатические изменения (Безрукова и др., 2011).

В представленной работе приводятся новые результаты реконструкции развития экосистем восточного сектора Приханкайской равнины в конце позднего плейстоцена (29–11,7 тыс. кал. л.н.), соответствующего морской изотопной стадии (МИС) 2 и в раннем голоцене (11,7–8,2 тыс. кал. л.н.).

Биостратиграфическое расчленение отложений методами спорово-пыльцевого, диатомового и карпологического анализа, а также радиоуглеродного датирования проведены в бассейнах рек Спасовка и Сунгача, дренирующих восточный сектор Приханкайской равнины (рис. 1). Их водосборные бассейны с северо-запада ограничены оз. Ханка, а с юго-востока – отрогами Синего хребта. В верхних течениях реки имеют горный характер. После выхода на Приханкайскую низменность скорость течения замедляется и русла начинают меандрировать. При этом, площади пойменных террас сокращаются, а ближе к устью, где реки текут в эрозионных врезках исчезают вовсе.

Подготовка образцов для спорово-пыльцевого анализа, включающая обработку проб выполнялась по общепринятой методике (Покровская, 1950). Определение пыльцы и спор осуществлялось И.Г. Гвоздевой и Н.И. Беляниной с использованием световых микроскопов Микмед-6 и Axio Scope, при увеличении $\times 400$. Пыльца и споры определялись по возможности до вида. В случае морфологически слабо идентифицируемых микрофоссилий они определялись до рода или семейства. Подсчет таксонов выполнен по группам: пыльца деревьев и кустарников; пыльца трав и кустарничков; споры. Палинозоны выделены по изменению участия древесных и кустарниковых, травянистых, а также споровых растений. Спорово-пыльцевая диаграмма составлена с помощью компьютерной программы Tilia.

Обработка материала на диатомовый анализ выполнена по общепринятой методике (Диатомовые водоросли, 1974). Идентификация диатомовых водорослей проводилась Е.И. Царько в постоянных препаратах с помощью микроскопов Микмед-6 и Axio Scope, при увеличении $\times 1000$ с использованием работ отечественных авторов (Диатомовый анализ..., 1951).

Карпологический анализ растительных остатков выполнен в Институте геохимии и геофизики АН БССР В.Ю. Величкевичем.

Определение возраста радиоуглеродным методом проводилось в Институте геологии АН УССР (г. Киев). Ответственный исполнитель – Н.Н. Ковалюх. Калибровка радиоуглеродных дат в календарные сделана с помощью программы CalPal2007_HULU (Weninger et al., 2005; 2007).

Представление об особенностях формирования природной среды Приханкайской депрессии в плейстоцене дают результаты предшествующих исследований. Согласно им, примерно на рубеже ранний/средний плейстоцен, произошло событие, во многом предопределившее последующее развитие природной среды этого региона – переориентировка стока реки палео-Раздольной на юг, в Японское море. В результате, энергетические возможности «обезглавленной» древней речной системы, лишенной значительной части водосбора, резко уменьшились. На Приханкайской равнине аккумуляция осадков начала преобладать над транзитом. Тогда сформировался квазипойменный режим седиментации (Павлюткин и др., 1991; Павлюткин, Ханчук, 2002; Белянина и др., 2002).

Боковые притоки, оставшиеся в системе «обезглавленной» палео-Раздольной (реки Илистая, Мельгуновка, Спасовка и др.), сохранили первоначальные площади водосборов. При выходе на Приханкайскую равнину их продольные профили выполаживаются, а скорости течения резко уменьшаются. Реки медленно текут в корытообразных желобах-руслах, которые в периоды паводков не могут пропустить всю водную массу. Огромные площади низменной равнины оказываются затопленными и превращаются в единый пойменный массив. Причем такой режим при соответствующей климатической обстановке сохраняется в течение многих лет.

В криогигротическую климатическую ледниковую эпоху позднего плейстоцена (МИС 2), площадь затопленных массивов квазипоймы нарастала за

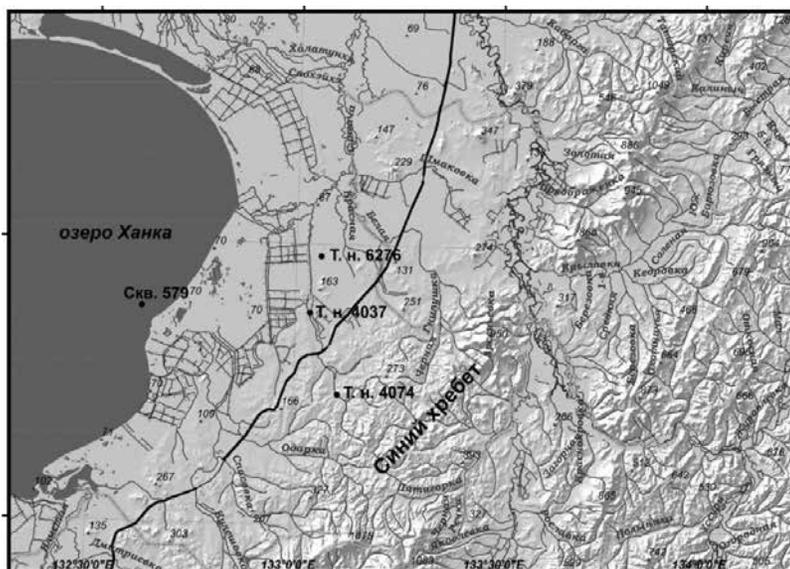


Рис. 1. Расположение изученной скважины (скв.) и точек наблюдений (т. н.)

счет преобладания приходной составляющей водного баланса, вызванного увеличением суммы атмосферных осадков и снижением испарения (Павлюткин, Ханчук, 2002).

В условиях начинающейся ледниковой эпохи (МИС 2) аккумуляровались отложения в балке у с. Александровка (т. н. 4037, абсолютная высота 74 м). Из торфа буровато-коричневого цвета, в интервале глубин 3,0–3,25 м получены палинологические данные, которые свидетельствуют о холодных условиях начала ледникового периода. В палиноспектрах, в сумме до 70 % доминирует пыльца кустарниковых берез – березы Миддендорфа (*Betula middendorffii* Sukacz.), березы тощей (*Betula exilis* Sukacz.), а также древесной белой березы *Betula* sect. *Albae*. В небольшом количестве присутствуют пыльцевые зерна хвойных растений – ели (*Picea* sp.), и подрода пятихвойных сосен (*Pinus* s/g *Haploxylon*), а также лиственницы (*Larix* sp.). Пыльца широколиственных растений отсутствует. Среди трав велика роль травянистых растений характерных для болотных экосистем – осок, злаковых, а среди мхов – сфагнового мха (*Sphagnum* sp.).

Анализ карпологических остатков позволил выделить 16 видов растений. Довольно скудный набор установленных видов, а также присутствие таких холодоустойчивых форм, как ежеголовник северный (*Sparganium hyperboreum* Laest. ex Beurl.), кустарниковая береза (*Betula* sect. *Nanae*), княженика обыкновенная (*Rubus arcticus* L.), аркто-бореального представителя семейства лютиковых (*Ranunculaceae* Juss.), определенно свидетельствует о довольно холодных условиях формирования рассматриваемой флоры. В ледниковых районах этому комплексу вполне может отвечать оледенение. Выводы о возрасте формирования отложений

подтверждаются датой 25 781±581 кал. л. н. полученной по древесине с глубины 3,1 м, соответствующей максимуму похолодания позднего плейстоцена.

Следует отметить, что в настоящее время подобный состав растительности характеризует современную флору болотно-тундрового района Чукотского п-ва (Реутт, 1970). Об это свидетельствуют субфосильные палиноспектры в составе которых доминирует пыльца мелколиственных растений – *Betula* sect. *Nanae*, ольхового стланика (*Duschekia* sp.) и ольхи (*Alnus* sp.). В группе трав преобладают пыльцевые зерна семейства сложноцветных (*Asteraceae* Dumort.), а среди папоротникообразных, споры – *Sphagnum* (Давидович, 1978).

Материалы о холодных климатических условиях в конце позднего плейстоцена получены из суглинка в интервале глубин 0,87–2 м в т. н. 6276 (р-н с. Новорусановка, абсолютная высота 70 м). В комплексе диатомовой флоры присутствуют эпифиты и представители преимущественно бентических родов *Eunotia* и *Pinnularia*, которые являются обитателями пресноводных мелководных водоемов. Возраст данных отложений по датировке ¹⁴C с глубины 1,1 м составляет 22 197±405 кал. л.н. (рис. 2).

Дальнейшее развитие растительности отражают палиноспектры скв. 579, пробуренной со льда оз. Ханка, в 1,3 км от восточного побережья на глубине 5,2 м (Белянин, Белянина, 2012). В палинокомплексе, характеризующим фазу развития елово-мелколиственных лесов с ольховым стлаником, характерно сочетание пыльцы хвойных растений – *Picea* sp. и *Pinus* s/g *Haploxyylon*, *Betula* sect. *Nanae* и древовидной белой березы (*Betula* sect. *Albae*), при высоком содержании пыльцы болотных трав, спор плаунов и сфагнового мха. Данные карпобогического анализа, подтверждают, что в эту эпоху господствовала таежная флора, что свидетельствует о развитии на аккумулятивных равнинах восточного сектора Приханкайской впадины в гляциальный период позднего плейстоцена обширных марей и болот с елью аянской, лиственницей и ерниками. Изотопная датировка ¹⁴C полученная по растительному детриту, составляет 21 402±453 кал. л.н., что соответствует гыданской стадии сартанского оледенения Сибири (Кинд, 1974).

Пыльцевая летопись, фиксирующая развитие растительности в раннем голоцене запечатлены в пачке супеси синевато-серой с разнозернистым песком (т. н. 4074, на абсолютная высота 93 м), севернее с. Кронштадтка. Основной фон в палиноспектре создает пыльца широколиственных пород – *Quercus* и *Ulmus*, которым сопутствуют пыльцевые таксоны ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica* Maxim.), ясеня (*Fraxinus* sp.), бархата (*Phellodendron* sp.), калины (*Viburnum* sp.) и липы (*Tilia* sp.). Хвойные породы имеют подчиненное значение. Среди них выделяется пыльца *Picea*, содержание которой достигает 6,1% и *Pinus koraiensis* – 2,3%. Возраст отложений подтверждается ¹⁴C датой 10 994±171 кал. л.н. по погребенной древесине с глубины 2,0 м. Из этих же отложений выделены диатомеи, обитающие в пресноводных заболоченных экосистемах: *Pinnularia lata* и *Pinnularia viridis*.

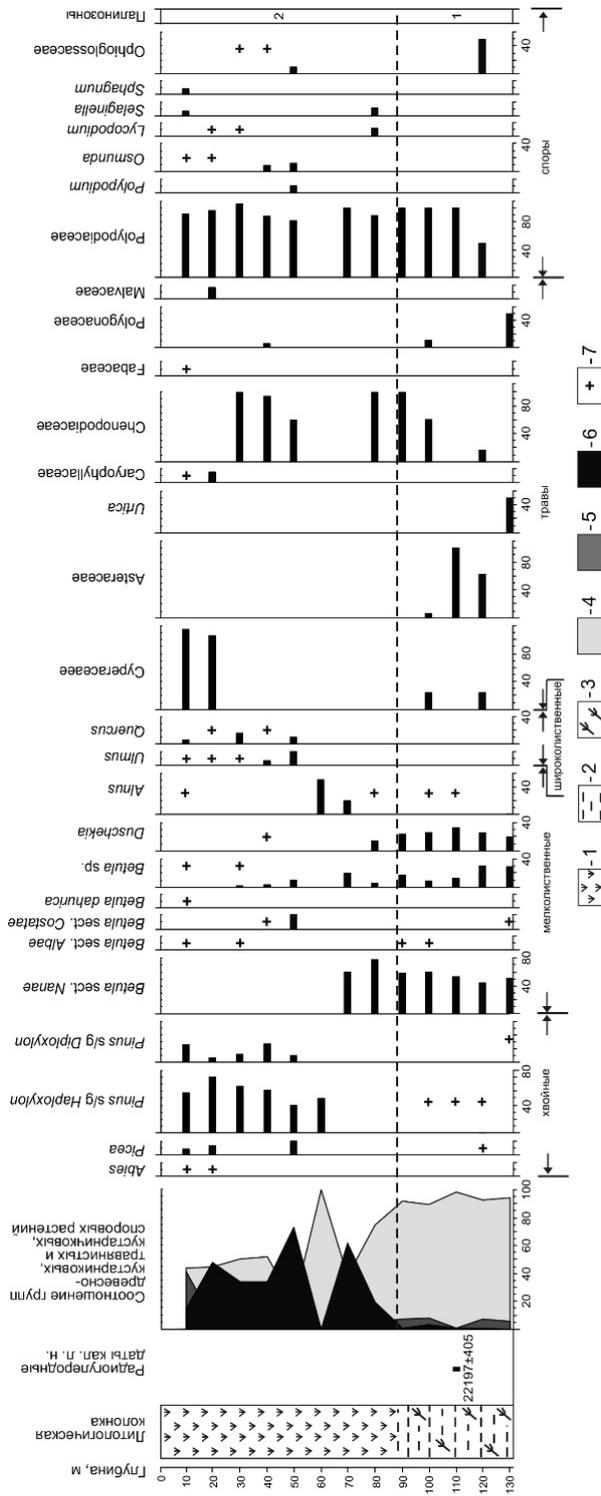


Рис. 2. Спорно-пыльцевая диаграмма по т. н. 6276. 1 – торф, 2 – суглинок, 3 – погребенная древесина. Соотношение групп растений: 4 – деревья и кустарников, 5 – трав и кустарничков, 6 – спор. 7 – содержание пыльцы и спор в палиноспектрах менее 3 %

Полученные новые биостратиграфические данные позволили реконструировать развитие экосистем восточного сектора Приханкайской равнины в последнюю ледниковую эпоху позднего плейстоцена (МИС 2) и в раннем голоцене.

Результаты спорово-пыльцевого, диатомового и карпологического анализа, подкрепленные радиоуглеродными датами, показали, что накопление толщи вмещающих диатомовую фауну аллювиально-озерных и биогенных отложений происходило в холодную климатическую фазу позднего плейстоцена (МИС 2). В эту эпоху на равнинах возникли растительные сообщества сфагновых марей с лиственницей, кустарниковой березой и ольховым стлаником. На склонах горного обрамления преобладали редкостойные хвойные леса с доминированием ели аянской (*Picea jezoensis* Siebold et Zucc.), ольхи и ив. На осветленных участках были широко распространены заросли кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel).

Начавшееся в раннем голоцене увеличение теплообеспеченности обусловило появление в экосистемах широколиственных растений – дуба и ильма, а также экспансию сосны корейской. На аккумулятивных равнинах еще существовали сфагновые болота с кустарниковой березой. Происходило формирование современного облика растительности.

БАЛАНСОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВНЯ ОЗЕРА ХАНКА

BALANCE MODELING OF THE WATER LEVEL VARIATIONS OF KHANKA LAKE

Ю.И. Зуенко, А.С. Важова

Yu.I. Zuenko, A.S. Vazhova

Циклические изменения уровня являются характерной природной особенностью оз. Ханка (Васьковский, 1978), однако катастрофический подъём уровня, наблюдавшийся в 2015 г. и превысивший все ранее достигавшиеся отметки, привлёк внимание общественности, властей и научного сообщества, выявив недостаточность знаний о гидрологическом режиме озера. Феномен высокого уровня 2015 г. до сих пор не получил однозначного объяснения, при обсуждении его на 1-й конференции «Трансграничное озеро Ханка» в 2017 г. выдвинуто несколько весьма различных гипотез. С целью количественной верификации предположения о том, что изменения уровня связаны с изменениями водного режима озера, выполнено моделирование межгодовых изменений его водного баланса. Конкретной задачей исследования была оценка величин основных компонент водного баланса и их вклада в современное повышение уровня.

Материалы и методы

Данные об уровне озера получены по результатам спутниковой альтиметрии с аппаратов TOPEX/POSEIDON, OSTM, Jason-1 и Jason-2, выполняемой с октября 1992 г. Аномалии уровня, рассчитанные по стандартному алгоритму, представлены на сайте Foreign Agricultural Service (США): <https://ipad.fas.usda.gov>. Средние годовые аномалии уровня получены осреднением измеренных значений за период с января по декабрь. Межгодовые изменения средних годовые аномалий уровня по данным альтиметрии хорошо соответствуют изменениям уровня по данным уровневого поста, приведенным в работе Н.Н. Бортина, А.М. Горчакова (2016). Коэффициент корреляции рядов оценен в 0,94, причём средний уровень, принятый в альтиметрических расчётах, находится примерно на 20 см ниже среднего уровня, рассчитанного по многолетним измерениям *in situ* (рис. 1).

В качестве характеристики режима осадков в районе водосбора оз. Ханка использованы данные о количестве осадков на метеостанции Астраханка, расположенной на его берегу, доступные на сайте <http://www.pogodaiklimat.ru/>. Разумеется, данные по осадкам лишь на одной метеостанции неточно характеризуют весь водосбор озера, что вносит ошибку в расчёты, результаты которых по этой причине можно считать приближёнными.

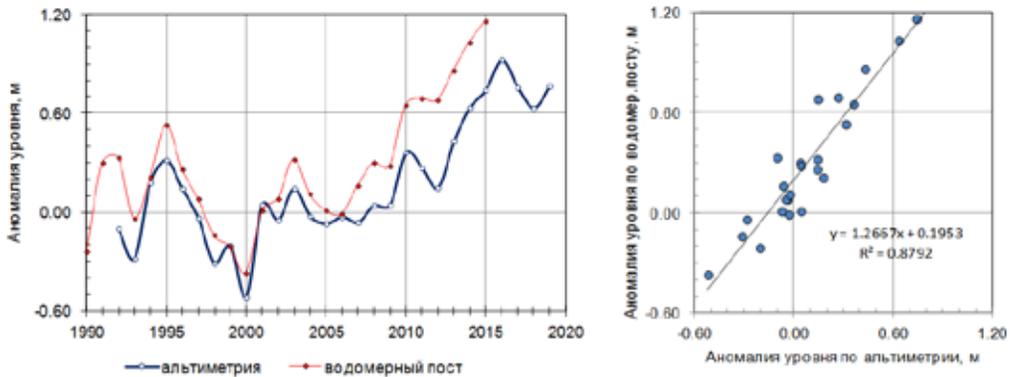


Рис. 1. Средние годовые аномалии уровня оз. Ханка по данным спутниковой альтиметрии и по данным гидрологических измерений, опубликованным Н.Н. Бортиным и А.М. Горчаковым (2016), и график линейной связи между данными разного происхождения

Данные измерений испарения с поверхности озера и стока рек, впадающих и вытекающих из него, в работе не использовались.

Для оценки влияния изменений отдельных компонент водного режима озера на межгодовые изменения его уровня H применена балансовая модель вида:

$$\frac{dH}{dt} = \frac{1}{S} \cdot (V_p - V_d - V_e) \quad (1)$$

где S – площадь водного зеркала, а V_p , V_d , V_e – объёмы воды, поступающие и изымаемые из озера за единицу времени (год) в результате осадков на всей площади водосбора, стока и испарения с поверхности озера, соответственно. Предварительно установлен вид уравнения и сделан вывод, что благодаря большой площади озера можно пренебречь его нелинейностью, обусловленной изменением площади зеркала при изменениях уровня, и считать связь уровня с водным балансом линейной, т.к. ошибки неучёта нелинейности не превышают 1% при уклоне дна $>1^\circ$. Поскольку испарение является наименее существенной компонентой водного баланса, которая в его отрицательной части в норме не превышает 3%, его межгодовые изменения не учитывались, т.е. V_e принят константой. При постоянном испарении объём, поступающий в озеро в результате осадков, пропорционален количеству осадков P , т.е. $V_p = aP + p$, где a , p – эмпирические коэффициенты. Сток из озера по р. Сунгача, следуя оценкам, приведённым в работе Н.Н. Бортина, А.М. Горчакова (2016), имеет экспоненциальную зависимость от уровня озера, что по-видимому обусловлено нелинейным увеличением сечения русла реки с ростом уровня, т.е. $V_d = b e^{cH}$ (рис. 2).

Задача по оценке влияния отдельных компонент сводится к обратному решению уравнения (1) относительно V_p и V_d путём решения систем уравнений водного баланса вида:

$$S \cdot (H_{i+1} - H_i) = a \cdot P_i + (p - V_e) - b \cdot e^{c \cdot H_i} \quad (2)$$

для разных i . Поскольку в уравнении (2) – четыре неизвестных (a , b , c и сумма $p - V_e$), для решения системы достаточно иметь данные об уровне, его изменении и осадках за 4 года.

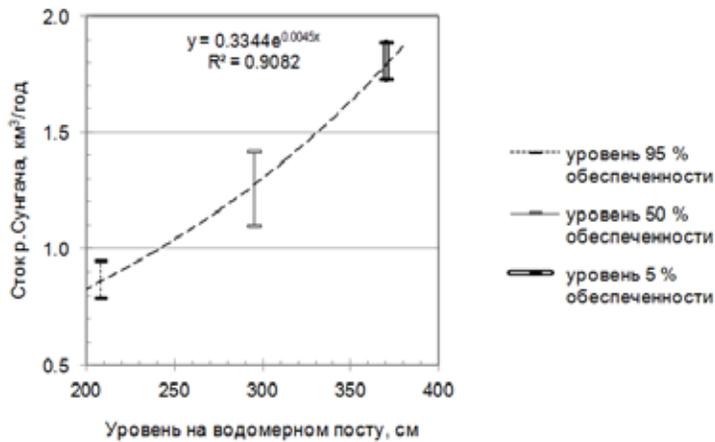


Рис. 2. Оценки годового стока р. Сунгача при характерных значениях уровня по обобщённым данным инструментальных наблюдений (Боргин, Горчаков, 2016)

Результаты моделирования

Связь межгодовых изменений уровня озера с изменениями количества осадков вполне очевидна, но она обеспечивает лишь 43 % дисперсии значений уровня (наивысший коэффициент детерминации $R^2 = 0.431$ получен для связи изменений уровня с осадками в летне-осенний сезон), что указывает на то, что эта компонента водного баланса является хотя и основной, но недостаточной для понимания и прогнозирования изменений уровня (рис. 3).

Для оценки вклада обеих основных компонент водного баланса системы уравнений (2) решены для нескольких 4-летних периодов. Полученные значения коэффициентов a , b , c и $(p - V_e)$ оказались неустойчивыми (рис. 4). Точнее, они довольно стабильны до 2010–2011 гг., после чего водный баланс озера был нарушен. По этой причине решения системы уравнений (2) для четырёхлетия 2009–2012 гг. оказались нереалистичными, а после 2010–2011 гг. величины коэффициентов a , b и c резко уменьшились, а $(p - V_e)$ наоборот выросли и сменили знак. Этот член отражает влияние на уровень испарения и некоего притока, относящегося к осадками, но не связанного напрямую с их количеством. В 2000-е гг. сумма $(p - V_e)$ была отрицательной, что соответствует вкладу в водный баланс испарения, а упомяну-

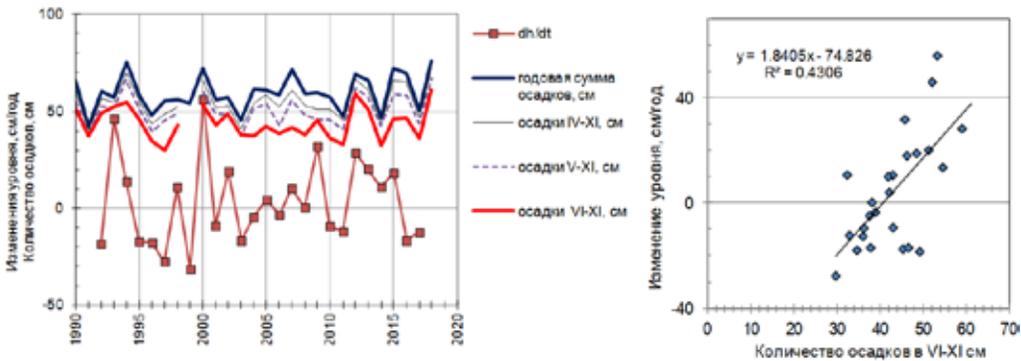


Рис. 3. Межгодовые изменения уровня оз. Ханка и осадков на ГМС Астраханка за разные периоды года и график линейной связи между изменениями уровня и осадками за июнь–ноябрь

тый приток по-видимому был несущественным. Но после 2010–2011 вклад этого притока возрастал и с 2015 г. превышает вклад испарения, поэтому сумма $(p-V_e)$ стала положительной.

Используя осреднённые по годам значения эмпирических коэффициентов уравнения (2), рассчитаны основные компоненты водного баланса оз. Ханка. Как оказалось, до 2010–2011 гг. приток воды в озеро, за вычетом испарения, довольно строго зависел от количества осадков в летне-осенний сезон ($R^2=0,831$), но в текущем десятилетии эта связь нарушена: в 2012–2013 гг. в условиях большого количества осадков приток оказался меньше, чем можно было бы ожидать при таких осадках, а в 2014 и 2017 гг., когда осадков было мало – приток оказался больше ожидаемого (рис. 5). В 2018 г. с рекордно большим количеством осадков приток примерно соответствовал связи, характерной для 2000-х гг., и соответственно был рекордно большим, превысив $3 \text{ км}^3/\text{год}$.

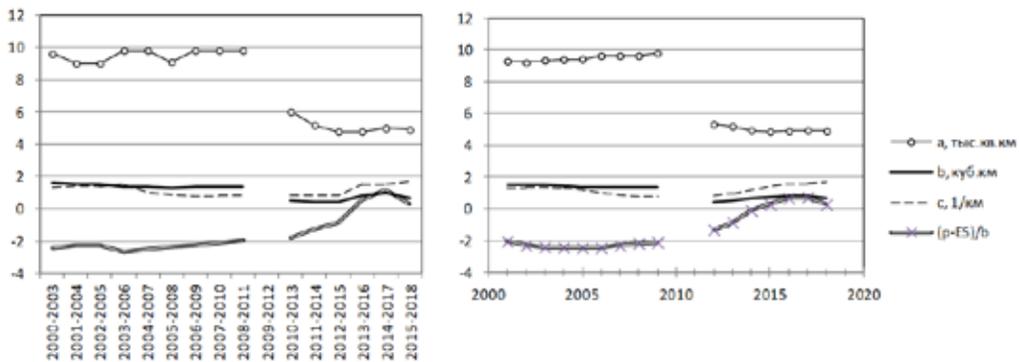


Рис. 4. Оценки эмпирических коэффициентов уравнения (2) по 4-летним периодам и их осреднённые по годам значения. Нереалистичные значения для лет смены режима не приведены

Сток воды из озера находился в тесной связи с его уровнем как до 2010–2011 гг., так и после этого, но после нарушения режима в годы с уровнем, близким к среднемуголетнему, сток был меньше, чем при таком же уровне до нарушения режима (рис. 5).

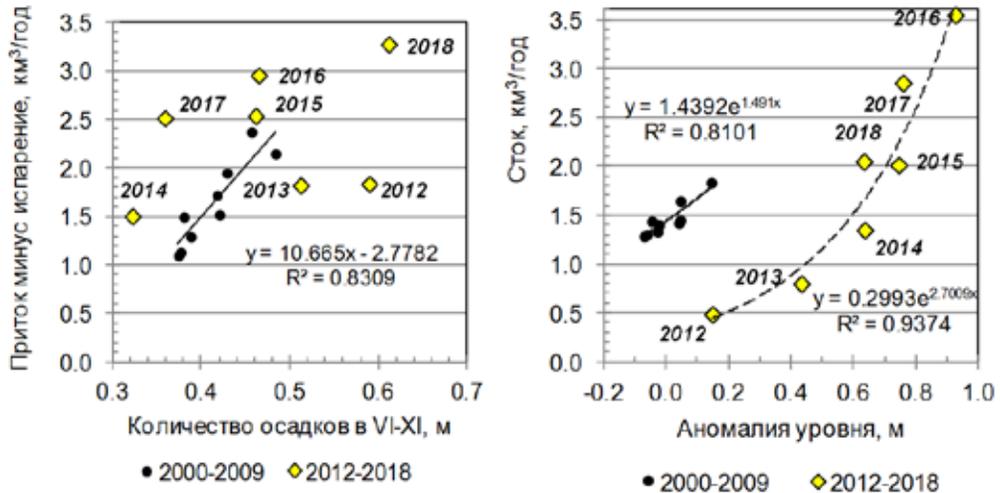


Рис. 5. Оценки годовых притоков и стоков воды для оз. Ханка по уравнению (2)

Обсуждение результатов

Таким образом, с помощью балансового моделирования выявлено нарушение естественного водного режима оз. Ханка, произошедшее в 2010–2011 гг., причём нарушен был режим притока воды, и после этого события поступление воды в озеро уже не связано с режимом осадков. Это подтверждает предположение Н.Н. Бортина, А.М. Горчакова (2016) о зарегулировании притока воды в озеро со стороны КНР со сбросом в него части стока р. Мулинхэ. Помимо самого факта нарушения природной закономерности, связывающей водный баланс озера с количеством осадков, с помощью моделирования определён характер влияния зарегулирования на водный баланс: эти мероприятия уменьшили межгодовые вариации притока воды в озеро, обусловленные неравномерным выпадением осадков, но при этом среднегодовая величина притока возросла. Признаков зарегулированности стока из озера не выявлено.

Балансовая модель позволяет оценить вклад предполагаемых мероприятий по регулированию притока воды в озеро в динамику его уровня. Для этого с использованием средних за 2000–2009 гг. эмпирических коэффициентов уравнения (2) рассчитаны возможные уровни воды в озере, если бы приток воды в него не был бы зарегулирован и естественный водный режим, типичный для 2000-х гг., сохранялся бы до сих пор (рис. 6). Согласно расчётам, в 2014–2017 гг. озеро полу-

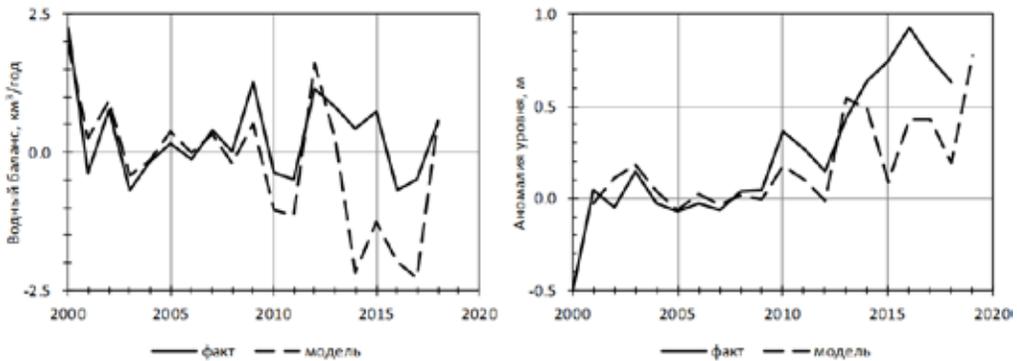


Рис. 6. Межгодовые изменения водного баланса оз. Ханка и аномалий его уровня по данным наблюдений и по результатам балансового моделирования с использованием средних за 2000–2009 гг. эмпирических коэффициентов уравнения (2)

чало дополнительно, сверх естественно-обусловленного притока (который тоже был аномально большим в дождливые годы) более $1 \text{ км}^3/\text{год}$, в результате чего в 2015–2016 гг. уровень повысился примерно на 0,5 м сверх того повышения, которое должно было произойти по естественным причинам.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ОЗЕРА ХАНКА
THE CURRENT STATE OF THE KHANKA LAKE WESTERN COAST

В.Б. Базарова, Р.А. Макаревич, Е.П. Кудрявцева

V.B. Bazarova, R.A. Makarevich, E.P. Kudryavtseva

На западе Приханкайская впадина прикрыта среднегорьями Восточно-Маньчжурской горной страны, но через них, вглубь Маньчжурии, идут несколько низкогорных проходов, совпадающих с широкими долинами рек Раздольная, Турга, Большие Усачи и Мулинхэ. Все эти проходы через полосу размытых низкогорий (максимальные высоты 400–500 м), соединяющих соседние межгорные впадины, расположенные по рекам Верхнее Мулинхэ, Муданьцзян и Сунгари, связывают Суйфуно-Ханкайско-Уссурийскую впадину с огромной степной Центрально-Маньчжурской равниной и далее, через нее, с полупустынными и пустынными равнинами Монголии и Северного Китая. Эта особенность имеет существенное значение для понимания своеобразия климатического режима, флористического и экологического характера растительного покрова и других элементов ее ландшафта. Последний имеет мало общего с лесными ландшафтами Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурской горной страны, показывая значительные сходство с малолесными и безлесными ландшафтами Внутренней Маньчжурии, Зейско-Буринской равнины, Южного Забайкалья и даже Восточной Монголии (Колесников, 1955).

В геоморфологическом отношении западный берег оз. Ханка между населенными пунктами Турий Рог и Новокачалинск представляет собой абразионный уступ с узкой прерывистой полосой песчано-галечного пляжа. Озеро здесь абрадирует поверхность выравнивания, выработанную в третичных породах, выполняющих Турьерогскую депрессию, и в прилегающих гранитных массивах. Высота абразионного уступа не превышает 30–70 м. Геологические слои залегают горизонтально лишь на участке от с. Турий Рог до устья пади Вторая Речка. Южнее они полого наклонены в направлении озера, что обуславливает развитие оползневых процессов (Павлюткин, 2005).

Интерес к оценке современного состояния побережья озера обусловлен поднятием его уровня в последние годы (2015–2017). Событие это отнюдь не является уникальным. Как показывают палеогеографические исследования, уровень озера в течение голоцена не был постоянным: он понижался ~1990±140 л.н., 1960±175 кал. л.н., низкий уровень озера имело 2–1 тыс. л.н., а подъем уровня отмечался ~720; 560±110 л.н., 570±90 кал. л.н. (Короткий и др., 2007). В VIII–XII веках озеро Ханка имело высокий уровень, признаки обводнения долин и следы палеонаводнений четко запечатлены в разрезах пойменных отложений рек (Базарова и др., 2018). Понижение уровня оз. Ханка на ~0,6–0,9 м, вероятно, за счет снижения увлажнения, было отмечено в 1866–1893 гг. (Буссе, 1898).

В настоящей работе приводится описание современного состояния западного побережья оз. Ханка между населенными пунктами Турий Рог и Камень-Рыболов.

В западной части Уссури-Ханкайской равнины расположена высокая аккумулятивная равнина, она протягивается от с. Турий Рог на юг до устья р. Большие Усачи. В августе 2017 г. было исследовано обнажение в 3 км южнее с. Турий Рог, между падами Вторая Речка и Безымянная, которое подмывается оз. Ханка (рис. 1). Абсолютная высота обнажения составляет 70 м, высота над урезом воды 2–2,5 м, ширина песчаного пляжа варьирует в пределах 5–10 м. Поверхность обнажения нарушена. Несколько десятков лет назад эта площадь была подготовлена под строительство. Предполагается, что перед освоением поверхность выравнивалась, бугры и прочие неровности были срезаны и сдвинуты в сторону обрывистого берега озера, при этом был срезан и гумусовый горизонт. На отрезке обрывистого берега протяженностью в несколько десятков метров четко выделяется этот надвинутый неоднородный по мощности (от 30 до 60 см) слой.



Рис. 1. Береговое обнажение в 3 км южнее с. Турий Рог, между падами Вторая Речка и Безымянная

На поверхности аккумулятивной равнины в прибрежной части развито растительное сообщество, характеризующее бурьянистую стадию зарастания заброшенных огородов. Проективное покрытие (пп) достигает 100%. Высота до 1,5 м. Местами дает аспект *Chenopodium album* L. (пп до 50%), обычны *Calamagrostis langsdorfii* (Link) Trin. (пп 40%), *C. epigeios* (L.) Roth (пп 5%), *Artemisia rubripes* Nakai (пп 30%), *Urtica angustifolia* Fisch. ex Hornem (пп 5%), единично *Arctium*

lappa L. Другие виды встречаются с малым обилием. Все это перевито *Humulopsis scandens* (Lour.) Grudz., *Fallopia convovulus* (L.) A. Love, *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray. Изредка отмечается подрост *Acer ginnala* Maxim. высотой до 3,5 м. Повышение уровня воды в озере не оказывает никакого влияния на развитие этого сообщества. Со временем, при отсутствии действия антропогенного фактора, здесь может восстановиться дубовый разнотравный лес, развитый в ближайшем окружении описываемого участка (рис. 2).



Рис. 2. Поверхность высокой аккумулятивной равнины

На этом обнажении была выполнена зачистка вертикальной стенки глубиной до 160 см (рис. 3).

Стенка представлена очень плотно сложенными разнородными осадками, разбитыми вертикальными морозобойными трещинами, наибольшая густота которых наблюдается в центральной части толщи. Плотность отложений, а также их влажность возрастают с глубиной. Толща до глубины 92 см пронизана немногочисленными корнями травянистой растительности, максимальное их количество сосредоточено в среднем слое. На стенке отчетливо выделяются три толщи отложений, разделенных более тонкими осветленными прослоями.

Первая толща отложений – от 0 до 35 (40) см с первой осветленной прослойкой на глубине 35 (40)–50 см; вторая толща – от 50 до 92 (96) см со второй ос-

ветленной прослойкой в интервале 92 (96)–105 см и третья толща – от 105 до 160 см и ниже.

0–3 (5) см. Слои охвачены начальными стадиями гумификации. Темно-серый, почти черный, бесструктурный, мелкозем перемешан с трухой из растительных остатков, средний или тяжелый суглинок пронизан корнями трав, присутствует редкий мелкий хрящ. Переход неровный из-за затеков гумуса, иногда до глубины 10 см.

3 (5)–35 (40) см. Слои пертурбированные из-за проведенных ранее технических работ. Сухой, серовато-палевый с редкими стяжениями светло-охристого цвета, сильно уплотненный, бесструктурный, тяжелосуглинистый, редко включены крупные обломки окатанных и оглаженных мелкокристаллических пород серого цвета. Более многочислен мелкий (0,5–2 см) хрящ из светлоцветных пород, распределенный неоднородно со скоплениями на глубине 18–35 см. Об антропогенном происхождении данного слоя свидетельствует и включение единичного обломка кирпича. Переход заметный по цвету, граница неровная.

35 (40)–50 см. Сухой, неоднородный по цвету: на общем серовато-палевом фоне примерно 10–20 % поверхности занимают рыхлые охристые пятна окислов железа, тяжелый суглинок или легкая глина, бесструктурный с признаками вертикальной слоистости: откалываются вертикальные острогранные, уплощенные отдельности произвольной формы толщиной до 1 см, легче разламывающиеся по вертикали. На поверхностях разлома до 50 % площади прокрашено охристыми окислами железа. Хрящ практически отсутствует, но встречаются конкреции песчаной размерности. Слои сильно уплотнены, в них берут начало вертикальные трещины. Корни редкие нитевидные. Много включений мумифицированных дождевых червей, которые лежат в воздушных капсулах с глянцевыми внутренними стенками. Размер воздушной капсулы соответствует, видимо, размеру свернувшегося червя. Такие же мумии единично встречаются и в нижней части вышележащего слоя. Переход заметный по цвету, граница почти ровная. Вероятно, этот слой является нижним фрагментом природного элювиального горизонта, а вся верхняя толща представляет собой антропогенно трансформированное образование.

50–77 (80) см. Суховатый, однородно серовато-светло-бурый, стяжения железа отсутствуют. Многочисленны узкие (<1 мм) вертикальные трещины, более широкие, порядка 0,5–1,5 см, единичны. Вертикальные трещины часто соединены горизонтальными трещинами, которые намного более узкие, чем вертикальные и соответствуют долям мм. В целом в сложении прослеживается вертикаль-



Рис. 3. Зачищенный разрез (август 2017 г.)

ная столбчатость. Слой полностью оструктурен в очень прочные острогранные педы с преобладающим размером 1–5 мм, некоторые имеют на гранях белесоватую присыпку из кремнезема. Это основной корнеобитаемый слой с максимумом живых травянистых корней диаметром от 1,5 мм и тоньше. Включения щебня или гальки отсутствуют. Сложен плотно. Переход заметный по цвету, граница слабо неровная.

77 (80)–92 (96) см. Свежеватый, коричневато-светло-бурый, глинистый. Те же вертикальные трещины, что и выше, горизонтальных трещин нет. Оструктурен полностью в очень прочные кубовидные острогранные агрегаты до 1 см, на некоторых гранях присутствуют мелкие рыжие пятна окислов железа. В структуре слабо прослеживается вертикальная столбчатость, и эти откалываемые крупные столбцы распадаются на кубовидные средне-мелкие педы. Агрегаты также очень прочные, невозможно растереть и размочить. При высыхании на некоторых гранях проявляется фрагментарная кремнеземистая присыпка. Изредка встречаются рыхловатые конкреции диаметром 1 мм и мельче. Сложен очень плотно. Количество корней близко к вышележащему, но практически нет крупных.

92 (96)–105 см. Свежеватый, коричневато-бурый с большим количеством стяжений окислов железа. При подсыхании приобретает белесоватость вследствие того, что поверхность всех структурных агрегатов покрыта мозаичными и сплошными кремнеземистыми присыпками. Глинистый, оструктурен полностью в аналогичную вышележащему слою структуру. Преобладают агрегаты порядка 1 см. Вертикальных трещин меньше, они более узкие, горизонтальные трещины отсутствуют. Корней значительно меньше, волосовидные. Сложен плотнее, сцементирован. Конкреции не идентифицируются. Переход постепенный, граница почти ровная.

105–130 см. Свежеватый, темно-коричневый с темно-серым блеском на свежих сломках. На срезанной стенке многочисленные примазки от стяжений окислов железа, на гранях структурных отдельностей пятен от стяжений нет, следовательно, они сконцентрированы внутри педов. Глинистый, сложен плотнее вышележащего. Оструктурен полностью в очень прочные и острогранные призмовидные педы с кремнеземистой присыпкой на гранях (при высыхании). Вертикальные трещины более узкие и в меньшем количестве. Переход постепенный по структуре, граница почти ровная.

130–160 см. Свежий, у нижней кромки влажноватый. Сплошная вязкая бесструктурная очень плотно сложенная пестроцветная глина, на общем темно-коричневом фоне охристо-ржавые примазки стяжений окислов железа (до 10–15 % от площади).

Сходная по морфологическим характеристикам глина обнаружена и в основании почвенных разрезов на высокой денудационно-аккумулятивной равнине озера (Макаревич, 2016).

Тогда же, в августе 2017 г., на обрывистом берегу оз. Ханка было изучено обнажение, расположенное в 4 км севернее мыса Белоглиняный. Абсолютная

высота обнажения составляет 77 м, высота над урезом воды около 3,5 м (рис. 4).

На поверхности обрывистого берега развит дубовый леспедецевый лес. У кромки обрыва узкой полосой растут деревья *Pinus funebris* Ком., разновозрастные и разновысотные, диаметр их изменяется от 5 до 50 см. На открытых участках на южном склоне отмечается благонадежное разновозрастное и разновысотное возобновление сосны погребальной. Мощность рыхлых отложений в месте произрастания сосен увеличивается до 10 м. Намокание рыхлых отложений приводит к их оползанию вместе с растущими на них деревьями и поступлению в озеро значительных объемов рыхлых отложений (рис. 5). В данном случае повышение уровня воды в озере создает дополнительные риски для сохранения популяции *Pinus funebris*, вида внесенного в Красные книги Приморского края (2008) и Российской Федерации (2008), но это влияние несопоставимо с деятельностью человека, уничтожившего основные массивы сосновых лесов на ханкайском побережье.

Южнее, примерно в 8–10 м от обнажения, находится крутосклонный врез впадающего в озеро временного водотока. Во время обследования русло было сухое, на дне лежит крупная и средняя хорошо окатанная галька, под ней – мелко- и среднезернистый песок. Зачистка обнажения выполнена в месте перегиба склона с выположенной поверхностью, на которой лежит разноразмерная галька. Абразионный берег активно размывается волновыми и прибойными процессами, а также при подъеме уровня озера. Подножие вертикальной стенки засыпано обвалами сверху. Средняя и верхняя части стенки обнажены, хорошо просматривается ее строение.

По морфологическим признакам в обнажении выделяются следующие слои:

По морфологическим признакам в обнажении выделяются следующие слои:

I – верхняя толща отложений, «наплыв», нанос – 0–44 (45) см;

II – погребенная почва с хорошо сохранившимся профилем – 44 (45)–84 (90) см;



Рис. 4. Береговое обнажение в 4-х км севернее мыса Белоглиняный (август 2017 г.)



Рис. 5. Сосна могильная на поверхности обнажения

III – чередование различных по вещественному составу минеральных слоев, связанных как с гидрологическим режимом озера, так и впадающего в него водотока – 84 (90)–123 (126) см;

IV – «подошвенный» слой – глубже 123 (126) см.

Ниже приводится детальное описание зачищенного разреза.

0–44 (45) см. Минеральная толща желтовато-палевая, свежий срез имеет буроватый оттенок. Цвет слегка неоднородный от тонких охристых примазок окислов железа, мелких (порядка нескольких мм) темно-коричневых и черных пятен разложившихся остатков корней и белесых пятен (порядка 1 см и менее) выветрелых минералов. Единичны включения сильно выветрелых (крошащихся в руках) неокатанных обломков породы (вероятно, разбитая галька) белесовато-серого цвета. Редкие живые корни диаметром 0,1–0,3 см. Толща бесструктурная, пылеватая, средне- или тяжелосуглинистая. Уплотнена неравномерно: верхняя часть (до 14 см) имеет многочисленные хаотические горизонтальные трещины, ниже монолитная. Слой 29–32 см имеет признаки горизонтальной слоистости. На глубине 30–32 см наблюдается сгущение горизонтально ориентированных мелких стяжений окислов железа. В слое 38–44 см признаки горизонтальной слоистости отсутствуют. Цвет имеет сероватый оттенок. Переход заметный по цвету, граница почти ровная.

А погр. 44 (45)–51 (52) см. Свежеватый, тусклый буровато-серый (при высушении цвет светло-серый, белесоватый), пылеватый средний суглинок. Структура нечеткая: ножом откалываются вертикальные уплощенные комки, которые легко распадаются по горизонтальным микротрещинам на острогранные уплощенные разнопорядковые комочки почти до пыли. Плотность сложения аналогична средней части вышележащей толщи. Корни редки, но количество их больше, преобладают нитевидные (1 мм и менее). Редкие включения отмытых блестящих на стенке мелких (порядка 1 мм) белых зерен минералов и редкие рыхлые стяжения окислов железа. Переход постепенный, граница почти ровная.

АВ погр. 51 (52)–56 (60, карманы до 67 см). Немного суше вышележащего, окрашен неоднородно: верхняя часть горизонта буровато-серая, нижняя серовато-бурая, серая прокраска гумусом ослабевает с глубиной. Средний суглинок, опесчанен сильнее, чем вышележащий горизонт. Оструктурен хуже, чем вышележащий: мелкие пластинообразные бесформенные острогранные комки распадаются до микроагрегатов. Меньше отмытых блестящих минеральных зерен. Корни единичны. Переход постепенный по цвету, граница неровная (карманами) от потечного гумуса.

В 56 (60)–84 (90) см. Практически однородная по цвету желтовато-бурая уплотненная, как выше, толща. Пылеватый средний суглинок без явной опесчаненности. Структура также выражена нечетко: еще более мелкие (0,3–0,5 см) и более плоские по сравнению с вышележащим горизонтом произвольной формы острогранные комочки распадаются до микропедов. Редкие включения светло-

цветных выветрелых до трухи кусочков породы или минералов. Корни единичны. Переход постепенный по появлению скелета, граница неровная.

84 (90)–98 (100) см. Неравномерная по мощности прослойка из сильно выветрелого, режущегося лопатой и ножом, разноразмерного щебня и реже мелкой гальки преимущественно из светлоцветных пород. Поверхность покрыта сплошными железистыми кутанами. Некоторые отдельности насквозь прокрашены окислами железа. Мелкозема примерно 10 %, он вымыт из верхнего слоя и плотно заполняет промежутки между щебнем. Переход резкий по исчезновению щебнистого слоя, граница неровная.

98 (100)–104 (107) см. Свежеватый, однородный белесовато-бурый. Редкие рыхлые стяжения окислов железа и белесые примазки от выветрелых минералов. У верхней границы языковатая прокраска окислами железа. Слабо пылеватый легкий суглинок, нелипкий, уплотненный. Мелкие вертикальные острогранные пластинки распадаются до микропедов. Редко включены неокатанные цветные минералы размером 1–3 мм. У левой стороны зачистки выражена тонкая горизонтальная слоистость из чередующихся белесовато-бурых (1–2 мм) и ржаво-бурых (менее 1 мм) слоев. Переход резкий, граница неровная.

104 (107)–114 (118) см. Слой гальки с дресвой из отмытого пестроцветного гравия. Содержание мелкозема (частиц <1 мм) 3–5 %. Общий фон рыжеватый или ярко бурый. Стенка легко разрушается, скелетная часть не скреплена мелкоземом. Живые нитевидные корни очень редки. Переход резкий по исчезновению слоя щебня, граница неровная.

114 (118)–120 (124) см. Слой свежего, палево-бурого, легко сыпучего, отмытого, сортированного, с горизонтальной слоистостью песка и небольшой долей более тонких гранулометрических фракций. Переход заметный, граница неровная.

120 (124)–123 (126) см. Свежеватый, тускло-бурый, уплотненный, оструктуренный пылеватый легкий суглинок, как слой 98 (100)–104 (107) см. Содержит тонкие отмершие волосовидные корни. Обогащен выветрелым светлоцветным гравием, легко колющимся лопатой, поверхность которого покрыта мелкоземистыми кутанами. С поверхности и на глубину 1–1,5 мм гравий прокрашен окислами железа, по трещинам – глубже.

Ниже расположен сплошной дресвяно-галечниковый слой, который под зачисткой засыпан материалом сверху. Правее зачистки есть карман, где этот слой открыт, и он занимает стенку до уровня современного пляжа и, возможно, уходит под него. Размерность галек не превышает 10 см, в среднем порядка 5–6 см по длинной оси, окатанность высокая. Это указывает на длительный перенос обломков в аллювиальном потоке (Павлюткин, 2005). Предполагается, что эти галечники имеют плиоценовый возраст, они сформировались в дельтах горных рек, стекавших в палео-Ханку (Короткий, Караулова, 1970). Слои отложений выше данного, вероятно, связаны и определяются миграцией береговой линии и уровня воды. На разных этапах генезиса озера в этой части берега откладывались осад-



Рис. 6. Горизонт желто-охристой глины, выклинивающийся на пляжевую зону

ки, различные как по гранулометрическому, так и минеральному составу. Большинство обломков породы слабо окатанные, что предполагает непродолжительное время работы воды.

В подошве обнажения лежит очень мягкая пластичная глина желто-охристого цвета. Она выклинивается из-под обнажения на пляж (рис. 6). На побережье у с. Камень-Рыболов горизонт очень мягкой и пластичной глины белесоватого цвета лежит под красноцветными отложениями миоценового возраста и тоже выклинивается на пляж. Предполагается, что в миоцене преобладали условия аллювиальных равнин, временами сменявшиеся обстановками мелководных проточных озер (Павлюткин, 2005).

От устья р. Комиссаровка (с. Троицкое) до устья р. Большие Усачи (с. Новокачалинск) протянулся прибрежный вал средневекового возраста, сложенный горизонтами почвы, средне- и мелкозернистого песка (Базарова и др., 2008). Вблизи села Троицкое вал отделяет пляжевую зону от заболоченной поймы р. Комиссаровка (рис. 7). На восточном побережье озера прослеживаются субпараллельные прибрежные валы, предположительно позднеголоценового возраста, они хорошо видны на спутниковых снимках Google (рис. 8).

В августе 2016 г. были описаны отложения прибрежного вала в приустьевой зоне р. Большие Усачи (абсолютная высота 67 м). В 2016 г. на оз. Ханка уровень воды был высоким, пляжевая зона была затоплена, вал частично размыт, возник «свежий» обрыв высотой около 1,5 м над урезом воды (рис. 9). На песчаных пляжах озера растительный покров крайне разрежен, проективное покрытие не превышает 1–2% и здесь, за исключением *Oxytropis chankaensis* Jurtz., нет ярко выраженных псаммофитов. С незначительным обилием представлены виды, присутствие которых связано со случайным заносом со склонов и террас. Особенностью современного пляжного комплекса озера является повсеместное присутствие на песках адвентивных видов: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium albinum* L., *Bidens frondosa* L., *Hibiscus trionum* L., *Abutilon theophrasti* Medik., *Echinocystis lobata*, *Oenothera biennis* L. Подтопление приводит к их уничтожению на пляжах, но этот процесс не является катастрофическим для состояния

В августе 2016 г. были описаны отложения прибрежного вала в приустьевой зоне р. Большие Усачи (абсолютная высота 67 м). В 2016 г. на оз. Ханка уровень воды был высоким, пляжевая зона была затоплена, вал частично размыт, возник «свежий» обрыв высотой около 1,5 м над урезом воды (рис. 9). На песчаных пляжах озера растительный покров крайне разрежен, проективное покрытие не превышает 1–2% и здесь, за исключением *Oxytropis chankaensis* Jurtz., нет ярко выраженных псаммофитов. С незначительным обилием представлены виды, присутствие которых связано со случайным заносом со склонов и террас. Особенностью современного пляжного комплекса озера является повсеместное присутствие на песках адвентивных видов: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium albinum* L., *Bidens frondosa* L., *Hibiscus trionum* L., *Abutilon theophrasti* Medik., *Echinocystis lobata*, *Oenothera biennis* L. Подтопление приводит к их уничтожению на пляжах, но этот процесс не является катастрофическим для состояния



Рис. 7. Береговой аккумулятивный вал в устьевой зоне р. Комиссаровка

превышает 1–2% и здесь, за исключением *Oxytropis chankaensis* Jurtz., нет ярко выраженных псаммофитов. С незначительным обилием представлены виды, присутствие которых связано со случайным заносом со склонов и террас. Особенностью современного пляжного комплекса озера является повсеместное присутствие на песках адвентивных видов: *Ambrosia artemisiifolia* L., *Xanthium albinum* L., *Bidens frondosa* L., *Hibiscus trionum* L., *Abutilon theophrasti* Medik., *Echinocystis lobata*, *Oenothera biennis* L. Подтопление приводит к их уничтожению на пляжах, но этот процесс не является катастрофическим для состояния



Рис. 8. Система субпараллельных валов на восточном побережье оз. Ханка

популяций этих видов в пределах Ханкайского района. Относительно *Oxytropis chankaensis*, эндемичного, охраняемого вида (Красная книга Приморского края, 2008) нужно отметить активное расселение по дорогам в пределах Ханкайского района (Павлова, 1989). У единично растущих на пляже ив (*Salix gracylistila* Miq.,



Рис. 9. Отложения прибрежного вала в приустьевой зоне р. Большие Усачи

S. pirotii Miq., *S. rorida* Lasch., *S. schwerinii* E. Wolf (видовой состав ив изменяется на разных участках песчаных пляжей без четко видимых закономерностей) подмывается корневая система и они выносятся на акваторию озера на расстояние до 100 м от берега. Разрез расположен вблизи грунтовой дороги, поэтому растительность участка характеризуется набором резко контрастных видов. Отмечаются отдельные кусты, *Rhamnus davurica* Pall., *Malus baccata* (L.) Borkh.; в травяном низко сомкнутом покрове (50 %) со следами вытаптывания: *Oxytropis chankaensis*, *Papaver amurense* (N. Busch) Tolm. (отмечается вторичное цветение), *Potentilla chinensis* Sér., *Erigeron mandshuricus* (Kom.) Worosch., *Orostachys malacophylla* (Pall.) Fisch., *Aizopsis aizoon* (L.) Grulich, *Sophora flavescens* Soland., обычны адвентивные виды – *Ambrosia artemisiifolia*, *Xanthium albinum*, *Oenothera biennis*, *Trifolium arvense* L.

Ниже приводится детальное описание отложений, вскрытых при зачистке обрыва.

Антропогенный слой 0–8 (10) см. Влажноватый, из плотно упакованных обломков пород, крупного щебня, разноразмерного песка и небольшого количества почвенного мелкозема (менее 10 %). Все минеральные составляющие отмыты. Мелкозем яркого желтовато-бурого цвета. Переход очень резкий.

A/AB 8 (10)–20 (22) см. Гумусированный слой, погребенный под антропогенным. Влажный, буровато-светло-коричневый, бесструктурный, плотно сложенный отмытый песок преимущественно менее 1 мм диаметром с небольшим участием (порядка 5–10 %) тонких пылевато-иловатых частиц. Редко включена окатанная галька размером до 1 см.

I [A] 20 (22)–40 (45) см. Сырой, буро-коричневого цвета, бесструктурный, уплотненный (слежавшийся) песчано-дресвянистый слой с единичными включениями более крупных (до 4 см) слабо оглаженных, покрытых тонкими пылевато-иловатыми кутанами, обломков горных пород. Эти обломки могли быть механически перемещены сверху. Песок и мелкая дресва (1–3 мм) преимущественно округлой формы (реже присутствуют более крупные – 5 мм уплощенные с окатанными гранями отдельности), отмыты, преобладают светлоцветные, меньше желтовато-розоватые. Количество почвенного мелкозема составляет около 10 %. Горизонт откалывается лопатой крупными вертикальными пластами. Переход заметный по цвету, граница неровная.

I [AB] 40 (45)–50 см. Сырой, коричневато-бурый, бесструктурный, сильно уплотненный, также откалывающийся вертикальными пластами песчано-дресвянистый слой. Преобладают округлой формы светлоцветные и буровато-розовые минеральные включения размером 1–2 мм. Аналогично, как в вышележащем горизонте, присутствует уплощенная окатанная дресва порядка 5–8 мм по длинной оси. Все минеральные включения отмыты. В горизонте заметны редкие округлые диаметром 10–20 мм пятна от темно-коричневого до черного цвета – это могут быть «обугленные» остатки корней. Переход резкий по цвету, граница почти ровная.

II [А] 50–60 см. Сырой, заметна слоистость (цветовая полосчатость) из-за чередования слоев с более и менее интенсивными коричневыми тонами. Увеличено количество почти черных округлых со слегка размытыми контурами пятен до 1 см диаметром по ходам отмерших корней. Все остальные признаки, как в вышележащей толще.

II [АВ] 60–87 (90) см. Сырой, тусклого желтовато-бурого цвета. По составу и содержанию минеральных и скелетных частиц аналогичен верхней толще. Аналогичные пятна по ходам отмерших корней размером 15–30 мм и одно крупное пятно порядка 80 мм диаметром. Переход резкий по цвету, граница слабо неровная.

III [А] 87 (90)–115 (120) см. Сырой, буровато-темно-коричневый, бесструктурный. Все остальные признаки (сложение, состав минеральных частиц, дресвы – как в вышележащей толще), одно крупное (около 100 мм) почти черное пятно от отмершего крупного древесного корня. Почвенный мелкозем составляет не более 5–10%. Переход резкий, граница слабо неровная.

III С 115 (120)– ... см. Сырой, отмытая дресва тускло-желтого цвета, содержание почвенного мелкозема менее 5%. С глубины более 120 см цвет светло-желтый. Значительно больше более крупной уплощенной дресвы до 10–15 мм по длинной оси, грани оглажены.

Во всем профиле отсутствуют признаки застойного водного режима.

Современное повышение уровня воды в озере Ханка активировало абразионные и оползневые процессы, которые наблюдаются сейчас на западном побережье. Подъем уровня воды в озере привел к созданию ряда проблем в сфере жизнеобеспечения прибрежных населенных пунктов. Для сохранения биоразнообразия как растительного покрова, так и популяций видов растений этот процесс не носит катастрофического характера.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ОЗЕРА ХАНКА
ПО УРОВНЮ СОДЕРЖАНИЯ БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
И ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ

ESTIMATION OF THE WATER QUALITY OF KHANKA LAKE
BY THE LEVEL OF NUTRIENTS
AND ORGANOCHLORINE PESTICIDES CONCENTRATION

С.И. Коженкова

S.I. Kozhenkova

Трансграничное озеро Ханка и прилегающие районы имеют большое международное значение как территория, сохраняющая уникальное биоразнообразие Северо-Восточной Азии, так как является ключевым участком Азиатского миграционного пути перелетных птиц. Российская часть бассейна оз. Ханка располагается в пределах Приморского края и входит в 10 муниципальных районов, шесть из которых (Михайловский, Пограничный, Спасский, Ханкайский, Хорольский, Черниговский) полностью или почти полностью расположены в пределах Ханкайского бассейна. Численность населения в 6 основных муниципальных районах в 2017 г. составила 205,1 тыс. человек (Егидарев и др., 2019). Большая часть населения проживает в сельской местности, статус города имеет лишь Спасск-Дальний. В целях сохранения видового разнообразия в соответствии с Рамсарской конвенцией бассейну оз. Ханка присвоен статус водно-болотных угодий международного значения. В 1990 г. создан государственный природный заповедник «Ханкайский», с 2005 г. ему присвоен статус биосферного. На китайской территории в северной части бассейна оз. Ханка в 1986 г. организован заповедник «Синькай-Ху», и в 2007 г. он утвержден как биосферный.

Заповедник «Ханкайский» включает 5 отдельных участков, расположенных на западном, южном и восточном берегах озера. Участок «Сосновый» (375 га) на западном берегу озера в пределах Ханкайского района включает приустьевой участок р. Комиссаровка и акваторию оз. Ханка вблизи острова Сосновый. В южной части береговой зоны озера находятся два участка: «Мельгуновский» (площадью 300 га в пределах Ханкайского района) охватывает приустьевую зону р. Мельгуновка; «Речной» (12 494 га в пределах Хорольского, Черниговского и Спасского районов) занимает пойму низовий р. Илистая и дельтовые озера Тростниковое и Гнилой Угол. С восточной стороны озера также расположено два участка: «Журавлиный» (9 479 га) и «Чертово Болото» (16 641 га). Участок «Журавлиный» в пределах Спасского района включает береговую зону Ханки вместе с оз. Лебединым, пойму нижнего течения р. Гнилая и правобережную зону р. Сунгача. «Чертово болото» располагается вдоль государственной границы РФ и КНР по р. Сунгача в пределах Кировского района. Основными охраняемыми объектами в заповеднике являются птицы и рыбы.

В период массового весеннего пролета на озере Ханка скапливается до 300 тысяч гусеобразных птиц (уток, гусей, лебедей). Здесь также находится крупнейшая на Дальнем Востоке колония цапель. Всего же на Приханкайской низменности зарегистрировано 377 видов птиц, из них 157 видов – гнездящиеся, 81 вид занесен в Красные книги различных уровней.

По видовому разнообразию обитающих в озере рыб – 87 видов – среди озер России у Ханки нет равных. В старину из-за обилия рыбы, охотничьих угодий и плодородной земли на приозерной равнине этот водоем называли «озером процветания и благоденствия». В XX столетии озеро играло роль основного поставщика пресноводной рыбы в Приморском крае.

На химический состав водных объектов влияют природные и антропогенные факторы (Никаноров, 2001). К наиболее важным природным факторам относятся рельеф, почвенный покров, состав подстилающих горных пород, климатически обусловленный гидрологический режим, жизнедеятельность населяющих водоем растений, животных и микроорганизмов. Среди антропогенных факторов большую значимость имеют объем и состав сточных вод от муниципальных, промышленных и сельскохозяйственных источников, выбросы в атмосферу, интенсивность использования земель (в т.ч. распаханность, объемы внесения удобрений и др.).

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, в основном – это соя, рис, кукуруза, гречиха и др. Аграрные приемы выращивания могут приводить к эрозии почв и загрязнению окружающей среды пестицидами, нитратами и др. Животноводческие предприятия при отсутствии мероприятий по утилизации отходов производства являются источниками поступления в поверхностные и подземные воды большого количества биогенных веществ, прежде всего аммиака, а также бактерий, в том числе патогенных.

Мониторинг экологического состояния оз. Ханка является важным направлением сохранения благоприятной среды обитания для водных и околоводных животных и растений в биосферном заповеднике. Наблюдения за гидрохимическим режимом озера проводятся с 1952 г. на озерной станции Астраханка в створе гидрологического поста. С 1976 г. здесь стали проводить регулярные наблюдения за загрязнением воды по программе Государственной системы наблюдений (ГСН). С 1988 г. аналогичные наблюдения ведутся на нескольких станциях, расположенных в западном, южном и восточном секторах озера, а также (с 1989 г.) на р. Сунгача, вытекающей из озера.

Обзор экологического состояния воды озера в период 1988–2005 гг. показал (Семькина, 2006), что к началу 1990-х годов на фоне естественного снижения уровня озера и возросшей антропогенной нагрузки произошло высокое загрязне-

ние воды хлорорганическими пестицидами – ДДТ и ГХЦГ. Последующее сокращение объемов применения пестицидов, уменьшение посевных площадей, занятых под рис, и природно-обусловленный подъем уровня привели к уменьшению концентрации этих веществ в воде. Но в 2005 г. вновь была отмечена тенденция к увеличению степени загрязнения среды, на основании чего сделан вывод о применении в бассейне оз. Ханка запрещенного к производству и применению в России ДДТ, а также пестицидов группы ГХЦГ в значительных количествах.

В последние годы (2010–2019) произошла активизация сельскохозяйственного использования территорий бассейна оз. Ханка. Увеличились площади обрабатываемых земель и, как следствие, объемы внесения удобрений и применения химических средств защиты растений от вредителей, сорняков и болезнетворных организмов. В Спасском, Ханкайском и Хорольском районах были построены новые животноводческие комплексы, где выращивают свиней, содержат коров. Увеличение поголовья скота привело к росту отходов животноводства, являющихся источником загрязнения почвы и воды органическими (мочевина, фенолы и др.) и неорганическими (соединения азота, фосфора, цинк и др.) веществами. В связи с этим становится актуальной оценка современного состояния среды озера.

Материалы и методы

Проанализированы архивные данные Приморского Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Приморского УГМС) о содержании в воде главных ионов, биогенных веществ (растворенных форм Si, N и P) и хлорорганических пестицидов (ХОП) на 4 станциях ГСН на акватории оз. Ханка и одной станции на р. Сунгача в 2012–2013 и 2016–2017 гг., включённых в «Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Выпуск 21. Бассейн реки Усури и рек Японского моря». Станции 1 и 2 располагались в западной части озера вблизи сел Троицкое и Астраханка, соответственно; станция 3 – в центральной части озера, станция 4 – у восточного берега напротив села Новосельское. Станция 5 находилась на р. Сунгача в 300 м от истока. Отбор проб воды на станциях 1 и 2 осуществлялся один раз в месяц в течение всего года. На станциях 3–5 – несколько раз в год, преимущественно в летне-осенние месяцы. Воду отбирали из подповерхностного слоя. Все анализы выполнены в Лаборатории мониторинга загрязнения поверхностных вод Приморского УГМС (Владивосток) по РД, разработанным ФГБУ «ГХИ» и утвержденным Росгидрометом, и в соответствии с методами, изложенными в «Руководстве...» (1977).

Статистическая обработка данных проведена с использованием средств программы Excel. Рассчитывали средние значения, стандартное отклонение и медиану концентраций веществ.

Результаты и обсуждение

Макросостав

Вода озера имеет гидрокарбонатно-кальциевый состав и pH 7.4 ± 0.4 . Воды являются пресными с минерализацией менее 200 мг/л. В подледный период средняя минерализация воды оз. Ханка и р. Сунгача составляет 170,1 мг/л, и в теплое время снижается до 119 мг/л. При этом вклад главных ионов не изменяется и составляет для гидрокарбонат-иона и кальция 57 % и 13 %, соответственно. Таким образом, в течение года тип минерализации не меняется, но в подледный период общее содержание главных ионов на 30 % больше, что связано с увеличением минерализации впадающих рек зимой и снижением роли атмосферных осадков в водном балансе озера.

Зимой расход рек региона уменьшается до 5–10% от среднееголетних значений. При этом происходит увеличение роли более минерализованных грунтовых и подземных вод в балансе питания, по сравнению с теплым сезоном (Шулькин и др., 2017). Весеннее половодье сопровождается уменьшением минерализации речных вод за счет пониженного количества растворенных солей в атмосферных осадках, и, соответственно, в талых водах.

Пространственная изменчивость минерализации и содержания макроионов в пределах озера не значима (рис. 1).

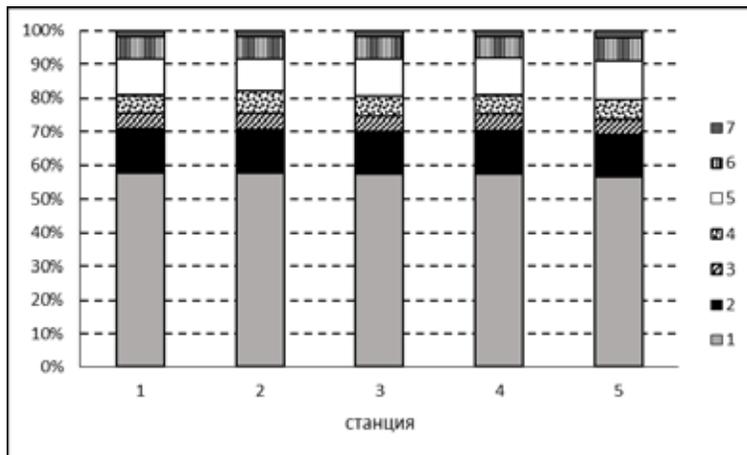


Рис. 1. Соотношение главных ионов в воде разных участков оз. Ханка (станции 1–4) и в р. Сунгача (ст. 5): 1- HCO_3^- , 2- Ca^{2+} , 3 – Mg^{2+} , 4 – Cl^- , 5 – SO_4^{2-} , 6 – Na^+ , 7 – K^+

Биогенные вещества

Содержание биогенных веществ (Si, N, P) в воде озера определяется сезонными особенностями поступления с речными водами и внутриводоемными процессами.

Концентрации растворенного Si (Si_p) в подледный период составляют $6,9 \pm 2,1$ мг/л, по сравнению с $4,5 \pm 1,1$ мг/л в теплый период. Известно, что содержание Si_p в речных водах контролируется природным поступлением с грунтовыми водами и выведением через потребление диатомовыми водорослями. По данным В.М. Шулькина, в 2002–2008 гг. в реках западного склона Сихотэ-Алиня концентрации Si_p составляли $5,1 \pm 1,6$ мг/л, в 2009–2011 гг. – $6,2 \pm 2,3$ мг/л (Шулькин, 2009, Шулькин, Никулина, 2015). Таким образом, значения растворенного кремния в реках бассейна оз. Ханка и в самом озере сопоставимы. Различий в пространственном распределении элемента по акватории озера нами не выявлено.

Содержание суммы растворенных форм азота (N_p) после 2005 г. изменялось в диапазоне от 0,01 до 2,44 мг/л, среднее и медиана за этот период составляли $0,30 \pm 0,40$ мг/л и 0,16 мг/л, соответственно. Соотношение аммонийной, нитратной и нитритной форм варьировало в широких пределах, но в основном преобладала аммонийная форма – 61 ± 34 %.

Сравнение среднегодовых концентраций суммы растворенных форм азота за период с 1985 по 2017 гг. показало, что наиболее высокое содержание наблюдалось в период 1986–1987 гг. (Семькина, 2006). В последующие годы в результате уменьшения антропогенного воздействия и роста водности озера произошло снижение концентраций N_p (рис. 2). Медианные значения N_p в 2012 и 2013 гг. составили 0,15 и 0,12 мг/л, что меньше чем в 2005 г. – 0,2 мг/л. Однако в 2016 и 2017 гг. уровни содержания N_p увеличились в 2 раза, их медианные значения достигли 0,32 и 0,30 мг/л (рис. 3), среднегодовые – $0,60 \pm 0,66$ и $0,41 \pm 0,31$ мг/л, соответственно.

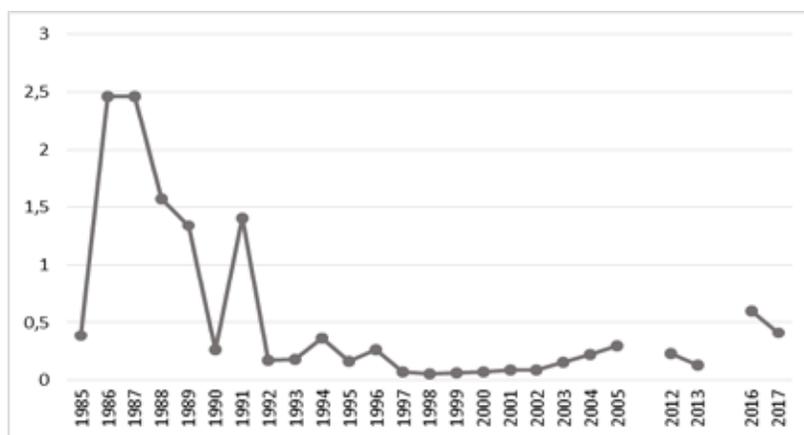


Рис. 2. Содержание суммы растворенных форм азота в период 1985–2017 гг. в воде озера Ханка, мг/л

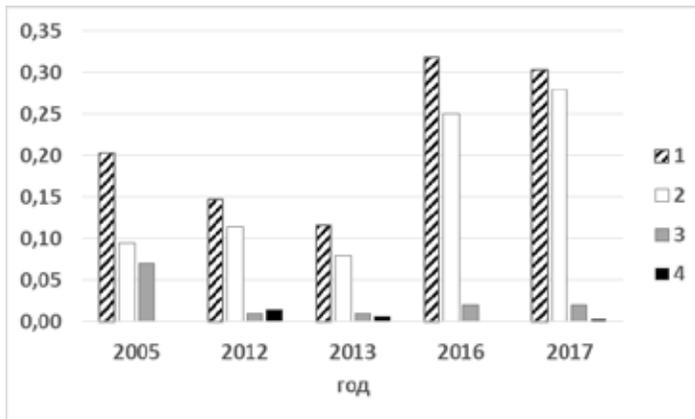


Рис. 3. Медиана концентраций суммы растворенных форм азота (1) и трех основных форм: аммонийной (2), нитратной (3) и нитритной (4) в озере Ханка в 2005, 2012, 2013, 2016 и 2017 гг., мг/л

Сезонная динамика концентраций разных форм растворенного азота изучена по данным со станций 1 и 2. Как показано на рис. 4, концентрация иона аммония в воде в разные месяцы довольно изменчива. Наибольшие значения, на уровне ПДК (0,5 мг/л) и более, отмечены в феврале, мае, июле и ноябре в разные годы.

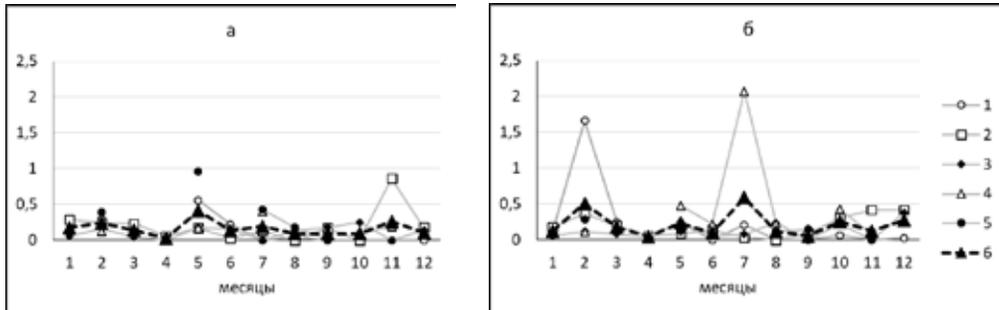


Рис. 4. Концентрации NH_4^+ в воде на ст. 1 (а) и ст. 2 (б) в разные месяцы, мг/л. Условные обозначения: 1 – 2005 г., 2 – 2012 г., 3 – 2013 г., 4 – 2016 г., 5 – 2017 г., 6 – среднее за 5 лет

Анализ данных показал, что в 2012–2013 гг. на изученных станциях превышений ПДК по иону аммония не наблюдалось, в то время как в 2016 и 2017 гг. превышающие норматив уровни содержания отмечены в западной и центральной части озера.

Концентрация нитрат-ионов в воде с весны до осени в среднем в 2 раза больше, чем в зимний период (рис. 5). Связано это, очевидно, с интенсивностью смыва нитратов с сельхозугодий. Уровни содержания нитратов в воде из разных частей озера сопоставимы и не превышают нормативный показатель (ПДК=40 мг/л).

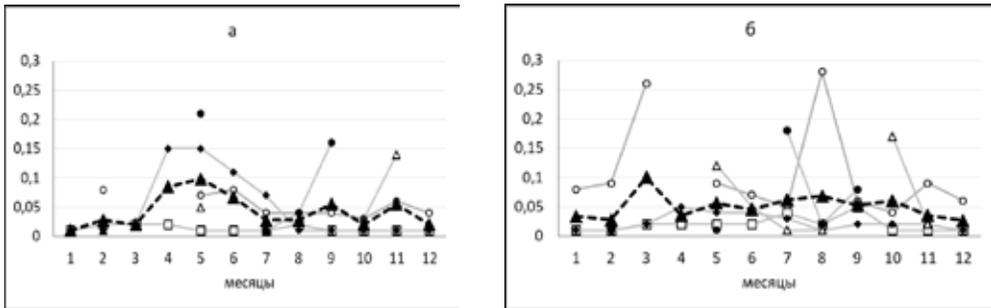


Рис. 5. Концентрации NO_3^- в воде на ст. 1 (а) и ст. 2 (б) в разные месяцы, мг/л. Условные обозначения см. на рис. 4

Концентрации нитритов изменялись в диапазоне от 0 до 0,042 мг/л, таким образом, периодически отмечалось превышение ПДК до 2 раз (ПДК=0,02 мг/л). Наблюдалось это в разные месяцы года как на станциях 1 и 2 возле западного берега (рис. 6), так и в других частях озера в 2012, 2013 и 2017 гг.

Среди растворенных форм азота в воде озера в 2012–2013 гг. и 2016–2017 гг. преобладал ион аммония (рис. 7). Содержание NH_4^+ в 2016–2017 гг. было в 2 раза больше, чем в 2012–2013 гг. Превышений санитарных норм по нитратам не наблюдалось, по ионам аммония в 2016 и 2017 гг. превышающие норматив уровни отмечены в западной и центральной части озера (до 4 ПДК), по нитритам в 2012, 2013 и 2017 гг. периодически концентрации достигали уровня 2 ПДК. Все это свидетельствует об увеличении поступления в водосборный бассейн озера соединений азота в последние годы.

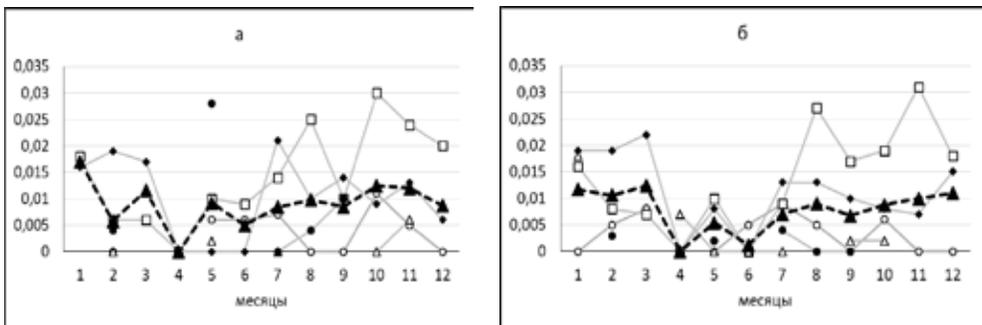


Рис. 6. Концентрации NO_2^- в воде на ст. 1 (а) и ст. 2 (б) в разные месяцы, мг/л. Условные обозначения см. на рис. 4

Мониторинг химического состава рек бассейна оз. Ханка, проводимый на станциях ГСН, показал, что в 2015–2018 гг. высокие уровни содержания ионов аммония (до 8–22 ПДК) отмечены в реках восточной части водосбора – Спасовка и Кулешовка в Спасском районе края (<http://www.primgidromet.ru/>). Наиболее вероятной причиной роста концентраций ионов аммония в речных водах является

поступление в вадотоки сточных вод от недавно построенных крупных животноводческих комплексов.

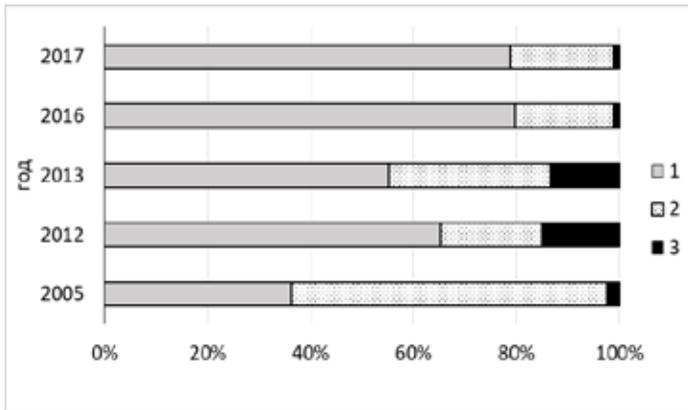


Рис. 7. Соотношение аммонийной (1), нитратной (2) и нитритной (3) форм азота в воде оз. Ханка в разные годы, %

Межгодовых и пространственных различий по уровню содержания фосфатов в воде озера в исследованный период не выявлено. Концентрация растворенных форм фосфора в оз. Ханка изменялась в диапазоне от 0 до 0,21 мг/л, что сопоставимо с диапазоном для 1985–1987 гг. – 0,01–0,19 мг/л (Чудаева, 2002). Средняя концентрация составила $0,054 \pm 0,049$, медиана – 0,041 мг/л. Известно, что в реках западного склона Сихотэ-Алиня средняя концентрация фосфатов в 2002–2008 гг. была меньше – $0,014 \pm 0,013$ (Шулькин, 2009). В озере наблюдается накопление минеральной формы фосфора, что происходит в результате седиментации органических веществ и их минерализации (Никаноров, 2001).

Сезонная изменчивость содержания фосфатов в воде со станций 1 и 2 связана с более низкими концентрациями зимой и весной, по сравнению с летом и осенью (рис. 8, 9). Медианные значения составляют 0,023 и 0,071 мг/л, соответственно (табл. 1). Повышенный уровень фосфатов летом наблюдается и в р. Раздольная (Шулькин и др., 2017), что объясняется большим количеством фосфора доступного к мобилизации на водосборе в виде растительной биомассы. Взмучивание донных отложений в результате активной гидродинамики в оз. Ханка в безледный период под действием ветров и смыв минеральных и органических удобрений с полей также способствуют увеличению содержания фосфатов в воде в теплый период года.

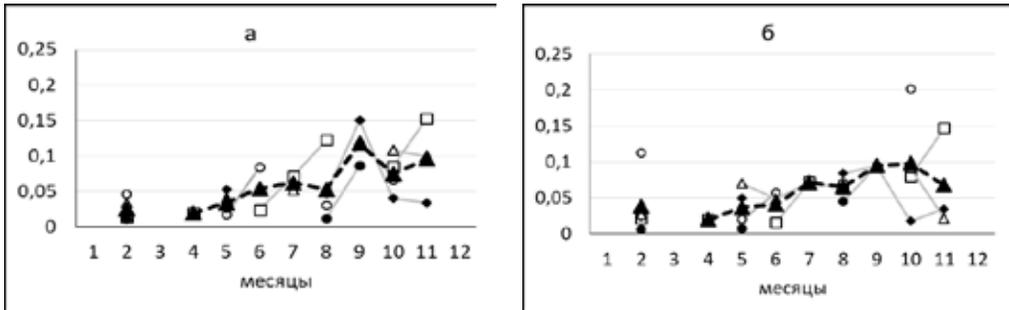


Рис. 8. Концентрации фосфатов в воде на ст. 1 (а) и ст. 2 (б) в разные месяцы, мг/л. Условные обозначения см. на рис. 4

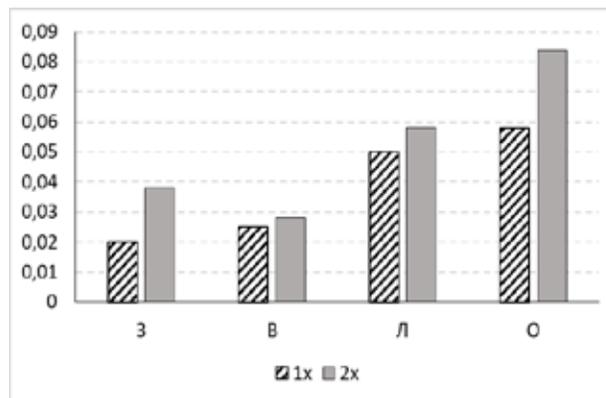


Рис. 9. Усредненные концентрации фосфатов на ст. 1 и 2 зимой (З), весной (В), летом (Л) и осенью (О), мг/л

Таблица 1. Концентрации фосфатов в воде оз. Ханка на станциях 1 и 2, мг/л

Сезоны	Зима и весна		Лето и осень	
	1	2	1	2
Станция				
C_{cp} /стандартн. отклон.	0,028/0,015	0,036/0,033	0,074/0,042	0,073/0,046
Медиана	0,023	0,023	0,071	0,071
Максимальная концентрация	0,053	0,113	0,152	0,202
Число определений, n	10	10	17	18

Анализ данных о концентрациях биогенных веществ в воде оз. Ханка в 2012–2013 гг. и 2016–2017 гг. свидетельствует о росте содержания растворенных форм азота в последние годы. Причиной этого, по-видимому, является увеличение объемов сельскохозяйственного производства в водосборном бассейне. Обзор данных Федеральной службы государственной статистики (Регионы России..., 2003, 2018), публикаций официального издания органов власти Приморского края «Приморская газета» (<https://primgazeta.ru>) и информационно-аналитической газеты Ханкайского муниципального района «Приморские зори» (<https://primzori.ru>)

показал, что в сельском хозяйстве края наблюдается стабильная динамика роста. Например, производство сои и кукурузы за 5 лет увеличилось в 2 и 1,5 раза, достигнув 385 и 210 тыс. тонн, производство мяса свинины – более чем в 2 раза. Рост объемов производства сельхозкультур произошел за счет постепенного увеличения площадей под пашню: в 2018 г. в Приморском крае было засеяно уже более 400 тыс. га, при общей площади 704 тыс. га под пашню. Таким образом, не менее 30 % этой категории земель не обрабатывалось, и краевая администрация планирует вводить их в оборот в ближайшие годы для увеличения объемов продукции в целях продовольственной безопасности населения страны.

Основную долю в растениеводстве Приморского края занимают соя, кукуруза, картофель. Площадь посева сои в 2018 г. составила 298 тыс. га, т.е. более 60 % всей возделанной в крае пашни. Площади под другие сельхозкультуры были распределены следующим образом: кукуруза – 43 тыс. га, ранние зерновые (пшеница, овес, ячмень) – 40 тыс. га, картофель – 29 тыс. га, рис – 13 тыс. га, овощи – 10,6 тыс. га, гречиха – 1,9 тыс. га.

Распределение земель под основные сельхозкультуры в муниципальных районах, граничащих с оз. Ханка, в целом повторяет общекраевую ситуацию. Так, в 2016 г. сельхозпроизводители Ханкайского района посеяли 31 тыс. га сои, что выше на 2 тыс. га, чем в 2015 г. Эта площадь составила 69 % от всей возделанной пашни в районе. В соседнем Хорольском районе соей было засеяно 35 тыс. га. Весной 2017 г. в оборот под сою вновь вводились заброшенные земли, в том числе в районе с. Владимиро-Петровка, расположенного в нескольких километрах от юго-западного берега оз. Ханка. В 2018 г. площадь возделываемой в Ханкайском районе пашни достигла 57 тыс. га, из которых 77 % или 44 тыс. га занимала соя. Посевные площади под рис и кукурузу в этом районе были примерно равны – более 3 тыс. га. Также возделывали гречиху (1200 га), ранние зерновые культуры и овощи.

Развитие молочного и мясного животноводства Приморского края в последние 5 лет сопровождалось строительством крупных животноводческих комплексов, в том числе в Спасском районе края. Так, вблизи с. Прохоры в начале 2018 г. на свиномкомплексах было более 100 тыс. животных. Здесь также планировалось построить новые комплексы на 540 тысяч голов одновременного содержания, и к 2020 г. увеличить производство свинины в 12 раз. В Хорольском районе с 2014 года постепенно увеличивалось поголовье крупного рогатого скота, и в 2018 г. в хозяйствах всех категорий общая численность составила 5895 голов (www.primstst.gks.ru). В селе Алексеевка Ханкайского района расположен животноводческий комплекс крупного молочного предприятия края «ГринАгро», где содержат более трех тысяч коров.

Рост посевных площадей сопровождался увеличением объемов использования удобрений (рис. 10) и пестицидов, рост поголовья животных – увеличением количества отходов животноводства. Местные водотоки, принимая стоки с полей и ферм, переносили вещества в оз. Ханка.

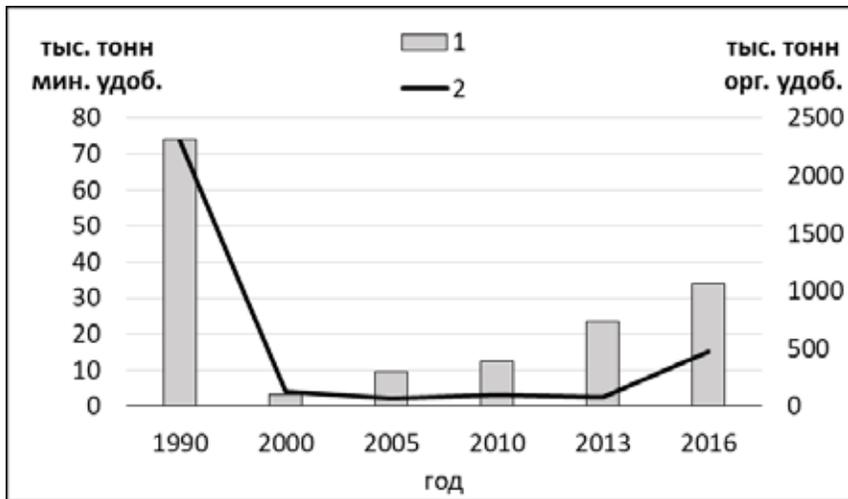


Рис. 10. Расчетное количество удобрений: 1 – минеральных (в пересчете на 100% питательных веществ) и 2 – органических, внесенных под посевы сельскохозяйственных культур в Приморском крае в 1990–2016 гг., тыс. тонн (по данным: Регионы России..., 2003, 2018)

О случаях загрязнения окружающей среды в бассейне оз. Ханка несколько раз сообщалось в средствах массовой информации. Так, в июле 2017 г. в газете «Приморские зори» была опубликована информация о том, что в реке около с. Владимиро-Петровка местные жители обнаружили мертвую рыбу, в ночное время ощущали неприятный запах от воды, а также у людей после купания в реке отмечалось жжение и покраснение кожи. По мнению сельча, причиной этих явлений были стоки сельскохозяйственных предприятий района. По данному факту Россельхознадзором не было выявлено конкретных нарушений, однако позже сообщалось о «заражении плодородного слоя земли пестицидами» на участках, где выращивали рис и сою (<https://primorsk.fsvps.ru>).

29 января 2018 г. в репортаже на телеканале ОТВ-Прим были показаны общественные слушания в с. Прохоры Спасского района о недовольстве местных жителей сильным неприятным запахом от местных свинокомплексов. В ходе проверки предприятий надзорными организациями были выявлены нарушения по утилизации отходов производства. В апреле 2018 г. руководство Приморского края сообщало о приостановке строительства в Спасском районе новых свинокомплексов и необходимости внедрения современных методов и технологий по утилизации отходов на действующих животноводческих предприятиях (<https://primgazeta.ru>).

Пестициды

Использование пестицидов для борьбы с вредителями, сорняками и болезнями сельскохозяйственных культур является одним из средств для получения

и сохранения урожая. Широко применявшиеся в сельском хозяйстве в середине XX столетия хлорорганические пестициды, содержащие в своем составе ДДТ и ГХЦГ, в последствии были запрещены к использованию во многих странах, в том числе в России (Никаноров и др., 2007), поскольку накапливались по пищевым цепям и негативно воздействовали на жизнедеятельность организмов высших трофических уровней.

В воде озера Ханка максимальные концентрации этих пестицидов были отмечены в 1987–1989 гг. (Семькина, 2006). Затем наблюдалось уменьшение содержания пестицидов в воде озера в 1990-х гг. вследствие сокращения объемов их применения, уменьшения посевных площадей, занятых под рис, и природно-обусловленного подъема уровня воды. В 1986–1987 гг. ученые Тихоокеанского института географии ДВО РАН изучали уровни содержания пестицидов в тканях мышц и печени промысловых рыб и диких уток. В 30 % интегральных проб рыб было обнаружено высокое содержание хлорорганических пестицидов, как группы гексахлорана (ГХЦГ), так и ДДТ и его метаболитов. Максимальные концентрации были отмечены в печени и жировой ткани толстолобика, сазана и верхогляда (Чудаева, 1992). В мышцах диких уток пестициды не были обнаружены, а в печени и жире отмечено присутствие пестицидов группы ДДТ (Чудаева, 1988). В 2005 г. концентрации ХОП в воде озера увеличились, и с июня по сентябрь на акватории озера и в р. Сунгача было зафиксировано 7 случаев высокого загрязнения пестицидами ДДТ и ГХЦГ. Это свидетельствовало о применении опасных веществ в бассейне трансграничного оз. Ханка (Семькина, 2006). По данным М.Д. Бояровой (2008), ХОП в гидробионтах оз. Ханка были обнаружены во всех звеньях трофической цепи. Соотношение изомеров ДДТ/ДДЕ и α/γ -ГХЦГ свидетельствовало о «свежем» загрязнении озера этими пестицидами в 2004 г.

В 2012–2013 и 2016–2017 гг. из более 100 проб воды только в двух были найдены ХОП: на ст. 2 в августе 2013 г. обнаружено 0,003 мкг/л α -ГХЦГ и в р. Сунгача (ст. 5) в ноябре 2016 г. – 0,002 мкг/л γ -ГХЦГ. Пестицид ДДТ и его метаболиты в воде оз. Ханка в исследуемый период не были найдены. Таким образом, в связи с сокращением и/или прекращением использования хлорорганических пестицидов ГХЦГ и ДДТ в водосборном трансграничном бассейне озера, уровни содержания ХОП в воде уменьшились, по сравнению с предыдущими десятилетиями.

На формирование стока ХОП в исследуемом районе значительное влияние может оказывать поступление их с атмосферными осадками вследствие глобального переноса воздушных масс, что было установлено для бассейнов рек Тихого и Северного-Ледовитого океанов (Никаноров и др., 2007).

Доступная в периодической печати информация о составе химических средств защиты сельскохозяйственных культур от сорняков, вредителей и болезней, используемых в настоящее время в Приморском крае, и объемах их внесения на поля является отрывочной. Известно, что на полях сои – занимающих наибольшие площади на водосборном бассейне оз. Ханка – используются гербициды различных групп органических соединений, в том числе гетероциклические сое-

динения с двумя и более гетероатомами в цикле (Фабиан, Зенкор, Лазурит и др.) и производные карбоновых кислот (Дуал Голд, Пропонит и др.), которые относятся к 1 (не опасен) и 2 (мало опасен) классам опасности для окружающей среды (Куликова, Лебедева, 2010; Мороховец и др., 2017, 2018). Несоблюдение норм внесения пестицидов на поля приводит к загрязнению ими окружающей среды. Так, в 2018 г. в Ханкайском районе зафиксировано превышение нормативного уровня гербицида С-метолахлор (производится под марками Дуал Голд, Гардо Голд и др.) в почвах в 3 раза (<https://primorsk.fsvps.ru>).

В целом, отделом земельного надзора Управления Россельхознадзора по Приморскому краю и Сахалинской области в 2018 г. было выявлено более 20 случаев загрязнения земель сельхозназначения пестицидами, агрохимикатами и опасными отходами. Общая площадь загрязнений в Приморском крае составила 1,5 тыс. га, из них химическими веществами – 285 га. Протоколами испытаний ФГБУ «Приморская межобластная ветеринарная лаборатория» (<https://primorsk.fsvps.ru>) подтверждено наличие в почвенных образцах пестицидов С-метолахлор и Кломазон с превышением предельно допустимых концентраций.

Заключение

Озеро Ханка является ключевым участком Азиатского миграционного пути перелетных птиц. Российский и китайский заповедники созданы для охраны уникального биоразнообразия водных и околоводных экосистем. Вместе с этим, обширные территории вокруг оз. Ханка активно используются в целях решения вопросов продовольственной безопасности населения региона. Необходимо грамотное природопользование в бассейне оз. Ханка, направленное на улучшение экономической, экологической и социальной сфер жизни общества.

Данные государственного мониторинга по содержанию ХОП в воде оз. Ханка свидетельствуют об уменьшении концентраций пестицидов ДДТ и ГХЦГ в связи с прекращением и/или сокращением их использования в водосборном бассейне. Однако, в последние годы в результате активизации сельскохозяйственной деятельности наблюдается рост концентраций ионов аммония в воде. Наиболее вероятными причинами этого являются поступление в водотоки водосборного бассейна оз. Ханка сточных вод от новых крупных животноводческих комплексов и смыв удобрений с полей. Необходимо строго контролировать состояние природной среды и принимать меры по предотвращению загрязнения озера от сельскохозяйственных объектов.

Благодарности. Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский» благодарит Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и его руководителя Бориса Викторовича Кубая за любезно предоставленную возможность работы с архивными данными Приморского УГМС по гидрохимии озера Ханка и рек его бассейна.

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ ОЗЕРА ХАНКА
ESTIMATION OF THE TRACE ELEMENTS CONTENT
IN THE SURFACE WATERS OF KHANKA LAKE

М.В. Симоконь, Л.Т. Ковековдова, И.С. Наревич

M.V. Simokon, L.T. Kovekovdova, I.S. Narevich

Экологическое состояние пресноводных водоемов России требует постоянного наблюдения и всестороннего изучения. В результате антропогенной нагрузки на водоемы в них поступает большое количество загрязняющих веществ различной природы. В совокупности с неблагоприятными природными факторами в пресноводных водоемах может формироваться напряженная экологическая ситуация, приводящая к ухудшению воспроизводства ценных промысловых видов, снижению их численности и биомассы, снижению видового разнообразия.

Озеро Ханка является самым большим пресноводным водоемом на Дальнем Востоке России. Площадь поверхности воды непостоянна, она меняется в зависимости от климатических условий. В максимуме достигает 5010 км², в минимуме 3940 км². Длина озера около 90 км, наибольшая ширина 67 км. В озеро Ханка впадает 24 реки, вытекает же только одна – Сунгача, которая соединяет его с р. Усури, а та в свою очередь с Амуром. Озеро Ханка является мелким водоемом со средней глубиной 4,5 м и преобладающими глубинами 1–3 м, наибольшая глубина составляет 10,6 м. В среднем сток в озеро равен 1,94 км³ за год, из озера около 1,85 км³.

Озеро Ханка является водоёмом рыбохозяйственного значения 1 категории. В нем обитает 75 видов рыб, из них более 20 промысловые (Горяинов и др., 2014).

Несмотря на хорошую изученность флоры и фауны, гидрологического режима, современные сведения об экологической ситуации озера Ханка сравнительно малочисленны. В более ранних научных публикациях имеются сведения о содержании в водных организмах, обитающих в озере, хлорорганических пестицидов (Боярова, 2008), тяжёлых металлов (Лучшева и др., 2000; Христофорова и др., 2008). Рассмотрены особенности геохимического состава донных отложений оз. Ханка (Грехнев, Остапчук, 1998; Грехнев и др., 2006). Довольно краткая сводка сведений о гидрохимических особенностях и эколого-геохимическом состоянии озера Ханка была приведена в монографии В.А. Чудаевой (2002). Более современные сведения о микроэлементном составе вод оз. Ханка также малочисленны (Клышевская, 2012; 2013; Катайкина и др., 2017).

В настоящее время является хорошо изученным тот факт, что поведение многих микроэлементов связано с биогеохимическими циклами основных элементов, таких как углерод и азот, влияя, таким образом, на первичную продукцию водоемов (Martin, 1990; Morel et al., 1994). По отношению к биологической роли,

которую они играют в живых организмах, химические элементы можно охарактеризовать как эссенциальные (жизненно необходимые) и не эссенциальные. С одной стороны, эссенциальные элементы выступают в качестве необходимых микронутриентов, ко-ферментов, являются катализаторами многих биохимических реакций, с другой стороны, могут действовать как стрессовые факторы для водной биоты при токсичных уровнях содержания в воде (Maldonado et al., 2002; Sunda, Guillard, 1976; Klevenz et al., 2012). Негативный эффект для организмов от влияния этих элементов может быть эквивалентным и даже превышать таковой при воздействии не эссенциальных, токсичных элементов (Kennedy, 2011). Негативное влияние и эссенциальных, и не эссенциальных элементов может вызывать разнообразные физиологические реакции водных организмов на разных стадиях развития, включая деформации развития личинок рыб (Sfakianakis et al., 2015). Металлы, растворённые в воде, непосредственно воздействуют на многие физиологические системы (в первую очередь на жабры), и их токсичность зависит от формы нахождения, биодоступности, токсикокинетики (абсорбции, распределения, биотрансформации, экскреции), и токсикодинамики (взаимодействия с лигандами) (Kennedy, 2011).

Материалы и методы

Пробы поверхностной воды на определение содержания следовых элементов в озере Ханка были отобраны 16.05.2017 г., 19.09.2017 г., 16.05.2018 г., 25.07.2018 г. (всего 41 проба) по ГОСТ 17.1.5.05-85 (Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков) на гидрохимических станциях (рис. 1). Пробы фильтровались через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм. Профильтрованная вода подкислялась до pH 1–2 азотной кислотой и хранилась до проведения анализа. Мембранные фильтры с осевшей взвесью высушивались при 40 °С до постоянного веса. Высушенные фильтры со взвесью взвешивались на аналитических весах с точностью до 0,001 г и подвергались кислотной минерализации смесью $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ в соотношении 3:1. В минерализате определялись кислоторастворимые формы элементов во взвешенном веществе (ВВ).

Элементный анализ проводился с использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7700x в соответствии с ГОСТ Р 56219 – 2014 (ИСО 17294-2:2003) «Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой». Настройка аналитического оборудования проводилась в соответствии с рекомендациями производителя. Калибровочные растворы готовились из мультиэлементного стандартного образца Agilent Technologies «Environmental Calibration Standard» (Part# 5183-4688), включающего сертифицированные значения концентраций 25 элементов. Относительная ошибка определения в рабочих диапазонах концентраций элементов не превышала 7%.

Результаты и обсуждение

Элементы в воде

Результаты статистической оценки концентраций 19 элементов в поверхностных водах озера Ханка показаны в таблице 1.

Уровни концентраций растворённых форм элементов распределялись по акватории оз. Ханка довольно равномерно. При этом диапазон концентраций варьировал от тысячных долей микрограмма на литр для Be, Ag, Tl до сотен микрограмм на литр для Al и Fe.

Следует отметить, что уровни концентраций растворённых форм элементов в воде являются результирующими процессов сложных взаимодействий на границе раздела фаз водной среды и взвешенного вещества. Взвешенные частицы могут иметь как аллохтонное, т.е. привносимое с речным или терригенным стоком, происхождение, так и автохтонное, т.е. образуются в результате взмучивания донных отложений. Автохтонное взвешенное вещество включает в себя и органическую составляющую, как результат жизнедеятельности планктона. Вследствие этого, процессы сорбции – десорбции элементов при определённых гидрохимических условиях, являются основными факторами, контролирующими растворённые формы элементов в воде.

Значительные сезонные колебания концентраций отмечены для большинства анализируемых элементов, что связано с изменениями гидрологических и гидрохимических условий, в зависимости от сезона. Наиболее консервативное поведение проявляли Be, V, Cr, Sb, концентрации которых изменялись незначительно и в пространственном, и во временном аспекте.

Рис. 1. Карта-схема станций отбора проб воды в оз. Ханка (○ – отбор 16.05.2017 г.; ◇ – отбор 19.09.2017 г.; △ – отбор 16.05.2018 г.; ▽ – отбор 25.07.2018 г.)

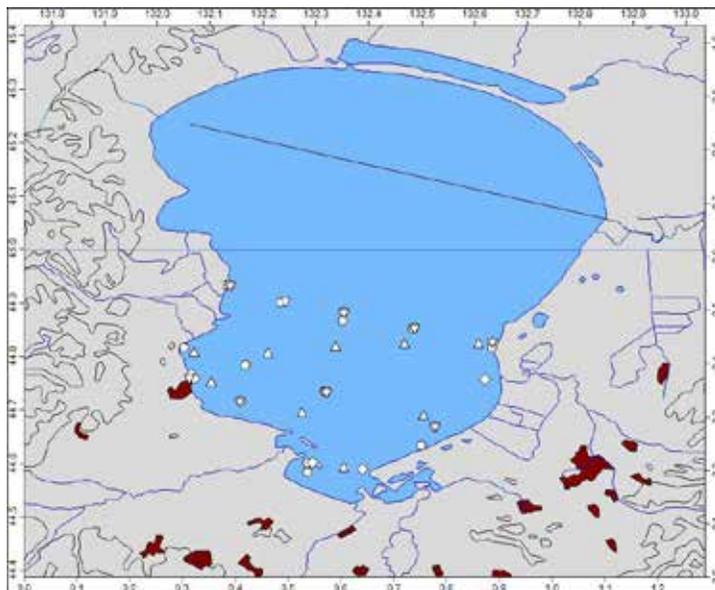


Таблица 1. Статистические показатели концентрации элементов в воде оз. Ханка в разные сезоны отбора проб, мкг/л

Эл-т	16.05.2017					19.09.2017					16.05.2018					25.07.2018				
	N	среднее	СКО	мин.	макс.	N	среднее	СКО	мин.	макс.	N	среднее	СКО	мин.	макс.	N	среднее	СКО	мин.	макс.
Be	11	0,047	0,027	0	0,098	12	0,009	0,022	0	0,076	9	0,048	0,042	0	0,143	9	0,036	0,061	0	0,163
Al	11	113,1	47,6	58,1	205,9	12	300,4	275,9	50,2	987,1	9	211,1	124,5	81,0	525,7	9	182,2	69,8	73,6	294,8
V	11	2,80	0,83	1,90	4,78	12	1,29	0,33	0,87	1,93	9	1,31	0,35	0,87	1,93	9	1,08	0,18	0,82	1,42
Cr	11	1,03	0,32	0,65	1,81	12	0,67	0,32	0,21	1,35	9	0,69	0,16	0,49	0,92	9	0,67	0,30	0,30	1,34
Mn	11	34,8	22,8	14,0	87,0	12	14,5	14,3	3,0	57,1	9	41,5	75,7	2,1	241,1	9	31,9	47,1	1,8	132,9
Fe	11	122,0	43,4	79,8	235,3	12	204,6	178,0	50,6	671,5	9	58,2	44,4	19,7	172,0	9	194,6	159,7	71,0	521,0
Co	11	0,06	0,02	0,03	0,11	12	0,09	0,06	0,03	0,22	9	0,05	0,04	0,04	0,07	9	0,14	0,11	0,07	0,42
Ni	11	1,00	0,99	0,29	3,37	12	0,75	0,26	0,49	1,32	9	0,61	0,19	0,48	1,11	9	2,77	3,49	0,80	11,35
Cu	11	1,43	0,86	0,83	3,11	12	1,99	1,01	0,36	3,92	9	1,44	0,23	1,15	1,87	9	8,30	11,56	2,23	37,45
Zn	11	6,84	2,39	3,50	11,14	12	4,42	3,26	0,57	11,79	9	7,03	5,36	1,69	17,10	9	28,60	39,52	3,59	109,1
As	11	3,26	2,63	1,97	11,16	12	1,93	0,34	1,42	2,74	9	0,61	0,18	0,34	0,95	9	1,59	0,47	1,29	2,60
Se	11	0,57	0,38	0	1,14	12	0,03	0,09	0	0,30	9	0,26	0,14	0,11	0,50	9	0,12	0,08	0,02	0,24
Mo	11	1,16	0,13	1,00	1,44	12	0,94	0,32	0,22	1,69	9	1,79	0,51	1,16	2,54	9	1,61	0,88	0,52	3,67
Ag	11	0,102	0,084	0,019	0,34	12	0,005	0,002	0,002	0,010	9	0,042	0,071	0,008	0,230	9	0,016	0,008	0,005	0,030
Cd	11	0,366	0,323	0,170	1,270	12	0,040	0,069	0,007	0,200	9	0,041	0,018	0,017	0,070	9	0,568	0,973	0,036	2,990
Sb	11	0,285	0,027	0,236	0,330	12	0,178	0,025	0,129	0,230	9	0,296	0,038	0,235	0,380	9	0,283	0,031	0,221	0,340
Ba	11	74,9	33,5	50,2	170,3	12	26,5	4,3	22,3	39,4	9	12,1	3,1	7,7	17,2	9	35,8	3,4	32,5	42,8
Tl	11	0,076	0,035	0,011	0,120	12	0,007	0,002	0,004	0,010	9	0,017	0,004	0,011	0,030	9	0,052	0,029	0,024	0,120
Pb	11	0,44	0,17	0,29	0,77	12	0,70	1,29	0,10	4,63	9	0,17	0,09	0,07	0,36	9	1,49	1,87	0,28	5,23

Значительное отличие средних концентраций Ni, Cu, Zn, Cd, Pb отмечено в июле 2018 г. Это связано с тем, что на станциях, расположенных в заливе, на берегу которого расположено село Камень-Рыболов, в этот период отмечались очень высокие концентрации этих металлов, что, по-видимому, свидетельствует о влиянии сброса хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод населённого пункта. При сочетании гидрологических факторов здесь сформировалась область повышенных концентраций элементов, в некоторых случаях превышающих нормативы качества воды (рис. 2). Повышенные концентрации Cu, Zn, Cd отмечались в этом районе в сентябре 2017 г. и в мае 2018 г.

Оценка качества воды оз. Ханка проводилась путём сравнения с нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) элементов для водоёмов рыбохозяйственного значения (Приказ ФАР № 20 от 18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения»). Сравнение обнаруженных концентраций элементов в воде с ПДК позволяет выявить возможное загрязнение водной среды токсичными элементами и оценить влияние этого загрязнения на гидробионты.

Отмечено неоднократное превышение ПДК_{рх} Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo в воде озера на отдельных исследуемых станциях, независимо от сезона отбора проб. Максимальные значения превышения ПДК металлов составили: Al – 13, V – 4,8, Mn – 13; Fe – 5,2; Cu – 37,5; Zn – 11 ПДК. Незначительное превышение ПДК Ni в 1,1 раза отмечалось только в одном случае на станции одной станции в июле 2018 г.

Статистическая оценка групповых корреляций содержания элементов в воде позволяет выявить их ассоциации и на этой основе предположить основные источники их поступления в водную среду. Корреляционная матрица концентраций элементов в воде оз. Ханка показала связи, которые существуют между элементами на уровне значимости $p < 0,05$ (табл. 2). Согласно методу факторных нагрузок наиболее сильные корреляционные связи отмечены у Ni, Cu, Zn, Cd и Pb, что позволяет выделить эти элементы в группу, основным источником поступления которых в водную среду являются загрязнённые речные воды и сточные воды береговых источников загрязнения, так как эти элементы являются признанными трассерами техногенной нагрузки на окружающую среду. Для элементов, имеющих статистически значимые связи с Fe, Al, Mn, терригенный сток – это основной фактор, определяющий их распределение в воде. Остальные элементы характеризуются природным фоном их содержания в водной среде озера.

Элементы во взвеси

Водная толща оз. Ханка характеризуется повышенной мутностью. Мелкодисперсное взвешенное вещество в большом количестве поступает в озеро с водами рек и ручьев, дренирующие заболоченные участки приханкайской низменности. Из-за ветрового перемешивания взвешенное вещество распределяется

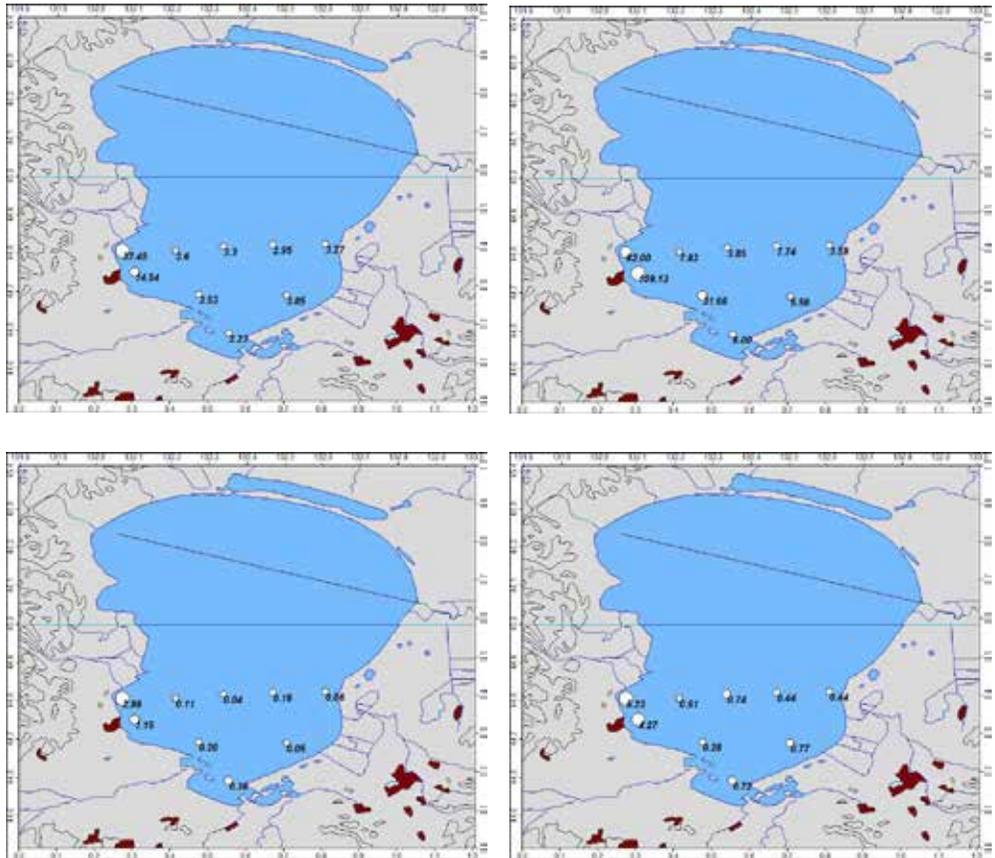


Рис. 2. Пространственное распределение концентраций Cu, Zn, Cd, Pb (мкг/л) в воде озера Ханка (июль 2018 г.)

по всей водной толще мелководных участков озера. Это, с одной стороны, препятствует осаждению взвешенных частиц на дно, а с другой, способствует взмучиванию донных отложений, что приводит к постоянной высокой мутности озера (Филимонов, Апонасенко, 2013).

Статистические оценки концентраций взвешенного вещества и элементов во взвешенном веществе оз. Ханка (отбор проб в июле 2017 г.) приведены в таблице 3.

Взвешенное вещество в июле 2017 г. распределялось в поверхностном слое воды довольно равномерно (рис. 3) и его концентрации укладывались в диапазон от 25 до >85 мг/л, который был установлен ранее для оз. Ханка (Филимонов, Апонасенко, 2013). Наименьшие концентрации ВВ отмечались у восточного берега, что по-видимому объясняется влиянием в этот период речного стока с низкими концентрациями взвеси.

Таблица 2. Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена концентраций элементов в воде оз. Ханка (май, июль 2017 г., май, сентябрь 2018 г.)

Эл-т	Be	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb
Be	1,00	-0,11	0,24	0,36	0,29	-0,10	-0,07	-0,02	-0,16	0,25	0,00	0,48	0,15	0,46	0,36	0,26	0,20	0,36	0,09
Al	-0,10	1,00	-0,11	0,04	-0,42	0,40	0,28	0,23	0,36	-0,17	-0,37	-0,27	-0,06	-0,31	-0,51	-0,27	-0,37	-0,28	-0,04
V	0,24	-0,11	1,00	0,62	0,35	0,31	-0,17	-0,19	-0,47	0,09	0,63	0,44	-0,17	0,43	0,26	0,05	0,47	0,30	0,05
Cr	0,36	0,04	0,62	1,00	0,39	0,19	0,05	0,23	0,11	0,27	0,36	0,27	-0,07	0,29	0,37	0,16	0,41	0,34	0,17
Mn	0,29	-0,42	0,35	0,39	1,00	-0,16	-0,19	-0,16	-0,24	0,29	0,29	0,35	0,05	0,18	0,39	0,25	0,29	0,30	-0,07
Fe	-0,10	0,40	0,31	0,19	-0,15	1,00	0,71	0,45	0,22	0,12	0,52	-0,26	-0,54	-0,17	0,07	-0,38	0,36	-0,01	0,48
Co	-0,08	0,28	-0,17	0,05	-0,19	0,71	1,00	0,79	0,56	0,34	0,21	-0,33	-0,21	-0,16	0,24	-0,15	0,23	0,14	0,68
Ni	-0,02	0,23	-0,19	0,22	-0,16	0,45	0,79	1,00	0,80	0,32	0,06	-0,10	-0,03	-0,06	0,35	0,10	0,18	0,27	0,63
Cu	-0,16	0,36	-0,47	0,11	-0,24	0,22	0,56	0,80	1,00	0,15	-0,23	-0,27	0,02	-0,31	0,02	0,11	-0,03	0,06	0,35
Zn	0,25	-0,18	0,09	0,27	0,29	0,12	0,34	0,32	0,15	1,00	0,10	0,07	0,04	0,28	0,58	0,37	0,35	0,51	0,37
As	0,00	-0,37	0,63	0,36	0,29	0,52	0,21	0,06	-0,23	0,10	1,00	0,11	-0,51	0,15	0,42	-0,11	0,77	0,23	0,40
Se	0,48	-0,27	0,44	0,27	0,35	-0,26	-0,33	-0,10	-0,27	0,07	0,11	1,00	0,34	0,65	0,46	0,53	0,31	0,59	0,01
Mo	0,15	-0,06	-0,17	-0,07	0,05	-0,54	-0,21	-0,03	0,02	0,04	-0,51	0,34	1,00	0,41	0,19	0,58	-0,25	0,38	-0,03
Ag	0,46	-0,31	0,43	0,29	0,18	-0,18	-0,16	-0,06	-0,31	0,28	0,15	0,65	0,41	1,00	0,66	0,60	0,43	0,79	0,27
Cd	0,36	-0,51	0,27	0,37	0,39	0,07	0,24	0,35	0,02	0,58	0,42	0,46	0,19	0,66	1,00	0,60	0,66	0,78	0,62
Sb	0,26	-0,27	0,05	0,16	0,25	-0,38	-0,15	0,11	0,11	0,37	-0,11	0,53	0,57	0,60	0,53	1,00	0,20	0,70	0,09
Ba	0,20	-0,37	0,48	0,41	0,28	0,36	0,23	0,18	-0,03	0,35	0,77	0,31	-0,25	0,43	0,66	0,20	1,00	0,61	0,53
Tl	0,36	-0,28	0,30	0,34	0,30	-0,01	0,14	0,27	0,06	0,51	0,23	0,59	0,38	0,79	0,78	0,70	0,61	1,00	0,49
Pb	0,09	-0,04	0,05	0,17	-0,07	0,48	0,68	0,63	0,35	0,37	0,40	0,01	-0,03	0,27	0,62	0,09	0,53	0,49	1,00

Примечание: выделенные значения статистически значимы при $p < 0,05$

Таблица 3. Статистические оценки концентраций взвешенного вещества (мг/л) и элементов во взвешенном веществе (мг/кг сух. массы) оз. Ханка в июле 2017 г.

Элемент	N	среднее	СКО	мин.	макс.
BВ	12	47,97	12,94	25,20	66,80
Be	12	1,79	0,59	0,80	3,01
Al	12	22600	3298	14906	27994
V	12	38,78	4,10	32,27	48,27
Cr	12	31,82	7,70	19,61	45,65
Mn	12	1753	1710	242	5964
Fe	12	29434	2661	24443	32309
Co	12	10,10	1,79	6,31	11,90
Ni	12	45,27	8,40	32,92	68,15
Cu	12	98,44	42,80	47,17	165,65
Zn	12	99,74	22,27	68,17	125,23
As	12	15,03	3,40	7,58	21,24
Se	12	6,51	2,69	2,56	11,92
Mo	12	3,39	2,14	1,67	9,48
Ag	12	0,57	0,20	0,22	0,83
Cd	12	1,27	2,49	0,13	9,13
Sb	12	0,080	0,063	0,00	0,180
Ba	12	237,36	68,64	75,27	314,80
Tl	12	0,240	0,055	0,160	0,340
Pb	12	27,02	5,04	21,92	40,94

Концентрации элементов в ВВ изменялись существенно, разница между минимальными и максимальными концентрациями составляла от 2-х до 4-х раз. Наиболее существенная разница концентраций в ВВ отмечалась для кадмия – до 70 раз максимальная концентрация была выше минимальной, и это превышение отмечалось на одной станции, расположенной в западной части озера, в районе устья р. Коммиссаровка. В случае марганца максимальная концентрация была выше минимальной в 25 раз. Частицы взвеси были обогащены марганцем на прибрежных станциях в южной и юго-восточной части озера, тогда как количество ВВ в этих районах было минимальным (рис. 3). Аналогичная картина была отмечена и для свинца.

Следует отметить, что концентрации Fe, Cu, Cd, Pb в ВВ из акватории, прилегающей к с. Камень-Рыболов были относительно низки, тогда как концентрации этих элементов в воде были в то же время в этом районе максимальными. Это подтверждает гипотезу о сбросе здесь обогащённых тяжёлыми металлами сточных вод, возможно с низким значением pH, что могло способствовать дополнительной десорбции в водную среду элементов, связанных с частицами взвеси.

Корреляционный анализ связей элементов, содержащихся во взвешенном веществе показал, что существует группа элементов, которая включает Al, V, Cr, Fe, Tl, корреляционные связи между которыми сильны и статистически значимы.

Таблица 4. Матрица коэффициентов ранговой корреляции Спирмена концентраций элементов во взвешенном веществе оз. Ханка (июль 2017 г.)

Эл-г	Bb	Be	Al	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Sb	Ba	Tl	Pb
Bb	1,00	0,43	0,24	-0,05	-0,14	-0,31	-0,26	0,23	-0,85	-0,97	0,10	-0,51	-0,43	-0,85	-0,63	-0,24	0,01	0,45	0,49	-0,35
Be	0,43	1,00	0,22	0,02	-0,07	0,13	-0,17	0,48	-0,10	-0,48	0,31	-0,51	-0,05	-0,33	-0,38	0,23	0,10	0,62	0,48	-0,06
Al	0,24	0,22	1,00	0,83	0,80	-0,13	0,78	0,48	-0,28	-0,20	-0,11	-0,05	-0,05	-0,17	-0,36	-0,12	0,13	0,16	0,71	0,14
V	-0,05	0,02	0,83	1,00	0,71	0,06	0,87	0,54	-0,03	0,12	0,05	0,20	0,16	0,18	-0,15	-0,15	0,24	0,20	0,66	0,41
Cr	-0,14	-0,07	0,80	0,71	1,00	0,15	0,87	0,38	-0,02	0,17	-0,18	0,20	0,17	-0,03	0,08	-0,22	0,10	0,10	0,40	0,37
Mn	-0,31	0,13	-0,13	0,06	0,15	1,00	0,22	0,48	0,27	0,40	0,51	0,45	0,67	0,11	0,18	0,83	-0,18	0,32	0,22	0,83
Fe	-0,26	-0,17	0,78	0,87	0,87	0,22	1,00	0,44	0,07	0,34	-0,12	0,45	0,34	0,20	-0,03	0,04	-0,03	-0,03	0,45	0,53
Co	0,23	0,48	0,48	0,54	0,38	0,48	0,44	1,00	-0,14	-0,20	0,63	-0,16	0,55	-0,32	-0,34	0,30	-0,24	0,75	0,71	0,38
Ni	-0,84	-0,10	-0,28	-0,03	-0,02	0,27	0,07	-0,14	1,00	0,83	0,16	0,13	0,30	0,30	0,82	0,19	0,09	-0,31	-0,36	0,26
Cu	-0,97	-0,48	-0,20	0,12	0,17	0,40	0,34	-0,20	0,83	1,00	-0,01	0,59	0,48	0,86	0,62	0,27	0,10	-0,50	-0,36	0,48
Zn	0,10	0,31	-0,11	0,05	-0,18	0,51	-0,12	0,63	0,16	-0,01	1,00	-0,33	0,40	-0,07	0,05	0,41	0,07	0,54	0,49	0,28
As	-0,51	-0,51	-0,05	0,20	0,20	0,45	0,48	-0,16	0,13	0,59	-0,33	1,00	0,41	0,42	0,06	0,30	0,06	-0,41	-0,18	0,64
Se	-0,43	-0,05	-0,05	0,16	0,17	0,67	0,34	0,55	0,30	0,48	0,40	0,41	1,00	-0,13	-0,09	0,44	-0,29	0,12	0,04	0,52
Mo	-0,85	-0,55	-0,17	0,19	-0,03	0,11	0,20	-0,32	0,82	0,86	-0,07	0,42	0,13	1,00	0,57	0,06	0,41	0,49	-0,30	0,27
Ag	-0,63	-0,38	-0,36	-0,15	0,08	0,18	-0,03	-0,34	0,72	0,62	0,05	0,06	-0,09	0,57	1,00	0,05	-0,09	-0,20	-0,43	0,247
Cd	-0,24	0,23	-0,12	-0,08	0,03	0,83	0,04	0,30	0,19	-0,27	0,41	0,30	0,44	0,06	0,05	1,00	-0,13	0,19	0,18	0,55
Sb	0,01	0,10	0,13	0,21	-0,22	-0,18	-0,03	-0,24	0,09	0,10	0,07	0,06	-0,29	0,41	-0,09	-0,13	1,00	-0,25	0,32	0,07
Ba	0,45	0,62	0,16	-0,22	0,10	0,32	-0,03	0,75	-0,31	-0,50	0,54	-0,41	0,12	-0,49	-0,20	0,19	-0,25	1,00	0,52	0,17
Tl	0,49	0,48	0,71	0,43	0,40	0,22	0,48	0,71	-0,36	-0,36	0,49	-0,18	0,04	-0,30	-0,43	0,18	0,32	0,52	1,00	0,31
Pb	-0,35	-0,06	0,14	0,21	0,37	0,83	0,53	0,38	0,26	0,48	0,54	0,64	0,52	0,27	0,24	0,55	0,07	0,17	0,31	1,00

Примечание: выделенные значения статистически значимы при $p < 0,05$

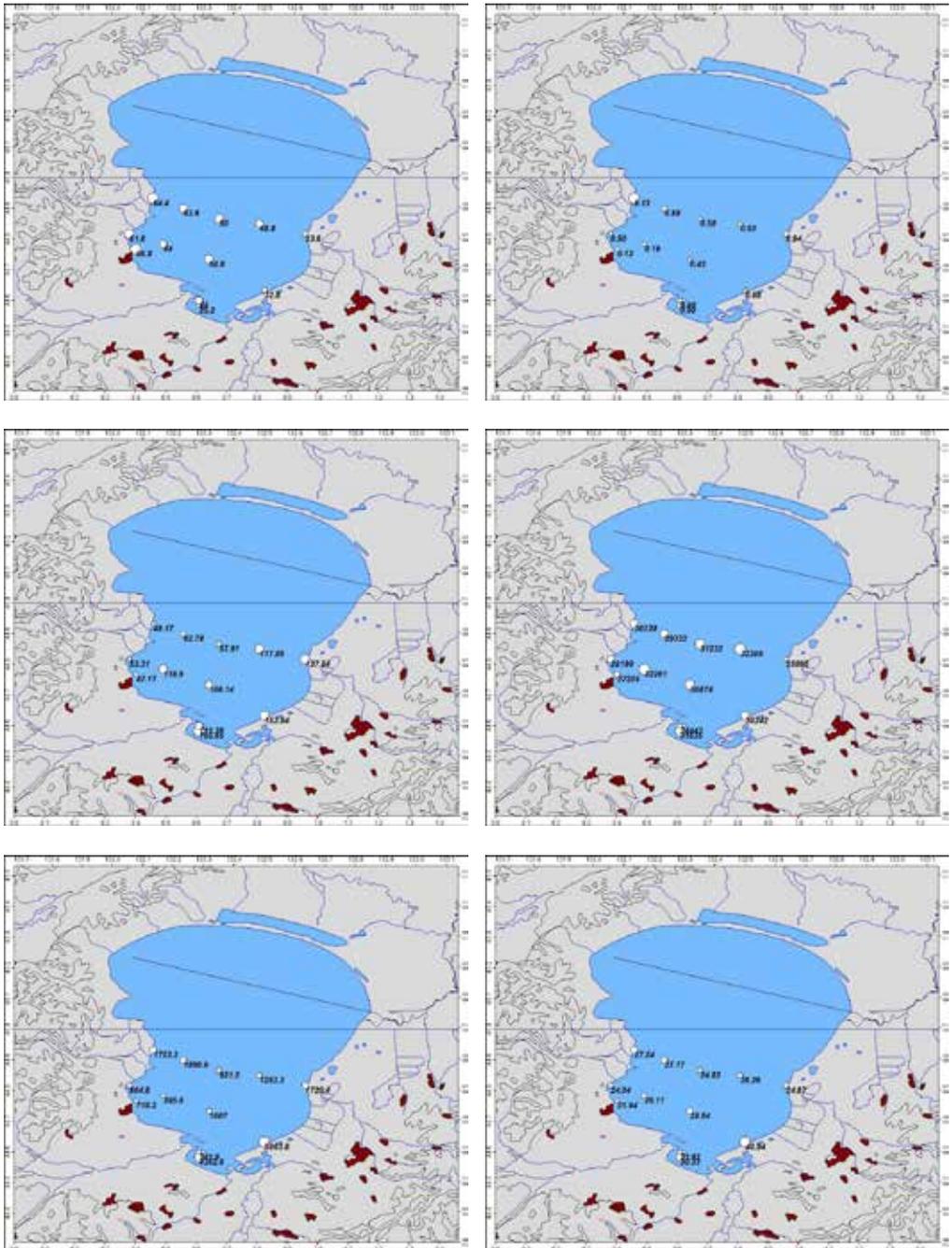


Рис. 3. Пространственное распределение концентраций взвешенного вещества (ВВ), мг/л; Mn, Fe, Cu, Cd, Pb (мкг/г) во взвеси озера Ханка (июль 2017 г.)

Так как Al и Fe являются основными структурообразующими элементами частиц взвеси, которые образуются в результате разрушения коры выветривания, то становится понятным механизм поступления этих элементов в оз. Ханка в составе взвеси – это терригенный сток. Для остальных элементов картина поступления в водную среду и распределения в составе взвешенного вещества не так однозначна. Так Mn обнаруживает сильную корреляционную связь с Cd и Pb. По-видимому, гидроксид марганца, осаждаясь на поверхности частиц взвеси в свою очередь хорошо сорбирует эти элементы из воды. Cu проявляет сильную положительную взаимосвязь с Ni, As, Mo, Ag и отрицательную, как и Ni, Mo, Ag, с ВВ. Т.е. чем меньше концентрация ВВ в воде, тем более обогащены этими элементами частицы взвеси. Всё это свидетельствует о сложных процессах, происходящих в водной среде оз. Ханка, обусловленных сезонными гидрологическими и гидрохимическими условиями. Образование комплексов с лигандами, сорбция – десорбция на границе раздела жидкой и твёрдой фазы ВВ, усвоение планктонными организмами, включение в пищевые цепи, высвобождение в результате деструкции и минерализации органического вещества – все эти процессы контролируют содержание элементов в растворённой и взвешенной формах в водной среде. Данных, которые использовались в данном исследовании явно недостаточно, чтобы делать однозначные выводы о поведении достаточно широкого круга элементов в озере Ханка. Направление дальнейших, более углубленных исследований геохимических процессов, происходящих в водной среде озера только намечено, и представленные результаты могут служить основой для более широкого обобщения результатов будущих исследований.

Заключение

Проведённое исследование позволило оценить пространственное распределение 19 элементов в воде оз. Ханка в весенне – летний период 2017–2018 гг. Неоднократно отмечалось повышенное содержание Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo в воде, что объясняется высоким содержанием в ней взвеси, из которой в зависимости от гидрохимической ситуации могут десорбироваться наиболее подвижные формы элементов. В некоторых случаях это приводит к превышению рыбохозяйственных нормативов содержания этих элементов в воде. В июле 2018 г. было отмечено значительное увеличение концентраций Ni, Cu, Zn, Cd, Pb в прибрежной акватории, прилегающей к с. Камень-Рыболов, что с высокой долей вероятности указывает на влияние загрязнённых сточных вод этого населённого пункта на водную среду. Отмечались единичные случаи обогащения взвешенного вещества кадмием и свинцом на станциях, расположенных в районах впадения в озеро рек, что свидетельствует о привносе загрязнённых вод с речным стоком. В результате взаимодействия естественных гидрологических, гидрохимических процессов и

Трансграничное озеро Ханка:

современное состояние и перспективы развития региона _____

антропогенного воздействия, в локальных районах оз. Ханка может складываться напряжённая экологическая ситуация, которая негативно влияет на жизнедеятельность и успешное воспроизводство водных биоресурсов. Экологический мониторинг такого уникального водоёма как оз. Ханка, проводимый усилиями учёных самых разных компетенций является в этой связи насущной необходимостью.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЭНЕРГОЗАПАСЫ В ПОЧВАХ ПРИРОДНЫХ И АГРОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ПРИХАНКАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

ENERGY CONDITIONS OF FORMATION AND ENERGY RESERVES IN SOILS OF NATURAL AND AGROGENIC LANDSCAPES OF THE KHANKA LAKE LOWLAND

А.Н. Пуртова

L.N. Purtova

Территория юга Дальнего Востока России является своеобразной зоной перехода от континента к океану, подвергающейся интенсивному воздействию Тихого океана. Распределение почвенного покрова в пределах данной территории подчиняется не широтной, а меридиональной зональности. Взаимодействие же континента и океана, проявляющееся в основном через климатические факторы, лежит в основе формирования многих природных процессов, накладывая отпечаток на направленность процессов почвообразования. В результате формируется весьма сложный по составу и структуре почвенный покров (Иванов, 1976; Ивлев, 1982). Входящие в состав почвенного покрова почвы, различаются по основным морфолого-генетическим, химическим, физико-химическим, гидрофизическим и энергетическим показателям.

Антропогенные воздействия в значительной степени изменяют природно-стабильное состояние почв, а распашка и использование их в сельскохозяйственном производстве нарушает биологический круговорот, вызванный в большинстве случаев отчуждением органического вещества, что ведет к снижению интенсивности процессов гумусообразования и потери гумуса (Ивлев, Дербенцева, 1998). Безвозвратные энергетические потери и в связи с этим рост энтропийных процессов, нередко вызывает изменение экологического состояния почвенного покрова в агрогенных ландшафтах юга Дальнего Востока России. Это накладывает отпечаток на процессы почвообразования и обуславливает различия в энергетических условиях формирования почв, позволяя отнести данную территорию к зоне рискованного земледелия.

Согласно схеме гидротермического районирования, на территории Приморского края выделено 8 провинций и округов (Степанько, 1992), которые на наш взгляд весьма различимы и в энергетических параметрах формирования почв (затраты энергии на почвообразование, суммарное испарение, энергии биологического круговорота). Это в свою очередь, находит отражение в параметрах энергозапасов почв, связанных с содержанием гумуса и обуславливает контрастность территории по данному показателю, это касается и почвенного покрова, формирующегося в пределах территории прилегающего к оз. Ханка.

Цель работы изучение энергетических условий формирования почв, почвенного покрова и энергетических параметров почв (Q_p) природных и агрогенно измененных ландшафтов прилегающих к территории оз. Ханка.

Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, зависит от циркуляции атмосферы, которая в Приморском крае обуславливается различием в тепловом режиме между материком и океаном. Зимой Приморье находится под влиянием азиатского антициклона, северные и северо-западные ветры приносят с материка холодный воздух. В это время года стоит ясная солнечная погода. Летом над океаном устанавливается область высокого давления, и влажные прохладные ветры дуют с моря, принося морозящие осадки и туманы. Благодаря муссонному характеру циркуляции радиационный режим Приморского края отличается рядом особенностей. Годовой приход солнечной радиации на горизонтальную поверхность на юге края составляет 140, на севере уменьшается до 133 ккал/см² в год. По сравнению с северной частью Дальневосточного региона этот показатель возрастает почти в 1,5 раза. Для южных прибрежных районов в осенне-летний период вклад прямой радиации больше, чем летом – 65 %. На юге Приморского края резко увеличивается величина поглощенной коротковолновой радиации (88 ккал/см² в год). При этом для всей территории Дальнего Востока прослеживается широтный характер распределения B_k , свойственный для всей территории России (Борисов, 1967).

Для Приморского края характерны высокие показатели годовых сумм радиационного баланса (табл. 1).

Таблица 1. Показатели солнечной радиации и радиационного баланса, ккал/см²

Метеостанции	Q	D	R	B_k	B	B^+	B^-	A, %
Новосельское	132,2	54,0	36,9	86,3	50,0	55,7	5,7	30,0
Рудная Пристань	118,0	54,2	30,7	87,3	43,7	52,4	8,7	26,0
Тимирязевский	118,9	52,6	30,9	88,0	52,2	59,8	7,6	26,0
Сад город	119,3	54,3	31,0	88,3	47,0	54,3	7,3	26,0

Примечание: Q – суммарная, D – рассеянная, R – отраженная солнечная радиация, B_k – поглощенная коротковолновая радиация, B – радиационный баланс: плюс – положительный, минус – отрицательный, A – альbedo.

Максимальная сумма радиационного баланса наблюдается в июне (9,5 ккал/см²). Наибольший отрицательный радиационный баланс отмечен в декабре: на севере края -1,2, Приханкайской равнине и на юге -0,6 до -0,8 ккал/см². При облачности радиационный баланс уменьшается, но в меньшей степени, чем прямая и суммарная радиация.

По схеме гидротермического районирования (Степанько, 1992) на территории Приморского края выделяются восемь гидротермических провинций: Приморская юго-западная, Приханкайская, Восточно-Прибрежная, Бикинская, Уссурийская, Верхне-Раздольненская, Центральная Сихотэ-Алиньская, Юж-

но-Приморская. Наибольшие площади почв пахотного фонда приурочены к Приханкайской, Уссурийской и Приморской юго-западной гидротермическим провинциям (ГТП). В пределах провинций значения гидротермического коэффициента изменяется от 1,6 до 2,0. Количество выпавших осадков уменьшается в юго-западном направлении и колеблется в Верхне-Раздольненской провинции от 300 до 600, в Приханкайской и Уссурийской от 600–700 мм (Научно-прикладной справочник ..., 1998).

Климат Приханкайской провинции подчиняется законам муссонной циркуляции воздуха в рамках региональных физико-географических особенностей. Средняя температура января от -11°C до -25°C , июля $19-21^{\circ}\text{C}$. Сумма температур больше 10°C составляет $2000-2600^{\circ}\text{C}$ (Пшеничников, Пшеничникова, 2006). Продолжительность вегетационного периода около 210 дней.

Направление и повторяемость ветра изменяется в зависимости от сезона года, южное направление является преобладающим. Для бассейна характерны суховеи западного и северо-восточного направления, проникающие с территории Китая. При этом величина испарения колеблется в пределах $570-690$ мм/год (Васьковский, 1978).

На основании установленной взаимосвязи между суммарными затратами энергии на почвообразование и радиационным балансом В.Р. Волобуев (1974) предложил формулы, позволяющие произвести расчет показателей затрат энергии на почвообразование с учетом радиационного баланса:

$$Q_1 = R \times a,$$

где

a – коэффициент полноты использования радиационной энергии,
 R – среднегодовой радиационный баланс:

$$a = e^{-23,1 \frac{R}{P^{0,67}}}$$

конечный вариант формулы:

$$Q = R e^{-23,1 \frac{R}{P^{0,67}}},$$

где

P – среднегодовое количество осадков,
 e – основание натурального логарифма.

Было установлено, что затраты энергии на почвообразование весьма различимы в пределах Приморья (табл. 2).

По затратам энергии на почвообразование в пределах Приморского края выделено три зоны. В первую зону входит Верхне-Раздольненская ГТП менее $29,0$ ккал/см² в год. Вторая зона включает в себя Южно-Приморскую, Восточно-Прибрежную, Уссурийскую и Приханкайскую ГТП со значениями Q_1 от $29,9$ до

31,0 ккал/см² в год. Третья зона с наибольшими величинами Q_1 более 31,0 ккал/см² в год, в состав которой вошли Бикинская, Дальнереченская и Приморская юго-западная ГТП (Пуртова и др., 2014).

Таблица 2. Затраты энергии на почвообразование (Q_1) в различных гидротермических провинциях Приморского края

Гидротермическая провинция	Затраты энергии на почвообразование (Q_1) ккал/см ² в год
Восточно-Прибрежная	30,2
Бикинская	31,1
Уссурийская	30,6
Приханкайская	30,6
Верхне-Раздольненская	28,0
Центральная Сихотэ-Алинская	29,2
Южно-Приморская	29,9
Приморская юго-западная	33,9
Дальнереченская	32,7

Примечание: Название гидротермических провинций приведены по А.А. Степанько (1992).

В Приханкайской ГТП, включающую территорию прилегающую к оз. Ханка, затраты энергии на почвообразование составляют до 30,6 ккал/см² в год. Основное внимание в работе уделено энергетическим показателям почв, являющимся компонентами ландшафтов затрудненного водообмена, сформированным в пределах расчлененных террас под зарослями дуба монгольского – буроземам отбеленным и под злаково-разнотравной растительностью в пределах водораздела рек Мельгуновка и Илистая – темногумусовым глеевым почвам. Использована классификация почв, 2004 (Классификация и диагностика почв России, 2004). Расчет энергозапасов почв в слое 20 см, связанных с содержанием гумуса (Q_r) проведен по формуле предложенной Д.С. Орловым и Л.А Гришиной (1981). Установлено, что Q_r в темногумусовых глеевых почвах согласно грациям, разработанным для почв холмисто-увалистых и низких равнин (Пуртова, 2004), очень высокие, что свойственно почвам гидроморфного ряда (табл. 3). Связано это с переувлажнением почв и заторможенностью процессов трансформации органического вещества, что ведет к накоплению органического вещества в данном типе почв. В буроземах отбеленных показатели (Q_r) снижались, из-за усилением процессов трансформации органического вещества, содержание гумуса уменьшалось, а энергозапасы соответствовали уровню низких значений. Из-за большей гумусированности верхней части темногумусовых глеевых почв, по сравнению с буроземами отбеленными, соотношение затрат энергии на почвообразование (Q_1) и энергии аккумулированной в 20 см слое почв (Q_r) уменьшалось с 9,80 до 3,27.

Таблица 3. Энергетические параметры почв природных ландшафтов Приханкайской гидротермической провинции

Гидротермическая провинция	Основные компоненты ландшафтов			Q ₁	(Q _r)	Q ₁ /Q _r
	Почвы	Растительность	Рельеф			
Ландшафты затрудненного водообмена (широколиственные леса)						
Приханкайская	Буроземы отбеленные	Порослевые заросли дуба	Расчлененная терраса	30,6	312	9,80
Ландшафты затрудненного водообмена (повышенные участки и массивы под луговой растительностью)						
Приханкайская	Темно гумусовые глеевые	Злаково-разнотравный луг	Приханкайская равнина (водораздел рек Мельгуновка и Илистая)	30,6	936	3,27

Примечание: Q₁ – затраты энергии на почвообразование ккал/см² год; Q_r – энергозапасы почв, в 20 см слое, млн ккал/га

В агрогенных почвах из-за снижения содержания гумуса энергозапасы сокращались и по сравнению с целинными почвами наблюдалось возрастание показателя Q₁/Q_r. При этом в разных гидротермических провинциях агрогенные почвы существенно различались по показателям как Q_r, так и Q₁/Q_r. Более высокие показатели энергозапасов свойственны агрогенным аллювиальным серогумусовым почвам в связи с заиливанием поверхностных горизонтов (табл. 4). Для этих типов почв также характерны меньшие показатели соотношения затрат энергии на почвообразование и энергии аккумулированной в гумусе почв. Согласно разработанным шкалам по оценке энергозапасов почв юга Дальнего Востока (Пуртова, 2014) энергетические параметры агрогенных почв, прилегающих к территории оз. Ханка и входящих в Приханкайскую гидротермическую провинцию, как пра-

Таблица 4. Энергетические показатели агрогенных почв в различных гидротермических провинциях Приморского края

ГТП	Агрозоемы структурно-метаморфические		Агрозоемы текстурно-метаморфические		Агротемно гумусовые подбелы		Агротемно гумусовые глеевые		Агрогенные аллювиально-серогумусовые	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
II	8,4	373	7,7	421	7,7	395	6,8	458	4,4	570
III	-----	-----	8,5	356	6,9	428	----	----	-----	-----
IV	-----	-----	8,6	436	6,2	542	----	----	-----	-----

Примечание: II – Приханкайская; III – Верхне-Раздольненская; IV – Приморская юго-западная; 1 – Q₁/Q_r – соотношение затрат энергии на почвообразование и энергии аккумулированной в гумусе почв, 2 – Q_r – запасы энергии в гумусе почв, млн.ккал/га; --- – нет данных

вило, достигали низких значений (от 300 до 500 млн ккал/га), исключение составляли агрогенные аллювиально-серогумусовые почвы, уровень энергозапасов в которых возрастал до средних показателей (570 млн ккал).

Тогда как для агрогенногумусовых подбелов, сформированных в пределах Приморской юго-западной провинции были свойственны средние показатели энергозапасов (542 млн ккал/га). Это во многом связано с большим содержанием гумуса в поверхностных горизонтах почв.

Заключение

1. В природных и агрогенных ландшафтах различных гидротермических провинций Приханкайской низменности исследованы гидротермические и энергетические условия формирования почв. Выявлены различия в показателях соотношения затрат энергии на почвообразование и энергии, связанной с содержанием гумуса почв.

2. В Приханкайской гидротермической провинции установлены очень высокие показатели энергозапасов в темногумусовых глеевых почвах, связанные с содержанием гумуса в слое 20 см (Q_1) и более низкие показатели соотношения Q_1/Q_r по сравнению с буроземами отбеленными.

3. В агрогенных почвах в связи со снижением содержания гумуса энергозапасы резко сокращались и по сравнению с целинными почвами, наблюдалось возрастание показателя Q_1/Q_r .

4. Энергетические параметры агрогенных почв прилегающих к территории оз. Ханка и входящие в Приханкайскую гидротермическую провинцию, как правило, достигали низких значений (от 373 до 458 млн ккал/га), что свидетельствовало о низком содержании в них гумуса и нестабильном экологическом состоянии.

МОРФОЛОГИЯ И СИСТЕМАТИКА ПОЧВ ЗАПОВЕДНИКА
«ХАНКАЙСКИЙ» (УЧАСТКИ «ЖУРАВЛИНЫЙ»,
«ЧЕРТОВО БОЛОТО»)

MORPHOLOGY AND TAXONOMY OF SOILS
OF THE "KHANKAISKY" NATURE RESERVE ("ZHURAVLINY"
AND "CHERTOVO BOLOTO" CLUSTERS)

Е.А. Жарикова, О.М. Голодная

E.A. Zharikova, O.M. Golodnaya

Государственная природоохранная политика Российской Федерации предполагает наличие сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в различных природных зонах для обеспечения устойчивого развития территории путем сохранения биологического разнообразия и ландшафтов, отражающих типичность и уникальность природных комплексов регионов. Кроме того, современная информация о состоянии объектов охраны позволяет очертить круг экологических проблем и предложить меры защиты территорий от негативного антропогенного вмешательства.

Изучение закономерностей формирования почвенного покрова и почвенного разнообразия заповедных территорий является одной из составляющих в решении проблем охраны, воспроизводства и рационального использования ресурсов наземных экосистем. Заповедники являются базой сохранения природного разнообразия почв и резерватом эталонных и уникальных почв региона, поскольку сохраняют их в исходном природном, «целинном» состоянии, имеющем место быть до периода хозяйственного освоения территории (Добровольский и др., 2006; Костенков и др., 2000). Исследования по оценке разнообразия и современного состояния почвенного покрова на заповедных территориях позволяют спрогнозировать направленность и последствия его возможной трансформации (под влиянием, как природных факторов, так и антропогенного вмешательства) и необходимы для разработки теоретических основ управления почвенными ресурсами региона.

Водно-болотные угодья (ВБУ) являются национальным достоянием, часть их находится под особой охраной и относится к землям ООПТ, при этом эффективность охраны ВБУ невысока. Однако, охрана объектов, попадающих под юрисдикцию Рамсарской конвенции, является приоритетом природопользования. К этой категории относится единственный заповедник Приморского края, большую часть территории которого занимают подчиненные ландшафты – «Ханкайский». Территория заповедника состоит из нескольких отдельных участков, расположенных на южном, восточном и западном побережье оз. Ханка. Заповедник создан в целях охраны мест массового гнездования, пролета и зимовок птиц, охраны фауны гидробионтов оз. Ханка и редких видов наземной флоры и фауны.

Однако сохранение почв, как основного компонента экосистем, определяющего их стабильность и устойчивость, выявление угрозы появления процессов, способных негативно воздействовать на состояние почвенного покрова заповедной территории также является актуальной задачей. Охрана почв предполагает разработку комплекса мер по предотвращению и ликвидации действий негативных и разрушительных для почв факторов и опирается, прежде всего, на данные о почвенном покрове территории. Наиболее полную информацию по характеристике почвенного покрова с учетом принятой классификации дает инвентаризация почв заповедной территории. Данные инвентаризации также являются унифицированной информацией для Единого государственного реестра почвенных ресурсов России (2014).

До настоящего времени целенаправленные исследования почвенного покрова заповедника не проводились, хотя выявление состава и свойств целинных почв как эталонных объектов для сравнения с антропогенно измененными аналогами подчиненных ландшафтов южной части Дальнего Востока должно быть приоритетом. В данной работе представлены результаты полевых исследований почв участков «Журавлиный» и «Чертово болото» Ханкайского заповедника.

Приханкайская равнина является тектонической депрессией, в которой в кайнозойский период происходило активное отложение третичных и четвертичных осадков за счет сноса с периферических горных сооружений и седиментации в озерных водоемах и водотоках, возникших в депрессии (Никольская, 1953). В обрамлении этой депрессии развит пологосклонный холмисто-увалистый мелко-сопочный рельеф. Исследованная территория представляет собой низкую аккумулятивную озерно-аллювиальную равнину с одиночными невысокими холмами (сопками). Наибольшая высота над уровнем моря составляет 147 м, наименьшая – 64 м (Ганешин, 1957; Белянин, 2009).

Почвообразующими породами на большей части территории являются четвертичные красноцветные глины и суглинки мощностью от 3–5 до 40 м. По долинам рек осадки представлены более грубозернистым материалом (Литология и геохимия..., 1979). Суглинисто-глинистые осадки обладают тугопластичной консистенцией и характеризуются низкими коэффициентами фильтрации, что способствует развитию процесса глееобразования в условиях избыточного увлажнения (Росликова, 1996).

По гидрологическим условиям территория приурочена к Приханкайскому артезианскому бассейну платформенного типа, который характеризуется гидрогеологической замкнутостью, слабой естественной дренированностью, мощной толщей рыхлых пород (до 800 м и более) с большим количеством гидравлически связанных водоносных гори-зонтов и комплексов, обладающих большими напорами. На поверхности бассейна распространены глины мощностью до 25 м в пределах озерных и 2–5 м аллювиальных террас. Поверхностные глинистые отложения со слабой водопроницаемостью являются зоной формирования верховодки. Режим грунтовых вод и верховодки играют значительную роль в процессах

заболачивания территории и непосредственно связаны с характером выпадения осадков (Корляков, 1980).

Согласно геоботаническому районированию исследованная территория относится к равнинным Восточно-Ханкайскому и Сунгачинскому районам Суйфуно-Ханкайского геоботанического округа (Куренцова, 1962). Здесь на сохранившихся целинных участках широких долин растительность представлена луговыми ветниковыми и ветниково-осоковыми группировками. В замкнутых бессточных понижениях расположены травяные тростниково-осоковые болота. Суходольные злаково-разнотравные луга с отдельными видами древесной растительности занимают небольшие площади, преимущественно на дренированных участках надпойменных террас. Лесная растительность распространена фрагментарно и занимает мелкосопочные формы рельефа. Вблизи оз. Ханка на переувлажненных и заболоченных местах распространены заросли тростника, рогоза, камышей и другой болотной растительности, образующих «плавни» (Никольская, Колесников, 1953; Цибринская, 2010).

Приморский край в целом и Приханкайская низменность в частности находятся в области влияния восточноазиатских муссонов, отличительной особенностью которых является обилие летних осадков, во много раз превышающих количество зимних. Так в южной части Суйфуно-Ханкайско-Уссурийской впадины летом осадков выпадает в 10–15 раз больше, чем зимой. Годовое количество осадков в северной части Ханкайско-Уссурийской равнины составляет 600–750 мм, в южной части – 500–600 мм. Зимы преимущественно малоснежные. Неравномерное выпадение осадков в течение года и выровненный рельеф территории приводит к паводочному режиму рек в весенне-летний и летне-осенний периоды. В супераквальных зависимых ландшафтах это способствует активному заболачиванию местности.

Период со среднесуточной температурой выше 10 градусов составляет около пяти месяцев (Справочник по климату..., 1988). В летний период воздух хорошо прогревается, средняя температура в июле составляет +20 °С, в зимний период при господстве северо-западных ветров средняя температура в январе равна -21 °С. Отмечаются значительные колебания как сезонных, так и суточных температур.

Для почв в течение теплого периода года характерен режим достаточного, а зачастую и избыточного увлажнения, что благоприятно влияет на развитие древесной и лугово-болотной растительности в ущерб степным формациям, характерным для этих широт в континентальных условиях. Период иссушения почв отмечаются лишь весной при повышенной испаряемости, обусловленной господством сильных сухих ветров и повышенной температурой воздуха. В периоды переувлажнения в почве активно идут восстановительные процессы (Корляков, 1994).

Согласно почвенно-географическому районированию на исследуемой территории, относящейся к Уссурийско-Ханкайской провинция подзолисто-бурых

лесных почв и луговых подбелов Восточной буроземно-лесной области бурых и подзолисто-бурых лесных почв преобладают умеренно промерзающие луговые и лугово-болотные почвы (Добровольский, Урусевская, 2004) (табл. 1).

К сожалению, в настоящее время в России не существует единой общепризнанной классификации почв. Разные авторы используют региональную номенклатуру или авторские названия (Зимовец, 1967; Иванов, 1964; Корляков, 1994; Росликова и др., 2010), общесоюзную (Государственная почвенная карта ..., 1986; Классификация и диагностика ..., 1977) или российскую классификация почв (Классификация и диагностика ..., 2004; Полевой определитель ..., 2008). Это значительно затрудняет анализ имеющихся литературных и картографических материалов. Поскольку одной из задач работы является дополнение научно-информационной базы по инвентаризации почв России, то мы старались придерживаться названий почв согласно Единому государственному реестру почвенных ресурсов России (2014), хотя авторы настоящей статьи считают их не всегда корректными. Это связано в первую очередь с тем, что наличие процесса подзолообразования на территории юга Дальнего Востока не подтверждается (Ливеровский, Рубцова, 1956; Зимовец, 1967; Иванов, 1976; Таргульян и др., 1978). Кроме того, существует ряд почв, названия которых по данной классификации весьма условны. Систематический список почв района исследования и корреляция различных классификаций представлены в табл. 2.

Бурые лесные слабонасыщенные почвы формируются на повышенных элементах рельефа, умеренно крутых склонах холмов, занятых широколиственными лесами на рыхлых щебнистых породах. Почвы хорошо дренированы, переувлажнения не испытывают, поэтому в профиле преобладают аэробные условия. В почвах активно протекают процессы подстилко- и гумусонакопления и оглинивания за счет интенсивного внутрипочвенного выветривания при хорошем промывании почвенной толщи. В.В. Никольская (1953) указывает, что интенсивное температурное выветривание горных пород в бассейне Уссури связано с глубоким промерзанием почвы в условиях малоснежной зимы и длительным ее оттаиванием. Мощность гумусово-аккумулятивного слоя в этих почвах может достигать 25 см. В настоящий момент это один из типов почв, систематика и диагностика которого не вызывает принципиальных разногласий.

Разрез 8. Заложен к юго-западу от г. Орлиная Сопка (западнее с. Павло-Федоровка Кировского р-на Приморского края), на пасеке западнее разреза 7. Озерно-аллювиальная равнина. Верхняя часть склона сопки. Широколиственный лес (дуб, клен, липа, граб с подростом деревьев, в кустарниковом ярусе леспедеца, рододендрон). В напочвенном покрове разнотравье (осока, папоротник, купена, земляника) проективное покрытие 90%. Поверхность практически ровная. Почва бурая лесная типичная на элювиальных суглинках со щебнем и дресвой (рис. 1).

Сверху сухой опад листьев и трав мощностью до 2 см.

Таблица 1. Почвы и условия почвообразования

Название почв, мощность гумусового горизонта, см	Гранулометрический состав	Глубина залегания почвенно-грунтовых вод, см	Высота над ур. моря, м,	Рельеф	Почвообразующие породы	Растительность
Бурые лесные слабонасыщенные (до 25)	Легкосуглинистые сильнокаменистые		125	Денудационный, умеренно крутые склоны мелкоопочника	Элювиальные отложения, суглинки со щебнем и дресвой	Широколиственный лес с липой, кленом, дубом монгольским
Подзолисто-буроземные (до 20)	Тяжелосуглинистые		80–105	Денудационный, пологие склоны возвышенностей	Элювиальные отложения, суглинки и глины с галькой и гравием	Широколиственный лес с липой, кленом, дубом монгольским
Пойменные луговые (до 25)	Среднесуглинистые		75	Аккумулятивный, аллювиальная равнина, речная терраса	Аллювиальные отложения, супеси и суглинки	Разнотравно-вейниковый луг с порослевыми зарослями ивы, шиповника
Лугово-болотные (от 35 до 86)	Тяжелосуглинистые и глинистые	С 50 см	70	Аккумулятивный, аллювиальная равнина с резко выраженным микрорельефом	Озерно-аллювиальные отложения, суглинки и глины	Вейниково-разнотравный луг с порослевыми зарослями ивы, заочкачено
Иловато-болотные (20–25)	Среднесуглинистые	С поверхности	65	Аккумулятивный, аллювиальная равнина, понижения рельефа	Озерно-аллювиальные отложения, суглинки и глины	Осоковый луг со спиреей, заочкачено
Акваземы (0–20)	Тяжелосуглинистые и глинистые	С поверхности	63–65	Аккумулятивный, аллювиальная равнина,	Озерно-аллювиальные отложения, суглинки и глины	Низинные осоковые болота, заочкачено



Рис. 1. Буряя лесная типичная почва на элювиальных суглинках со щебнем и древесной

Таблица 2. Мультиклассификационная номенклатура почв

Название почв	Название на английском языке	Название в системе WRB, 2006	Название в классификации почв России	Синонимы
Бурые лесные слабобонасыщенные (буроземы слабонасыщенные)	Brown forest weakly-unsaturated	Haplic Cambisols Eutric	Буроземы типичные	Бурые лесные, буроземы типичные
Подзолисто-буроземные	Podzolised-brownzems	Umbric Albeluvisols Abruptic	Дерново-буро-подзолистые	Буро-подзолистые, лесные подбелы, бурые отбеленные, дерново-буро-подзолистые
Пойменные луговые	Alluvials meadow	Umbric Fluvisols Oxyaquic	Не отражены	Аллювиальная луговая, луговая темноцветная (атлас)
Лугово-болотные	Meadow-boggy	Haplic Gleysols Dystric	Темногумусовая глеевая	Луговая глеевая, дерново-луговая глеевая
Иловато-болотные	Bog-mud	Histic Gleysols Novic	Перегнойно-глеевые	Перегнойно-глеевые, луговые перегнойно-глеевые (атлас), аллювиально-болотные иловато-глеевые
Не отражены	Не отражены	Не отражены	Не отражены	Акваземы, почвы рисовых систем

A1 (AY) 0–24 см. Сухой, темно-серый с бурым оттенком), легкосуглинистый, комковато-порошистый, очень рыхлый, обильно пронизан корнями диаметром до 2 мм, переход резкий, граница ровная.

Bm (BM) 24–42 см. Свежий, буровато-палевый, легкосуглинистый, комковатый, рыхлый, обильно встречаются корни диаметром до 1 см, сильнокаменистый, камни диаметром до 1 см, переход постепенный.

BC 42–70 см. Свежий, ярко-бурый, легкосуглинистый, бесструктурный, рыхлый, каменистый (сильновыветрелый щебень, легко крошится в руках, дресва).

Подзолисто-буроземные почвы формируются преимущественно на повышенных элементах рельефа, на средних частях пологих склонов сопков, реже – нижних (глеватые разновидности) под пологом широколиственных смешанных лесов на суглинистых или глинистых отложениях с низкой фильтрационной способностью. Аккумулятивно-гумусовый процесс приводит к формированию гумусового слоя мощностью от 12 до 20 см. Переменный характер окислительно-восстановительного режима является причиной интенсивного протекания в этих почвах элювиального процесса. Осветление средней части профиля происходит из-за совместного воздействия процессов стяжения железа и марганца в конкреции, максимум которых отмечается в осветленном горизонте, и лессиважа при слабом гумусово-кислотном воздействии. В литературе их часто можно встретить как лесные подбелы или бурые отбеленные почвы (Зимовец, 1967; Корнблум, Зимовец, 1967; Иванов, 1976; Росликова, 1996). В текстурном слое хорошо выражено образование призматической структуры при утяжелении гранулометрического состава. По мнению В.О. Таргульяна с соавторами (1978), интенсивность внутрипочвенного выветривания в нем самая низкая в профиле. Несмотря на название почв, процесса собственно подзолообразования (обесцвечивания минеральной толщи за счет выноса соединений железа и марганца при кислотном гидролизе в условиях промывного режима) в них не наблюдается.

Разрез 5. Заложен к северо-востоку от с. Павло-Федоровка Кировского р-на Приморского края. Озерно-аллювиальная равнина. Северо-восточный пологий склон г. Одинокая, высота 80 м. Широколиственный лес (дуб, береза, орех маньчжурский, ольха, ильм, осина, подрост деревьев). В напочвенном покрове разнотравье (злаки, осоки, папоротник, бобовые, ландыш, подмаренник), проективное покрытие 90%. Поверхность ровная. Дерново-буро-подзолистая почва на тяжелых элювиальных суглинках (рис. 2).

С поверхности сухой опад листьев и трав мощностью 1–2 см.

A1 (AY) 0–18 см. Сухой, темно-серый с бурым оттенком, среднесуглинистый, ореховато-зернистый, рыхлый, обильно пронизан корнями диаметром до 3 мм, переход ясный.

A1A2n (AYelnn) 18–26 см. Сухой, палево-серый, легкосуглинистый, пылевато-слоистый, с белесой присыпкой структурных элементов, рыхлый, содержит обилие плотных мелких Fe-Mn конкреций, наблюдается обилие корней диаметром до 5 мм, переход ясный.



Рис. 2. Дерново-буро-подзолистая типичная почва на тяжелых элювиальных суглинках

Vn (BEL) 26–39 см. Сухой, светло-бурый, тяжелосуглинистый, комковатый, плотный, содержит мелкие Fe-Mn конкреции, переход постепенный.

Vt (BT) 39–56 см. Сухой, неоднородной окраски, бурый с темно-бурыми пятнами, тяжелосуглинистый, глыбистая структура распадается на призматические отдельности с хорошо выраженными многослойными глинистыми или гумусово-глинистыми кутанами, очень плотный.

BC 56–85 см. Свежий, темно-бурый, тяжелосуглинистый глыбистый, очень плотный, слитный.

Пойменные луговые почвы развиты на плоских выровненных пространствах, в поймах рек под разнотравно-вейниковой с осокой растительностью с кустарником. Развиты в условиях периодического затопления паводковыми водами или близкого залегания грунтовых вод. Для почв характерны процессы гумусонакопления, гидрогенной аккумуляции железа, оглеения. Г.И. Иванов (1959) описывает их как лугово-бурые почвы легкого грануло-метрического состава на слоистых отложениях, развитые на первой надпойменной террасе. Т.В. Афанасьева с соавторами (1979) относит их к типу аллювиальных луговых почв (подтип собственно аллювиальных луговых почв), которые развиваются на слоистых и неяснослоистых аллювиальных отложениях преимущественно суглинисто-глинистого состава. В субстантивно-генетической Классификации почв России (2004) данные почвы не нашли своего отражения.

Разрез 4. Заложен к северу от с. Лебединое Спасского р-на Приморского края. Равнина, высота 69 м. Разнотравно-вейниковый луг (вейник, осока, бобовые, хвощ) с подростом ивы, шиповника. Поверхность ровная. Озерно-аллювиальные

отложения. Пойменная луговая почва на оглеенных аллювиальных отложениях (рис. 3).

А1 (АУ) 0–24 см. До глубины 3 см. развита плотная дернина. Увлажнен, серовато-бурой окраски с многочисленными ржаво-бурыми пятнышками, по краям структурных отдельностей ржавые илистые примазки, среднесуглинистый, крупноореховатой структуры, рыхлый, обильно встречаются тонкие корни, переход заметный.

Вg 24–65 см. Увлажнен, окраска неоднородная, бурый с ярко-бурыми, темными и сизоватыми пятнами, неоднородного гранулометрического состава, тяжело-суглинистый с примесью ярко-бурой супеси, комковато-глыбистый, уплотнен, обильно встречаются неплотные Fe-Mn стяжения диаметром до 5 мм (легко режутся лопатой, оставляя мажущий след на стенке разреза) и тонкие корни, переход постепенный.

BCg 65–90 см. Влажный, окраска неоднородная, ярко-бурый с многочисленными сизыми пятнами, преимущественно супесчаный, глеевые пятна легко-суглинистые, бесструктурный, рыхлый, встречаются отдельные тонкие корни.

Лугово-болотные почвы широко распространены плоских равнинах озерных террас под вейниково-разнотравными лугами на тяжелых практически водонепроницаемых отложениях. Вертикальная фильтрация влаги в глубокие слои фактически исключается (Корляков, 1980). Подвержены длительному сезонному переувлажнению (чаще поверхностно-грунтовому) при близком уровне залегания грунтовых вод. Почвенный профиль слабодифференцирован, формируется в условиях преимущественно восстановительного глеевого гидроморфизма минеральных горизонтов средней и нижней части профиля, который ведет к активному развитию процесса оглеения. Закисные соединения железа, образующиеся при этом, являются причиной появления в глубине профиля сизых и сизо-черных тонов, при



Рис. 3. Пойменная луговая почва на оглеенных неяснослоистых аллювиальных отложениях

этом структура почв разрушается, порозность снижается. Хорошо развитая луговая растительность, интенсивный биологический круговорот, продолжительный теплый период и сухая весна стимулируют процесс гумусонакопления, который приводит к образованию мощного гумусово-аккумулятивного слоя мощностью до 70 см. Г.И. Иванов (1959) в ранних работах считал их дерново-лугово-глеевыми почвами, формирующимся под вейниково-осоковой и осоковой растительностью в понижениях первой надпойменной террасы р. Уссури, которые испытывают чрезмерное переувлажнение. Б.А. Неунылов (1961) описывал их как иловато-подзолисто-глеевые почвы плоских участков на платообразных водоразделах или на пойменных террасах в равнинной зоне и указывал, что, процессу оглеения в них способствует не только слабая дренированность грунтов, но и наличие сезонной мерзлоты, удерживающейся 6–7 месяцев в году. Г. И. Иванов (1964), Н.А. Крейда (1969), Т.В. Афанасьева с соавторами (1979), А.С. Корляков (1980), Н.В. Крапивенцев (1980) выделяют их как отдельный тип луговых глеевых почв.

Разрез 6. Заложен северо-западнее с. Павло-Федоровка Кировского р-на Приморского края, к северо-востоку от г. Орлиная Сопка. Равнина, высота 70 м. На поверхности редкий кочкарник до 30 см высотой, опад трав. Злаково-разнотравный луг, рядом колка. В напочвенном покрове – вейник, тростник, бобовые, герань, ирисы, красоднев, подрост ивы. Озерно-аллювиальные отложения тяжелого гранулометрического состава. Лугово-болотная почва на озерно-аллювиальных глинах (рис. 4).

С поверхности опад трав мощностью 1–2 см.



Рис. 4. Лугово-болотная почва на озерно-аллювиальных глинах

А (AU) 0–29 см. Задернован до глубины 8 см, увлажнен, темно-бурый, практически черный легкосуглинистый, пылевато-комковатый, очень рыхлый, обильно пронизан корнями диаметром до 7 мм, переход ясный.

АВ (AU2) 29–50 см Влажный, темно-серый, тяжелосуглинистый, комковато-слоистый, на поверхности структурных отдельностей буроватые кутаны, рыхлый, обильно встречаются тонкие корни, переход заметный, хорошо выражен по структуре.

АВg (AUg) 50–86 см. Мокрый, практически черный с редкими ржавыми вкраплениями, глинистый, мелко икрянистый, уплотнен, липкий, отдельные корни, обильно Fe-Mn конкреции, переход резкий, граница неровная.

СG 86–110 см. Сырой, сизый с бурыми и черными пятнами, глинистый, глыбистый, рыхлый, липкий.

Разрез 12. Заложен к северо-западу от с. Прохоры Спасского р-на Приморского края. Равнина, высота 70 м. Полынно-осоковый мокрый луг. Поверхность слегка заочкарена, между отдельными кочками вода с поверхности. Лугово-болотная почва на озерно-аллювиальных глинах.

Сверху опад трав мощностью 1–2 см, влажный.

А (AU) 0–11 см. Задернован до глубины 7 см. Влажный, темно-серый, почти черный, среднесуглинистый, комковато-зернистый, плотный, липкий, обильно тонкие корни, единично корни диаметром до 5 мм, переход резкий по структуре, граница ровная.

АВ (AU2) 11–35 см. Влажный, темно-серый, почти черный, среднесуглинистый, твoroжисто-икрянистый, плотный, липкий, обильно встречаются тонкие корни, переход резкий по структуре, граница ровная.

Вg 35–60 см. Мокрый, с глубины 35 см сочится вода, темно-серый с ржавыми примазками, тяжелосуглинистый, зернисто-комковатый, плотный, липкий, встречаются тонкие корни, переход резкий.

G 60–75 см. Влажный, сизый с многочисленными ржавыми стяжениями (10YR 3/4), глинистый, бесструктурный, плотный, встречаются отдельные тонкие корни, переход заметный.

СG 75–95 см. Влажный, бурый с сизыми пятнами, глинистый, бесструктурный, пластичный, очень плотный.

Иловато-болотные почвы. Развиты в поймах рек в неглубоких понижениях рельефа на аллювиальных отложениях тяжелого гранулометрического состава под болотной растительностью, иногда под ивняками и спиреей. Испытывают постоянное пере-увлажнение. В почвах активно протекают процессы болотный (сочетание накопления органического вещества и оглеения) и аллювиальный (заиление профиля в периоды затопления). Для них характерно наличие мажущегося черного перегнойного слоя, который сменяется глеевым горизонтом.

Восстановительный глеевый гидроморфизм минеральных горизонтов наблюдается по всему профилю. При вскрытии отмечается запах сероводорода. В Классификации почв СССР (1977) указаны как лугово-болотные перегнойные

почвы, подтип лугово-болотных почв. Г.И. Иванов (1964) выделяет их как лугово-болотные иловато-глеевые почвы пониженных бессточных участков под сырыми и мокрыми вейниково-осоковыми и осоковыми лугами постоянного избыточного переувлажнения, которые высыхают лишь в случае очень засушливых периодов. Н.М. Костенков (1976) и А.С. Тур с соавторами (1985) рассматривают их как перегнойно-глеевые.

Разрез 9. Заложен западнее с. Павло-Федоровка Кировского р-на Приморского края в долине р. Шмаковки к юго-западу от г. Орлиная Сопка, рядом с заброшенной рисовой системой. Равнина, высота 65 м. Осоковый мокрый луг, спирея, ива. Иловато-болотная на тяжелых аллювиальных отложениях (рис. 5).

С поверхности слой (до 3 см) неразложившихся и слаборазложившихся влажных растительных остатков.

А (Н) 0–28 см. Влажный, перегнойный, темно-бурый, почти черный, среднесуглинистый, бесструктурный, мажет, очень рыхлый, обильно пронизан корнями, переход резкий.

Вg 28–47 см. Сырой, неоднородной окраски, на буром фоне сизые и ржавые пятна, глинистый, комковато-глыбистый, уплотнен, обильно встречаются тонкие корни, переход постепенный

G 47–70 см. Сырой, сизый с обилием ржавых пятен, глинистый, ореховато-призматический, рыхлый.

Разрез 10. Заложен в долине р. Шмаковки юго-западу от г. Орлиная Сопка (западнее с. Павло-Федоровка Кировского р-на Приморского края), 20 м от разреза 9. Осоковый мокрый луг. Иловато-болотная на тяжелых аллювиальных отложениях.



Рис. 5. Иловато-болотная почва на тяжелых аллювиальных отложениях

С поверхности очес неразложившихся трав, мокрый, бурый, рыхлый, мощностью до 14 см.

A1 (H) 0–19 см. Сырой, темно-бурый, почти черный, среднесуглинистый, бесструктурный, перегнойный, мажет, очень рыхлый, обильно пронизан корнями, переход резкий.

G 19–60 см. Мокрый, сизый с обилием ржавых пятен, глинистый, бесструктурный, рыхлый.

Разрез 1. Заложен к западу от с. Новосельское Спасского р-на Приморского края на берегу оз. Ханка в 15 м от кромки воды, периодически заливается водой на длительный срок. Равнина, высота 74 м. Край плавней. Низинное болото. Изреженная травянистая растительность, тростник, осока, гигрофильные травы (проективное покрытие до 20%). Озерно-аллювиальные отложения. Запах сероводорода по всему профилю. Профиль полициклический. Иловато-болотная нарушенная почва на аллювиальных отложениях (рис. 6) (перегнойно-глеевая иловато-перегнойная стратифицированная по (Классификация..., 2004)).

AG ([AG] aq) 0–12 см. Сырой, неоднородной окраски, сильно пятнистый: на темно-сером фоне обильно крупные сизые, ржавые и темно-бурые пятна, песчаный с глинистыми линзами, бесструктурный, очень рыхлый, содержит обильно корни, отмершие стебли растений, переход заметный.

BG ([BG] aq) 12–22 см. Мокрый, сочится вода с 20 см, неоднородной окраски, сильно пятнистый: буро-серый с сизыми и черными крупными линзами, смесь суглинка и глинистых линз, бесструктурный, рыхлый, содержит много корней и органических остатков разной степени разложения.



Рис. 6. Иловато-болотная на аллювиальных отложениях нарушенная почва

AG погр ([HG] aq) 22–40 см. Мокрый, черный, перегнойный с крупными сизыми пятнами глинистого состава, бесструктурный, уплотнен, переход резкий.

CG ([CG] aq) 40–60 см. Мокрый, неоднородной окраски, сильно пятнистый: коричнево-бурый с крупными сизыми пятнами, супесчаный, бесструктурный, рыхлый.

Акваземы развиты в условиях постоянного затопления под осоковыми болотами, на месте заброшенных рисовых систем, под плавнями на породах тяжелого гранулометрического состава (рис. 7). В большинстве классификаций не выделяются, хотя отдельные авторы используют этот термин для почв рисовых систем (Росликова и др., 2010).



Рис. 7. Осоковое болото на месте заброшенных рисовых чеков

В.А. Серышев (2017) относит подобные затопленные почвы к аквалитоземам минерально-гумусовым сульфидным. При организации заповедника часть мелиоративных систем была выведена из сельскохозяйственного использования, на них начался процесс самозарастания и возобновления естественной растительности. При подъеме уровня оз. Ханка эта территория оказалась затопленной. В почвах установились устойчивые восстановительные условия, при отборе образцов присутствует запах сероводорода. Вследствие нарушения естественного окислительно-восстановительного режима данных почв в результате человеческой деятельности в почвах хорошо выражено уплотнение поверхностного слоя, нарушение структуры, сильное оглеение.

Разрез 2. Заложен к северу от с. Новосельское Спасского р-на Приморского края. Равнина, высота 70 м. Осоково-вейниковое болото. Кочкарник. Вода с поверхности. Озерно-аллювиальные отложения. Аквазем залежный.

На поверхности стой слабоизмененных растительных остатков (стебли, корни, корневища) мощностью до 3 см.

AG (HG) 0–30 см. Мокрый, окраска неоднородная: серо-сизый с большим количеством черных пятен, тяжелосуглинистый, бесструктурный, уплотнен.

Разрез 15. Заложен к юго-западу от с. Новосельское Спасского р-на Приморского края. Равнина, высота 66 м. Залитый водой участок под болотной осоковой растительностью. Отобрано буром. Аквазем залежный.

A1 (AU) 0–10 см. Мокрый, темно-серый, почти черный, среднесуглинистый, бесструктурный, содержит неразложившиеся растительные остатки.

BG 10–25 см. Мокрый, буро-сизый, глинистый, бесструктурный.

Таким образом, в почвенном покрове участков «Журавлиный» и «Чертово болото» преобладают почвы гидроморфного ряда, как естественные, так и нарушенные в результате антропогенной деятельности. Поскольку вопросы систематики и диагностики почв все еще остаются во многом дискуссионными, а существующие классификации не учитывают многие особенности почвообразования на Дальнем Востоке, в настоящее время крайне сложно дать названия целому ряду почв по какой-либо единой существующей схеме. На территории заповедника выявлены почвы, которые либо не учтены, либо весьма условно могут быть внесены в современные систематические списки.

Основные черты почвенного покрова заповедника обусловлены комплексом элементарных почвообразовательных процессов, среди которых преобладают аккумулятивно-гумусовый, оглеения, выщелачивания, отбеливания, оглинивания. Для уточнения генетических особенностей почв необходимы дальнейшие исследования.

ОСНОВНЫЕ ПОЧВЫ ВОДНО-БОЛОТНЫХ УГОДИЙ ПРИМОРЬЯ
(НА ПРИМЕРЕ ЗАПОВЕДНИКА «ХАНКАЙСКИЙ»)

THE MAIN WETLAND SOILS OF PRIMORYE
(ON THE "KHANKAISKY" NATURE RESERVE EXAMPLE)

О.М. Голодная, Е.А. Жарикова

O.M. Golodnaya, E.A. Zharikova

Согласно положению Рамсарской конвенции (1971) водно-болотные угодья определяются как «районы болот, фендов, торфяных угодий или водоёмов – естественных или искусственных, постоянных или временных, стоячих или проточных, пресных, солоноватых или солёных, включая морские акватории, глубина которых при отливе не превышает шести метров». Заболоченные территории представляют собой различные переувлажненные, полузатопленные и затопленные участки суши (поймы и дельты рек, болотистые низины, торфяники и болота и др.). Водно-болотные угодья (ВБУ) являются важнейшими природными комплексами, средой обитания для земноводных и водных представителей фауны.

Роль ВБУ чрезвычайно велика с точки зрения природных и социально-экономических аспектов. Они выполняют ряд экологических функций: накапливают и хранят пресную воду, регулируют поверхностный и подземный сток, поддерживают уровень грунтовых вод, аккумулируя загрязняющие вещества, очищают воды, возвращают в атмосферу кислород и накапливают углерод, сдерживают эрозию. Являясь средой обитания многих растений и животных, водно-болотные угодья поддерживают биологическое разнообразие и представляют собой эталоны специфических экосистем в различных природных зонах.

Являясь источником воды, ВБУ влияют на продуктивность сельскохозяйственных угодий, имеют значительный потенциал для рекреации и туризма. Но вовлечение ВБУ в хозяйственную деятельность представляет угрозу разрушения их уязвимых экосистем, поэтому меры по сохранению отдельных ВБУ должны увязываться с природоохранными мероприятиями в пределах всего бассейна стока.

Водно-болотные угодья и их биологическое разнообразие являются объектом специальной охраны на международном уровне в рамках «Международной конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц» (Рамсарская конвенция, 1971). В рамках конвенции создан Список водно-болотных угодий международного значения, находящихся под особой охраной. Данный документ предполагает реализовывать принцип разумного природопользования на всех ВБУ без исключения. Водно-болотное угодье международного значения представляет собой территорию или акваторию особого природопользования, управление и охрана которой направлены на сохранение водно-болотных экосистем путем регламентации различных видов природопользования. На них организуются

особо охраняемые природные территории различного статуса. Для внесения ВБУ в список Конвенции были сформулированы критерии (Водно-болотные ..., 2000).

Конвенция основывается на экосистемном подходе и нацелена не только на сохранение водоплавающих птиц, но и на признание водно-болотных угодий экосистемами, имеющими исключительно важное значение для сохранения биологического разнообразия и благосостояния человека. В этом и состоит ее огромная значимость в сфере сохранения живой природы.

Выполняя обязательства по Рамсарской конвенции о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение, Правительство Российской Федерации в 1994 г. провозгласило 35 водно-болотных угодий общей площадью 10,7 млн га объектами международного значения. К водно-болотным угодьям, имеющим международное значение, природные комплексы которого находятся под защитой конвенции, относится государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский».

Озеро Ханка было признано первым на Российском Дальнем Востоке (РДВ) водно-болотным объектом международного значения. ВБУ на территории РДВ представлены болотами более чем на 80 % площади, а на юге Дальнего Востока – на 86 %. Общая площадь ВБУ в Приморском крае составляет около 1214 тыс. га, т.е 7,4 % площади края (Геосистемы ..., 2010). Водно-болотные комплексы являются национальным достоянием, а часть ВБУ находится под особой охраной и относится к землям особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Таким образом, охрана объектов, попадающих под юрисдикцию Рамсарской конвенции, является приоритетом природопользования.

Согласно национальной экологической доктрине России сохранение и восстановление природных систем, улучшение окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов являются приоритетными направлениями деятельности государства и общества. Природная среда является ценнейший компонент национального достояния. Ценность экологических ресурсов рассматривается как важнейший показатель развития страны и ее регионов. Охрана окружающей среды и природных ресурсов может быть эффективной только, если рассматривать составляющие природных комплексов как единое целое, взаимосвязанное друг с другом. Одним из эффективных методов сохранения биологического разнообразия является развитие сети особо охраняемых природных территорий. Согласно существующим концепциям, формирование системы ООПТ является необходимым условием обеспечения устойчивого развития территории. Система ООПТ помогает поддерживать общий и региональный природные балансы, сохранять природно-ресурсный потенциал, а также несет культурную и эстетическую нагрузку (рис. 1).

Общая площадь ООПТ Приморского края составляет 2,306 млн га, что составляет 14 % от его территории. В пределах Приморского края в настоящее время действует 6 заповедников, общая площадь которых составляет 621 тыс. га (без акватории), что составляет 3,77 % площади субъекта (Костенков и др., 2013).



Рис. 1. Хатка ондатры (*Ondatra zibethica*) в плавнях участка «Журавлиный»

Почвенный покров заповедников является одним из компонентов охраняемого ландшафта, однако в отличие от растительного и животного мира изучен недостаточно, сведения о нем ограничиваются в большинстве случаев материалами географических исследований (Почвы заповедников ..., 2012). На Дальнем Востоке имеются только отдельные работы с морфологическим описанием почв и их краткой характеристикой (Костенков и др., 2016; Жарикова, Голодная, 2020). Систематизации материалов по почвенному покрову заповедников региона практически не проводилось (Голодная, 2019). Поэтому инвентаризация почв заповедников является в настоящее время актуальной и необходимой, особенно с учетом того, что территории ООПТ, по своей сути, являются основной базой сохранения природного разнообразия и своеобразия почв региона.

Объектом исследований являются почвы Ханкайского заповедника, поскольку только его территория приурочена к пониженным плоским формам рельефа (подчиненные ландшафты) – позднечетвертичным террасам оз. Ханка и первым надпойменным террасам речных долин. Согласно разработанным научным концепциям, заповедные территории должны быть представлены естественными вариантами наиболее распространенных, типичных для данного региона экосистем с соответствующими почвами, которые являлись бы эталонами – объектами мониторинга и образцами для сравнения с антропогенно преобразованными аналогами (Добровольский и др., 2006). Оценка полноты представительности почвенного покрова природных комплексов заповедника по отношению к однородным по природным характеристикам территориям выполнена на основе схемы почвенно-географического районирования Приморского края (Ознобихин

и др., 1995). Методика предполагает определение границ территории заповедника, переносу их на Почвенную карту масштаба 1:500 000 (Почвенная карта ..., 1983), подсчету площадей почвенных выделов. При исследовании учитывались типичность, то есть наибольшая встречаемость данной почвы на рассматриваемой территории и репрезентативность – отражение почвенного разнообразия заповедной территории основным природным комплексам Уссурийско-Ханкайской равнины. Названия почв приведены согласно Единому государственному реестру почвенных ресурсов России, утвержденному Минсельхозом России (29.10.2013) с указанием синонимов (Почвенная карта ..., 1983) (табл.).

Таблица. Основные типы почв водно-болотных угодий

Название почв	
Единый государственный реестр почвенных ресурсов России	Почвенная карта Приморского края М 1:500 000
Лугово-болотные	Луговые глеевые типичные, отбеленные, оподзоленные, осолоделые
Пойменные заболоченные	Дерново- и дерново-торфянисто-иловато глеевые
Иловато-болотные	Торфянисто-перегнойно- и торфяно-глеевые
Пойменные луговые	Дерново-пойменные, задернованные иловато-глеевые, задернованные грубоскелетные
Пойменные кислые	Задернованные слоисто-пойменные, остаточно-пойменные, луговые и болотные

Заповедник расположен в северо-западной части Уссурийско-Ханкайской низменности на побережье оз. Ханка. Общая площадь Ханкайского заповедника составляет 39 289 га, при этом охранный зона занимает 75 510 га. Из общей площади заповедника на акваторию приходится 5 950 га, болота – 26 028 га, луга – 5 558 га; лес и кустарник – 554 га, прочие места – 99 га (Берсенева, 2017).

Территория заповедника состоит из пяти отдельных участков («Сосновый», «Мельгуновский», «Речной», «Журавлиный», «Чертово Болото»), которые расположены на южном, восточном и западном побережье оз. Ханка, а также захватывают верховья и среднее течение р. Сунгача (Жарикова, Голодная, 2020). Близость оз. Ханка и его циклический ход уровней создают своеобразный гидрологический режим земель массива. При подъеме уровней озера тысячи гектар территории находятся в затопленном состоянии.

Согласно схеме районирования болот юга РДВ территория относится к Приханкайскому району зоны евтрофных травяных болот лесостепи (Геосистемы ..., 2010). Болота и заболоченные земли играют существенную роль в подчиненных ландшафтах, распространенных на пониженных формах рельефа Уссурийско-Ханкайской равнины. На побережье оз. Ханка преобладают равнинные

озерно-аллювиальные ландшафты на озерно-аллювиальных или аллювиальных глинах, суглинках, песках с гравием и галькой с вейниково-осоковыми лугами. Основными элементами ландшафта территории являются сырые травяные луга, болота, плавни (Старожилов, 2009).

Более 90 % общей площади заповедника приходится на равнины, сложенные аллювиальными и озерно-аллювиальными тяжелосуглинистыми и глинистыми отложениями под луговыми и лугово-болотными фитоценозами. На большей части заповедника расположены болота (почти 70 % территории), которые подразделяются на крупнотравные, вейниково-осоковые, осоковые и пушицево-осоковые. Суходольные луга занимают небольшие площади, преимущественно на дренированных участках надпойменных террас. Среди лугов выделяют вейниковые, лангсдорфо-вейниковые, злаково-разнотравные и вейниково-разнотравные. Невысокие сопки под широколиственными лесами занимают менее 1 % площади заповедника.

Территория характеризуется слабой расчлененностью рельефа, хорошо выраженным мезо- и микрорельефом, что обуславливает различную степень обводненности поверхности, большую мозаичность и комплексность почвенного покрова. Его основные черты обусловлены комплексом элементарных почвообразовательных процессов, среди которых преобладают аккумулятивно-гумусовый, торфонакопления и оглеения. На слабо дренированных избыточно увлажненных участках (ландшафты затрудненного водообмена) заповедника, особенно на низких речных и озерных террасах, развиты лугово-болотные, иловато-болотные и



Рис. 2. Вейниково-осоковый мокрый луг

пойменные заболоченные почвы. Почвы ландшафтов свободного водообмена представлены пойменными почвами различного гранулометрического состава.

Согласно почвенно-географическому районированию Приморского края (Ознобихин и др., 1995) исследуемая территория расположена в границах Приханкайско-Сунгачинский плоскоравнинного округа Приханкайской равнинной почвенной провинции.

Округ охватывает три почвенных района: Комиссаровский дельтовый, Южно-Ханкайский приозерный и Усури-Сунгачинский приозерно-долинный.

Комиссаровский дельтовый район, куда входит территория заповедника участка «Сосновый», охватывает дельту р. Комиссаровка, где формируются лугово-болотные (преимущественно луговые глеевые почвы), а по релкам – бурые лесные.

Южно-Ханкайский приозерный район (участки заповедника «Мельгуновский», «Речной», «Журавлиный», частично «Чертово болото») располагается на низких плоских террасах оз. Ханка. Усури-Сунгачинский приозерно-долинный комплекс (частично участок заповедника «Чертово болото») располагается в междуречье рек Сунгача и Усури на плоских озерно-речных террасах. Почвенный покров участков составляет лугово-болотные, иловато-болотные почвы и пойменные почвы. На высоких террасах небольшие массивы занимают подзолисто-буроземные почвы

Данные о преобладающих почвах и занимаемых ими площадях (в процентах от площади заповедника), рассчитанные на основе картографической информации, представлены в диаграмме (рис. 4). Наиболее широко на исследуемой территории распространены лугово-болотные почвы – около 39 % площади, пойменные заболоченные занимают 33 %, на иловато-болотные почвы приходится 18 % площади заповедника, около 10 % занимают пойменные луговые и пойменные кислые почвы.

Систематизация и анализ материалов по почвенному покрову бассейна оз. Ханка показали, что почвенный покров Ханкайского заповедника является достаточно представительным и отражает разнообразие почвенного покрова ланд-



Рис. 3. Лугово-болотная почва в долине р. Мельгуновка

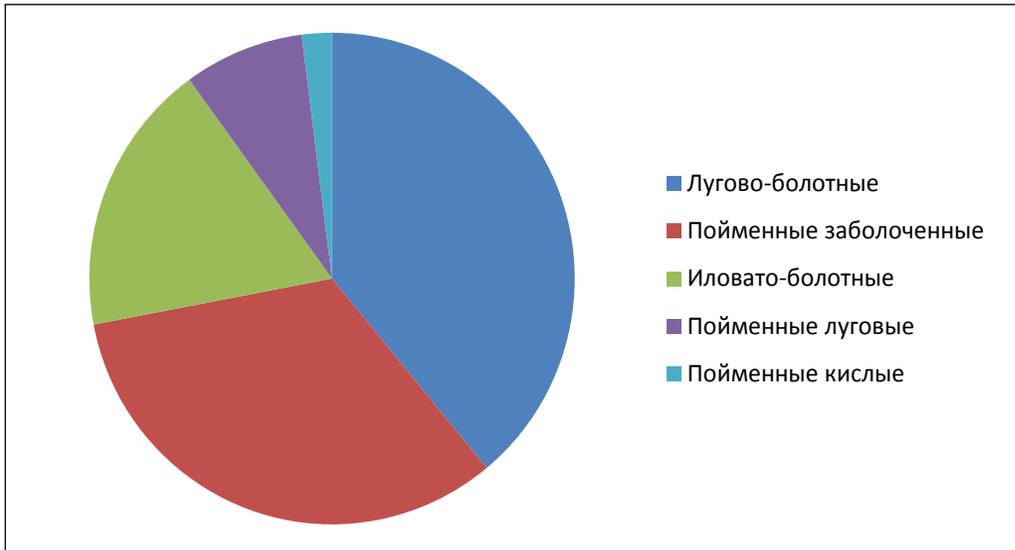


Рис. 4. Состав почв водно-болотных угодий Ханкайского заповедника (% от площади)

шафтов равнинных территорий Приморского края, пониженные формы рельефа которых занимают водно-болотные экосистемы. Следует отметить, что отдельные типы почв (бурые лесные, подзолисто-буроземные и др.) занимают небольшие по площади ареалы и не выделяются на почвенной карте масштаба 1:500 000. Использование более крупномасштабного картографического материала позволит показать такие почвы на заповедной территории.

ЭРОЗИОННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ БАССЕЙНА ОЗ. ХАНКА

EROSION STATE OF SOILS IN THE KHANKA LAKE BASIN

О.М. Голодная, В.И. Ознобихин

O.M. Golodnaya, V.I. Oznobikhin

Среди неблагоприятных явлений как природных, так и антропогенных, эрозия почв имеет большое распространение на территории Приморского края. Эрозионным процессам в характеристике любой территории придается большое значение. Они важны для моделирования как в гидрологии всего бассейна в целом и отдельных его частей (Старожилов, Ознобихин, 2016) так и устойчивости земледелия на его территории (Дербенцева, Ивлев, 1986). Почвы региона отличаются высокой эрозионной уязвимостью. Значительная расчлененность рельефа, слабая противоэрозионная устойчивость почв, ливневых характер выпадения осадков, расположение сельхозугодий, в большинстве случаев, на склонах привели к активному развитию эрозионных процессов при распашке почв в регионе. В целом по Приморскому краю зафиксированы площади земель, подверженные негативному воздействию (по состоянию на 01.01.2011 г.) (Доклад об экологической ситуации ..., 2019):

водная эрозия – 587,6 тыс. га (в 2009 г. – 277,7 тыс. га);

ветровая эрозия – 32,12 тыс. га (в 2009 году – 277,7 тыс. га);

подтопление и переувлажнение – 642,7 (в 2009 году – 575,8 тыс. га).

Наиболее сильно подвержены разным формам эрозии сельскохозяйственные угодья.

В результате эрозионных процессов происходит снижение плодородия почв и падение урожайности возделываемых культур. Преобладание интенсивных ливневых дождей (особенно в летне-осенний период), мезорельефа с уклоном более 2 °С, слабая водопроницаемость подпахотных горизонтов почв (тяжелосуглинистый гранулометрический состав) способствует интенсивному формированию нагорного стока. Нагорный сток вызывает разрушение почвы струями и потоками дождевых и ливневых вод. При этом происходит смыв и размыв почвы, образование промоин. Интенсивное развитие эрозионных процессов может приводить к образованию овражной сети, что препятствует обработке почвы, а в более критических ситуациях – к выводу сельскохозяйственных угодий из оборота. Нарушение или отсутствие растительного покрова является одной из предпосылок образования очагов эрозии.

Общая картина проявления эрозии почв подробно изучена для условий южного Сихоте-Алиня (Дербенцева и др., 1982). На основе представлений об эрозионных процессах в распространенных на данной территории ландшафтах (Дербенцева, Ивлев, 1986) и были разработаны общие рекомендации по организации противоэрозионных мероприятий (Дербенцева, Ивлев, 1981). Затем, и сами рекомендации по проектированию (Дербенцева, Ознобихин, 1983). Однако, изу-

чены эти процессы недостаточно полно. Определенный интерес представляет характеристика общего эрозионного состояния территории бассейна оз. Ханка, где расположены наибольшие площади сельскохозяйственных угодий. Целью исследований является характеристика эрозионного состояния территории бассейна. Задача заключалась в определении объемов распространения различных видов проявления эрозии в разрезе муниципальных районов.

В основу методики положен сплошной учет нарушений по планам землеустройства сельскохозяйственных предприятий, топографическим картам масштаба 1 : 25 000, по цветным аэрофотоснимкам примерно того же масштаба и результаты площадного полевого обследования с замерами объемов проявления процессов эрозии и описанием морфометрических данных (Ивлев, Дербенцева, 1990; Ознобихин, Дербенцева, 1973). Учет проводился в пределах сельскохозяйственных округов (территорий дореформенных колхозов или совхозов). Эти данные обобщены и положены в основу данного сообщения. Выявленные эрозионные процессы представлены в таблице 1.

Они по территории бассейна снижают плодородие почв и составляют вещественную основу для твердого стока, заиляющего естественные водотоки бассейна и само озеро. Ниже приводится краткая характеристика эрозионных процессов.

Смыв сплошной (поверхностная эрозия) – наиболее широко распространенное явление. Обусловлен он тем, что атмосферные осадки (даже малой интенсивности, но затяжные, длительно выпадающие) на тяжелосуглинистую и глинистую почвы, диспергируют почвенную массу и насыщают её водой до состояния текучести. При продолжительных дождях или повторном выпадении осадков на уже определенный слой ещё более разжиженного почвенного слоя в виде размокшей массы перемещается вниз по склону. Наблюдается сравнительно равномерный сплошной смыв почвы.

Таблица 1. Основные виды эрозионных процессов в бассейне оз. Ханка

№	Виды эрозионных процессов	Морфометрическая характеристика элементов, см	
		Глубина	Ширина
1	Смыв сплошной	1–5	любая
2	Смыв струйчатый	1–5	1–20
3	Размыв, промоины заравниваемые	5–15	20–40
4	Размыв, промоины незаравниваемые	15–50	40–100
5	Овражная эрозия	50–300	100–500
6	Речная береговая	1–500	50–500
7	Паводочные размывы заравниваемые	5–15	20–40
8	Паводочные размывы незаравниваемые	15–50	40–100
9	Ирригационная (рисовые системы)	1–5	500–5 000
10	Мелиоративная (осушительные системы)	1–5	500–5 000
11	Дефляция (ветровая эрозия)	5–15	500–5 000

Смыв струйчатый формируется в аналогичных условиях, но при наличии микрорельефа на поверхности участка, по которому выпадающие осадки стекают струйками. По пути движения их осуществляются эрозионные процессы в виде мелких размывостей глубиной до 5 см.

Размыв в виде промоин заравниваемых являются следующей стадией струйчатого смыва. При более длинном склоне струйки объединяются в ручей и формируют направленным потоком струи промоины глубиной до 15 см, которые можно заравнять при вспашке поля.

Размывы, как промоины незаравниваемые, проявляются при более мощных потоках воды, формирующих более глубокие и широкие промоины, исключаящие вспашку поля, что приводит к необходимости выравнивания поверхности поля (проводить планировку) перед пахотой для заравнивания размывов.

Овражная эрозия наиболее вредоносный вид, который полностью разрушает почвенный покров. Она исключает из использования в сельском хозяйстве обширные территории, расчлняя значительные массивы земель на мелкие участки, усложняющие их конфигурацию и обработку почв, разрушающих полевые дороги. Глубокие размывы территории способствуют выносу массы рыхлого материала и заносу им нижележащих сельхозугодий, обширному отложению мелкозёма в существующих водных объектах. При размывах снижается уровень грунтовых вод. Оврагообразование протекает как реакция при активном нарушении естественного растительного и почвенного покрова в условиях расчлененного рельефа и при ливневом характере выпадения атмосферных осадков (Дербенцева, Ознобихин, 1978; Ивлев, Дербенцева, 1990).

Речная береговая эрозия связана с деятельностью русловых процессов, подмывающих и обрушивающих берег.

Паводочные размывы заравниваемые. Прохождение паводка по днищу долины приводит к затоплению. При быстром схождении паводка наблюдаются размывы. Если это не препятствует последующей вспашке, то участок относится к участкам с размывом паводочным и заравниваемым.

Паводочные размывы незаравниваемые. Такая же ситуация, как в предыдущем случае, но вспашка невозможна из-за глубоких и широких размывов.

Ирригационная эрозия (характерна для рисовых систем) возникает в период первоначального затопления чеков, когда форсируется подача воды по оросительной сети. В период такого агротехнического мероприятия происходит взмучивание верхней части почвы, взбалтываемой до суспензии в воде, с последующим осаждением на поверхности чеков тонкой поверхностной илистой прослойки. Кроме того, в ранневесенний период наблюдается «волнобой» – разрушение валиков чеков в нижней части, под воздействием сильных ветров. Всё это объединяется под общим названием ирригационная эрозия.

Мелиоративная эрозия проявляется на осушительных и оросительных системах. Выражается она в разрушении, растрескивании стенок земляных сбросных, транспортирующих и магистральных каналов под влиянием ранневесеннего оттаивания и разрыхления замерзших стенок откосов и последующего размыва

при стекании по ним сбросных вод. Это приводит к заилению каналов и выходу их из строя, интенсивному выносу почвенного мелкозема в существующую гидрографическую сеть и в озеро.

Дефляция (ветровая эрозия) – заключается в выдувании верхнего плодородного слоя и переотложения его в заветренных местоположениях. Проявляется она в весенний период, когда с территории Китая и Монголии проникают сухие ветры скоростью 15–25 м/сек.

Все эти виды эрозии в различных соотношениях проявляются в пределах тех типов местности (Дербенцева, Ознобихин, 1978), которые имеют место в бассейне озера (табл. 2).

Определённый интерес представляет состояние эрозионных процессов, прежде всего на сельскохозяйственных землях. Результаты учета в пределах административных районов и в целом по бассейну сведены в таблицу 3. В таблице 3–3а приводятся данные фактического количества эрозионных очагов разного вида (штук на всю площадь сельскохозяйственных угодий района): поверхностного смыва в виде сплошного и струйчатого, размывов в виде промоин как заравниваемых, так и незаравниваемых, оврагов. Ирригационная и мелиоративная эрозии в связи с трудностями их учета оценены только качественно, по степени развития процессов. Как выяснилось при обследовании, распространение этих видов эрозии связано с продолжительностью эксплуатации ирригационных рисовых и осушительных мелиоративных систем. Со сроками связано длительность воздействия неблагоприятных факторов – термического выветривания откосов каналов и последующей их эрозии.

Ирригационная и мелиоративная эрозия наиболее ярко выражены в Хорольском и Спасском районах, где мелиоративные мероприятия проводились давно и обстоятельно. Наибольшее количество очагов по району сплошных и струйчатых смывов, заравниваемых и не заравниваемых промоин, овражных очагов отмечается в Хорольском и Михайловском районах – по 5714 и 4085 штук на площадь сельскохозяйственных угодий района (табл. 3а). Это связано с тем, что большая часть полей севооборотов в этих районах приурочена к склоновым местоположениям, соответственно, мелкосопочного и холмисто-увалистого рельефа, на которых последовательно развиваются все виды эрозионных форм. Расчеты структуры видов эрозионных очагов в пределах каждого административного района (табл. 3б) подтверждают такую вышеописанную группировку их в бассейне оз. Ханка. Так, в Хорольском районе сосредоточено 38 % очагов струйчатого, 23 % – заравниваемых промоин, 13 % – незаравниваемых и около 23 % – оврагов (табл. 3б). В Михайловском районе, соответственно по видам, соотношение близкое, за исключением овражных очагов и составляет 43 %, 25 %, 15 % и 14 % соответственно. На сплошной поверхностный смыв приходится небольшие площади сельскохозяйственных земель – до 4 % по всем районам. Эти районы относятся к первой группе – наиболее пораженных эрозией. Вторую группу составляют районы Пограничный, Черниговский и Спасский, где виды эрозии по их относительной величине распределя-

Таблица 2. Эрозионная оценка типов местности

Типы местности	Степень развития эрозионных процессов						
	плоскостная	овражная	ветровая	речная	паводочная	ирригационная	мелиоративная
Группа горно-долинные							
Пойменный днищ горных рек	0	II	0	V	V	0	0
Надпойменно-террасовый	III	III	0	IV	V	0	I
Высокосклоновый расчленённый	IV	IV	I	0	0	0	II
Средне- и низкосклоновый	V	V	0	0	0	0	III
Вершинно-водораздельный	V	V	0	0	0	0	III
Группа предгорно-долинные и предгорные							
Вершин плато	II	IV	IV	I	0	0	0
Склоновый низкогорный и плато	V	IV	IV	0	0	0	0
Пойменный дренированный	0	0	I	IV	IV	0	0
Надпойменно-террасовый	III	IV	III	I	0	III	IV
Мелкосопочный останцовый	V	V	I	0	0	0	IV
Группа пологие, высокие увалистые, пологоволнистые равнины							
Пойменный равнинный дренированный	0	I	III	V	V	0	II
Пойменный равнинный заболоченный	0	0	II	IV	IV	II	III
Дельтовый	0	0	III	V	V	0	IV
Надпойменный равнинный	II	II	IV	IV	V	II	III
Плакорноравнинный переувлажненный	III	IV	IV	0	II	II	IV
Плакорноравнинный умеренно-увлажненный	III	IV	IV	0	III	II	III
Плакорноравнинный дренированный	IV	V	IV	0	I	III	II

Примечание: степень развития эрозии: V – очень сильная, IV – сильная, III – умеренная, II – слабая, I – потенциальная, 0 – отсутствует.

ются следующим образом: струйчатый смыв – 40–43 %, заравниваемые размывы – 20–32 %, незаравниваемые – 5–12 %, овраги – 15–23 %. В третью группу наиболее благополучных районов по проявлению эрозионных процессов входит лишь один – Ханкайский район. Расчет относительного количества видов эрозионных очагов по районам от общего количества по бассейну в целом также подтверждает степень проявления эрозионных процессов, где максимальное количество очагов всех видов приходится на Хорольский район, а минимальное на Ханкайский.

Таблица 3. Эрозионные процессы на сельскохозяйственных землях бассейна оз. Ханка

Административный район	Очаги проявления эрозии, шт. на площадь сельскохозяйственных угодий						
	Ирригационная и мелиоративная	Поверхностный смыв		Размылов в виде промоин		Овраги	Всего очагов по району
		сплошной	струйчатый	заравниваемый	незаравниваемый		
3а. Фактическое количество эрозионных очагов, шт.							
Пограничный		145	1688	955	186	898	3872 749749
Ханкайский		53	398	512	218	231	1412
Хорольский		156	2178	1302	729	1349	5714
Черниговский		128	1362	1093	295	501	3379
Михайловский		117	1767	1011	601	589	4085
Спасский		122	1413	641	395	699	3270
Итого по бассейну		721	8806	5514	2424	4267	21732
3б. Относительное количество (структура) видов эрозионных очагов по районам, %							
Пограничный	-	4	43	25	5	23	100
Ханкайский	-	4	28	36	16	16	100
Хорольский	-	3	38	23	13	23	100
Черниговский	-	4	40	32	9	15	100
Михайловский	-	3	43	25	15	14	100
Спасский	-	4	43	20	12	21	100
Итого по бассейну	-	4	40	25	11	20	100
3в. Относительное количество видов эрозионных очагов по районам от общего количества по бассейну, %							
Пограничный	-	23	21	20	10	23	20
Ханкайский	-	4	3	6	7	4	4
Хорольский	-	22	25	24	30	31	26
Черниговский	-	18	15	20	12	12	16
Михайловский	-	16	20	18	25	14	19
Спасский	-	17	16	12	16	16	15
Итого по бассейну	-	100	100	100	100	100	100

Примечание: степень ирригационной и мелиоративной эрозии: 0 – отсутствует, + – слабая, ++ – хорошо выраженная, +++ – интенсивная.

Таким образом, по эрозионной обстановке в российской части бассейне оз. Ханка выделяются три группы районов. Наиболее неблагоприятными являются Хорольский и Михайловский районы, чуть менее, но существенно – Пограничный, Черниговский и Спасский. В меньшей степени эродированный – Ханкайский район.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ПРИМОРЬЕ И ПРИАМУРЬЕ

EARTHQUAKES IN PRIMORYE AND AMUR REGION

С.В. Клышевская

S.V. Klyshevskaya

Крупные землетрясения в России и в других странах мира происходят из-за столкновения литосферных плит. К примеру, на Кавказе существует Аравийская плита, которая постепенно движется на север в направлении Евразийской плиты, которая, в свою очередь, периодически сталкивается с Тихоокеанской плитой, находящейся на Камчатке. К слову о Камчатском крае, на землетрясения в этой области также оказывает влияние и вулканическая активность, в ходе которой наблюдаются довольно сильные толчки.

Существует общепринятая мировая шкала, которая состоит из 12 пунктов:

– 1 балл. Почти незаметное землетрясение, так как колебание почвы составляет минимум, который невозможно почувствовать.

– 2 балла. Довольно слабое явление, которое можно почувствовать, только находясь в спокойной обстановке. Лишь некоторые люди способны его ощутить.

– 3 балла. Слабое землетрясение, проявляющееся колебаниями, которые более заметны окружающим.

– 4 балла. Умеренное явление, заметное всем людям.

– 5 баллов. Достаточно сильное землетрясение, провоцирующее движение предметов в помещении.

– 6 баллов. Сильное землетрясение, от толчков зданиям могут быть нанесены небольшие повреждения.

– 7 баллов. Очень сильное землетрясение, приносящее разрушения зданий.

– 8 баллов. Разрушительное явление, которое может уничтожить даже самые мощные конструкции.

– 9 баллов. Губительное землетрясение. В горах происходят сильные обвалы, а люди в городах не могут устоять на ногах.

– 10 баллов. Уничтожающие землетрясения, могут привести к полному уничтожению населенного пункта, превращая в руины все на своем пути, включая дороги и всевозможные коммуникации.

– 11 баллов. Катастрофа.

– 12 баллов. Сильная катастрофа, выжить в которой невозможно. Полностью изменяется рельеф, наблюдаются сильнейшие расколы, появляются огромные впадины, кратеры и многое другое.

Правильное определение сейсмической активности территории, магнитуды и эпицентров землетрясений позволяет определить составляющую сейсмоактивности в различных природных и техногенных процессах.

Приморье и Приамурье относятся к регионам со средней сейсмической активностью, хотя и здесь могут отмечаться сильные землетрясения.

В ходе работ по проекту исследования гидрологического режима озера Ханка нами был составлен каталог землетрясений в Приамурье и Приморье в целом и Приханкайской низменности, в частности, за всю историю наблюдений (с 1865 по 2016 гг.). Отмечено, что периоды нарастания и спадов сейсмоактивности на территории Приханкайской низменности совпадали с экстремальными изменениями уровней воды в озере Ханка. Так, отмечавшееся с начала 2017 г.



Рис. 1. Землетрясения в Приморье и Приамурье с 1923 по 2016 г.

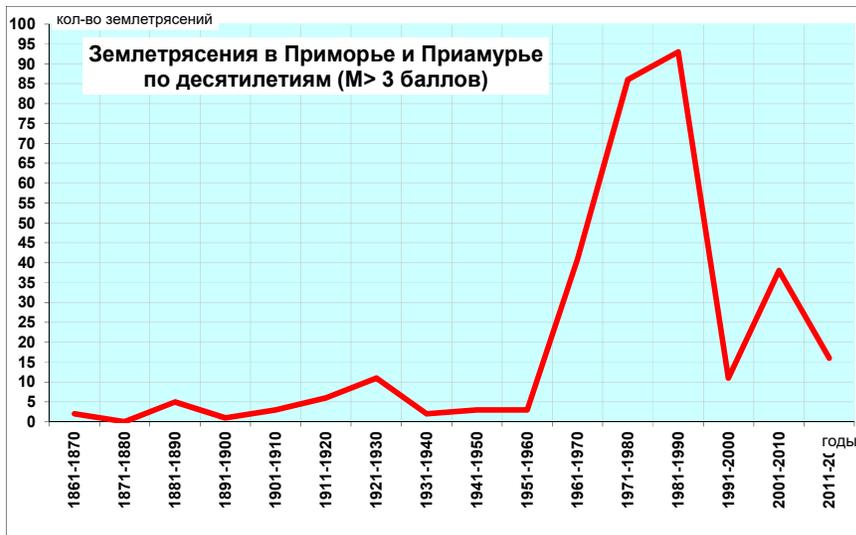


Рис. 2. Землетрясения в Приамурье и Приморье по десятилетиям (1865–2016 гг.)

снижение уровня воды в оз. Ханка совпало по времени с произошедшим землетрясением (М 4,4 балла; 13:23 мест. вр.; 21.01.2017 г.; эпицентр – окрестности г. Спасск-Дальний; глубина 330 м).

Эти наблюдения показывают, что среди причин, ответственных за изменения уровня воды в озере, эндогенная геодинамическая составляющая сохраняет свою актуальность. Однако, отсутствие в Приморье надежных геодезических реперов не позволяет связать отмеченную сейсмическую активность с возможными изменениями очертаний берегов, соотношениями глубин, а также с изменением угла наклона водного тела и прилежащих низменных участков низменности. Единственный репер для космического зондирования был установлен на Лузановой сопке летом 2018 года (ДВФУ, кафедра геодезии), но, оставаясь единственным, недостаточен для сравнений и определения динамики.

Таблица. Землетрясения 2003–2016 гг. Приамурье и Приморье

N	Время ГГГ-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
1.	1902-07-03 15:36:45	43.2	129.6	10-40	6.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Манчжурское	
2.	1907-10-03 12:09:00	48.7	132.2	11-44	5.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
3.	1911-09-06 (+сутки)	47.5	134.8	5-20	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
4.	1926-11-08 11:05:00	48.1	130.0	7-30	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
5.	1926-11-19 (+сутки)	47.8	131.0	5-20	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
6.	1926-11-26 (+сутки)	48.3	135.0	5-20	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
7.	1926-12-19 09:53:00	48.0	130.0	5-20	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
8.	1933-09-19 04:46:30	43.2	133.0	4	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье	Партизанское	
9.	1942-09-01 18:59:35	48.5	128.0	7-60	5.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
10.	1948-12-23 15:31:11	44.9	130.4	15	5.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
11.	1950-12-10 12:41:10	43.6	132.5	14	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Артем-Шкотовское	
12.	1955-09-14 05: (+1 час)	43.0	131.6	3-12	4.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приморское	Волна в заливе (цунами?)
13.	1956-04-09 02:15:40	49.0	130.5	20	5.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
14.	1962-08-15 23:45:24	45.1	133.1	30	5.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Лесозаводское	
15.	1962-09-01 14:20:	43.1	133.1	0,5-2,0	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		Форшок 01.09.62, в 08:53 афтершоки 03.09.62 в 03:00 и 14:53; 04.09.62 в 10:30; 06.09.62 в 13:14.
16.	1963-06-21 13:44:24	47.8	130.7	20	5.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		
17.	1967-08-15 15:36:06	44.7	132.3	7-15	5.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Ханкайское	Афтершоки 15.08.67 в 17:41:49; 17.08.67 в 12:28:05

Продолжение табл.

N	Время гг:тт-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
18.	1968-06-11 16:16:03	44.9	137.1	30	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
19.	1971-12-18 10:48:52	43.1	133.2	2-8	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Партизанское	
20.	1975-10-07 20:00:19.0	49.80	132.60	20	4.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
21.	1976-09-07 03:28:33.0	48.20	123.60	15	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		
22.	1978-07-03 02:56:32.0	47.20	132.1	10	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
23.	1978-08-10 07:56:14.0	49.70	132.50	10	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
24.	1979-09-02 00:39:31.0	50.75	134.32	15	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
25.	1979-11-19 11:30:58.0	46.80	129.80	30	4.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
26.	1979-11-26 19:36:56.0	48.20	132.30	30	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
27.	1980-05-14 19:20:32.5	49.68	130.08	15	3.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
28.	1980-12-07 02:34:42.0	45.00	135.20	30	4.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
29.	1981-05-28 12:17:09.0	48.45	130.65	15	3.8	SAGSR	Приамурье и Приморье		
30.	1981-11-08 01:36:23.8	48.81	131.70	5	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
31.	1984-08-12 14:45:34.5	49.15	131.40	5	3.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		
32.	1985-01-13 06:35:8.0	43.90	137.70	70	4,7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
33.	1985-04-02 15:50:16,3	50.95	132.09	8	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
34.	1985-07-21 22:34:21,0	49.21	126.57	15	4,2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
35.	1986-02-09 12:42:57,0	48.70	126.60	15	5.1	SAGSR	Приамурье и Приморье		
36.	1986-02-16 06:21:55,4	48.43	126.10	15	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье		
37.	1986-02-28 17:07:27,0	48.63	126.24	13	5.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
38.	1986-04-07 12:19:31,4	49.42	131.72	10	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
39.	1986-07-03 22:41:08,8	49.02	131.55	13	4.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
40.	1986-07-04 15:01:56,5	50.23	132.38	8	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
41.	1986-08-15 17:53:10,1	48.70	126.60	15	4.9	SAGSR	Приамурье и Приморье		
42.	1986-08-15 20:20:36,1	49.10	126.80	15	5.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
43.	1987-07-31 12:55:24,9	48.72	131.97	8	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье		
44.	1987-08-08 00:09:54,7	50.93	131.96	10	4.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		

N	Время гтгг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
45.	1988-10-17 14:11:50.4	44.92	132.39	10	3.4	SAGSR	Примамурье и Приморье		
46.	1988-10-20 20:02:33.2,	44.89	131.99	10	3.4	SAGSR	Примамурье и Приморье		
47.	1989-01-13 12:52:11,7	49.04	131.71	15	3.8	SAGSR	Примамурье и Приморье		
48.	1989-02-18 05:47:44.2	48.50	131.45	33	3.3	SAGSR	Примамурье и Приморье		
49.	1989-08-08 16:25:49.3	45.39	130.84	15	3.4	SAGSR	Примамурье и Приморье		
50.	1989-11-10 08:55:57,7	48.88	131.45	10	3.5	SAGSR	Примамурье и Приморье		
51.	1990-04-27 10:12:27,1	50.63	132.55	15	3.3	SAGSR	Примамурье и Приморье		
52.	1990-05-05 13:10:28,4	46.77	129.78	10	4.3	SAGSR	Примамурье и Приморье		
53.	1990-07-17 03:37:25,9	48.68	131.97	12	4.5	SAGSR	Примамурье и Приморье		
54.	1990-07-17 04:01:11,6	48.69	131.98	13	3.9	SAGSR	Примамурье и Приморье		
55.	1994-06-04 19:36:14,7	49.35	129.96	33	4.3	SAGSR	Примамурье и Приморье		
56.	2003-01-01 08:33:33.7	49.610	135.810	10	2.7	SAGSR	Примамурье и Приморье		
57.	2003-01-06 19:40:22.5	49.000	131.630	8	3.6	SAGSR	Примамурье и Приморье		Ощущалось в Кульдуре силой 3 балла.
58.	2003-02-07 09:51:43.0	43.390	134.190	425	3.1	SAGSR	Примамурье и Приморье		
59.	2003-03-05 19:11:50.0	43.380	135.260	360	3.5	SAGSR	Примамурье и Приморье		
60.	2003-03-09 21:36:42.5	49.590	135.440	10	2.7	SAGSR	Примамурье и Приморье		
61.	2003-03-20 04:38:24.7	48.810	131.590	10	2.9	SAGSR	Примамурье и Приморье		
62.	2003-05-14 03:34:17.0	43.220	136.090	338	4.2	SAGSR	Примамурье и Приморье		
63.	2003-06-13 16:34:50.1	49.090	131.860	1	3.1	SAGSR	Примамурье и Приморье		
64.	2003-06-14 14:10:09.7	49.110	131.830	7	3.6	SAGSR	Примамурье и Приморье		Ощущалось в Кульдуре силой 3 балла.
65.	2003-07-27 06:25:32.0	47.050	139.270	476	6.7	SAGSR	Примамурье и Приморье		
66.	2003-08-01 00:15:08.6	50.480	132.100	8	1.7	SAGSR	Примамурье и Приморье		
67.	2003-08-18 18:34:30.5	42.600	134.360	445	3.2	SAGSR	Примамурье и Приморье		
68.	2003-08-28 15:30:59.2	49.940	132.460	9	2.9	SAGSR	Примамурье и Приморье		
69.	2003-08-31 23:08:01.0	43.440	132.470	506	7.1	SAGSR	Примамурье и Приморье		

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
70.	2003-10-07 15:27:23.5	44.990	133.690	30	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		Ощущалось в Марьяновке, Горном, Самарке, Хвощанке силой 3-4 балла; Спаске-Дальнем, Лесозаводске - 2-3 балла.
71.	2003-12-06 02:07:56.7	49.510	134.220	10	2.3	SAGSR	Приамурье и Приморье		
72.	2004-02-17 13:39:22.0	48.670	131.320	9	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
73.	2004-02-26 08:58:30.0	42.090	134.270	425	4.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
74.	2004-03-23 07:42:41.2	49.810	129.920	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
75.	2004-03-26 23:32:11.3	50.200	131.220	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
76.	2004-03-27 19:02:58.4	50.650	132.490	8	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
77.	2004-04-07 07:42:52.6	50.220	131.290	16	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
78.	2004-04-07 20:01:19.6	49.930	129.220	9	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
79.	2004-05-02 02:01:24.1	50.960	134.810	8	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
80.	2004-05-20 14:43:14.4	43.160	136.580	326	5.4	SAGSR	Приамурье и Приморье		
81.	2004-06-15 08:08:13.0	43.310	133.970	394	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье		
82.	2004-07-19 16:39:09.9	45.220	137.350	328	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
83.	2004-07-26 16:15:50.0	42.980	133.950	454	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье		
84.	2004-08-07 12:22:50.6	43.980	137.100	310	5.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
85.	2004-08-10 00:23:35.7	45.290	136.880	330	1.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		
86.	2004-08-15 15:36:57.0	43.430	131.030	550	4.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
87.	2004-09-16 17:14:36.9	45.180	131.750	12	3.8	SAGSR	Приамурье и Приморье		
88.	2004-11-10 03:25:31.2	49.920	129.590	10	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
89.	2005-01-22 12:32:00.5	48.280	130.680	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Северо-восточный Китай	

N	Время гтгг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
90.	2005-02-01 01:36:21.3	48.920	131.470	8	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	Облучье – 3 балла.
91.	2005-03-05 08:57:36.4	49.820	132.260	11	3.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	Желтый Яр – 4–5 баллов; Биробиджан – 3–4 балла; Кульдур – 2–3 балла; Хабаровск – 2 балла.
92.	2005-03-23 02:13:01.4	48.460	132.630	17	4.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
93.	2005-04-06 13:45:39.0	46.160	136.810	381	1.5	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приморский кр.	
94.	2005-04-14 09:56:07.3	43.420	135.400	351	4.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	У поб-я Приморского кр.	
95.	2005-04-24 06:36:19.3	48.890	131.370	5	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
96.	2005-06-03 15:01:20.0	49.950	135.540	10	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	
97.	2005-06-25 03:13:47.6	47.650	130.590	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Северо-восточный Кигай	
98.	2005-07-05 04:25:01.9	48.340	131.640	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
99.	2005-07-06 19:42:38.6	48.330	131.730	21	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
100.	2005-07-06 23:10:15.7	48.370	131.650	22	4.3	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
101.	2005-07-07 00:35:37.9	48.350	131.580	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
102.	2005-08-06 12:07:21.7	50.120	134.910	12	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	
103.	2005-08-15 09:23:32.1	50.930	132.230	8	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	
104.	2005-08-15 19:31:47.6	48.930	131.290	12	3.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Еврейская АО	
105.	2005-08-17 19:29:39.1	50.430	132.660	8	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	
106.	2005-10-01 16:57:17.0	43.100	134.710	384	2.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	У поб-я Приморского кр.	
107.	2005-10-14 06:03:07.0	42.550	133.170	507	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Залив Петра Великого	
108.	2005-11-11 16:35:40.5	50.020	134.240	5	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
109.	2005-11-25 17:44:50.1	45.410	137.040	330	2.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	У лоб-я Приморского кр.	
110.	2005-12-08 23:20:49.7	50.000	136.830	10	3.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Хабаровский кр.	
111.	2006-01-05 02:58:16.2	48.950	131.380	15	3.5	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
112.	2006-01-26 13:39:09.5	50.780	130.600	4	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
113.	2006-02-15 23:01:03.3	43.350	134.820	341	2.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
114.	2006-03-03 15:39:36.4	44.810	135.410	347	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
115.	2006-03-09 20:41:13.3	48.590	131.940	8	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
116.	2006-03-24 07:43:18.3	48.800	126.960	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
117.	2006-03-24 10:55:00.2	47.330	138.830	461	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
118.	2006-07-09 22:16:30.7	48.400	133.260	22	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
119.	2006-07-26 20:51:05.3	43.760	130.590	576	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
120.	2006-08-19 13:14:50.8	48.970	131.650	10	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		Кульдур – 3 балла.
121.	2006-09-12 06:39:32.7	42.800	134.510	418	4.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
122.	2006-10-09 19:46:14.2	45.400	137.160	335	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
123.	2006-11-19 09:29:50.0	50.700	132.470	7	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
124.	2007-03-01 07:50:34.5	48.420	133.160	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		Головино (23 км) – 2-3 балла.
125.	2007-03-04 14:29:40.7	50.290	130.530	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
126.	2007-03-09 03:22:42.6	43.280	133.630	445	5.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
127.	2007-03-22 12:28:20.3	45.360	131.190	25	4.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
128.	2007-03-25 13:14:05.9	42.420	131.220	545	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
129.	2007-04-22 10:03:57.9	48.600	133.520	14	4.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
130.	2007-04-29 13:40:15.4	45.020	137.450	323	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
131.	2007-05-21 21:56:55.4	44.410	137.080	312	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		
132.	2007-06-19 21:13:54.1	43.530	133.840	421	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье		

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
133.	2007-06-26 23:11:47.9	43.580	134.310	436	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье		
134.	2007-07-26 23:35:22.9	50.700	131.680	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье		
135.	2007-07-27 11:39:54.9	48.550	132.700	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье		
136.	2007-08-31 13:17:42.4	49.200	131.960	15	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье		
137.	2007-10-05 14:22:45.9	44.070	130.850	563	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье		
138.	2007-10-15 13:20:17.4	47.970	130.160	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
139.	2007-10-27 23:49:55.5	42.230	133.910	450	4.2	SAGSR	Приамурье и Приморье		
140.	2007-12-04 00:14:11.3	42.160	133.950	435	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье		
141.	2008-01-02 02:40:15.3	50.900	134.930	13	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
142.	2008-01-13 20:39:04.5	50.390	131.450	13	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
143.	2008-02-06 16:47:35.2	45.020	138.380	301	4.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
144.	2008-02-22 09:20:01.0	48.530	131.590	19	4.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	Облучье (65 км), Кульдур (79 км), Биробиджан (101 км) – 3–4 балла.
145.	2008-03-16 11:48:00.8	47.830	130.620	10	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
146.	2008-03-16 19:20:39.5	43.460	133.630	455	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
147.	2008-04-03 04:06:22.8	46.970	131.430	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
148.	2008-04-03 07:33:39.2	46.990	131.310	19	3.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
149.	2008-04-09 23:12:50.7	43.120	133.730	435	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
150.	2008-05-06 17:23:09.5	47.770	130.830	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
151.	2008-05-13 02:39:54.3	50.620	132.360	10	3.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
152.	2008-05-19 10:08:35.7	42.550	132.090	518	5.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
153.	2008-06-07 10:34:14.2	43.940	135.010	357	1.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
154.	2008-06-29 20:53:02.4	45.000	137.510	319	6.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
155.	2008-06-30 23:40:14.4	49.610	132.600	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
156.	2008-08-22 04:48:06.7	50.580	131.790	9	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
157.	2008-09-16 02:19:43.8	48.590	130.580	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
158.	2008-10-22 16:18:36.0	41.980	131.450	558	4.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
159.	2008-10-26 01:23:50.8	50.490	135.980	10	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
160.	2008-12-01 15:42:43.0	50.750	131.880	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
161.	2008-12-04 06:30:54.2	48.750	132.070	25	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
162.	2008-12-17 15:53:24.5	42.640	131.920	512	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
163.	2008-12-28 21:28:50.2	47.480	130.330	10	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
164.	2009-01-05 06:45:34.0	47.190	130.000	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
165.	2009-01-20 07:43:45.3	43.080	133.280	240	2.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
166.	2009-03-06 03:32:36.7	42.790	131.830	522	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
167.	2009-03-13 09:07:01.9	43.270	134.320	422	5.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
168.	2009-03-18 08:55:43.5	50.350	131.550	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
169.	2009-04-04 01:59:19.1	48.970	131.380	10	3.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
170.	2009-04-05 00:30:18.4	48.930	131.570	16	3.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
171.	2009-04-06 05:09:33.3	42.880	131.750	526	4.5	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
172.	2009-04-15 19:39:55.6	50.350	131.590	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
173.	2009-04-18 03:56:29.9	42.820	130.620	564	5.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
174.	2009-04-29 07:50:52.5	48.400	133.250	24	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
175.	2009-05-06 01:12:36.2	41.810	131.270	551	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
176.	2009-05-16 11:52:39.3	49.180	130.540	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
177.	2009-05-17 17:56:37.5	47.590	130.130	10	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
178.	2009-05-26 12:04:07.5	43.720	135.740	341	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
179.	2009-06-05 14:38:14.5	48.680	132.020	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
180.	2009-06-06 06:07:02.7	50.460	136.010	10	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
181.	2009-06-07 16:26:05.5	43.780	130.770	566	4.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
182.	2009-06-14 09:22:32.2	48.420	130.100	10	4.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
183.	2009-06-19 15:24:01.6	50.300	135.870	21	3.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
184.	2009-07-06 08:52:39.2	47.960	130.700	10	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
185.	2009-07-12 23:31:28.4	43.380	130.530	572	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
186.	2009-07-16 06:29:03.8	42.420	133.230	475	5.3	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
187.	2009-08-10 12:42:52.7	43.510	130.800	567	4.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
188.	2009-08-21 11:38:01.1	42.200	133.680	456	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
189.	2009-11-08 13:23:57.9	50.080	136.200	12	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
190.	2009-11-15 20:31:34.6	44.400	137.080	306	3.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	Рудная Пристань (101 км) – 2–3 балла.
191.	2009-11-20 22:47:18.5	45.550	131.950	10	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
192.	2009-12-19 13:26:04.9	45.220	131.250	13	4.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	Камень-Рыболов (81 км) – 3–4 балла.
193.	2009-12-24 00:23:29.0	42.040	135.170	382	6.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
194.	2010-01-02 00:33:50.1	44.980	130.630	10	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
195.	2010-01-11 20:16:10.7	48.840	131.530	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
196.	2010-01-18 13:28:01.3	47.310	130.250	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
197.	2010-01-24 23:29:29.0	50.830	132.030	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
198.	* 2010-02-18 01:13:17.8	42.650	130.740	578	6.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	В населенных пунктах Приморского края не ощущалось.
199.	2010-02-21 01:48:36.1	48.700	133.770	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Ширина, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
200.	2010-02-21 07:29:08.8	42.590	130.800	578	4.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
201.	2010-02-27 12:59:53.5	48.840	133.260	10	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
202.	2010-03-10 10:54:56.1	46.610	131.580	15	4.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
203.	2010-03-30 12:04:29.2	49.130	131.840	9	3.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	Кульдур (13 км) – 3-4 балла.
204.	2010-04-28 01:22:01.8	49.230	130.150	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
205.	2010-05-22 04:21:08.2	45.740	130.800	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
206.	2010-05-31 20:07:01.9	47.800	130.040	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
207.	2010-06-05 21:16:34.1	48.370	129.300	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
208.	2010-06-06 00:45:14.9	46.770	131.990	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
209.	2010-06-16 10:46:31.1	46.740	130.790	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
210.	2010-06-22 19:15:20.7	47.440	130.140	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
211.	2010-06-30 22:10:19.9	47.240	130.150	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
212.	2010-07-01 06:47:24.4	46.210	134.580	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
213.	2010-07-03 12:46:42.4	47.130	135.550	11	3.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
214.	2010-07-18 04:10:59.0	46.100	132.910	22	3.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
215.	2010-08-07 13:47:39.9	49.790	132.480	8	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
216.	2010-08-11 20:44:35.6	43.680	132.830	476	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
217.	2010-09-09 01:12:49.0	42.630	130.860	572	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
218.	2010-09-15 09:50:52.8	47.170	130.150	10	3.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
219.	2010-09-22 14:23:47.2	46.410	131.380	22	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
220.	2010-10-08 17:31:21.1	47.210	130.260	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
221.	2010-11-01 09:49:50.9	45.080	137.370	324	2.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
222.	2010-11-01 19:18:24.3	48.920	131.630	15	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
223.	2010-11-09 10:39:10.3	47.160	130.090	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
224.	2010-12-21 06:49:49.1	50.590	132.080	9	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
225.	2011-01-06 11:05:14.7	49.170	131.950	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
226.	* 2011-01-07 23:34:10.9	43.090	131.190	555	4.5	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
227.	2011-01-15 00:43:42.7	48.670	125.920	15	4.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	Благовещенск (214 км) – 2–3 балла.
228.	2011-02-05 12:42:14.5	50.720	134.990	14	4.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	Джамку (46 км), Амгунь (78 км), Харпичан (86 км) – 3 балла; Горный (101 км), Солнечный (116 км) – 2–3 балла; Комсомольск-на-Амуре (143 км) – 2 балла.
229.	2011-02-05 15:21:54.0	50.800	135.080	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
230.	2011-02-05 21:15:19.6	50.900	134.320	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
231.	2011-02-25 17:00:16.5	43.700	134.210	420	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
232.	2011-03-08 15:50:27.5	47.230	130.060	10	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
233.	2011-03-09 08:21:02.0	47.900	130.620	10	3.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
234.	2011-04-03 07:43:21.6	48.950	131.430	9	3.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
235.	2011-04-11 16:51:24.0	48.890	131.340	8	3.5	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
236.	2011-04-18 00:22:09.1	48.830	131.310	6	3.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
237.	2011-04-18 02:41:34.5	48.840	131.290	3	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
238.	2011-04-21 03:08:29.0	48.830	131.780	21	3.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
239.	2011-04-26 04:00:06.1	48.210	130.770	15	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
240.	2011-05-10 03:36:58.2	45.690	130.470	5	2.8	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
241.	2011-05-10 15:26:04.3	43.310	131.170	554	5.2	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
242.	2011-06-04 13:53:25.8	45.940	131.550	4	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
243.	2011-06-08 22:03:30.9	44.820	129.880	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
244.	2011-06-09 23:19:07.7	45.120	130.870	5	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
245.	2011-07-21 06:44:11.4	48.160	133.170	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
246.	2011-07-25 00:21:53.5	50.170	135.710	9	3.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
247.	2011-08-09 17:12:26.0	48.560	136.720	10	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
248.	2011-09-01 13:34:06.1	46.620	131.820	10	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
249.	2011-09-22 15:00:37.9	44.670	131.040	10	3.0	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
250.	2011-09-22 15:01:23.0	44.700	131.080	10	3.3	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	

Продолжение табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
251.	2011-11-09 02:36:38.7	48.280	132.360	24	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
252.	2011-11-15 17:27:02.8	48.600	133.280	8	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
253.	2011-11-25 21:28:42.5	45.890	131.910	10	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
254.	2011-12-04 17:11:42.0	50.360	132.600	11	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
255.	2012-02-14 01:24:50.7	46.130	129.010	10	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
256.	2012-02-17 01:49:26.4	46.490	131.680	10	2.9	SAGSR	Приамурье и Приморье	Приграничный	
257.	2012-02-18 23:14:57.1	43.610	135.300	360	2.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
258.	2012-02-25 07:17:04.8	49.610	129.470	16	2.6	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
259.	2012-03-24 09:28:50.4	48.880	133.310	16	2.7	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
260.	2012-04-15 06:00:45.8	50.520	133.000	8	3.1	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
261.	2012-06-18 05:11:31.6	47.950	130.970	18	5.4	SAGSR	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	Союзное (8 км), Столбовое (8 км) – 5 баллов; Екагерино-Никольское (22 км), Полевое (24 км), Амурзет (30 км) – 4 балла; Благословенное (37 км) – 3–4 балла; Биджан (71 км), Кульдур (153 км), Биробиджан (171 км) – 3 балла; Хабаровск

N	Время гтт-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
									(311 км) – 2 балла.
262.	* 2012-07-29 09:20:53.0	47.260	139.300	504	5.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
263.	2012-08-16 21:48:09.2	47.240	130.220	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
264.	2012-09-14 20:52:41.1	48.880	130.780	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
265.	2012-09-19 23:44:20.5	47.450	130.470	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
266.	2012-10-01 03:08:34.2	49.520	132.030	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
267.	2013-01-13 08:44:03.0	47.520	133.770	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
268.	2013-01-19 12:05:09.9	46.690	131.410	10	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
269.	2013-01-21 00:27:01.4	48.430	131.710	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
270.	2013-03-06 03:50:03.5	48.980	132.650	10	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
271.	* 2013-04-05 13:00:01.8	42.760	131.290	570	6.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
272.	* 2013-04-06 00:29:54.9	42.800	131.220	568	5.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
273.	2013-05-08 08:13:52.7	45.310	137.090	337	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
274.	2013-07-11 10:21:13.1	50.110	132.130	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
275.	2013-07-23 09:18:07.7	42.060	133.230	481	4.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
276.	2013-08-01 18:39:30.6	45.940	138.580	20	3.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
277.	2013-08-10 12:20:56.7	45.700	130.540	10	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
278.	2013-08-24 22:00:47.3	43.630	135.460	348	3.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	

Продолжение табл.

N	Время ГГГ-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
279.	* 2013-09-02 02:51:12.5	42.150	133.830	449	5.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
280.	* 2013-09-27 18:36:41.0	43.410	134.280	435	4.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
281.	2013-10-29 12:41:53.0	47.700	130.590	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
282.	* 2013-10-29 20:17:49.1	43.200	131.140	550	5.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
283.	2013-11-12 15:30:28.2	48.180	133.260	24	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
284.	2013-11-19 18:57:28.9	46.000	130.650	16	3.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
285.	* 2014-02-20 01:32:51.1	42.830	132.260	520	4.5	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
286.	2014-02-24 03:56:51.1	47.740	130.760	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
287.	2014-02-27 15:31:02.6	49.660	131.900	8	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
288.	2014-03-22 07:01:43.5	46.960	129.990	8	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
289.	* 2014-04-12 21:22:44.3	44.900	133.660	14	4.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	Межгорье (4 км), Крыловка (5 км), Марьяновка (13 км) – 5 баллов; Преображенка (20 км) – 4–5 баллов; Афанасьевка (20 км), Горный (24 км) – 4 балла; Кировский (25 км), Руновка (26 км), Хвощанка (29 км) – 3–4 балла; Горные Ключи (40 км) – 3 балла;

N	Время гтгг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
									Лесозаводск (63 км) – 2–3 балла; Дальнегорск (155 км) – 2 балла.
290.	2014-04-12 22:58:43.8	44.860	133.720	10	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
291.	2014-07-24 16:49:33.3	50.220	134.050	12	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Бурейнский	
292.	2014-08-07 18:12:13.7	50.080	137.100	8	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
293.	2014-10-25 20:18:04.4	46.210	129.380	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
294.	2014-11-22 12:35:55.8	50.570	136.720	11	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Бурейнский	Солнечный (17 км), Хурба (22 км) – 2–3 балла; Горный (30 км) – 2 балла.
295.	2014-12-25 07:50:20.6	44.790	138.540	277	3.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Японское море	
296.	2015-01-03 20:19:59.3	47.310	136.850	18	3.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
297.	2015-01-03 23:51:02.5	47.320	136.870	8	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
298.	2015-01-16 22:14:41.6	48.350	130.730	10	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Бурейнский	
299.	2015-01-31 18:20:28.1	46.580	130.380	10	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
300.	2015-02-07 16:40:05.9	43.530	135.820	354	4.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
301.	2015-05-04 04:20:44.9	45.160	130.900	7	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
302.	2015-06-28 11:41:34.4	47.580	130.730	7	3.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
303.	2015-08-30 11:57:12.0	43.140	135.880	373	1.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	

Окончание табл.

N	Время гтг-мм-дд час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
304.	2015-08-31 01:53:27.6	42.210	135.640	367	4.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
305.	2015-09-19 13:38:56.0	48.020	130.400	8	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
306.	2015-10-30 07:03:40.9	43.240	131.070	562	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
307.	2015-11-05 14:41:03.4	44.380	132.140	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
308.	2015-11-12 00:18:41.5	45.170	130.990	8	3.4	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
309.	2015-11-14 14:34:40.6	46.320	136.160	437	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
310.	2015-11-15 17:25:30.2	48.730	129.580	15	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
311.	2015-11-15 17:27:46.1	48.740	129.540	17	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
312.	2015-12-31 23:11:29.1	42.250	133.500	488	3.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
313.	* 2016-01-02 04:22:19.1	44.800	130.090	588	5.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
314.	2016-02-19 16:56:58.2	50.300	132.300	11	4.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Бурейский	
315.	2016-03-09 20:40:57.3	43.540	134.380	425	3.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
316.	2016-03-24 14:56:44.1	44.520	135.650	9	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
317.	2016-05-25 22:50:42.9	42.790	132.690	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
318.	2016-06-16 17:12:49.8	43.490	134.270	434	3.1	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алиньский	
319.	2016-07-01 20:11:57.2	49.950	132.170	10	2.7	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Бурейский	

N	Время ГГГГ-ММ-ДД час:мин:сек	Широта, гр. N	Долгота, гр. E	Глубина, км	M	Код сети	Сейсмический регион	Географический район	Макросейсмические данные
320.	2016-07-06 20:50:06.7	48.080	132.340	7	3.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	Горнос (10 км), Бабстово (11 км) – 3 балла; Лазарево (19 км) – 2-3 балла; Ленинск (23 км) – 2 балла.
321.	2016-07-10 05:44:07.6	45.170	137.230	342	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
322.	2016-07-14 20:58:48.1	42.010	133.950	468	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
323.	2016-07-22 09:09:00.9	46.460	131.400	8	3.0	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
324.	2016-08-05 19:34:51.0	43.300	134.700	409	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
325.	2016-08-15 01:36:08.0	50.770	130.570	15	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
326.	2016-09-10 05:09:05.8	50.120	132.840	10	2.6	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
327.	2016-10-03 00:07:35.6	46.460	131.470	8	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Приграничный	
328.	2016-10-07 11:36:34.2	42.170	135.720	366	2.9	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
329.	2016-11-08 15:00:20.5	43.520	133.150	480	2.3	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
330.	2016-11-22 20:14:45.1	43.270	136.070	351	2.8	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Сихотэ-Алинский	
331.	2016-12-14 10:29:43.3	48.990	131.590	5	3.2	<u>SAGSR</u>	Приамурье и Приморье	Турано-Буреинский	
332.	2017-01-21 13:23:00	43.35	132.49	0,33	4,4		Приамурье и Приморье	Приморский край	г. Спасск Дальний – 4,4 балла (в каталогах еще нет)

Символ * перед временем в очаге означает, что для данного события рассчитан механизм.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОТОКОВ,
РАСПОЛОЖЕННЫХ В СФЕРЕ ВЛИЯНИЯ
СВИНОКОМПЛЕКСОВ ТОР «МИХАЙЛОВСКИЙ»
(СПАССКИЙ РАЙОН, ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)

ESTIMATION OF STREAMS WATER QUALITY LOCATED
IN THE SPHERE OF INFLUENCE OF THE TPD "MIKHAILOVSKY"
PIG FARMS (SPASSKY DISTRICT, PRIMORSKY TERRITORY)

Т.С. Вшивкова, С.В. Клышевская, К.А. Дроздов, С.В. Клышевский

T.S. Vshivkova, S.V. Klyshevskaya, K.A. Drozdov, S.V. Klyshevsky

Основной проблемой современности становится ухудшение качества природных вод в результате возрастающей антропогенной деятельности. Существенный вклад в загрязнение водной среды вносит современное сельское хозяйство с массовым развитием животноводства. Особую опасность представляют крупные свиноводческие промышленные фермы и комплексы, которые максимально загрязняют атмосферный воздух, почву, поверхностные и грунтовые воды органическими соединениями, микро- и макроорганизмами (Караксин, 2003; Новицкий, 2016). В настоящее время наблюдается интенсификация отрасли свиноводства, строятся крупные комплексы и активно происходит модернизация имеющихся хозяйств с целью увеличения мощности производства. Около 80 % от всего поголовья свиней в РФ содержится в крупных сельскохозяйственных предприятиях. При экстенсивном свиноводстве и преобладании небольших и средних ферм экосистема нарушается кратковременно и быстро восстанавливалась. Но крупные свиноводческие предприятия, особенно промышленные фермы и комплексы, максимально загрязняют атмосферный воздух, почву, поверхностные и грунтовые воды органическими соединениями, микро- и макроорганизмами.

В 2017 г. якорный резидент ТОР «Михайловский» объявил о планах по увеличению свинокомплекса в районе с. Вишневка и строительству новых звеньев свинокомплекса. Однако к уже существующему свинокомплексу появились большие претензии у жителей с. Вишневка и других окрестных сел. Свинокомплексы построены с наветренной стороны от г. Спасск-Дальний и, вследствие этого, нескольких сёл района, вынуждены были дышать непереносимыми неприятными запахами около 270 дней в году. Кроме того, свинокомплексами не соблюдались нормы выдерживания навоза: вместо положенных 2 лет, навоз стали сбрасывать на территорию и в ближайшие водотоки после выдержки 6 месяцев или менее, что привело к загрязнению водотоков, атмосферы и окружающей территории. Поэтому жители с. Вишневка и других сел, расположенных в сфере негативного влияния свинокомплексов ТОР «Михайловский» в Спасском районе, потребовали от руководства свинокомплекса и местной администрации навести порядок и прекратить загрязнение окружающей среды. 18 июня 2019 года прошли обще-

ственные слушания по документации: Оценка воздействия на окружающую среду объекта «Свиноводческий комплекс № 2 по производству до 83000 голов в год» (Общественные слушания, 2020). Мнение жителей выразилось проведением пикетов, обсуждений с представителями администрации Спасского района (17 мая 2020).

По инициативе общественности приморскими учёными и общественными экологическими активистами была проведена независимая проверка выявленных нарушений в рамках проекта «Решаем экологические проблемы Спасского района вместе!» (2018–2019 гг.). Целью проекта явилось создание эффективного механизма по решению экологических проблем Спасского района и объединение жителей в деле по охране окружающей среды через создание группы общественных экологических инспекторов по мониторингу и контролю окружающей среды в пределах действия свиноферм.

В задачи проекта входило: а) обследование эколого-санитарного состояния водотоков и территорий в районе расположения свинокомплексов ООО «Приморский бекон» и ООО «Мерси-Трейд»; б) проведение научно-общественной оценки качества почв и вод на проблемных территориях; в) выявление источников и характера загрязнений; г) подготовка обращений в природоохранные ведомства, администрацию Спасского района, надзорные органы Приморского края. В данной работе мы приводим результаты оценки качества вод р. Спасовка и её притоков: р. Вишневка (условно фоновый участок), р. Кулешовка и её притоков: руч. «Безымянный» и «Сточный», расположенных в сфере ТОР «Михайловский» ниже сбросов свинокомплексов.

Район исследований и характеристика станций отбора проб

Исследованные водотоки принадлежат бассейну р. Спасовка, расположенной в Спасском районе Приморского края. До 1972 года низовья реки (до впадения р. Одарка) называли Сантахезой. Река берёт начало на северных склонах Синего хребта, течёт в северо-западном направлении и впадает в южную часть озера Ханка. Средняя высота 185 м. Длина реки составляет 83 км, площадь водосборного бассейна 1260 км². Ширина реки в устье достигает 32 м. Глубины реки в средней и нижней части изменяются от 0,3 до 0,9 м. Верхняя часть бассейна реки Спасовка горная, высота отдельных вершин составляет 500–600 м, а на водоразделе с р. Арсеньевка – 900–1000 м. Горная часть бассейна покрыта смешанным лесом (ильм, липа, берёза, бархат, кедр), средняя – редколесьем из лиственных пород (дуб, берёза). В нижней части бассейна преобладает луговая растительность, ивовые прибрежные заросли; часть бассейна распахана. По характеру долины, поймы и строению русла реку можно разделить на 2 участка: исток – с. Дубовское и с. Дубовское – устье. Долина реки трапецеидальная; ширина её у г. Спасск-

Дальний составляет около 2 км, а ниже она сливается с долиной р. Одарка. Пологие склоны долины пересечены падами, распадками и долинами ручьёв; слабо залесены. Пойма двухсторонняя, шириной 0,8–1,5 км. Её волнистая поверхность пересечена ложбинами и старицами. Русло реки умеренно извилистое. Ширина реки изменяется в пределах 4–32 м, глубина – 0,3–0,9 м, скорость течения воды 0,4–0,7 м/с (Примпогода, 2021).

Питание реки и её притоков в основном дождевое, на снеговое приходится до 35 %, на подземное – около 10 %. Река замерзает в конце ноября, продолжительность ледостава около 145 дней. Река вскрывается в конце марта–начале апреля. В летне-осенний период по реке проходят от 2 до 4 паводков, подъём уровня воды за паводок в среднем составляет 1,7–2,1 м, иногда увеличивается до 4,6 м. Увеличение стока от истока к устью происходит равномерно. Около 95 % годового стока проходит в тёплую часть года (апрель–ноябрь), в том числе около 50 % – в апреле–мае. В начале ноября на реке появляются забереги, осенний ледоход (шугоход) продолжается в среднем 6–10 дней. Ледостав образуется в середине ноября. Продолжительность ледостава около 145 дней. Вскрытие реки происходит в конце марта – начале апреля, лёд в основном тает на месте. Вода мягкая, относится к гидрокарбонатному классу группы кальция с низкой степенью минерализации (Примпогода, 2021).

В бассейне р. Спасовка располагается 10 рек длиной более 10 км, и более 120 рек длиной менее 10 км. Основные притоки: р. Кулешовка (длина 42 км) и р. Одарка (длина 55 км), а также река Вишневка, которая является правобережным рукавом р. Кулешовки, протекает по сельскохозяйственным землям и питает водохранилище Вишневское.

В нижнем течении воды р. Спасовка используются для орошения рисовых полей. Ниже города Спасска-Дальнего воды реки Спасовки загрязняются сточными водами. В настоящее время, после строительства свиноферм ТОО «Михайловский», появился новый серьёзный источник загрязнения – неочищенные воды свинокомплексов, которые привносятся в основное русло реки её притоками, расположенными в сфере влияния животноводческих ферм.

Характеристика станций отбора проб

Исследования проводились на 7 станциях, расположенных в бассейне р. Спасовка (рис. 1). Координаты станций и некоторые параметры среды приведены в таблице 1.

Станция 1. Река Вишневка, выше с. Вишневка, выше моста (условно фоновая станция) (рис. 2). Ширина русла около 10 м. Скорость течения умеренная. Глубина от 10 до 40 см. Дно каменисто-галечное с песком, присутствуют крупные валуны, иловые пятна. Запах не ощущается. Вода прозрачная. Берега с ивовыми зарослями, редким кустарником, в отдалении с пастбищным ландшафтом.

Таблица 1. Даты и время отбора проб, координаты, морфометрические и некоторые органолептические характеристики станций отбора проб

Координаты и параметры среды	Станции отбора проб						
	1	2	3	4	5	6	7
Широта, N	44,444823	44,520663	44,609818	44,618524	44,771088	44,561821	44,56266
Долгота, E	32,865200	132,696909	132,821106	2,814755	132,700600	132,764941	132,76494
Высота над у.м., м	123	90	89	86	71	99	97
Характер дна	крупные валуны, галька, песок, ил	ил чёрный с детритными включениями	песчаное с валунами, топкое	ил черный с темно-серым верхним слоем наилка;	песчано-илистое с отдельными валунами	черный ил с детритными включениями	песчано-илистый с отдельными валунами
Порядок водотока	5	3	>7	>7	>7	1-2	>7
Ширина русла, м	12	6	15	12–15		2–2,5	18–20
Глубина, см	20–30	40–60	~50 (до 1 м)	~40–50	~40–50	10–30	20–40
Скорость течения, м/с	умеренная	очень медленная	умеренная	медленная	умеренная	умеренная	быстрая
Запах, интенсивность, баллы	0	IV	I	II	0	V	IV
Характер запаха	нет	гниющей органики	слабой органики	слабой органики	нет	гниющей органики	гниющей органики
Пенистость и другие аномальные явления	пены нет	пена есть; водорослевые подушки	пены нет	слабая пенистость у берега; водорослевые космы	пены нет	пена есть; водорослевые подушки	обильные микробные обрастания
t воды, °C	7,8	10,5	9,3	12,2	13,2	11,0	11,0
t воздуха, °C	16,4	12	16,6	17,2	14,5	13,8	13,2
Дата отбора пробы	30.04.18	30.04.18	01.05.18	01.05.18	02.05.18	02.05.18	02.05.18
Время отбора пробы	19:00	20:10	12:40	14:20	14:00	15:40	16:20

Станция 2. Ручей «Безымянный» в 1,5–2 км ниже стоков со свинокомплекса ООО «Приморский бекон». Ручей является притоком р. Кулешовка. Дно илистое, топкое. Скорость течения очень медленная, движение воды практически незаметно. Вода непрозрачная, цвет неестественного чёрного цвета. От воды идёт сильный неприятный запах, характерный для разлагающейся органики. В месте отбора проб отмечено аномальное развитие зеленых водорослей (пенистые «подушки» на поверхности водотока) (рис. 3).

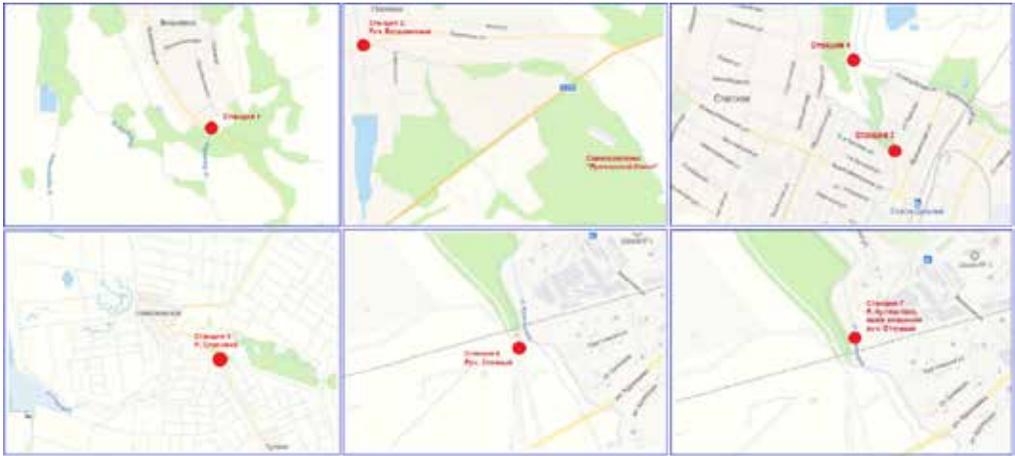


Рис. 1. Расположение 7 станций на водотоках, расположенных в сфере влияния свинокомплексов
ТОР «Михайловский»



Рис. 2. Река Вишнёвка, у моста выше
с. Вишнёвка (условно фоновая станция 1)

Станция 3. Река Кулешовка в районе ул. Вокзальная. Глубина от 30 см до 1 м (рис. 4). Цвет воды светло-жёлтый, ощущается лёгкий запах прокисшей органики. Дно песчано-илистое, топкое, с отдельными валунами, развиты водорослевые обрастания. Берега покрыты ивовыми зарослями, травянистой растительностью.

Рис. 3. Ручей «Безымянный» в 1,5–2 км ниже стоков со свинокмплекса ООО «Приморский бекон» (станция 2)



Станция 4. Река Кулешовка, в районе ул. Ершова, 21 (рис. 5). Берега обвалованные, затянuty габионами, высота вала до 4–5 м. Дно топкое, на стрежне – песчано-илистое, в прибрежье покрыто илом чёрного цвета; редки валуны и поваленные стволы деревьев, в прибрежье – травянистая растительность, в основном осоковые. При перемешивании донного субстрата ощущается резкий запах гниющей органики. Глубина в одном метре от берега – до 20–30 см, толщина

Рис. 4. Река Кулешовка в районе ул. Вокзальная (станция 3)





Рис. 5. Река Кулешовка, в районе ул. Ершова, 21 (станция 4)

ила – от 10 до 20 см. Вода слабо мутная, цвет рыжеватый. На вершине вала, выше габионов – ивовые заросли. На дне – обильные скопления водорослей (рис. 6).

Станция 5. Река Спасовка у с. Новосельское. Дно илисто-песчаное с отдельными валунами. Вода слабо мутная, цвет сероватый. Берега пологие, с ивовыми зарослями. Запах не ощущается или очень слабый.



Рис. 6. Водорослёвые скопления на дне р. Кулешовка (станция 4)



Рис. 7. Ручей «Сточный» (ниже сбросов ООО «Мерси-Трейд»); в сачке отфильтрованный осадок донных отложений с детритными включениями (станция 6)

Станция 6. Ручей «Сточный» (в районе с. Старый Ключ), ниже сбросов с ООО «Мерси-Трейд» (рис. 7). Дно илистое, топкое, с детритными включениями. Цвет ила чёрный. При отборе проб выделяется резкий, сильный запах гниющей органики.

Станция 7. Река Кулешовка, ниже впадения ручья «Сточный» (вблизи комплексов ООО «Мерси-Трейд»), у железнодорожного моста.

Материалы и методы

Пробы на химико-микробиологический анализ и гидробиологические пробы отбирались в течение двух серий: с 30 апреля 2018 по 2 мая 2018 и с 24 по 25 октября 2018 г.



Рис. 8. Бассейны-отстойники свиногомплекса ООО «Приморский бекон»

Отбор проб на определение химико-микробиологических показателей производился по стандартным методам с соблюдением рекомендаций ГОСТа (Вшивкова и др., 2019). Транспортировка микробиологических проб производилась в холодильных камерах в течение 6 часов со времени отбора проб (ГОСТ 31861). Непосредственно во время отбора проб производилась оценка качества воды в водотоках и атмосферного воздуха по органолептическим показателям. Определение физико-химических показателей производилось в ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (табл. 2, 3), образцы воды на микробиологический анализ передавались в лицензированную лабораторию Филиала ФГКУ «1029 ЦГСЭН» (г. Владивосток). Специалистами данной лаборатории были сделаны окончательные заключения по исследуемым микробиологическим и санитарно-гигиеническим показателям (табл. 4).

Водные беспозвоночные отбирались по методу принудительного дрефта донным сачком в соответствии с рекомендациями методического пособия (Вшивкова и др., 2019). Определение беспозвоночных производилось специалистами Лаборатории пресноводной гидробиологии ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. Для оценки качества вод использовались 9 биотических индексов (Вшивкова и др., 2019). Результаты оценки качества воды по показателям водных беспозвоночных приведены в таблице 5.

Таблица 2. Результаты оценки органолептических и химических показателей проб воды на семи станциях, расположенных в сфере действия свинофермы Михайловского ГОР (2018 г.)

Дата	Место отбора проб	Органолептические и физико-химические показатели											
		Запах	Цветность, град.	Мутность ЕМФ	Взвешенные вещества, мг/дм ³	рН	Перманганатная окисляемость, мг/дм ³	Жесткость общая, °Ж	Железо суммарное*, мг/дм ³	Хлориды, мг/дм ³	Аммиак, мг/дм ³	Нитриты, мг/дм ³	Нитраты, мг/дм ³
Норматив на метод исследования		ГОСТ 3351-74	ГОСТ Р 52769-2007	ГОСТ 3351-74	ГОСТ 3351-74	ПНД Ф 14.1.2:4.154-97	ПНД Ф 14.1.2:4.154-99	ГОСТ Р 52407-2005	ГОСТ 4011-72	ГОСТ 4245-72	ГОСТ 4192-82	ГОСТ 4192-82	ГОСТ 18826-73
ПДК		2-3	30	2,6-3,5	2,2	6-9	5-7	7-10	0,3 (1,0)*	350	2	3,3	45
30.04	Станция 1, р. Вишневка,	0	27,8	1,05	0,19	7,3	14,56	2,15	0,563	1,0	0,258	0,158	2,04
25.10	выше с. Вишневка	0	44,0	3,1	0,83	8,0	24,0	1,35	0,71	2,0	0,39	<0,05	22,24
30.04	Станция 2, руч. «Безымянный»	3	120,0	<0,5	0,42	7,2	16,80	4,64	0,736	2,5	16,19	0,664	27,82
25.10		3	78,0	9,8	2,60	8,3	20,44	1,20	0,49	8,0	15,23	1,00	45,00
01.05	Станция 3, р. Кулешовка,	1	37,0	<0,5	0,22	7,4	14,00	1,15	0,899	2,0	0,739	0,239	2,64
24.10	в р-не ул. Вокзальная	0	32,0	2,0	1,28	7,6	9,44	1,15	0,58	<1,0	0,45	<0,05	20,35
01.05	Станция 4, р. Кулешовка, ниже устья руч. «Безымянный»	1	37,0	<0,5	0,18	8,53	12,08	3,25	0,728	2,0	0,290	0,294	2,51
24.10		2	64,0	8,0	2,35	7,5	11,44	1,35	0,60	5,0	10,12	0,83	40,40
01.05	Станция 5, р. Спасовка у с. Новосельское	1	38,3	<0,5	0,21	7,5	11,52	1,25	0,80	1,0	0,294	<0,05	1,93
02.05	Станция 6, руч. «Сточный»	3	54,4	0,6	0,35	7,37	28,44	1,25	0,88	7,0	10,52	<0,05	1,25
25.10		3	41,0	3,5	3,93	6,9	18,4	1,35	0,46	10,0	9,12	0,81	1,20
02.05	Станция 7, р. Кулешовка, ниже руч. «Сточный»	1	37,8	<0,5	0,24	7,39	11,36	2,25	0,57	1,0	0,88	<0,05	3,95
25.10		2	26,0	1,2	2,85	6,9	12,0	2,25	0,30	3,0	0,29	<0,05	10,3
15.05	Точка 8, с. Красный Кут, водопроводная вода	1	<1,0	<0,5	0,10	7,1	8,80	0,75	3,33	1,0	0,600	<0,05	3,95

Примечание: * – ПДК по железу (суммарному): 0,3 мг/дм³ – для питьевой воды, 1,0 мг/дм³ – для поверхностных вод; цветом и жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК.

Таблица 3. Результаты оценки химических показателей проб воды на 4-х тестируемых станциях в сфере действия свинофермы ТОО «Михаловский»

Дата	Место отбора пробы	Химические показатели					
		Окраска	БПК ₅ , мг O ₂ /л	ХПК, мг O ₂ /л	Остаточный хлор, мг/л	Фосфор минерал., мг/дм ³	Фосфор органич., мг/дм ³
Норматив на метод исследования		Качественно	ПНД Ф 14.1:2.4.154-97; МУ 2.1.5.800-99		ГОСТ 1890-72; МУ 2.1.5.800-99	ГОСТ 18309- 2014	ГОСТ 18309-2014
ПДК		Без окраски	2,0	10	0,05	0,050	не установ- лены
225.10	Станция 1, р. Вишнёвка, выше с. Вишневка	бесцветная с хлопьями	1,74	8,39	<0,03	0,160	0,169
25.10	Станция 2, руч. «Безьян- ный», ниже стоков	бесцветная с осадком	10,09	348,59	<0,03	5,277	5,781
25.10	Станция 6, руч. «Сточный», ниже стоков	темно-корич- невая с хло- пьевидным осадком	11,79	47,47	<0,03	1,088	3,842
25.10	Станция 7, р. Кулешовка, ниже впадения руч. «Сточный»	бесцветная с хлопьями	5,60	7,27	<0,03	0,506	0,041

Одновременно отбирались пробы почв с прибрежных участков, обработка почвенных образцов в настоящее время находится в стадии обработки.

Всего было отобрано 13 проб воды на химический, 9 – на микробиологический анализы; 6 проб почв отобраны на химический анализ в прибрежьях водотоков, 7 гидробиологических проб – на анализ по показателям макрозообентоса. Проводилась фото- и видеосъёмка исследуемых участков с выявленными экологическими нарушениями. По окончании отбора проб и фиксации органолептических показателей был составлен Акт натурного исследования, подписанный 11 членами научно-общественной комиссии.

Результаты

Обследование эколого-санитарного состояния водотоков и прибрежных территорий в районе расположения свинокомплексов ООО «Приморский бекон» (рис. 8) и ООО «Мерси-Трейд» было проведено в связи с поступающими жалобами от жителей сёл Вишнёвка и Прохоры (Спасский район) в Общественный экспертный совет по проблемам экобезопасности Приморского края и Координационный Совет по проблемам экологии Приморского края (КСПЭПК). Жители сообщали о систематических нарушениях окружающей среды (загрязнение водо-

Таблица 4. Результаты анализа проб воды по санитарно-гигиеническим и микробиологическим показателям на 5 тестируемых станциях

Дата	Место отбора проб	Показатели				
		Общие коли- формные бак- терии, КОЕ/100мл	Термотолерантные колиформные бак- терии, КОЕ/100мл	Колифаги, КОЕ/100мл	Энтеро- кокки, КО- Е/100мл	Патогенные микроор- га-низмы, КОЕ/100мл
Норматив на метод исследования		МУ 2.1.5.800-99				
ПДК		500	100	10	10	Отсутствие
330.04	Станция 1, р. Вишнёвка, выше с. Вищневка	3,6 x 10 ⁵	7,0 x 10 ⁴	18	н/а	не обнаружены
225.10		1 x 10 ⁴	300	10	3	не обнаружены
330.04	Станция 2, руч. «Безымянный», ниже стоков	4,7 x 10 ⁵	9,0 x 10 ⁴	24	н/а	не обнаружены
225.10		4 x 10 ⁷	2 x 10 ⁷	120	3 x 10 ⁴	не обнаружены
01.05	Станция 3, р. Кулешовка, в р-не ул. Вокзальная	3,9 x 10 ⁵	8,0 x 10 ⁴	17	н/а	не обнаружены
02.05	Станция 6, руч. «Сточный», ниже стоков	3,9 x 10 ⁵	8,0 x 10 ⁴	18	н/а	не обнаружены
225.10		1 x 10 ⁸	4 x 10 ⁷	300	2 x 10 ⁴	не обнаружены
02.05	Станция 7, р. Кулешовка, ниже устья руч. «Сточный»	3,5 x 10 ⁵	7,0 x 10 ⁴	15	н/а	не обнаружены
225.10		6 x 10 ⁴	2 x 10 ³	10	2	не обнаружены

Примечание: н/а – показатель не анализировали.

токов и атмосферы) в результате деятельности свинокомплексов ТОР «Михайловский», их обращения направлялись в различные надзорные органы Приморского края, а также в Администрацию Президента РФ.

Для выяснения ситуации и проведения независимой оценки качества окружающей среды экспертами КСПЭПК, совместно со специалистами ДВО РАН, была сформирована научно-общественная комиссия из числа учёных и общественных экологических активистов, которая осуществила два рейда в район расположения свиноферм «Михайловский ТОР» в период с 30 апреля по 2 мая 2018 года и с 24 по 25 октября 2018 года.

В ходе проведения рейдовых мероприятий по соблюдению требований природоохранного законодательства на территории муниципального образования г. Спасск-Дальний и сёл Вишнёвка, Красный Кут, Старый Ключ и Прохоры (Спасский район, Приморский край) был проведён осмотр прилегающих территорий свинокомплексов ООО «Приморский бекон» (активно функционирует

Таблица 5. Результаты оценки качества вод по показателям зообентоса в водотоках, расположенных в сфере действия свиноферм ТОР «Михаловский»

Дата	Место отбора проб	Биотические индексы								
		Индекс ЕРТ, %	Индекс Вудивисса, баллы	Индекс FBI	Индекс SO, %	Индекс Гуттайта-Уитлея, %	Индекс FE BMWP	Индекс FE ASPT	Индекс Майера	В/Р
30.04	Станция 1, р. Вишневка, выше с. Вишневка	55 G-F	6 G-F	6,6 G-F	25 F	44 G-F	51 G	4,0 F	12 G-F	н/а
30.04	Станция 2, руч. Безымянный (ниже стоков)	0 P	2 P	7,8 P	0 VP	>80 P	14 P	0,01 P	4 P	н/а
24.10	Станция 3, р. Кулешовка, в р-не ул. Вокзальная	0 P	5 F	8 P	0 VP	58 F	21 P	3 P	8 F-P	0,42 P
01.05	Станция 4, р. Кулешовка, в районе ул. Ершова, 21	0,93 P	5 F	7,22 F	0,93 P	30 G-F	23 P	0,21 P	8 F-P	0,03 P
02.05	Станция 6, руч. Сточный (ниже стоков)	0 P	2 P	9 P	0 VP	>80 P	12 P	0,01 P	4 P	н/а
02.05	Станция 7, р. Кулешовка, ниже впадения руч. «Сточный»	0 P	3 F-P	8,0 P	1,3 P	60 F	16 P	0,03 P	9 F-P	0,46 P

Примечание: н/а – показатель не анализировался; категории качества вод: G – чистые, G-F – слабо загрязненные, F – загрязненные, F-P – значительно загрязненные, P – грязные, VP – очень грязные.

с 2015, владельцы: Примторгинвест, ООО АПГ «Мерси АГРО», ООО, Восток АГРО, ООО; ИНН 2510005120, КПП 251001001, руководитель генеральный директор Белик Максим Юрьевич, адрес: Приморский край, Спасский р-он, с. Прохоры, ул. Ленинская, 70) и ООО «Мерси-Трейд» (активно функционирует с 2013 г., владельцы: Примторгинвест, ООО, АПГ «Мерси АГРО», ИНН 2538124293, КПП 251001001, руководитель генеральный директор Прокопенко Владимир Анатольевич, адрес: Приморский край, Спасский р-он, с. Прохоры, ул. Ленинская, 70), входящие в агрохолдинг ООО «Мерси Агро Приморье» – резиденты ТОР «Михайловский».

Руководствуясь природоохранным законодательством РФ ст. 12, ст. 68 ФЗ от 10 января 2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»; ст. 19, ст. 20, ст. 21Ю ст. 22 ФЗ от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе» группой экспертов и эоактивистов в составе 11 человек были выполнены научно-исследовательские работы по оценке качества окружающей среды на 7 участках (станциях), расположенных на пяти водотоках бассейна р. Спасовка, включая главную реку – Спасовку, являющуюся притоком озера Ханка: р. Вишнёвка (выше с. Вишнёвка), р. Кулешовка (в районе г. Спасск-Дальний, выше и ниже сбросов свинокомплексов), р. Спасовка (у с. Новосельское) и на ручьях «Безымянный» (ниже сбросов свинокомплекса ООО «Приморский бекон») и «Сточный» (ниже сбросов свинокомплекса ООО «Мерси-Трейд»). Данные ручьи сообщаются со свинокомплексами и используются для нелегального сброса неочищенных отходов.

Оценка качества воздуха и воды по органолептическим показателям

Основные органолептические показатели, на которые обращалось внимание, были: запах, визуальные характеристики санитарно-гигиенического состояния водотоков (цвет, мутность, запах, пенистость, цвет осадков, аномальное развитие водорослей, развитие микробных обрастаний, замусоренность, состояние прибрежной растительности). В результате натурного обследования были выявлены явные отклонения качества воздуха и воды от норм на станциях 2 (руч. «Безымянный»), 6 (руч. «Сточный») и 7 (р. Кулешовка, ниже впадения руч. «Сточный») (табл. 2).

Оценка качества вод по химическим показателям

По физико-химическим показателям вода в исследуемых пробах относится к умеренному классу чистоты, за исключением образцов со станций 2 и 6 (ручьи «Безымянный» и «Сточный», в которые осуществляется сброс неочищенных отходов со свинокомплексов). Во всех образцах показатели перманганатной окисляемости превышают ПДК в 1,7–5,7 раз, что свидетельствует о наличии органического загрязнения; содержание нитритов и нитратов находится в пределах нормы, что позволяет сделать предварительный вывод о «застарелом» (длительном) органическом загрязнении. В образцах 2 и 6 (руч. «Безымянный» и руч. «Сточный») также отмечено превышение содержания аммиачного азота (в 8,1 и 5,3 раза, соответственно), что однозначно говорит о животном происхождении загрязнений. Характеристика физико-химических свойств исследованных образцов воды приведена в таблице 2.

Дополнительно, по просьбе жителей пос. Красный Кут были исследованы образцы водопроводной воды в с. Красный Кут (точка 8). По содержанию общего железа ПДК превышена в 11 раз, ПДК по перманганатной окисляемости превышена в 1,7 раза; настораживает высокое, хотя и в пределах нормы, содержание в водопроводной воде аммиака и нитратов. Полученные данные свидетельствуют о

некачественной очистке водопроводной воды (если таковая вообще проводится), либо о неудовлетворительном состоянии водопровода, в который, по-видимому, просачиваются канализационные воды.

Оценка качества вод по микробиологическим показателям

Микробиологические исследования проб воды во всех образцах однозначно подтверждают неудовлетворительное состояние исследуемых водных источников по микробиологическим и санитарно-гигиеническим показателям (табл. 4). Нормативы по содержанию ОКБ (общие колиформные бактерии) превышены в 700–500000 раз, по ТKB (термотолерантным бактериям) превышены в 700–40000 раз, по колифагам в 1,5–30 раз, по энтерококкам в 2000–3000 раз. Особенно сложная ситуация отмечена для станций 2 и 6 (ручьи «Безымянный» и «Сточный»), расположенных вблизи свиногомплексов и принимающих неочищенные воды с ООО «Приморский бекон» и ООО «Мерси-Трейд».

По заключениям специалистов Филиала ФГКУ «1029 ЦГСЭН» г. Владивосток все проанализированные пробы по исследуемым микробиологическим и санитарно-гигиеническим показателям в мае и в октябре 2018 года не соответствовали нормативным требованиям.

Оценка качества вод по показателям макрозообентоса

Качество вод оценивали по 9 биотическим индексам, описание которых, и процедура расчёта приведены в методическом пособии Вшивковой и др. (2019).

Практически на всех исследованных станциях, за исключением условно фоновой станции 1, расположенной выше с. Вишнёвка, качество воды оценивается по показателям водных беспозвоночных как неудовлетворительное или плохое. Особенно низкое качество по всем биотическим индексам отмечено для станций 2 и 6: ручьи «Безымянный» и «Сточный», расположенные в сфере сбросов неочищенных вод со свиногомплексов ТОР «Михайловский».

Индекс ЕРТ на станциях 2–7 характеризует качество вод как «плохое; грязные воды», на ст. 1 – «слабо загрязненные».

Индекс Вудивисса на станции 1 – «слабо загрязненные воды», на станциях 2 и 6 – оценивает качество вод как «плохое; грязные воды», на станциях 3 и 4 (р. Кулешовка в районе улиц Вокзальная и Ершова) – «неудовлетворительное; загрязненные воды», на станции 7 – «неудовлетворительное; ближе к «грязные воды».

Индекс FBI на станции 1 – «хорошее-удовлетворительное», на станции 4 – «неудовлетворительное», на остальных станциях – «плохое».

Индекс SO – на станции 1 – «неудовлетворительное; загрязненные воды», на станциях 4 и 7 – «плохое; грязные воды», на станциях 2, 3 и 6 – «очень плохое; очень грязные воды».

Индекс Гутнайта-Уитлея на станции 1 и 4 – «слабозагрязненные», на станциях 3 и 7 – «неудовлетворительное; загрязненные воды», на станциях 2 и 6 – «плохое; грязные воды».

Индекс FE BMWP характеризует воды на всех станциях как «грязные», за исключением станции 1 – качество вод «хорошее».

Индекс FE ASPT – станция 1 – «посредственное качество», вода на всех остальных станциях оценивается как «плохого качества; грязные воды».

Индекс Майера – на станции 1 – «умеренно загрязненные воды», на станциях 3, 4 и 7 – «грязные воды», на станциях 2 и 6 – «очень грязные воды».

Индекс В/Р – индекс просчитан для станций 3, 4 и 7, качество – «грязные воды».

Таким образом, результаты анализов показали, что качество воды ручьёв, стекающих со свиногомплексов ТОР «Михайловский», неудовлетворительное и не соответствует санитарно-гигиеническим и микробиологическим нормативам. Полученные данные свидетельствуют о наличии органического загрязнения, как «свежего», так и «застарелого» (длительного) в ручьях, расположенных в непосредственной близости от свиногомплексов. Эти ручьи впадают в р. Кулешовку, несущую загрязнённые воды в р. Спасовка, которая, в свою очередь, впадает в озеро Ханка и, следовательно, оказывает влияние на состояние заповедных территорий и всего водно-болотного комплекса бассейна оз. Ханка. Микробиологические показатели превышают нормы в сотни и даже тысячи раз. Гидробиологические показатели подтверждают резкое сокращение биоразнообразия водных беспозвоночных, появление в местах импакта деградированных бентосных моносообществ с небольшим числом толерантных видов. Все эти данные безусловно свидетельствуют о негативном влиянии свиногомплексов ТОР «Михайловский» на окружающую среду прилежащих территорий, близкорасположенные посёлки и Спаский район в целом. Под пресс этого влияния, в результате, попадают территории и акватории ООПТ государственного природного биосферного заповедника «Ханайский», что является недопустимым.

Заключение

1. Группой экспертов и общественных эко-активистов в результате натурального обследования 30 апреля–2 мая и 24–25 октября 2018 г. территорий и водотоков, расположенных в сфере расположения свиногомплексов ООО «Приморский бекон» и ООО «Мерси-Трейд», установлено, что руководство свиногомплексов не соблюдают требования по утилизации отходов производства, чем нарушают природоохранное законодательство РФ.

2. По физико-химическим и органолептическим показателям вода в исследуемых пробах относится к умеренному классу чистоты, за исключением образцов из ручьев «Безымянный» и «Сбросовый» (станции 2 и 6, соответственно), и р. Кулешовка ниже устья руч. «Сточный» (станция 7), в которую поступают неочищенные воды ручья. Во всех образцах показатели перманганатной окисляемости превышают ПДК (в 1,7–3,5 раза), что свидетельствует о наличии органиче-

ского загрязнения; содержание нитритов находится в пределах нормы, нитраты на пределе нормы. Показатели содержания минерального и органического фосфора в сточных ручьях значительно превышают норму (более 100, и 20 раз). В ручье «Безымянный» (в окрестностях с. Вишневка) отмечено превышение содержания аммиачного азота (до в 8,1 и 5,3 раза, соответственно), что говорит о животном происхождении источника загрязнения, а также позволяет сделать предварительный вывод о «застарелом» (длительном) органическом загрязнении.

3. Микробиологические данные подтверждают неудовлетворительное состояние исследуемых водных источников (на всех станциях); ПДК в пробах ручья «Безымянный» и «Сточный» иногда в сотни тысяч раз превышает норму.

4. Необходимо провести детальные исследования выявленных нарушений для определения сезонной и ситуационной (по фактам сбросов стоков) динамики качества воды на изучаемых объектах, подтвердить и уточнить полученные предварительные результаты.

5. Для решения выявленных экологических проблем следует передать материалы исследований в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Приморского края, администрацию Спасского района, администрацию г. Спасск-Дальний, администрациям сельских поселений сёл Вишнёвка, Прохоры, Старый Ключ, Красный Кут, а также в надзорные органы: Управления Роспотребнадзора и Росприроднадзора по Приморскому краю.

6. Необходимо наладить и поддержать регулярный экологический мониторинг за деятельностью свинокомплексов ТОО «Михайловский» как государственными надзорными органами, так и силами независимых экспертов, совместно с общественными экологическими инспекторами и активистами Спасского района.

РАЗДЕЛ 3

**Проблемы сохранения биоразнообразия
прибрежных территорий и акватории оз. Ханка.
Особенности природопользования
на прибрежной территории
трансграничного оз. Ханка**



SECTION 3

**Problems of biodiversity conservation
of the coastal and water areas of Khanka Lake.
Features of environmental management
in the coastal territory
of the transboundary Khanka Lake**

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ
ПОПУЛЯЦИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЧЕРЕПАХИ *PELODISCUS*
MAACKII (BRANDT, 1857) И МЕСТ ЕЁ РАЗМНОЖЕНИЯ
НА ОЗ. ХАНКА

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE
OF THE NORTHERN CHINESE SOFTSHELL TURTLE
(*PELODISCUS MAACKII* (BRANDT, 1857)) POPULATION
AND ITS BREEDING GROUNDS AT KHANKA LAKE

И.В. Маслова

I.V. Maslova

Дальневосточная черепаха – *Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) включена в Красную книгу Российской Федерации (2001) со статусом «сокращающийся в численности вид, обитающий в пределах России на крайней северной границе своего ареала» (Красная книга ..., 2001). В настоящее время вид достоверно обитает в южных районах российского Дальнего Востока – в Приамурье и Приханковье (Adnagulov, Maslova, 2005; Дальневосточная черепаха ..., 2019).

Популяция черепахи, населяющая оз. Ханка и приустьевые участки впадающих в него рек, всегда считалась наиболее крупной, успешной и стабильной, по сравнению с остальными российскими популяциями этого вида (Булдовский, 1936а, б; Пржевальский, 1870; Черепанов, 1990). По итогам наших наблюдений за 2000–2005 гг. мы присвоили ей статус эталонной. На то время в Ханке и в прилегающих к ней водоемах обитало не менее 3000 черепах (Маслова, 2006а; Adnagulov, Maslova, 2005; Аднагулов, Маслова, 2001).

Известен ряд факторов негативно влияющих на благополучие существования *P. maackii*: гибель до 90 % кладок и молодняка от хищников, смерть в рыболовных сетях, отлов с целью браконьерских продаж, антропогенное загрязнение водоёмов, усиление рекреационной нагрузки на места размножения вида (Булдовский, 1936а; Дальневосточная черепаха ..., 2019; Маслова, 2016; Черепанов, 1990). К факторам, лимитирующим его численность, также относятся такие природные явления, как наводнения, которые затопляя места, где отложены яйца черепах, ведут к их массовой гибели (Булдовский, 1936а; Черепанов, 1990). Начиная с 2013 г. глобальное изменение климата стало одной из основных причин аномально высокой водности в ряде основных мест обитания дальневосточной черепахи в России, рек и озёр бассейна Амура (Дальневосточная черепаха ..., 2019). В результате катастрофического подъёма воды в оз. Ханка, превысившего свой исторический максимум к 2016 г., пострадали не только черепахи кладки яиц, но и популяции редких растений, ряд околородных видов птиц на гнездовьях и многие другие представители флоры и фауны прибрежных сообществ озера (Маслова, 2006б).

Кроме того, в 2016 г. с Ханкайского района Приморского края началось претворение в жизнь государственного проекта «Дальневосточный гектар». В за-

явках желающих получить «гектар» в данном районе преобладает рекреационно-оздоровительная направленность – базы отдыха и т.п. на побережье озера. Есть опасность, что при реализации этих проектов будет полностью потеряна большая часть территорий для воспроизводства ханкайской популяции дальневосточной черепахи (Маслова, Воробьева, 2016).

Совокупность вышеперечисленных факторов может привести к резкому ухудшению состояния вида. Поэтому в течение четырёх последних лет, начиная с сентября 2015 г., мы проводили мониторинг состояния ханкайской популяции дальневосточной черепахи с целью выяснить уровень влияния современных лимитирующих факторов и определить условия для сохранения вида.

С 2015 по 2018 гг. было проведено шесть экспедиций по западному побережью о. Ханка – от с. Камень-Рыболов до с. Турий Рог (граница с КНР). В ряде экспедиций принимала участие студентка ШЕН ДВФУ Воробьева П.А.

Суммарно маршрутами пройдено около 180 км побережья. Кроме того, в 2017 г. были проведены работы по р. Комиссаровка: от окрестностей с. Дворянка (среднее течение реки) до её устья – около 70 км маршрутов.

Для оценки численности и возрастной структуры популяций дальневосточной черепахи применялось несколько методов: учёт разновозрастных животных по берегам водоёмов; учёт следов их выходов с промером ширины следовых дорожек и описанием их формы (Аднагулов, 2008). По ширине следовых дорожек можно было судить о размерном составе популяции, так как ширина следовой дорожки примерно соответствует ширине карапакса в районе плечевого моста (Черепанов, 1990).

Также проводился учёт кладок яиц черепах, но эти данные носили фрагментарный характер. Структура мелкого ханкайского песка и сильные ветра приводят к полному исчезновению следов кладки в считанные дни, а иногда и часы. Достаточно долго остаются заметными только кладки разрушенные хищниками, но невозможно точно определить, какой именно процент они составляют от их общего количества.

Для обработки данных по размерным рядам черепах использовался критерий Хи-квадрат в статистической программе R (версия 4.0.4) (The Comprehensive R Archive Network, 2021).

Во время экспедиционных работ выполнялся постоянный опрос местного населения (Ханкайский район: села Камень-Рыболов, Астраханка, Троицкое, Платоно-Александровское, Дворянка, Комиссарово, Ильинка, Октябрьское, Ново-Николаевка, Новокачалинск и Турий Рог).

В качестве эталонного участка для проведения учётов была выбрана заповедная территория – участок «Сосновый» (375 га) государственного природного биосферного заповедника «Ханкайский» (далее – заповедник «Ханкайский»). На западном побережье оз. Ханка – это единственный кластер данной ООПТ. Включает в себя о. Сосновый, две косы: Арсеньева и Пржевальского и залив Казачий между ними (рис. 1). Ценную информацию по состоянию участка «Сосновый»



Рис. 1. Участок «Сосновый» заповедника «Ханкайский»

и по черепахам, там обитающим, предоставил инспектор заповедника В.М. Козырев.

Кроме собственных данных, полученных за последние четыре года, мы использовали учётный материал, собранный нами во время работы в заповеднике «Ханкайский» в 2001–2005 гг. (Летопись природы..., 2001–2005, 2014). Всего за весь период работ (2001–2005; 2015–2018) на участке «Сосновый» было промерено и описано 692 следовые дорожки черепах.

До 2011 года о. Сосновый и коса Пржевальского, ошибочно упоминаемая Г.О. Черепановым, как мыс Николаевский, представляли собой узкую песчаную косу, длиной около 5–6 км, разделённую мелководной протокой шириной 150–200 м (Черепанов, 1990). На о. Сосновый приходилось около 1,5 км её длины, а на косу Пржевальского – около 4 км. В самой широкой части остров достигал 400 м и на нём имелось внутреннее озеро. Длина косы Арсеньева составляла около 1,5 км и протяжённость песчаных пляжей в заливе Казачий составляла около 2 км. Наибольшие скопления черепах в период размножения, как А.Т. Булдовский (1936а, б), так и Г.О. Черепанов (1990), отмечали на о. Сосновый и косе Пржевальского. Наиболее успешным для репродуктивного цикла черепах был остров в связи с тем, что на него практически не проникали хищники. Наши наблюдения в 1999, 2001–2005 гг. подтвердили эти предположения (Аднагулов, Маслова, 2001; Летопись природы..., 2001–2005, 2014).



Рис. 2. Спутниковый снимок о. Сосновый (2011 г.)

Подъём воды в оз. Ханка происходил постепенно. Уже в 2011 году о. Сосновый полностью разделился на две части, внутреннее озеро стало заливом (рис. 2).

Последние массовые выходы черепах на острове 20 июня 2014 г. отметил инспектор заповедника В.М. Козырев (Летопись природы..., 2014).

К октябрю 2015 г. остров Сосновый представлял собой две отдельные узкие полоски суши, вытянутые с запада на восток и поросшие ивняком. Первая полоса была длиной около 90 м, вторая на 10 м короче. Отмечались единичные выходы на берег взрослых черепах, кладки отсутствовали (личное сообщение В.М. Козырева). В июне 2016 г. Сосновый состоял из двух мизерных полосок суши: первая – длиной около 50 м и шириной от 1 до 6 м; площадь второго не превышала 6 м². Никаких следов *P. maackii* на них не было обнаружено. Остатки острова использовались только монгольскими чайками *Larus mongolicus* Sushkin, 1925 в качестве места отдыха (Маслова, 2016).

В конце августа 2016 г. остров был полностью смыт и скрылся под водой. Это, на первый взгляд, противоречило тому факту, что на косах уровень воды повысился на несколько сантиметров (по сравнению с июнем этого же года). Видимо, полному исчезновению остатков острова способствовало размывание сильными волнами во время прохождения тайфуна Лайонрок (Маслова, Воробьева, 2016).

Во второй половине 2018 г. на месте о. Сосновый над поверхностью воды образовался небольшой намыв песка, который исчез после очередной штормовой погоды. В настоящее время (вторая половина 2020 г.) остров отсутствует.

Также в 2011 г. начался частичный размыв и небольшое подтопление северо-восточной оконечности косы Пржевальского, на протяжении её последних 1,5 км. К 2015 г. коса в её основании и средней части превратилась в цепочку островков (общей протяжённостью около 0,6 км), каждый из которых имел пло-

щадь от 10 до 100 м² и между которыми находились полузатопленные деревья и кустарники. Северная часть косы (1,5–1,7 км) целиком ушла под воду. Во время осмотра остатков косы в сентябре 2015 г. мы зафиксировали на одном из островков только 3 следовые дорожки. Две черепахи при нашем приближении скрылись в воде (табл. 1, 2). В первой половине 2016 г. форма незатопленных фрагментов косы Пржевальского оставалась прежней. В конце июня, работая на косе, мы отметили 6 взрослых *P. taackii*, 5 из которых держались в воде с подветренной части косы, и ещё одну особь мы спугнули с лёжки на берегу. Было промерено и описано 17 следовых дорожек (табл. 1, 2). В северо-восточной части косы располагались многочисленные гнездовья монгольских чаек. Кладок яиц черепах на косе не было обнаружено ни одной. К осени 2016 г. уровень воды в озере немного упал и часть островков начала объединяться между собой в более крупные формации. В начале сентября 2016 г. обследуя косу, мы насчитали 12 следовых дорожек и обнаружили 2 пустые кладки (табл. 1, 2).

К июню 2017 г. коса Пржевальского представляла собой единый остров, покрытый местами кустарниковыми зарослями. Длина его достигала 1 км, а ширина варьировала от 8 м до 50 м (рис. 3). Мы провели обследование косы 21 июня 2017 г., в её северо-западной части располагались многочисленные гнездовья монгольских чаек. В центральной и юго-восточной части косы отмечались следы взрослой выдры *Lutra lutra* L., 1758. Одна крупная черепаха была встречена в момент поиска места для откладки яиц на расстоянии 7 м от воды. Было промерено и описано 18 следовых дорожек, зафиксировано две кладки (табл. 1, 2).

При осмотре в этот день западного, топкого, заиленного берега косы с высокими валиками сухой растительности, выброшенной на берег во время шторм-



Рис. 3. Спутниковый снимок косы Пржевальского (2017 г.)

мовой погоды, было обнаружено большое скопление взрослых черепах на прогреве – 16 экземпляров на участке менее 100 м в длину. При этом выход на сушу для рептилий был затруднён, так как высота травяных валов достигала 0,3–0,4 м (рис. 4).



Рис. 4. Дальневосточные черепахи на прогреве на косе Пржевальского (заповедник «Ханкайский»)

Ранее (2001–2005 гг.) мы отмечали массовые скопления черепах на прогревах только на пологих, комфортных для них, песчаных участках, которые в настоящее время полностью затоплены. На восточном, обращённом к открытой части оз. Ханка, берегу косы Пржевальского песчаные пляжи местами сохранились, но они большую часть времени подвергаются воздействию волн, так как в тёплое время года на озере преобладают юго-восточные ветра. Черепахи избегают выбираться на берег при наличии прибоя, и эта сторона косы используется ими редко. Есть удобные песчаные пляжи и лагуны в северной части косы, но данная территория полностью «оккупирована» чайками, и *P. maackii* её сторонятся.

При проведении учётных работ на косе Пржевальского (22 сентября 2017 г.), было промерено и описано 12 следовых дорожек; обнаружено 40 пустых кладок, которые большей частью были сконцентрированы в центральной и южной частях косы, на значительном расстоянии от гнездовой монгольской чайки (табл. 1, 2). Визуально *P. maackii* не отмечались. Большинство обнаруженных кладок располагалось на узком песчаном гребне высотой около 1,2–1,3 м, тянущемся в меридиональном направлении в центральном и южном участках косы. На изолированной от материка косе отсутствовал такой хищник, как енотовидная собака *Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834), но зато многократно фиксировались следы жизнедеятельности

тельности выдры. Большая часть обнаруженных кладок черепах была разорена этим хищником.

В 2018 г. мы смогли попасть на косу Пржевальского только 01 сентября. По словам инспектора заповедника В.М. Козырева, за несколько дней до начала наших работ сильные ветра «съели» окончание косы с северной стороны (приблизительно 80 м). В юго-западном направлении от её южного окончания сформировался песчаный островок изогнутой формы, общей длиной около 0,3 км на котором, имелась лагуна, поросшая околководной и водной растительностью, с отдельными кустиками ивняка в её южной оконечности. При повторном подъеме воды в Ханке в 2019 г. этот островок полностью исчез под водой.

Было отмечено увеличение площади гнездовой чаек на косе Пржевальского. Продолжалось постепенное вытеснение черепах с мест прогрева и откладки яиц, в южном направлении косы (рис. 5). К июню 2020 г. чайками была занята уже третья часть косы, где началось массовое гнездование бакланов *Phalacrocorax carbo* (Linnaeus, 1758).

По всей территории косы постоянно фиксировались многочисленные следы выдр (рис. 6).

Визуально мы наблюдали двух взрослых дальневосточных черепах. Было промерено и описано 17 следовых дорожек (табл. 1, 2). На юго-западной оконеч-



Рис. 5. Колония монгольских чаек на северо-восточной оконечности косы Пржевальского (заповедник «Ханкайский»)



Рис. 6. Следы выдры на косе Пржевальского (заповедник «Ханкайский»)

ности косы в полдень, с 12 до 13 ч, был зафиксирован выход черепашат из кладки, расположенной в 3,5 м от уреза воды (рис. 7).

Всего мы насчитали 15 черепашат, из них удалось промерить 9 особей, средняя длина карапакса 29,3 мм, средний вес – 4,6 г.



Рис. 7. Выход черепашат из кладки на юго-западной оконечности косы Пржевальского (заповедник «Ханкайский»)

На новообразованном островке мы отметили одну взрослую дальневосточную черепаху на прогреве, промерили и описали 15 следовых дорожек. В таблицах 1 и 2 мы объединяем эти сведения с данными по косе Пржевальского, так как он в действительности является её ранее затопленным фрагментом.

Таким образом, уже более четырёх лет, начиная с 2015 г., коса Пржевальского является изолированным участком суши, т.е. островом, и поэтому применение термина «коса» не соответствует действительности. Тем не менее, чтобы не возникало путаницы, мы придерживаемся в данной работе старого названия места проведения работ.

Залив Казачий к 2015 г. почти полностью ушёл под воду. Остался маленький песчаный пляж размером около 0,15 км с отдельными кустами боярышника и ивы. В начале сентября 2016 г., обследуя этот фрагмент заповедника, мы зафиксировали, что по его берегу сохранились только отдельные фрагменты открытого песка (около 0,1 км). Были отмечены в воде 3 взрослые дальневосточные черепахи; промерено и описано 6 следовых дорожек; обнаружены две пустые кладки. К июню 2017 г. территория береговой линии зал. Казачий увеличилась до 0,6 км. С её западной стороны сформировалась обширная лагуна, поросшая различной водной и околководной растительностью. В конце июня 2017 г. мы визуально наблюдали 4 взрослые дальневосточные черепахи, две из которых держались в воде, другие две прогревались на берегу. Было промерено и описано 15 следовых дорожек (таб. 1). Обследуя залив 01 сентября 2018 г., мы отметили, что общая протяжённость его песчаных пляжей достигла почти 1 км. Визуально было зафиксировано 7 взрослых дальневосточных черепах. Промерено и описано 52 следовые дорожки (таб. 1).

Коса Арсеньева к 2016 г. была полностью замыта и ушла под воду, до второй половины 2020 г. не восстановилась.

Таблица 1. Сравнительные данные по посещаемости береговой линии дальневосточной черепахой на участке «Сосновый» заповедника «Ханкайский»

Год	Дата	Коса Пржевальского			Залив Казачий			Остров Сосновый		
		Длина косы (км)	N _{сд}	N _{сд} /1 км	Длина косы (км)	N _{сд}	N _{сд} /1 км	Длина косы (км)	N _{сд}	N _{сд} /1 км
2015	07.09	0,1	3	30	–	–	–	0,17	0	0
2016	20.06	0,8	17	21,3	0,1	–	–	0,05	0	0
2016	03.09	1	12	12	0,1	6	60	0	–	–
2017	21.06	1	18	18	0,6	15	25	0	–	–
2017	22.09	1	12	12	-	-	-	0	–	–
2018	01.09	1,3	32	24,6	1	52	52	0	–	–
2015–2018 (в сред.)			15,7	19,7		24,3	45,7	–	–	–
2001–2005 (в сред.)		3,0	18,6	6,2	2,0	–	–	1,5	19,8	13,2

Примечание: N_{сд} – количество следовых дорожек дальневосточных черепах.

Таблица 2. Сравнительные данные по численности дальневосточной черепахи на участке «Сосновый» заповедника «Ханкайский»

Участок «Сосновый», заповедник «Ханкайский»		1990 (Черепанов, 1990)	2001–2005 (Маслова, 2016)	2016–2018
о. Сосновый	Максимальное количество черепах на 100 м береговой линии	17	10	0
	Общее количество учтённых черепах за маршрут	37–80	1–15 (в среднем 8,8)	0
коса Пржевальского	Максимальное количество черепах на 100 м береговой линии	6	6	8
	Общее количество учтённых черепах за маршрут	11–39	1–15 (в среднем 4,2)	2–17 (в сред. 4,5)

При статистической обработке данных по ширине следовых дорожек черепах и анализе размерного состава популяции вида были получены неожиданные результаты. Изначально мы предполагали, что депрессия последних лет, связанная с критичной для воспроизводства вида водностью, приведёт к дальнейшему уменьшению размеров черепах. Респонденты из самых разных населённых пунктов, расположенных в западном Приханковье сообщали об измельчании *P. taackii* в начале 2000-х годов по сравнению с семидесятыми и восьмидесятыми годами прошлого столетия (Аднагулов, Маслова, 2001; Маслова, 2016). Сравнение размерных показателей ширины следовых дорожек *P. taackii* за 2001–2005 гг. и за 2015–2018 гг. показало, что средний размер черепах увеличился, среди всех возрастных групп стали доминировать репродуктивные крупные черепахи, а молодые неполовозрелые особи практически исчезли (рис. 8).

Во время наблюдений за *P. taackii* в начале 2000-х мы зафиксировали определённую модель поведения у неполовозрелых черепах с шириной следа менее 120–130 мм. Все они придерживались, при выходе на прогрев, защищённых участков берега с лагунами и с наличием зарослей тростника, цицании и другой водной и околородной растительности. Это, видимо, связано с их высокой уязвимостью в молодом возрасте и необходимостью иметь большее количество укрытий. Затопление большей части береговой линии озера привело к разрушению таких мест. Возможно, что это увеличило смертность черепашьей молодежи. Мы не имеем достоверных сведений, перемещаются ли ювенильные и неполовозрелые черепахи на большие расстояния в поисках комфортных мест жизни. Полагаем, что если бы это происходило, то фиксировалось бы большее количество следов молодых *P. taackii* на других участках западного побережья оз. Ханка. Тогда как в 2015–2018 гг. повсеместно складывалась сходная картина, т.е. наблюдались только единичные выходы молодых черепах.

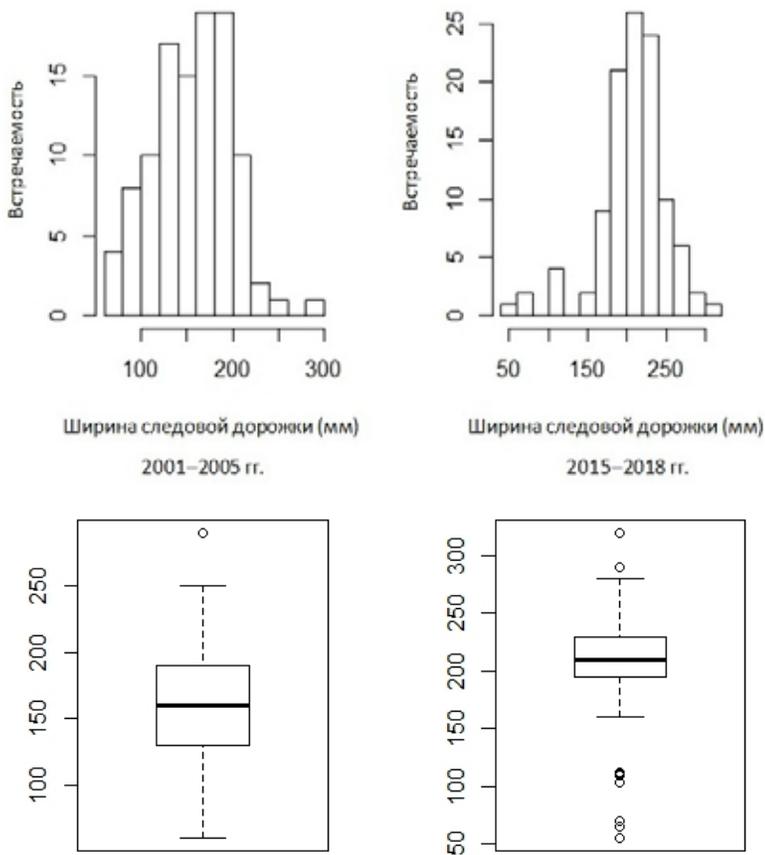


Рис. 8–9. Сравнение возрастной и размерной структуры ханкайской популяции дальневосточной черепахи на примере участка «Сосновый» (заповедник «Ханкайский»)

Кроме модельного участка в заповеднике «Ханкайский», в период с 2016 по 2018 гг. была обследована большая часть западного побережья оз. Ханка, охватывающая все потенциальные места для размножения дальневосточной черепахи.

Во время проведения экспедиционных работ в 2016 г. на 27-километровом отрезке побережья озера между селами Камень-Рыболов и Турий Рог было обнаружено всего 29 песчаных пляжей. Их суммарная длина составила около 10 км (Маслова, Воробьева, 2016). Остальную часть побережья представляли или обрывистые берега, или затопленные луговины. К 2019 г. уровень воды частично снизился, но узкая кромка песка (шириной в 0,5–2 м), появившаяся на большей части побережья и часто подвергаемая сильному прибою, совершенно непригодна для откладки яиц и используется черепахами в лучшем случае для прогрева.

Наименьшее количество встреч выходов *P. maackii*, а также следов их размножения, пришлось на участок побережья между сёлами Камень-Рыболов и

Троицкое, где на 9-ти километровой береговой линии озера расположено пять баз отдыха (табл. 3). В 2016 г. из 15 обнаруженных на этом участке песчаных пляжей, мы зафиксировали только два, где черепахи проявляли репродуктивную активность и откладывали яйца. Первый песчаный пляж длиной около 1,5 км находился в 5-ти км южнее с. Троицкого, а второй (около 1 км в длину) был расположен немного севернее последнего увала перед базами отдыха (приблизительно в 3 км от Камня-Рыболова). К сожалению, в июне 2019 г. мы отметили, что многократно возрос антропогенный пресс на второй пляж и роль его как места размножения черепах утеряно. Отдыхающие начали использовать берег не только для пеших прогулок, но и для частой (судя по следам) езды на квадроциклах, и черепахи здесь практически исчезли. Мы не зафиксировали ни одной следовой дорожки и ни одной кладки.

По береговой линии между сёлами Троицкое и Платоно-Александровское имеется два участка, оптимальных для размножения черепах. Оба относятся к ООПТ: это кластер «Сосновый» заповедника «Ханайский» и памятник природы регионального значения «Девичьи пески» на мысе Николаевский. О первом участке мы писали выше. Второй был частично затоплен в 2015–2016 гг. В 2017 г. черепахи уже откладывали на этом участке яйца, так как осенью этого года инспектор заповедника В.М. Козырев наблюдал там множество кладок, разрытых хищниками. В июне 2019 г. на «Девичьих песках» имелась полоса песчаного пляжа длиной около 0,8 км и шириной от 4 до 40 м. 24 июня было отмечено много следовых дорожек черепах (12 свежих и 5 старых), в том числе, и в поисках места кладки (3 следа). Так как проезда по суше в настоящее время к этому месту нет, то здесь сохраняется зона покоя в плане антропогенного воздействия, но наблюдается высокий пресс со стороны енотовидных собак и выдр. Мы зафиксировали многочисленные поковки хищников в поисках черепаших яиц.

На побережье оз. Ханка между сёлами Платоно-Александровское и Новокачалинск имеется два километровых песчаных пляжа. Благодаря отсечению железной дорогой береговой линии от автомобильных дорог, они сохранились в относительно первозданном виде, и поэтому играют важную роль, в качестве мест размножения дальневосточной черепахи (табл. 3). Первый пляж находится ближе к с. Платоно-Александровское (в 4 км от него в северном направлении). Местные жители называют его «дикий пляж» и иногда посещают для отдыха. Но нарушенность пляжа незначительная. Второй пляж расположен в 2-х км южнее с. Новокачалинск и посещается людьми ещё реже, так 02 сентября 2018 г. мы отметили на нём выход черепашат.

На побережье оз. Ханка от с. Новокачалинск и до с. Турий Рог имеется два ключевых для размножения черепах участка. Первый – на север от Новокачалинска (в 2-х км от него) находится памятник природы регионального значения «Утёс Белоглинный» (на географических картах это место указано, как «утёс Белоглиняный»), созданный в 1985 г. для охраны мест обитания дальневосточной черепахи. Был затоплен в 2015–2017 гг. Информация о его нынешнем состоянии у нас отсутствует.

Второе место – это устьевой участок р. Вторая Речка, расположенный в 7 км на юг от с. Турий Рог. Песчаные пляжи вокруг устья (общей длиной около 1 км) многие годы являлись местом массовой откладки яиц черепахами (рис. 10). В последние годы на этом участке побережья оз. Ханка в большом количестве отдыхают жители как самого Ханкайского района, так и всего края. Если в июне, когда берег еще пустует, черепахи выходят на прогрев и откладку яиц, то в августе они избегают там появляться (табл. 3).

Ещё 20 лет назад исследователи из Биолого-почвенного института ДВО РАН указывали, что на побережье оз. Ханка на участке между утёсом Белоглиняный и устьем р. Вторая Речка необходимо создать ботанический заказник. Здесь развиты уникальные псаммофитные ассоциации, аналогичные степям Средней Азии и Монголии. В зарослях водной растительности гнездится большое количество водоплавающих и околоводных видов птиц. В 2016 г. местные жители отметили попытку гнездования японских журавлей в устье р. Вторая Речка. Следовательно, речь должна идти о комплексном заказнике (Маслова, 2017), который может послужить резерватом и для других редких видов растений и животных, например, дополнительным местом для гнездования малой крачки *Sterna albifrons* Pallas, 1764, которая занесена в Красную книгу РФ. Она откладывает яйца прямо на песок и в настоящее время, как и дальневосточная черепаха, лишилась основных мест размножения в заповеднике в связи с затоплением берегов (Маслова, 2017).



Рис. 10. Устье р. Вторая Речка (Ханкайский район)

В настоящее время появилась новая угроза для всей биоты р. Вторая Речка и прилегающей акватории озера, в общем, и дальневосточной черепахе, в частности, в связи с распашкой обширного многолетнего пастбища под соевое поле. Поле находится на южном (по направлению к р. Вторая Речка) и восточном (в сторону берега оз. Ханка) склонах небольшой возвышенности, расположенной между устьем реки и озером. В 2019 г. поле было засеяно соей. Во второй половине июня, после интенсивных дождей на нём появились первые эрозийные явления. В осеннее время для ускорения созревания сои выполнялось её травление химикатами. Всё это стекало в реку и озеро. Обращение местных жителей в администрацию Ханкайского района не дало никаких результатов. Тогда как, согласно статье 60 ФЗ от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (с изм. и доп., вступившего в силу с 01.01.2017 г.) запрещается деятельность, ведущая к сокращению численности редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и других организмов и ухудшающая среду их обитания.

Напротив с. Турий Рог имеется обширный песчаный пляж длиной около 2 км и шириной до 50 м. Этот пляж является территорией рекреационного назначения «пляж в с. Турий Рог». Хотя раньше *P. taaskii* откладывали здесь яйца, но в связи с ростом числа отдыхающих в последние годы, черепах отмечается всё меньше. За несколько лет наблюдений мы зафиксировали только две следовые дорожки. Кладок не было обнаружено ни одной. Кроме того, данный участок озера открыт, без заливов и лагун и здесь преобладают волновые явления. Черепахи избегают выхода на берег в таких местах. Следует указать, что на территориях рекреационного назначения «пляж в с. Троицкое» и «пляж в с. Новокачалинск» дальневосточные черепахи перестали откладывать яйца ещё в начале 2000-х годов в связи с большой антропогенной нагрузкой на береговую линию.

По словам местных жителей, также постоянное место размножения *P. taaskii* находится в устьевой части пограничной р. Тур за линией ИТР (ин-

Таблица 3. Встречаемость *P. taaskii* на песчаных косах западного побережья оз. Ханка в 2016 г.

Участки западного побережья оз. Ханка	Исследованные параметры	18.06–24.06	26.08–04.09
с. Камень-Рыболов – с. Троицкое (9 км; 15 песчаных пляжей)	Общая длина песчаных кос (км)	4	4
	Общее кол-во следовых дорожек	7	6
	Среднее кол-во следовых дорожек на 1 км	1,75	1,5
мыс Николаевский – с. Новокачалинск (10 км; 7 песчаных пляжей)	Общая длина песчаных кос (км)	2,5	2,5
	Общее кол-во следовых дорожек	14	0 (шторм)
	Среднее кол-во следовых дорожек на 1 км	5,6	-
мыс Белоглиняный – с. Турий Рог (8 км; 5 песчаных кос)	Общая длина песчаных кос (км)	2	3
	Общее кол-во следовых дорожек	8	5
	Среднее кол-во следовых дорожек на 1 км	4	1,7

женерно-технических сооружений). Ежегодно там наблюдается массовый выход черепашат.

Таким образом, анализ песчаных пляжей западного побережья оз. Ханка, оптимальных для откладки яиц черепахами, показал, что большая их часть активно используется населением в рекреационных целях и «потеряна» для черепах. По результатам экспедиционных работ мы выявили только четыре песчаных пляжа (около 10% от общего количества сохранившихся кос) где антропогенный пресс низок и ещё отмечаются кладки *P. taaskii*. Они труднодоступны для транспорта, поэтому ещё относительно не нарушены. Длина каждого составляет менее 1 км. Первый участок – песчаный пляж между с. Камень-Рыболов – с. Троицкое; второй и третий участки – песчаные пляжи между с. Платоно-Александровское – с. Новокачалинск, четвёртый – устье р. Вторая Речка (рис. 11).

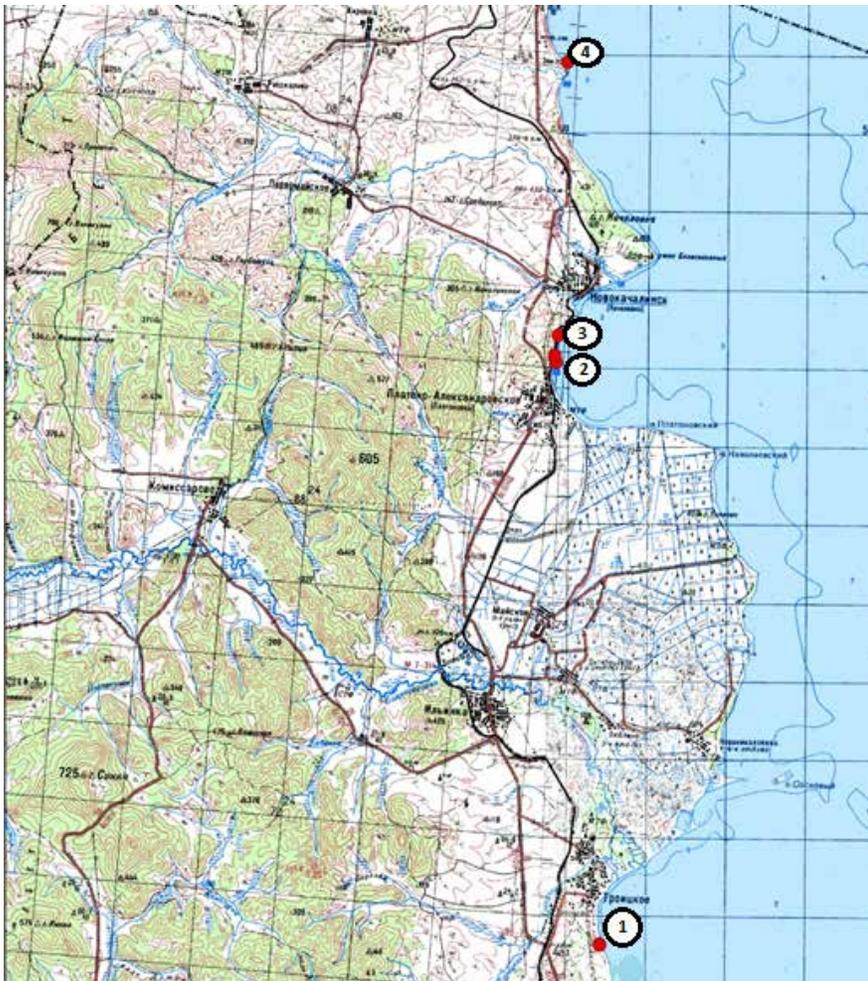


Рис. 11. Карта схема расположения на западном побережье оз. Ханка участков, ключевых для размножения черепахи, исключая территории ООПТ

Та часть ханкайской популяции дальневосточной черепахи, которая обитает на р. Комиссаровка, находится большей частью в угнетённом состоянии. Жители местных сёл (Дворянка, Комиссарово, Ильинка, Октябрьское) указывают на то, что в последнее десятилетие черепахи стали встречаться в окрестностях их сёл значительно реже. Обнаружено существенное негативное антропогенное воздействие на данный вид, выражающееся в периодических сбросах браконьерами в реку различных химикатов, например, гашеной извести с целью отлова рыбы, которая уплывает от места отравы вниз по течению, прямиком в заранее расставленные браконьерские сети. В результате на отравленном участке реки гибнет вся биота, включая черепах.

Кроме того, в р. Комиссаровка наблюдаются значительные колебания уровня воды (особенно в верховьях и среднем течении) в связи с различными климатическими воздействиями, что увеличивает риски для черепах. Если год выдался дождливым и уровень воды в реке и прилегающих озёрах старичного типа к зимнему периоду достаточно высок, то черепахи успешно зимуют на дне, закопавшись в илистый грунт. А если воды мало, и зимние температуры низкие, то происходит глубокое промерзание водоёмов, что приводит к массовым заморам не только рыб, но и *P. taackii*. Об одном из таких заморов рассказал житель с. Дворянка егерь Ханкайского общества рыболовов и охотников К.В. Майборода. После сухой осени в 2009 г. и, как следствие, низкого уровня воды зимой и промерзания отдельных участков до дна, на р. Комиссаровка произошёл замор. Весной, после схода льда в реке, Константин Владимирович наблюдал среди погибшей в массе рыбы более сотни мёртвых разновозрастных черепах.

Береговая линия и отмели на р. Комиссаровка часто подвергаются значительным изменениям и разрушениям под влиянием тайфунов. На Комиссаровке нет широких песчаных участков берега. Чаще всего это – узкие полосы, шириной не более 5–7 м. Таким образом, и в верховьях и в среднем течении рек есть постоянный риск затопления кладок яиц *P. taackii*. Оптимальные условия для размножения черепах приходится на устьевую часть р. Комиссаровка, там находятся мощные широкие косы с достаточно высокими гребнями песка – высотой до 2–2,5 м, сама река более глубокая, имеет низкую скорость течения. У черепахат возрастают шансы на успешное эмбриональное развитие и благополучный выход из кладок. Следовательно, устьевые участки рек западного Приханковья (Вторая Речка и Комиссаровка) имеют большое значение в плане сохранения ханкайской популяции дальневосточной черепахи, и требуется организация их дополнительной охраны на государственном уровне. В 2019 г. в западном Приханковье был создан государственный природный комплексный заказник краевого значения «Комиссаровский», но только в границах верхней и средней части бассейна р. Комиссаровка, где в нетронутом виде ещё сохранились лесные комплексы (Макарченко и др., 2017). Получилась ситуация аналогичная той, что сложилась на реках Бикин и Большая Уссурка, где национальные парки «Бикин» и «Удэгейская легенда» не играют никакой роли для сохранения местных популяций *P. taackii*, так

как расположены в верховьях вышеуказанных рек, куда черепахи не проникают (Maslova et al., 2018).

На всех обследованных территориях западного побережья оз. Ханка и по р. Комиссаровка нами были замечены в массе следы енотовидных собак и выдр и, гораздо реже, лисиц и барсуков, а также разрытые и уничтоженные ими кладки яиц *P. taackii*. Во время проведения работ в 2001–2005 гг. следы выдры фиксировались единично. Наши предположения о росте численности выдры в последнее десятилетие подтверждают и местные жители. В отличие от енотовидной собаки, это водный хищник, гнёзда *P. taackii* расположенные на островках и отмелях подвергаются такому же риску разорения, как и на коренном берегу.

Заключение

Несмотря на затопление большей части оптимальных для откладки яиц участков в заповеднике «Ханкайский», дальневосточная черепаха придерживается прежних мест обитания, расположенных вдали от антропогенного пресса. На заповедном участке «Сосновый» численность *P. taackii* на порядок выше, чем на остальных подходящих для её размножения песчаных пляжах западного побережья оз. Ханка.

Анализ песчаных пляжей западного побережья оз. Ханка, оптимальных для откладки яиц черепахами, показал, что большая их часть активно используется населением в рекреационных целях и «потеряна» для черепах. Выявлено только четыре участка, ещё имеющих ценность, как места размножения *P. taackii*: устье р. Вторая Речка; два песчаных пляжа между с. Платоно-Александровское – с. Новокачалинск и песчаный пляж между с. Камень-Рыболов – с. Троицкое. Причём устье р. Вторая Речка находится в настоящее время под угрозой загрязнения сельскохозяйственными химикатами. Учитывая суммарно малое количество мест, пригодных для размножения ханкайской популяции *P. taackii*, необходимо организовать охрану вышеперечисленных участков от хозяйственной и рекреационной деятельности. Кроме того, после принятия в 2019 г. Думой Приморского края весьма непродуманных поправок в региональный закон «Об особо охраняемых природных территориях» необходима более действенная защита таких региональных памятников природы как «Утес Белоглинный» и «Девичьи пески». Важная часть работы – разъяснительные беседы с местным населением, привлечение его к охране мест обитания дальневосточной черепахи, развитие на местах гражданской науки.

Оптимальные условия для размножения дальневосточной черепахи по рекам западного Приханковья приходятся на их устьевые участки. Необходимо присоединить приустьевые участки рек Комиссаровка и Вторая Речка в качестве отдельных кластеров к существующим ООПТ или рассмотреть создание новых охраняемых территорий.

В связи с аномально высоким подъемом воды на Ханке в настоящее время наблюдается значительная депрессия численности ханкайской популяции *P. taackii*. Повышенная водность негативно сказалась на нескольких поколениях дальневосточной черепахи. Так, кроме массовой гибели яиц в кладках, на протяжении четырёх лет, было зафиксировано снижение численности молодых неполовозрелых черепах.

В течение четырёх лет (с 2017 г. по 2020 г.) в заповеднике «Ханкайский» на косе Пржевальского отмечено постепенное вытеснение черепах с нерестовых участков птичьими колониями (монгольской чайки и большого баклана), что связано с ограниченным из-за затопления общим ресурсом – территорией для размножения.

Возросшая за последнее десятилетие численность выдры в Ханкайском районе является дополнительным прессом на местную популяцию *P. taackii*.

Благодарности. Выражаем глубокую благодарность за всестороннюю помощь при проведении экспедиционных работ: сотруднику ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН Дочевому Юрию Евгеньевичу, студентке ДВФУ Воробьевой Полине, директору школы с. Турий Рог Крючкову Виктору Матвеевичу и учителям Самошкиной Светлане Анатольевне и Быковской Нине Алексеевне, жителю с. Турий Рог Быковскому Александру Ивановичу, директору школы с. Комиссарово Отставных Ирине Николаевне, старосте с. Дворянка Австриевской Надежде Александровне, рыбинспектору Ханкайского района Носкову Владимиру Федоровичу, жительнице с. Ильинка Химич Ольге Евтихиевне, жителю с. Комиссарово Кузнецову Петру Федоровичу, членам Приханкайского межрайонного отделения ПКО РГО ОИАК Садовникову Евгению Ивановичу и Новичихину Юрию Константиновичу, старосте с. Платоно-Александровское Нарчуку Сергею Петровичу, директору информационно-досугового центра культуры Новокачалинского сельского поселения Шарафутдиновой Елене Николаевне, директору турбазы «Ханкай» Скоробогатову Сергею Алексеевичу и его сотрудникам, директору ГПЗ «Ханкайский» Сушицкому Юрию Петровичу и инспектору этого заповедника Козыреву Валентину Михайловичу, жителям села Камень-Рыболов Похилюку Никите Евгеньевичу и Мерзлякову Денису.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕРИФИТОННЫХ ДИАТОМОВЫХ СООБЩЕСТВ
И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД Р. СПАСОВКА
(БАССЕЙН ОЗ. ХАНКА)

CHARACTERISTICS OF PERIPHYTON DIATOM COMMUNITIES
AND WATER QUALITY ASSESSMENT OF SPASOVKA RIVER
(KHANKA LAKE BASIN)

Т.В. Никулина

T.V. Nikulina

Первые сведения об альгофлоре оз. Ханка известны из работы Б.В. Скворцова (1929), в которой приведены данные о 245 видах и разновидностях диатомовых водорослей. Описание флористического состава планктонных диатомей оз. Ханка известно из публикаций А.Г. Хахиной (1937), А.П. Жузе (1953) и В.В. Журкиной (1959, 1960).

С середины 90-х годов продолжены научные исследования альгофлоры озера, в которых охарактеризованы особенности видового состава, динамика численности и биомассы водорослей, размерная структура и продукционные характеристики фитопланктона, получены данные о первичной продукции, оценена экологическая ситуация и качество воды оз. Ханка оптическими методами (Апонасенко и др., 1995, 1997; Щур и др., 1997; Апонасенко и др., 2000; Генкал, Щур, 2000; Щур и др., 2000; Щур, Генкал, 2002, 2005), внесены дополнения к видовому разнообразию альгофлоры, изучена биология отдельных видов водорослей и получены результаты по оценке качества воды оз. Ханка биологическими методами, в том числе на территории заповедника «Ханкайский» (Никулина, 2003, 2006; Лихошвай и др., 2004; Усольцева и др., 2006; Nikulina, 2002, 2003; Usoltseva et al., 2004). Подробное описание истории изучения альгофлоры бассейна оз. Ханка приведено в монографических и обобщающих работах (Медведева, Никулина, 2014; Вшивкова, Никулина, 2016; Nikulina, Medvedeva, 2019).

В результате интенсивных исследований альгофлоры в бассейне оз. Ханка на протяжении почти столетнего периода получены обширные данные о составе и распределении водорослей, согласно литературным и собственным данным таксономический состав водорослей представлен 546 видами, разновидностями и формами из 8 отделов, из них на долю диатомовых приходится 50,2% (274 внутривидовых таксона). Тем не менее, изучение альгофлоры притоков оз. Ханка остается недостаточным, а сведения о водорослях перифитона впадающих в озеро водотоков практически отсутствуют.

Настоящая работа является продолжением исследования по изучению диатомовой флоры бассейна оз. Ханка, ее цель – изучение видового разнообразия диатомей р. Спасовка, выявление комплексов доминирующих видов в альго-сообществах, описание эколого-географической характеристики выявленной альгофлоры и оценка качества вод методом Пантле-Бук.

Материал и методы

Материалом для нашей работы послужили сборы водорослей перифитона в нижнем течении р. Спасовка. Река Спасовка (Сантахэза) берёт начало на северных склонах Синего хребта, течёт в северо-западном направлении и впадает в оз. Ханка с юго-восточного берега. Основные характеристики реки, согласно справочным данным (Ресурсы..., 1972): длина – 83 км, площадь водосборного бассейна – 1260 км², ширина реки в устье – 32 м, глубины реки изменяются от 0,3 до 0,9 м, средняя скорость течения воды – 0,1 м/с. Река, после впадения в нее р. Одарка, течет по Приханкайской равнине. Пойма реки имеет ширину 4,5–5 км, ее поверхность ровная, заболоченная, пересечена староречьями, протоками и осушительными каналами. Русло извилистое, в верхней и средней частях – умеренно разветвленное, а нижняя – однорукавная. Преобладающая ширина реки 10–15 м. Дно реки преимущественно песчаное, на отдельных участках – глинистое, илистое или песчано-галечное.

Замерзание реки начинается в первой декаде ноября, продолжительность ледостава 130–150 дней. Весенний ледоход начинается в начале апреля. Весеннее половодье, как правило, наблюдается в конце марта – начале апреля, и высокие уровни воды стоят до начала июня. В летне-осенний период по реке проходят от 2 до 4 паводков и около 95 % годового стока проходит в тёплую часть года, в апреле–ноябре. Вода мягкая, относится к гидрокарбонатному классу группы кальция с низкой степенью минерализации (Ресурсы..., 1972).

Сборы водорослей перифитона проводили на трех участках р. Спасовка в осенний период 1996 г. и в летний период 1997 г. Станция 1 расположена рядом с пос. Новосельское, в районе автомобильного моста, альгологические пробы отобраны 09.10.96 г. и 23–24.07.97 г. Грунт – крупный и мелкий песок, изредка разноразмерные камни; температура воды в момент отбора проб – 9,5 °С (09.10.96 г.) и 28 °С (24.07.97 г.). Станция 2 находится ниже небольшого «очистного» водоема, между пос. Новосельское и устьевой зоной р. Спасовка. Грунт гравийно-галечный, присутствуют камни среднего размера; температура воды в момент отбора проб – 9,0 °С (09.10.96 г.); ширина русла изменяется от 2,5 до 5 м. Станция 3 – на участке реки в районе устьевой зоны, пробы были отобраны 09.10.96 г. и 23.07.97 г. Грунт – плотная глина, покрытая толстым слоем ила; температура воды в момент отбора проб – 11,0 °С (09.10.96 г.) и 29 °С (23.07.97 г.).

Водоросли перифитона отбирали, обрабатывали, фиксировали и идентифицировали согласно общепринятым методикам (Кордэ, 1956; Swift, 1967; Вассер и др, 1989). Видовая принадлежность диатомей определена с использованием определителей, систематических сводок (Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991a, b; Hartley et al., 1996; Krammer, 2000, 2002, 2003; Lange-Bertalot, 2001 и др.) и уточнена согласно общепризнанной мировой базе альгологических данных AlgaeBase (Guiry, Guiry, 2014). Определение материала проводилось с помощью светового микроскопа «Alphaphot-2 YS-2» (Nikon, объективы 40x/0,65 и 100x/1,25

oil). Для каждого вида отмечалась частота встречаемости по шестибальной шкале: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – оч. часто, 6 – масса) (Кордэ, 1956). К разряду доминантов отнесены таксоны, имеющие частоту встречаемости 6 («масса»), а к субдоминантам – оценку обилия 5 («очень часто»). Все водоросли с частотой встречаемости от 1 («единично») до 4 («часто») классифицированы как второстепенные виды

Оценка степени органического загрязнения вод проведена по методу Пантле-Бук (Pantle, Buck, 1955) в модификации Сладечека (Сладечек, 1967), основанного на выявлении видов водорослей – индикаторов органического загрязнения вод.

При составлении эколого-географической характеристики диатомовой флоры использованы литературные данные об экологии и распространении водорослей (Sládeček, 1986; Van Dam et al., 1994; Bukhtiyarova, 1999; Баринова и др., 2006).

Результаты и обсуждение

Таксономический состав диатомовой флоры р. Спасовка представлен 172 видами (186 таксонами внутривидового ранга, учитывая номенклатурный тип вида) водорослей из 3 классов, 13 порядков, 24 семейств и 51 рода (табл. 1, 2). Наиболее разнообразно представлен класс Bacillariophyceae, содержащий 153 внутривидовых таксона (82,3% от общего числа найденных водорослей). В систематической структуре альгофлоры наибольшее количество видов, разновидностей и форм содержат семейства Fragilariaceae – 22, Bacillariaceae – 18, Gomphonemataceae – 17; Pinnulariaceae – 15 и Naviculaceae – 14; роды *Nitzschia* и *Pinnularia* – по 15, *Gomphonema* – 14, *Surirella* – 11 *Navicula* – 10 видов и разновидностей.

Впервые для альгофлоры бассейна оз. Ханка указаны семь видов, разновидностей и форм диатомей: *Gomphonema truncatum* var. *capitatum*, *G. turris*, *Achnanthes inflata*, *Navicula avenacea*, *N. capitoradiata*, *N. viridula*, *Nitzschia* aff. *scalpelliformis* (табл. 2).

В перифитонных сообществах обследованного участка р. Спасовка в районе пос. Новосельское (станция 1) зарегистрировано 140 видов, разновидностей и форм диатомовых водорослей. В осенний период 1996 г. альгосообщества включали 85 таксонов, из которых доминировал *Nitzschia frustulum* (о-сапробионт), а в роли субдоминантов были отмечены *Gomphonema acuminatum* (χ - β -мезосапробионт, $s=0,9$) и *Melosira varians* (α - β -мезосапробионт, $s=2,7$) (табл. 2).

В летний период 1997 г. в обрастаниях твердых субстратов и высших водных растений участка реки в районе пос. Новосельское вегетировали 119 внутривидовых таксонов диатомей. Летний комплекс преобладающих видов, также как и осенний 1996 г., включал *Nitzschia frustulum* и *Melosira varians* в роли доминантов, а субдоминирующий *G. acuminatum* был замещен *Cocconeis placentula* var. *euglypta* (β -мезосапробионт).

Таблица 1. Таксономический состав диатомовых водорослей р. Спасовка (бассейн оз. Ханка), октябрь 1996 г. и июль 1997 г.

Класс	Порядок	Семейство	Род	Вид	Вид, разновидность и форма	Процентное соотношение
Coscinodiscophyceae	3	3	4	8	9	4,8
Fragilariophyceae	2	2	10	21	24	12,9
Bacillariophyceae	8	19	37	143	153	82,3
Всего	13	24	51	172	186	100

Таблица 2. Видовой состав диатомовых водорослей перифитона р. Спасовка (бассейн оз. Ханка), октябрь 1996 г. и июль 1997 г.

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	В	Н	pH	S	D	s
	BACILLARIOPHYTA									
	Класс Coscinodiscophyceae									
	Порядок Aulacoseirales									
	Семейство Aulacoseiraceae									
1.	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	-	-	1-5	P	i	alf	α - β	k	2,6
2.	<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen var. <i>granulata</i>	1	-	4-5	P	i	alf	β	k	2,4
	<i>A. granulata</i> var. <i>angustissima</i> (Otto Müller) Simonsen	-	1	1	P	i	i	β - α	k	2,4
3.	<i>A. islandica</i> (O. Muller) Simonsen	1	1	2-3	P	i	acf	α - χ	b	0,6
4.	<i>A. subarctica</i> (O. Muller) Haworth	1	-	1	P	i	alb	α - β	k	1,3
	Порядок Melosirales									
	Семейство Melosiraceae									
5.	<i>Melosira varians</i> Agardh	3-6	5-6	2-5	B-P	i	alf	α - β	k	2,7
	Порядок Thalassiosirales									
	Семейство Stephanodiscaceae									
6.	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1-3	1	1-2	B-P	hl	alf	α - α	k	1,8
7.	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> Grunow	-	-	1	P	i	alf	α - β	k	-
8.	<i>S. niagarae</i> Ehrenberg	-	-	1	P	i	-	-	b	-
	Класс Fragilariophyceae									
	Порядок Fragilariales									
	Семейство Fragilariaceae									
9.	<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams et Round	1-3	1-2	1-2	-	-	-	o	-	1,3
10.	<i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	1	-	-	B-P	hb	alf	β	k	2,1
11.	<i>D. hyemalis</i> (Roth) Heiberg	-	1	-	B	hb	i	β - α	k	1,7
12.	<i>D. moniliforme</i> (Kützing) D.M. Williams	1	-	-	B-P	-	-	β - α	a-a	-
13.	<i>D. vulgare</i> Bory	1	-	-	B-P	i	i	β - α	k	2,4
14.	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	1	1-2	1-2	B-P	i	alf	o	k	0,5
	<i>F. capucina</i> var. <i>mesolepta</i> (Rabenhorst) Rabenhorst	1-2	-	1-2	B-P	i	alf	α - β	k	-
	<i>F. capucina</i> var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot ex Bukhtiyarova	1-3	1	-	B	i	acf	o	k	1,3

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	B	H	pH	S	D	s
15.	<i>F. radians</i> (Kützing) D.M. Williams et Round	-	-	1	B	-	-	-	k	-
16.	<i>F. tenera</i> (W. Smith) Lange-Bertalot	-	-	1	B-P	-	-	-	-	-
17.	<i>F. vaucheriae</i> (Kützing) Petersen	2-3	1-2	1-4	E	i	alf	o-β	k	1,5
18.	<i>Fragilariforma bicapitata</i> (A. Mayer) Williams et Round	1	-	1	B	hb	acf	o-β	b	1,4
19.	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>circulare</i>	1	1	1	B	hb	alf	o-χ	k	0,8
	<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	1	1	1	B	hb	alf	χ-o	k	-
20.	<i>Staurosira construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenberg) Hamilton	-	-	1	B-P	i	alf	-	k	-
21.	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams et Round	1	-	1-2	B	hl	alf	β-α	k	-
22.	<i>Synedrella subconstricta</i> (Grunow) Round et Maidana	-	-	1	E	i	alf	o-β	k	1,5
23.	<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	1-2	1	1	P	i	alb	o-α	k	2,2
24.	<i>U. capitata</i> (Ehrenberg) Compère	1-3	1	1	B	i	alf	β-o	k	1,5
25.	<i>U. danica</i> (Kützing) Compère et Bukhtiyarova	1	1	1	B-P	i	alf	β	k	0,8
26.	<i>U. oxyrhynchus</i> (Kützing) Aboal	1	-	-	B	i	alf	β-α	k	-
27.	<i>U. ulna</i> (Nitzsch) Compère	1-2	1-3	1-2	B-P	i	alf	o-α	k	1,9
	Порядок Tabellariales									
	Семейство Tabellariaceae									
28.	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	1	-	1	B-P	hb	acf	χ	k	0,2
29.	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	1-2	1	1-2	B-P	hb	acf	o-χ	a-a	1,9
	Класс Bacillariophyceae									
	Порядок Eunotiales									
	Семейство Eunotiaceae									
30.	<i>Eunotia bidens</i> Ehrenberg	1	-	1	B	i	alf	-	k	-
31.	<i>E. bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt	1	1	1-2	B	i	acf	o	k	1,0
32.	<i>E. diodon</i> Ehrenberg	1	-	-	B	hb	acf	o-χ	a-a	0,7
33.	<i>E. exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst	-	-	1	B	hb	acf	o-β	k	1,5
34.	<i>E. formica</i> Ehrenberg	1	-	1	B	-	i	-	k	-
35.	<i>E. implicata</i> Nörpel, Lange-Bertalot et Alles	1-2	-	-	B	-	acf	-	-	-
36.	<i>E. pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	-	B	hb	acf	χ-β	k	0,9
37.	<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	1-2	1	1	B	hb	acf	β	k	2,0
38.	<i>E. soleirollii</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	1	B	-	acf	-	-	-
	Порядок Symbellales									
	Семейство Rhoicospheniaceae									
39.	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1	-	1-2	B-P	i	alf	χ-o	k	0,5

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	B	H	pH	S	D	s
	Семейство Сymbellaceae									
40.	<i>Brébissonia boeckii</i> (Ehrenberg) E.O'Meara	-	1	-	B	hl	-	-	a-a	-
41.	<i>Cymbella affinis</i> Kützing	-	-	1	B	i	alf	β-o	k	1,7
42.	<i>C. aspera</i> (Ehrenberg) H. Peragallo	1	-	-	B	i	alf	β-o	k	1,6
43.	<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	1	-	1	B	i	alf	o	b	1,2
44.	<i>C. neocistula</i> Krammer	-	-	1	B	-	-	-	-	-
45.	<i>C. tumida</i> (Brébisson) Grunow	2	1	1	B	i	alf	χ	b	0,2
46.	<i>Cymbopleura apiculata</i> Krammer	-	-	1	B	-	-	-	-	-
47.	<i>C. cuspidata</i> (Kützing) Krammer	-	-	1	B	i	i	o	b	1,2
48.	<i>C. naviculiformis</i> (Auerswald) Krammer	-	-	1	B	i	i	o	k	1,6
49.	<i>C. subcuspidata</i> (Krammer) Krammer	-	-	1	B	i	acf	-	a-a	-
50.	<i>Encyonema gracile</i> Ehrenberg	-	-	1	B	hb	i	β	a-a	2,0
51.	<i>E. minutum</i> (Hilse ex Rabenhorst) Mann	-	-	1	B	i	i	o	k	1,4
52.	<i>E. silesiacum</i> (Bleisch) Mann	1-2	1	1-3	B	i	i	χ-o	k	0,5
53.	<i>Placoneis placentula</i> (Ehrenberg) Heinzerling	-	-	1	B	i	alf	χ-β	k	0,9
	Семейство Gomphonemataceae									
54.	<i>Gomphoneis olivaceum</i> (Hornemann) Dawson ex Ross et Sims	1	-	-	B	i	alf	β-α	k	2,5
55.	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	2-5	-	1	B	i	alf	χ-β	b	0,9
56.	<i>G. affine</i> Kützing	1	1	1	B-P	-	-	o-β	k	1,5
57.	<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	1	1	B	i	alf	β	k	2,0
58.	<i>G. angustum</i> Agardh	1	1	1	B	i	alf	o	b	1,4
59.	<i>G. augur</i> Ehrenberg	1-2	1	1-2	B	i	i	β	k	2,2
60.	<i>G. brebissonii</i> Kützing	1	1	1-4	B	i	alf	β	b	-
61.	<i>G. coronatum</i> Ehrenberg	1	-	1	B	-	-	β	-	2,2
62.	<i>G. interpositum</i> Reichardt	1	-	1	B	-	-	-	-	-
63.	<i>G. parvulum</i> (Kützing) Kützing	1-2	1	1-3	B	i	alf	β	b	0,1
64.	<i>G. productum</i> (Grunow) Lange-Bertalot et Reichelt	-	1	-	B	i	alf	β	k	0,4
65.	<i>G. sphaerophorum</i> Ehrenberg	-	-	1	B	i	alf	β	b	-
66.	<i>G. truncatum</i> Ehrenberg var. <i>truncatum</i>	1-3	-	1	B-P	i	alf	β	k	1,8
	* <i>G. truncatum</i> var. <i>capitatum</i> (Ehrenberg) Patrick	1-2	1	-	B	i	alf	β	b	-
67.	* <i>G. turris</i> Ehrenberg	1-2	-	1	B	-	-	-	-	-
68.	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolec et Stoermer f. <i>sinuata</i>	-	1	1	B	i	alf	β	b	-
	<i>R. sinuata</i> f. <i>ovata</i> (Hustedt) Hartley, Barber, Carter	-	-	1	B	-	-	-	-	-
	Порядок Achnanthales									
	Семейство Cocconeidaceae									
69.	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	1-2	-	1	B	i	alf	o-β	k	1,4

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	B	H	pH	S	D	s
	<i>C. placentula</i> Ehrenberg var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	2-5	1	1-2	B	i	alf	β	k	-
	<i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i> (Ehrenberg) Van Heurck	1-2	-	1	B	i	alf	-	b	0,4
	Семейство Achnanthidiaceae									
70.	* <i>Achnanthes inflata</i> (Kützing) Grunow	1-4	-	-	B	-	-	-	-	-
71.	<i>Achnanthidium coarctatum</i> Brébisson ex W. Smith	-	-	1	B	-	-	o-α	k	1,9
72.	<i>A. exiguum</i> (Grunow) Czarnecki	1-2	1	1	B	i	alf	β	k	-
73.	<i>A. minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1	-	1	B	i	i	β	k	2,2
74.	<i>A. saprophilum</i> (Kobayasi et Mayama) Round et Bukhtiyarova	1-3	2	1-2	B	-	-	β-α	-	-
75.	<i>Lemnicola hungarica</i> (Grunow) Round et Basson	1-3	-	2	B	mh	alf	o-α	k	1,8
76.	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützing) Round et Bukhtiyarova	1	1	-	P	hl	-	-	-	-
77.	<i>P. dubium</i> (Grunow) Round et Bukhtiyarova	1	-	-	B	i	alf	β-α	k	-
78.	<i>P. ellipticum</i> (Cleve) Edlund	-	-	1-2	B	i	alf	-	k	-
79.	<i>P. haynaldii</i> (Schaarschmidt) Lange-Bertalot	-	-	1	B	-	alf	β-α	k	-
80.	<i>P. lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	1	1	1	B	i	alf	χ-o	k	0,5
81.	<i>P. rostratum</i> (Oestrup) Round et Bukhtiyarova	1	-	-	B	-	-	-	-	-
	Порядок Naviculales									
	Семейство Diadesmidaceae									
82.	<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) Mann	-	1	-	B	i	i	o-β	k	-
83.	<i>L. goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	1	-	1	B	i	i	χ-o	k	-
84.	<i>L. aff. heufferiana</i> (Grunow) Mann	1	-	-	B	i	alf	o	k	-
85.	<i>L. mutica</i> (Kützing) Mann	1-2	5-6	2-4	B	i	i	o	a-a	1,0
86.	<i>L. nivalis</i> (Ehrenberg) Mann	1-2	-	-	B	hl	i	-	k	-
87.	<i>L. nivaloides</i> (W. Bock) Denys et De Smet	1	-	-	B	-	-	-	-	-
88.	<i>L. ventricosa</i> (Kützing) Mann	-	-	1	B-P	hl	alf	χ-o	k	0,4
	Семейство Amphipleuraceae									
89.	<i>Amphipleura pellucida</i> (Kützing) Kützing	1	-	-	B	-	alf	α-β	k	2,6
90.	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	1	1	-	B	hb	acf	χ-β	a-a	0,9
91.	<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	-	1	1-3	B	hb	alf	χ-β	b	0,9
	Семейство Neidiaceae									
92.	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer	1	-	1	B	i	alf	o	b	1,2
93.	<i>N. ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer	1	1	1	B	hb	i	o	k	-
94.	<i>N. dubium</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	-	B	i	alf	χ	k	0,3
	Семейство Sellaphoraceae									
95.	<i>Fallacia pygmaea</i> (Kützing) Stickle et Mann	-	2-3	-	B	mh	alf	β-o	k	1,3
96.	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) Mann	1	-	-	B	i	alf	χ-o	k	0,4

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	B	H	pH	S	D	s
97.	<i>S. pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	1	1	1	B	hl	i	β	k	2,2
	Семейство Pinnulariaceae									
98.	<i>Pinnularia acrosphaeria</i> W. Smith	1	-	1	B	i	alf	-	k	-
99.	<i>P. borealis</i> Ehrenberg	1	1	-	B	i	i	o-β	k	1,4
100.	<i>P. divergens</i> W. Smith var. <i>media</i> Krammer	1	-	-	B	-	-	-	-	-
101.	<i>P. eifelana</i> Krammer	1	-	1	B	-	-	-	-	-
102.	<i>P. gibba</i> Ehrenberg	1	-	-	B	i	i	o-β	b	1,4
103.	<i>P. gibbiformis</i> Krammer	1	-	-	B	-	-	o	-	-
104.	<i>P. grunowii</i> Krammer	1	-	1	B	-	-	-	-	-
105.	<i>P. macilenta</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	-	B	-	-	o	-	-
106.	<i>P. nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith	-	1	1	B	-	-	-	-	-
107.	<i>P. septentrionalis</i> Krammer	1	-	-	B	-	-	-	-	-
108.	<i>P. subgibba</i> Krammer var. <i>subgibba</i>	1	-	-	B	-	-	o	-	-
	<i>P. subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	1	1	1	B	-	-	o	-	-
109.	<i>P. viridiformis</i> Krammer var. <i>viridiformis</i>	1	-	1	B	-	-	o	-	-
	<i>P. viridiformis</i> var. <i>minor</i> Krammer	1	-	-	B	-	-	-	-	-
110.	<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	1	-	-	B-P	i	i	o-χ	k	0,6
	Семейство Diploneidaceae									
111.	<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	1	-	1	B	i	alf	o-α	k	1,9
112.	<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve	1	-	1	B	i	alb	β	b	2,0
	Семейство Naviculaceae									
113.	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve	1	-	-	B	i	alf	o	k	1,1
114.	<i>C. molaris</i> (Grunow) Krammer	-	1	-	B	i	i	-	k	-
115.	<i>C. silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	1	-	1	B	i	alf	χ	k	0,3
116.	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin et Witkowski	1	-	1-2	B	hl	alf	χ-o	k	0,5
117.	* <i>Navicula avenacea</i> (Brébisson et Godey) Brébisson ex Grunow	1	-	-	B	i	alf	o-β	k	1,4
118.	* <i>N. capitatoradiata</i> Germain	1	-	-	B-P	i	-	β	k	2,2
119.	<i>N. cryptocephala</i> Kützing	1-2	2	2-3	B-P	i	alf	χ	k	0,2
120.	<i>N. cryptotenella</i> Lange-Bertalot	1-2	2	1-2	B	i	alf	o-β	k	1,4
121.	<i>N. menisculus</i> Schumann	-	1	-	B	i	alf	χ-β	k	0,9
122.	<i>N. radiosa</i> Kützing	1-2	1	1-2	B	i	i	o	k	1,5
123.	<i>N. reinhardtii</i> Grunow	-	-	1	B	i	alf	o-α	k	1,8
124.	<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	1-2	1-2	1	B	i	alf	α	k	2,9
125.	<i>N. slesvicensis</i> Grunow	1	-	1-2	B	-	-	α-β	-	-
126.	* <i>N. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	1-3	1	-	B	hl	alf	o	k	1,3
	Семейство Pleurosigmataceae									
127.	<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	1	1	B	i	alb	o-χ	b	0,7
128.	<i>G. attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	-	1	B-P	i	alf	χ	k	0,3
129.	<i>G. distortum</i> (W. Smith) Griffith et Henfrey	-	-	1	B	mh	i	-	k	-
130.	<i>G. scalproides</i> (Rabenhorst) Cleve	1	1	1	B	i	alf	χ-o	k	0,4

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	B	H	pH	S	D	s
131.	<i>G. spenserii</i> (Quekett) Griffith et Henfrey	1	1	1	B	mh	alf	o	k	-
	Семейство Stauroneidaceae									
132.	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann	1	1	-	B	i	alf	o	k	1,2
133.	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	1	-	1	B	i	i	χ	k	0,3
134.	<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	1	-	1	B	i	i	χ-o	b	0,5
	Порядок Thalassiophysales									
	Семейство Catenulaceae									
135.	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	1	-	1	B	hl	alf	-	k	-
136.	<i>A. ovalis</i> (Kützing) Kützing	1	1	1-2	B	i	alb	β-o	k	1,65
137.	<i>A. pediculus</i> (Kützing) Grunow ex A. Schmidt	1	-	1	B	i	alb	o-β	k	1,4
138.	<i>A. veneta</i> Kützing	1	-	-	B	i	alf	o	k	1,0
	Порядок Bacillariales									
	Семейство Bacillariaceae									
139.	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	1	1	1	B	i	alf	β-o	k	1,7
140.	<i>Nitzschia acicularis</i> (Kützing) W. Smith	1	-	-	B-P	i	alf	o-β	k	1,5
141.	<i>N. brevissima</i> Grunow	-	-	1	-	hl	-	χ-o	-	0,4
142.	<i>N. dissipata</i> (Kützing) Grunow var. <i>dissipata</i>	1-2	1-2	2-4	B	i	alf	χ	b	0,2
	<i>N. dissipata</i> var. <i>media</i> (Hantzsch) Grunow	1	-	2	B	-	-	o-β	-	-
143.	<i>N. frustulum</i> (Kützing) Grunow	6	1-2	5-6	B	hl	alb	o	k	-
144.	<i>N. gracilis</i> Hantzsch	1	-	-	B-P	i	i	o-χ	k	0,6
145.	<i>N. aff. intermedia</i> Hantzsch ex Cleve et Grunow	1	3	-	B-P	-	-	-	-	-
146.	<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	1	1-2	1	B	i	i	χ	b	0,0
147.	<i>N. nana</i> Grunow	1	1	4-6	B-P	-	-	α-β	-	-
148.	<i>N. palea</i> (Kützing) W. Smith	1-2	2-5-6	1-2	B	i	i	α-β	k	2,75
149.	<i>N. paleacea</i> (Grunow) Grunow	1	-	3	B-P	i	alf	β	k	2,2
150.	<i>N. recta</i> Hantzsch	-	-	1-2	B	i	alf	χ	k	0,0
151.	* <i>N. aff. scalpelliformis</i> (Grunow) Grunow	1-2	1	2-6	B	hl	-	-	k	-
152.	<i>N. sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	1	-	-	B-P	i	alf	o	k	-
153.	<i>N. vermicularis</i> (Kützing) Hantzsch	1	-	1	B	i	alf	o	k	1,3
154.	* <i>Tryblionella apiculata</i> Gregory	1	1	-	B	mh	-	β-o	k	1,7
155.	<i>T. levidensis</i> (W. Smith) Grunow	1-2	1	1	B-P	mh	alf	α	k	-
	Порядок Rhopalodiales									
	Семейство Rhopalodiaceae									
156.	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson	-	-	1	B	i	alb	β-α	k	2,5
	<i>E. adnata</i> var. <i>porcellus</i> (Kützing) Ross	1	-	1	B	-	-	-	-	-
157.	<i>E. sorex</i> Kützing	-	-	1	B	i	alf	o-α	k	1,9
158.	<i>Rhopalodia acuminata</i> Krammer	-	-	1	B	-	alf	-	-	-
159.	<i>Rh. gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	-	1	1	B	i	alb	χ-o	b	0,4
	<i>Rh. gibba</i> var. <i>parallela</i> (Grunow) H. et M. Peragallo	-	-	1	B	i	-	o	k	-

№	Вид	Ст. 1	Ст. 2	Ст. 3	В	Н	pH	S	D	s
160.	<i>*Rh. gibberula</i> (Ehrenberg) O. Müller	1	-	-	B	mh	i	-	k	-
161.	<i>*Rh. musculus</i> (Kützing) O. Müller	1	-	1	B-P	mh	alb	χ	k	-
Порядок Surirellales										
Семейство Surirellaceae										
162.	<i>Cyatopleura solea</i> (Brébisson) W. Smith	1	1	1	B-P	i	alf	o	k	1,0
163.	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1-2	3-4	1-2	B	i	alf	o	k	1,1
164.	<i>S. brebissonii</i> Krammer et Lange-Bertalot	1	1	-	B	i	alf	χ	k	0,3
	<i>S. brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer et Lange-Bertalot	1	1	-	B	-	-	β-α	-	-
165.	<i>S. capronii</i> Brébisson	-	-	1	B-P	i	i	χ	k	0,3
166.	<i>S. linearis</i> W. Smith	1	-	1	B-P	i	i	β	a-a	-
167.	<i>S. minuta</i> Brébisson	1	1-2	1	B	i	i	o-α	k	-
168.	<i>S. nervosa</i> (Schmidt) Mayer	-	-	1	B	-	-	β-o	-	1,5
169.	<i>S. ovalis</i> Brébisson	1	1	1	B-P	mh	alf	o	k	-
170.	<i>S. robusta</i> Ehrenberg	1	-	-	B-P	hb	i	β-o	k	1,7
171.	<i>S. tenera</i> Gregory	1-2	-	1	B-P	i	alf	o	k	1,0
172.	<i>S. tiensinensis</i> Skvortzow	1	1	1	B	i	-	-	-	-

Примечание: Ст. 1 – пос. Новосельское (09.10.96 г., 24.07.97 г.); Ст. 2 – ниже очистного водоема (09.10.96 г.); Ст. 3 – устьевой участок (09.10.96 г., 23.07.97 г.).

В – местообитание (биотоп): P – планктонные, B-P – бентосно-планктонные, B – бентосные, E – эпифитные, B-E – бентосно-эпифитные.

Н – отношение к солёности (галобность): mh – мезогалобы, hl – галофилы, hb – галофобы, i – индифференты.

pH – отношение к pH среды: alf – алкалофилы, alb – алкалобиоты, acf – ацидофилы, i – индифференты.

S – сапробная характеристика: χ – ксеносапробионт, χ-о – ксено-олигосапробионт, о-χ – олиго-ксено-сапробионт, χ-β – ксено-бетамезосапробионт, о – олигосапробионт, о-β – олиго-бетамезосапробионт, β – бета-мезосапробионт, β-α – бета-альфамезосапробионт, α-β – альфа-бетамезосапробионт, β-ρ – бета-полимезосапробионт, α – альфа-мезосапробионт, ρ-α – поли-альфамезосапробионт;

D – распространение: k – космополит, b – бореальный, a-a – аркто-альпийский.

Частота встречаемости организмов указана по шестибальной шкале: 1 – единично, 2 – редко, 3 – нередко, 4 – часто, 5 – очень часто, 6 – масса (Кордэ, 1956); «-» – нет данных; «*» – вид впервые указывается для бассейна оз. Ханка.

На станции 2 флора диатомовых водорослей р. Спасовка в октябре 1996 г. была представлена 75 таксонами внутривидового ранга, в альгосообществах преобладали три вида *Melosira varians*, *Luticola mutica* (о-сапробионт) и *Nitzschia palea* (α-β-мезосапробионт, s=2,75).

В альгофлоре р. Спасовка в районе устьевой зоны (станция 3) за весь период исследования выявлено 133 вида, разновидности и формы диатомей. В осенний период 1996 г. отмечено 95 таксонов, с единственным доминантом *Nitzschia frustulum* в диатомовых сообществах. В летний период 1997 г. количество видов снизилось до 89, и к числу доминантов, кроме *N. frustulum*, были отнесены *Nitzschia nana* (α-β-мезосапробионт), *N. aff. scalpelliformis* (нет данных о сапроб-

Таблица 3. Сапробные показатели вод р. Спасовка (бассейн оз. Ханка),
октябрь 1996 г. и июль 1997 г.

Номер станции	Дата	Индекс сапробности	Степень сапробности	Класс чистоты вод
Ст. 1 – пос. Новосельское	09.10.96	1,35	о	II
	24.07.97	1,38	о	II
Ст. 2 – ниже «очистного» водоема	09.10.96	1,46	о-β	II
Ст. 3 – устьевой участок	09.10.96	1,31	о	II
	23.07.97	1,43	о-β	II

ной характеристике и индивидуальном s), кроме того, высокие показатели обилия, с оценкой 5 («очень часто») имели виды *Aulacoseira ambigua* (α-β-мезосапробионт, s=2,6), *A. granulata* (β-мезосапробионт, s=2,4) и *Melosira varians* (табл. 2).

Диатомовые водоросли, численно преобладавшие в перифитонных сообществах нижнего течения р. Спасовка и входившие в комплексы доминантов и субдоминантов, были представителями трех сапробиологических групп – олигосапробионты (3 вида), бетамезосапробионты (2 вида), альфамезосапробионты (4 вида), а также к числу доминантов отнесен вид *Nitzschia* aff. *scalpelliformis*, с неустановленными сапробиологическими характеристиками. Тем не менее, согласно оценке качества вод р. Спасовка методом Пантле-Бук в модификации Сладечека, воды

Таблица 4. Соотношение индикаторных видов диатомовых водорослей р. Спасовка по степени сапробности (октябрь 1996 г., июль 1997 г.)

Сапробиологическая группа	Степень сапробности видов-индикаторов	Количество таксонов		% от общего числа таксонов
Ксеносапробионты (S=0–0,50)	χ	13	25	13,4
	χ-о	12		
Олигосапробионты (S=0,51–1,50)	о-χ	7	60	32,3
	χ-β	6		
	о	32		
	о-β	15		
Бетамезосапробионты (S=1,51–2,50)	β-о	10	53	28,5
	о-α	9		
	β	23		
	β-α	11		
Альфамезосапробионты (S=2,51–3,50)	α-β	8	10	5,4
	β-ρ	0		
	α	2		
	α-ρ	0		
Полисапробионты (S=3,51–4,50)	ρ-α	0	0	0
	ρ	0		
Нет данных		38	38	20,4
Всего:		186	186	100

Таблица 5. Распределение диатомовых водорослей р. Спасовка по экологическим группам (октябрь 1996 г. и июль 1997 г.)

Экологическая группа	Количество таксонов	% от общего числа таксонов	Экологическая группа	Количество таксонов	% от общего числа таксонов
Местообитание			Отношение к рН		
бентосные	138	74,2	алкалибионты	10	5,4
планктонные	9	4,8	алкалофилы	86	46,2
бентосно-планктонные	35	18,8	индифференты	33	17,8
эпифитные	2	1,1	ацидобионты	-	-
бентосно-эпифитные	-	-	ацидофилы	14	7,5
нет данных	2	1,1	нет данных	43	23,1
Всего:	186	100	Всего:	186	100
Галобность			Географическое распространение		
мезогалобы	9	4,8	космополиты	118	63,4
галофилы	13	7,0	бореальные	23	12,4
индифференты	107	57,5	аркто-альпийские	9	4,8
галофобы	16	8,6	нет данных	36	19,4
нет данных	41	22,1	Всего:	186	100
Всего:	186	100			

обследованного водотока соответствуют II классу чистоты (чистые воды), так как согласно рассчитанным индексам S , имеют две степени сапробности (α и $\alpha\beta$) и принадлежат к олигосапробной зоне. Значения индексов сапробности S в осенний период 1996 г. изменялись от 1,31 до 1,46, а в летний период 1997 г. – от 1,38 до 1,43 (табл. 3). Показателями степени сапробности воды являются 79,6 % от общего числа таксонов диатомовой флоры, наиболее представлены олигосапробионты и бетамезосапробионты – 32,3 и 28,5 %, соответственно (табл. 4).

При эколого-географическом анализе диатомовой флоры р. Спасовка выявлено, что сведения о приуроченности водорослей к местообитанию известны для 98,9 % от общего числа внутривидовых таксонов, из них на долю бентосных приходится 74,2 и бентосно-планктонных – 18,8 %. Большинство диатомей альгофлоры являются индифферентными к изменению солености – 57,5 % от общего числа таксонов. По отношению к рН среды преобладают алкалофильные виды (46,2 %) и индифферентные к изменениям активной реакции среды (17,8 %). Характер географического распространения: на долю космополитных видов приходится 63,4 %, бореальных – 12,4 % и аркто-альпийских – 4,8 % (табл. 5).

Таким образом, в результате изучения видового разнообразия диатомовых водорослей в р. Спасовка, принадлежащей бассейну оз. Ханка (1996–1997 гг.), установлено, что таксономический состав диатомовой флоры р. Спасовка включает 172 вида (186 таксонов внутривидового ранга). В перифитонных сообще-

ствах выявлены комплексы доминирующих и субдоминирующих видов диатомей, представленные следующими таксонами: *Nitzschia frustulum*, *N. palea*, *N. nana*, *N. aff. scalpelliformis*, *Melosira varians*, *Gomphonema acuminatum*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Luticola mutica*, *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*.

Эколого-географическая характеристика диатомовой флоры: отмечено преобладание бентосных видов (74,2% от общего числа таксонов), индифферентных к изменению солености (57,5%), алкалифильных (46,2%), космополитных (63,4%) видов, а также олигосапробионтов и бетамезосапробионтов – 32,3 и 28,5%, соответственно. Природные воды в р. Спасовка классифицируются как чистые и соответствуют II классу.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОЕВОЙ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДЫ
HETERODERA GLYCINES ICHINOHE, 1952 НА ПРИХАНКАЙСКОЙ
РАВНИНЕ (ПОГРАНИЧНЫЙ РАЙОН)

DISTRIBUTION OF THE SOYBEAN CYST-FORMING NEMATODE
HETERODERA GLYCINES ICHINOHE, 1952
IN THE KHANKA LAKE LOWLAND (POGRANICHNY DISTRICT)

Т.В. Волкова

T.V. Volkova

Впервые нематода была обнаружена в Японии в 1916 году (самые ранние наблюдения относятся к 1881 г.). В северной части Китая (Маньчжурии) нематода найдена в 1938 году. В настоящее время, кроме Японии и Китая, *Heterodera glycines* распространена в КНДР, Республике Корея, о. Тайвань, Индонезии, Канаде, США, ЮАР и др. В мире 10 % сельскохозяйственной продукции сои теряется из-за повреждений соевой цистообразующей нематодой, что составляет 1/3 от общих потерь из-за вредителей и болезней соевой цистообразующей нематодой, которая, согласно оценкам, только в США наносит ущерб в размере более 1 миллиарда долларов в результате потери урожая (www.agro-investor.ru). Соевая цистообразующая нематода *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 известна как один из опаснейших паразитов сои и вызывает болезнь у растений под названием «желтая карликовость бобов». В зависимости от размера популяции соевой нематоды в почве урожайность растений снижается от 20 до 80 % (Riggs, 1977). Так, нематологи США установили, что в полевых условиях признаки снижения урожая сои наблюдаются при исходной плотности популяции соевой нематоды 60–100 яиц и личинок (1 циста) на 250 см³ почвы, а экономический порог вредоносности в условиях США составляет 300–500 яиц и личинок (1–3 цисты) на 250 см³ почвы. Страны Европейского и Средиземноморского обществ защиты растений относят соевую нематоду к Списку А1 карантинных объектов. Американская организация защиты растений считает этот вид имеющим карантинное значение. В странах Азии соевую цистообразующую нематоду относят к главным вредителям сои, но из-за широкого распространения ее не вносят в список карантинных объектов.

В Пограничном районе были проверены сельскохозяйственные угодья в восьми хозяйствах. Нематода была обнаружена в 6 хозяйствах на площади 26502 га, что составило 74,3 % (табл. 1).

В работе мы остановимся только на 3 хозяйствах.

«**Богуславский**». Сильную степень зараженности (20–36 цист на 1 среднюю почвенную пробу) имело поле 120 га. Через три года при более детальном обследовании этот участок оказался слабо зараженным – в пяти почвенных про-

Трансграничное озеро Ханка:

современное состояние и перспективы развития региона _____

Таблица 1. Зараженность обследованных площадей соевой цистообразующей нематодой в Пограничном районе

№ п/п	Хозяйства	Всего обследовано (га)	Кол-во проанализированных средних почвенных проб		Заражено соевой нематодой (га)	Кол-во цист на 1 среднюю почвенную пробу
			Всего	Из них с цистами		
1.	«Богуславский»	7423	407	9	259	0–36(9)
2.	«Жариковский»	2400	66	48	1960	1–12(2)
3.	«Сергеевский»	4852	252	42	1425	1–210(32)
4.	«Садовый»	160	8	6	130	4–15(7)
5.	«Нестеровский»	4420	188	30	1047	0–21(4)
6.	«Барановский»	7247	346	94	2274	2–23(8)
	Итого:	26502	1267	324	7095	

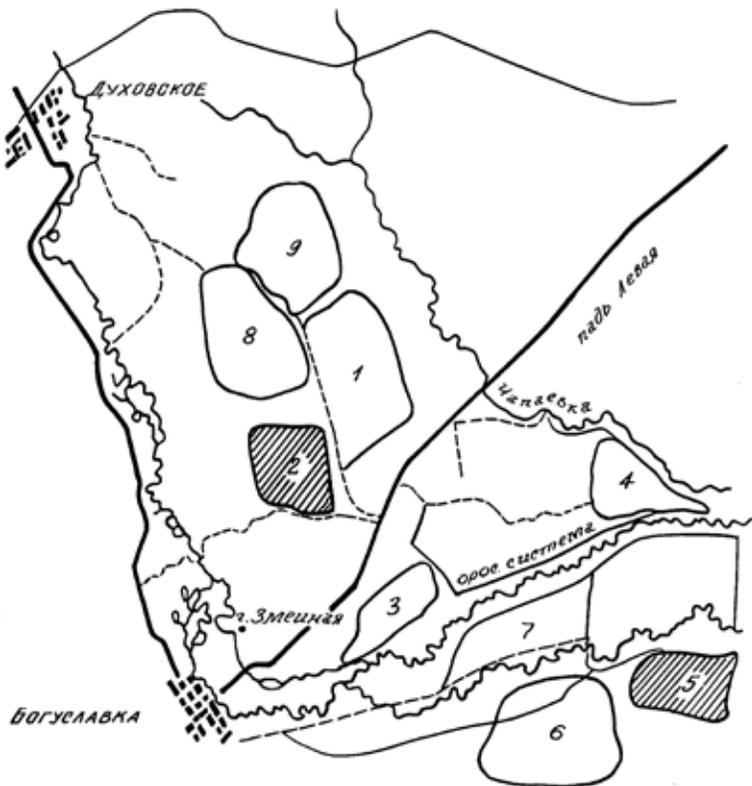


Рис. 1. Карта-схема обследованных площадей в хозяйстве «Богуславский» на выявление соевой нематоды

бах нематода обнаружена только в одной (2 цисты). Всего было обследовано пашни полевого севооборота 4852 га, из них оказались заражены соевой нематодой 259 га или 3% обследованных площадей. Из 9 обследованных полей соевая нематода с сильной степенью зараженности была обнаружена только на двух, на поле № 5 (см. карту-схему, рис. 1) количество ее на отдельных участках достигало 21–36 цист на одну среднюю почвенную пробу. Поля 50,75 га, 29,5 га и небольшое поле вдоль трассы перед п. Духовское имели среднюю степень зараженности, участки по оросительной системе № 3 и 4 и два поля 27 га и 5,5 га в сторону п. Духовского имели слабую степень зараженности.

Из обследованных хозяйств Пограничного района, земли Богуславского совхоза были одними из наиболее благополучных в фитогельминтологической ситуации, поэтому в рекомендациях было указано, что при необходимости в данном хозяйстве можно было увеличивать земельные площади под культуру сои.

«Сергеевский». Всего обследовано пашни полевого севооборота 4852 га, из которых было заражено соевой нематодой 1425 га (29%). При проведении ориентировочного обследования посевов сои на зараженность соевой нематодой была отмечена очень сильная зараженность (от 70 до 210 цист на 1 среднюю почвенную пробу) на поле 114,9 га по трассе на п. Пограничный (участок № 1, рис. 2). Через 3 года во время детального изучения зараженность поля была очень слабая, встречались в основном пустые цисты, а слабая популяция нематоды поддерживалась, очевидно, на поле сорняками, на которых она паразитирует, в основном на пикульнике двунадрезанном (*Galeopsis bifida* Voenn.). Прекращение выращивания сои и посев многолетних трав изволили прак-

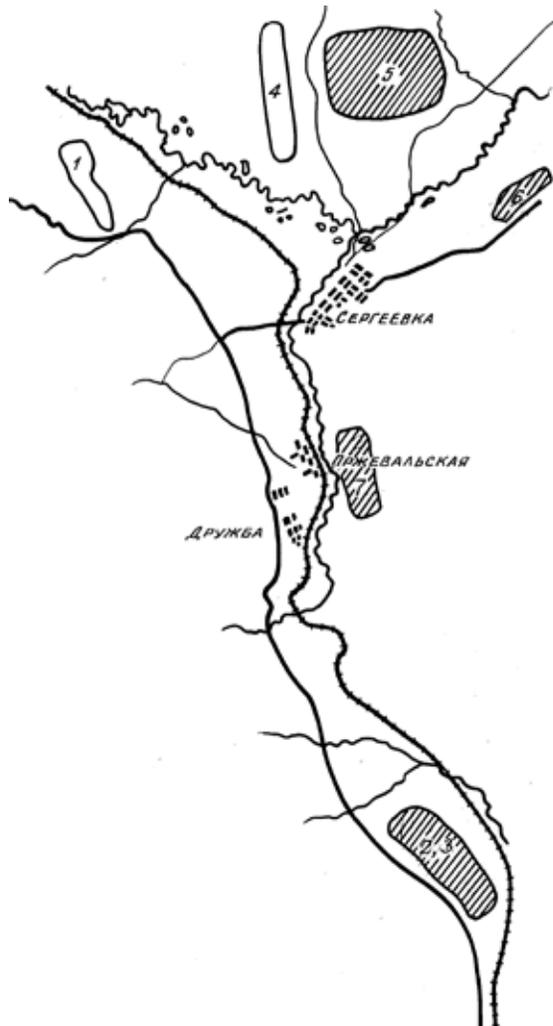


Рис. 2. Карта-схема обследованных площадей в хозяйстве «Сергеевский» на выявление соевой нематоды

тически уничтожить популяцию нематоды на данном поле. Сильная зараженность нематодой выявлена на трех полях – 59,5 га, 34,2 га и 16,3 га (массив № 2, 3 на карте-схеме); средняя степень зараженности отмечена на поле 45,7 га по трассе на п. Нестеровку и на небольших полях рядом с п. Пржевальск (участки № 6 и 7). 18 полей имели слабую степень зараженности, а на таких полях как 129 га, 94 га, 139 га (участок № 5) имелись очаги со средней степенью зараженности, т.е. нематодой было заражено 24 % площадей полевого севооборота. Как видно на карте-схеме, зараженность полей нематодой имела мозаичный характер, и в основном отмечалась слабая степень заражения (57 % площадей). После обследования было рекомендовано поля со средней и сильной степенью зараженности исключить из соевого севооборота. Кроме того, также необходимо исключить из соевого севооборота и слабо зараженные поля, имеющие отдельные сильно зараженные участки, так как благодаря этим очагам популяция нематоды быстро возрастает и распространяется по всему полю.

«Барановский». Всего было обследовано пашни полевого севооборота 7247 га, из них оказались заражены соевой нематодой 2274 га, что составило 33 % обследованных площадей (рис. 3). Степени зараженности обследованные площади распределялись следующим образом: слабая степень зараженности (1–3 цисты на I среднюю почвенную пробу) отмечалась на поле 923 га (39 %) пашни, средняя

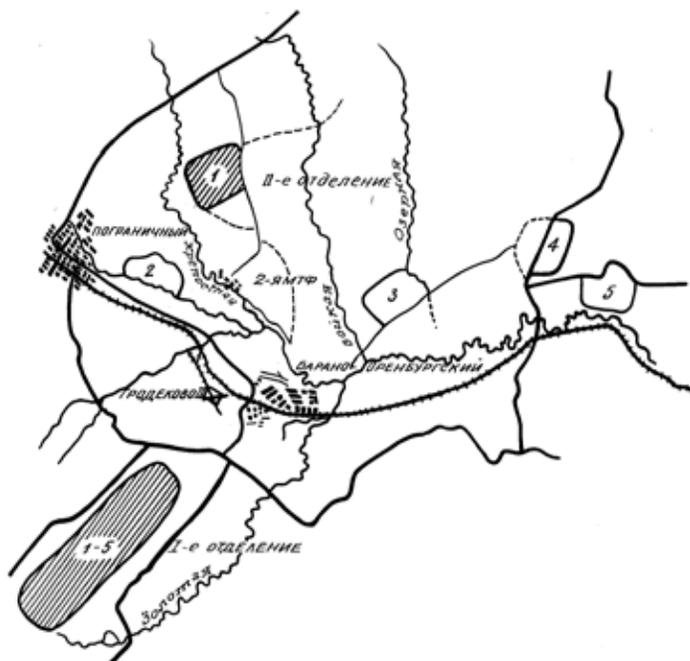


Рис. 3. Карта-схема обследованных площадей в хозяйстве «Барановский» на выявление соевой нематоды

(4–6 цист) – на 585 га (25 %) и сильная (более 6 цист) – на 867 га (36 %), т.е. 60 % площадей совхоза «Барановский» имели сильную и среднюю степень поражения.

На втором отделении сильное заражение нематодой было отмечено на полях массива 359 га, где в средней почвенной пробе было выделено от 8 до 20 цист нематод. Еще более сильная зараженность была выявлена на двух соседних полях кормового оборота (140 га, 140 га), где на 300 см³ почвы встречалось до 80 цист (массив № 1 на карте-схеме). По трассе на с. Богуславку расположены поля со слабой степенью зараженности, которые граничат с землями хозяйства «Бойковский», где, вероятно, находились участки, сильно зараженные нематодой, и являлись источником инвазий.

На первом отделении нематодой были заражены поля 100 га, 98 га и 82 га, где в средней почвенной пробе насчитывали, как правило, несколько десятков цист. Соседние поля в 100 га, 175 га и 126 га имели среднюю, а 398 га, 42 га и 45 га – слабую степень зараженности с отдельными очагами высокой численности нематод (массив № 1–5 на карте-схеме).

На третьем отделении (с. Софье-Алексеевское) один массив в 144 га был сильно заражен соевой нематодой (от 14 до 21 цисты на почвенную пробу) и 2 массива в 212 га и 269 га имели поля со средней и слабой степенью зараженности. Как было сказано выше, жизнеспособность инвазионных личинок в цистах сохраняется 4 года, поэтому в рекомендации было указано, что выращивание сои на сильно зараженных площадях необходимо прекратить на такой же срок, на полях со средней и слабой степенью – в течение 3 лет и в дальнейшем выдерживать двухлетний перерыв.

Таким образом, в Пограничном районе обследовано 26502 га пашни под соей в 6 хозяйствах. Результаты анализа 1267 средних проб показали, что соевой нематодой было заражено 7095 га, что составило 26,7 % обследованных посевных площадей. Нематодой была заражена практически вся площадь под соей, где эта культура выращивалась в двухпольном севообороте. Нематода отсутствовала только на полях, где предшественником сои в предыдущие годы были многолетние травы или последний год выращивания сои на поле приходился 3–4 года назад. Степень зараженности почвы цистами нематод во всех хозяйствах, где она была обнаружена, была значительная.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОЕВОЙ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДЫ
HETERODERA GLYCINES ICHINOHE, 1952
НА ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЕ
И В БАССЕЙНЕ Р. УССУРИ (КИРОВСКИЙ РАЙОН)

DISTRIBUTION OF THE SOYBEAN CYST-FORMING NEMATODE
HETERODERA GLYCINES ICHINOHE, 1952
IN THE KHANKA LAKE LOWLAND AND THE USSURI RIVER BASIN
(KIROVSKY DISTRICT)

И.П. Казаченко

I.P. Kazachenko

В Российской Федерации соевая нематода обнаружена в Амурской области (Глотова, Кравцова, 1979) и Приморском крае. По Амурской области имеются данные о вредоносности нематоды в отдельных хозяйствах и общие сведения о широком распространении ее на посевах в области. Впервые в Приморском крае этот паразит был выявлен на опытном участке монокультуры сои в 1977 г. Государственной инспекцией по карантину растений. Сейчас соевая цистообразующая нематода отнесена к одному из опаснейших возбудителей болезни культуры в условиях Приморского края.

По результатам работ, проведенных сотрудниками лаборатории паразитологии ФНЦ Биоразнообразия Дальневосточного отделения РАН, на территории Приморья было обследовано 140 тыс. га пашни и выявлено более 300 очагов заболевания культуры на общей площади свыше 50 тыс. га. Результаты проведенной работы выявили широкую распространенность нематоды в регионе возделывания сои, высокую плотность популяции в почве (до 60 тыс. личинок в 100 г), и это говорит о том, что соевая цистообразующая нематода является одной из главных причин получения низких урожаев сои в отдельных хозяйствах края (Волкова, 2013). Вероятно, цисты были завезены из стран Юго-Восточной Азии (Корея, Китай, Япония), где соевая нематода является одним из основных вредных объектов, как и в США. Нами было изучено распространение соевой нематоды в западных районах края, степень зараженности полей в отдельных хозяйствах и жизненный цикл паразита в условиях Приморья. Но чтобы принимать какое-либо решение в борьбе с нематодой, необходимо не интуитивно определять, а точно знать размер ущерба, причиняемого нематодой, и соответственно, затраты на борьбу с ней.

Изучение биологии соевой цистообразующей нематоды в условиях Приморского края показало, что жизненный цикл одного поколения этого паразита завершается в 33 дня, а в течение вегетационного периода культуры нематода дает 3 поколения, массовое проникновение инвазионных личинок в корни растений отмечено в середине последних декад июля и августа (Казаченко, 1993). Этот период является наиболее благоприятным для проведения профилактических ме-

роприятий по снижению численности нематод в почве. Признаки заболевания у растений проявляются с середины июля. На сильно зараженных участках посевов растения отстают в росте, желтеют, нижние листья усыхают. Большинство тонких корешков отмирает и в дальнейшем растения погибают. На участках со средней степенью зараженности растения отстают в росте, листья у них слабохлоротичные, цветков и бобов мало, корни с небольшим числом клубеньков. На слабо зараженных нематодой участках признаки заболевания растений не проявляются. Такие же признаки заболевания у растений проявляются при избыточном увлажнении участков поля и при внесении больших доз удобрений. Поэтому для определения причины заболевания необходимо просматривать корневую систему растений на наличие самок нематод.

В 10 хозяйствах Кировского района всего обследовано 6667 га; отобрано на полях 3672 почвенных образцов, проанализировано 306 средних почвенных проб.

Таблица 1. Зараженность обследованных площадей соевой цистообразующей нематодой в Кировском районе

№ п/п	Хозяйства	Всего обследовано (га)	Кол-во проанализированных средних почвенных проб		Заражено соевой нематодой (га)	Кол-во цист на 1 среднюю почвенную пробу
			Всего	Из них с цистами		
9.	«Руновский»	680	33	3	154	0–2(1)
10	«Комаровский»	773	40	13	344	0–14(3)
5.	«Ольховский»	840	33	2	126	0–2(0,5)
8.	«Увальный»	881	43	5	167	0–8(4)
1.	«Краснореченский»	812	38	8	230	0–78(30)
4.	«Марьяновский»	360	19	1	160	1
3.	«Крыловский»	692	30	11	370	0–23(3,5)
2.	«Преображенский»	450	21	3	180	0–2(1,5)
6.	«Пчеловод»	149	8	–	–	–
7.	«Кировский»	1030	41	–	–	–
	Итого:	6667	306	46	1731	

В работе мы остановимся только на 3 хозяйствах.

«Комаровский». Из 16 обследованных полей нематода обнаружена на восьми, участки № 1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 15 на карте-схеме (рис. 1). Зараженные поля составили 44,5 % обследованных земель (344 га из 773 обследованных). Степень зараженности почвы цистами в основном слабая. На двух полях 1-го отделения (34 и 90 га) были отмечены участки, сильно зараженные нематодой (до 14 штук на 100 см³ почвы). По рекомендации было предложено запретить выращивание сои на 1-ом отделении сроком на 5 лет, а также в данном хозяйстве провести обслед-

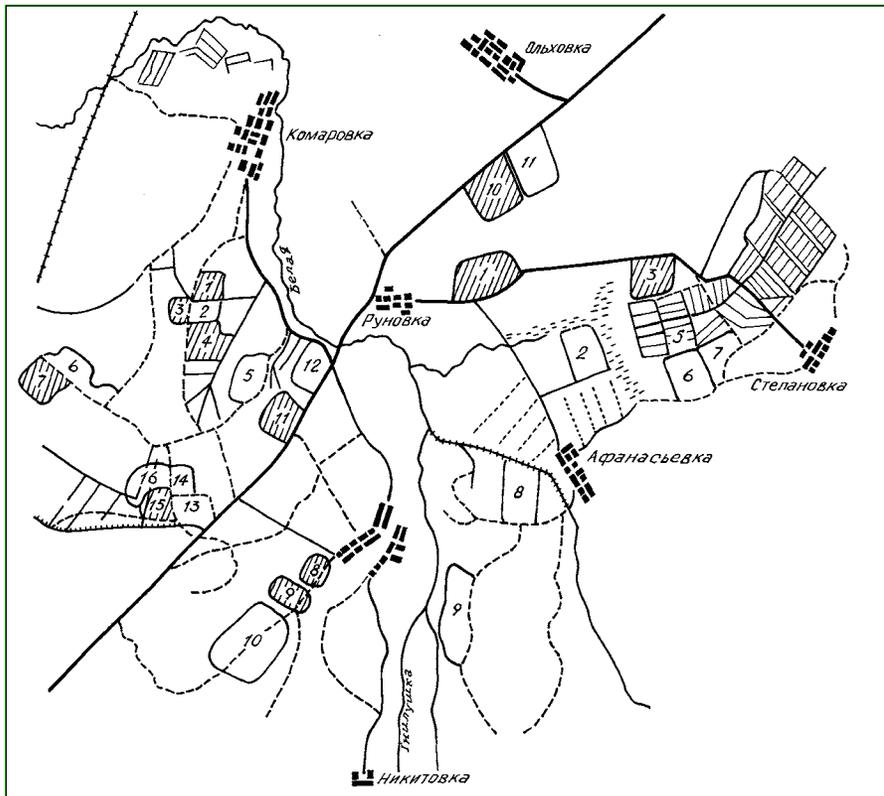


Рис. 1. Карта-схема обследованных площадей в хозяйстве «Комаровский» на выявление соевой нематоды

дование на зараженность соевой нематодой всех угодий зернового клина, с целью уточнения границ распространения нематоды.

«Краснореченский». Соевой нематодой заражено 230 га (28,3 % обследованных земель), это два поля в районе оз. Узкое (участок № 7 и 8, рис. 2). Степень зараженности почвы цистами сильная, до 78 штук на 100 см³ почвы. По рекомендации было предложено запретить выращивание сои на этих участках сроком на 5 лет, а также в районе оз. Узкое провести обследование на зараженность соевой нематодой всех угодий зернового клина, с целью уточнения границ распространения нематоды в хозяйстве.

«Крыловский». Нематода выявлена на трех полях (более половины площадей под сою, 53,5 %). Сильная степень зараженности почвы цистами отмечена на поле 120 га около п. Большие Ключи (до 23 штук на 100 см³ почвы). На других полях степень зараженности слабая, не более 3 штук. Было предложено запретить выращивание сои на сильно зараженных площадях сроком на 5 лет и провести

обследование на зараженность соевой нематодой всех угодий зернового клина, с целью уточнения границ распространения нематоды в хозяйствах.

Таким образом, при обследовании в 10 хозяйствах Кировского района всего обследовано 6667 га; отобрано на полях 3672 почвенных образцов, проанализировано 306 средних почвенных проб. Цистообразующая соевая нематода обнаружена на полях восьми хозяйств на общей площади 1731 га, что составило 26 % обследованных площадей. По данным количественного учета 66 % площадей имели слабую степень зараженности почвы цистами и 34 % – от средней до сильной.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

ANALYSIS OF CURRENT LAND USE STRUCTURE IN THE KHANKA LAKE BASIN USING REMOTE SENSING DATA

К.Ю. Базаров, Е.Г. Егидарев, Н.В. Мишина

K.Yu. Bazarov, E.G. Egidarev, N.V. Mishina

Трансграничный бассейн озера Ханка, по которому проходит российско-китайская государственная граница, расположен на сопредельных территориях Приморского края Российской Федерации и провинции Хэйлунцзян КНР. Являясь крупнейшим пресноводным водоемом Дальневосточного региона России и всей Восточной Азии, озеро имеет большую ценность с точки зрения богатства биоразнообразия его растительного и животного мира (Озеро Ханка. Водно-болотные угодья России), и одновременно является важным сельскохозяйственным районом Приморского края и всего Дальнего Востока России (Каракин, Шейнгауз, 2004). За последние 20 лет озеро и его бассейн неоднократно становились объектом различных научных изысканий (Diagnostic Analysis., 2001; Jin, Jiang, 2007; Ганзей, 2007; Курбатова, Крылова, 2008; Жеурова, 2010; Степанько, 2016), активизировавшихся в последние годы в связи с устойчивым ростом уровня воды как в самом озере, так и в реках его бассейна, что приводит к подтоплению и затоплению прибрежных территорий (Журавлев, Клышевская, 2015). Как показано в работах Н.Н. Бортина с соавторами (Бортин, Горчаков, 2016; Бортин и др., 2016), наиболее вероятной причиной повышения уровня воды в озере является переброска значительной части стока р. Мулинхе по каналу в оз. Малая Ханка, а из него – в оз. Ханка путем переливов воды через гидротехнические сооружения (Бортин и др., 2016). В таких условиях особую актуальность приобретают данные о современной хозяйственной деятельности в китайской части трансграничного бассейна оз. Ханка, а также картографирование землепользования в пределах всего водосбора для оценки изменений площади различных угодий.

При изучении обширных трансграничных объектов (бассейнов, геосистем, территорий) одной из основных проблем является разнородность информации по территориям соседних стран, существенные различия в ее полноте, детальности, методах сбора и обработки (Ганзей и др., 2007; Ермошин и др., 2010). Это касается как статистических данных, отражающих ситуацию на сопредельных территориях соседних стран в границах единиц административно-территориального деления разного ранга, так и различных картографических материалов стран-соседей. Источником единообразных пространственных данных, которые отображают информацию о природных особенностях, хозяйственном использовании и антропогенных изменениях трансграничных объектов, и которые можно исполь-

зовать для корректных картографических расчетов, являются данные дистанционного зондирования (ДДЗ) Земли.

Целью настоящей работы является анализ структуры современного использования земель трансграничного водосборного бассейна оз. Ханка на основе ДДЗ.

Материалы и методы. При картографировании современного землепользования в Ханкайском бассейне обрабатывались и дешифрировались спектрально-зональные снимки с космических аппаратов (КА) Sentinel-2 (весна 2017 г.) и Landsat-8 (осень 2016 г.). Космическая информация, получаемая со спутников, с высокой точностью отражает степень и формы хозяйственного освоения исследуемой территории.

Контуры лесных массивов были получены по результатам автоматической классификации осенних снимков с обучением; границы водных объектов рассчитаны с помощью модифицированного нормализованного дифференцированного водного индекса NDVI (Xu, 2006). Затем полученные контура (леса и водные объекты) были объединены и послужили «скелетом» пространственного информационного слоя.

Снимки с КА Sentinel-2 обрабатывались визуально-экспертным дешифрированием с привлечением высоко детальных подложек, предоставляемых картографическими интернет-сервисами (GoogleMaps, YandexMaps, BingMaps и т.д.). По ним же были оцифрованы остальные типы земельных ресурсов и их использование. При создании контуров населенных пунктов в качестве основы использовались данные Росреестра, которые были верифицированы с помощью картографических онлайн-данных.

В результате проведенных работ была создана актуальная карта (масштаб 1:100000) использования земель бассейна оз. Ханка, отображающая пространственное распределение 12 категорий земель (рис. 1). Это позволило рассчитать для каждой категории земель площадные характеристики и проанализировать структуру использования земель в бассейне в целом, в его китайской и российской частях, а также в разрезе отдельных муниципальных районов (Россия) и уездов (Китай).

Результаты и обсуждение. Озеро Ханка расположено в центральной части Приханкайской низменности на западе Приморского края. По озеру проходит российско-китайская государственная граница и северная часть озера и его водосбора расположены на китайской территории. Поскольку для озера характерны значительные многолетние циклические колебания уровня воды, площадь его водной поверхности может значительно изменяться – от 5010 км² до 3940 км² (Журавлев, Клышевская, 2015). В настоящей работе площадь бассейна оз. Ханка подсчитана равной 24855 км² (включая площадь озера – 4372,35 км²), из которых 20941 км² или 84 % расположены в Приморском крае.

Российская часть бассейна оз. Ханка расположена на территории 12 единиц административно-территориального деления: 10 муниципальных районов и 2-х городских округов, однако только 6 муниципальных районов полностью или поч-

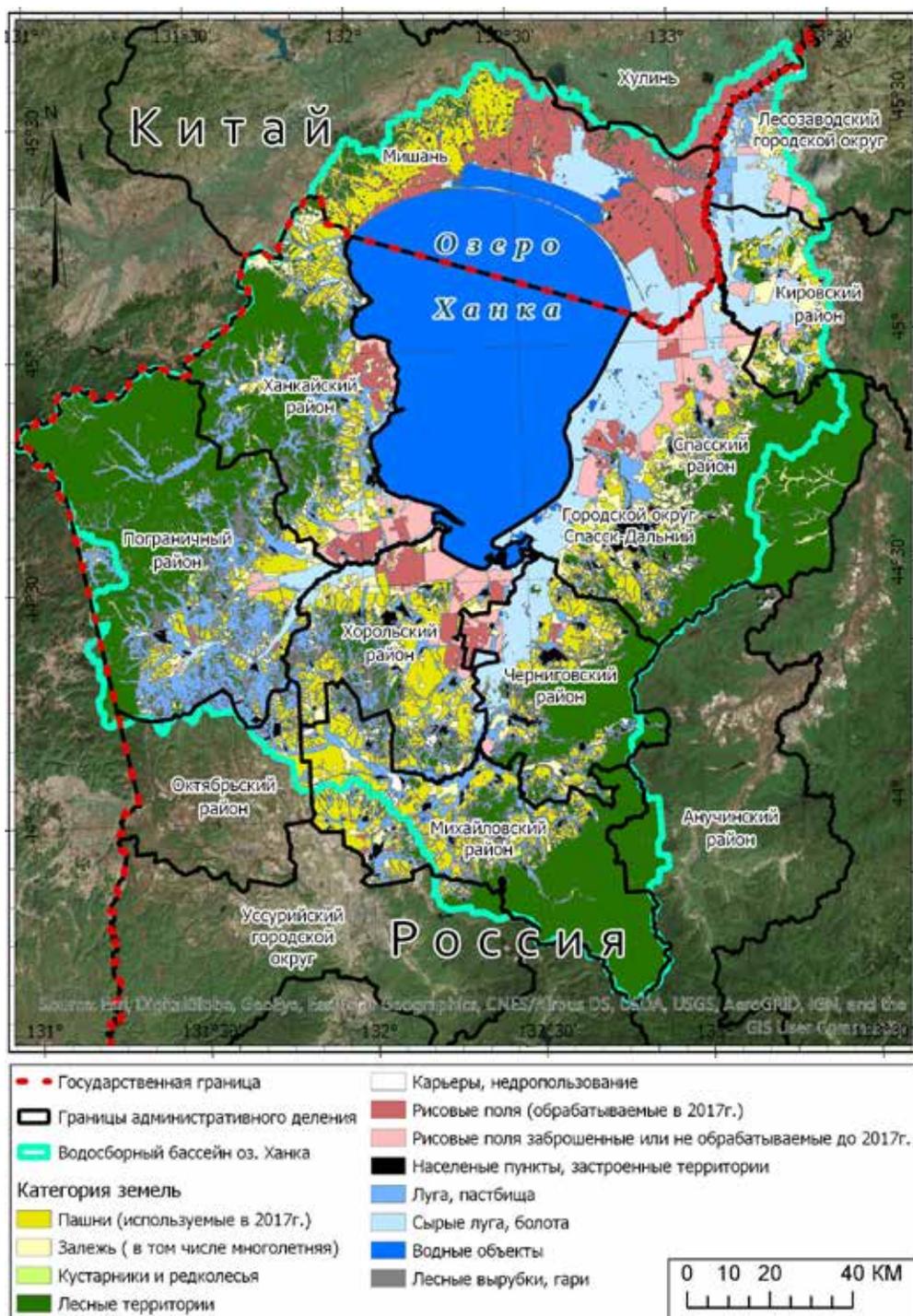


Рис. 1. Использование земель в трансграничном бассейне оз. Ханка в 2017 г.

ти полностью (более 80 % территории) и городской округ (ГО) Спасск-Дальний расположены в пределах Ханкайского бассейна (рис. 1). Китайская часть водосбора находится в провинции Хэйлуцзян на территории уездов Мишань (к водосбору относится 46 % территории уезда) и Хулинь (2,2 % территории уезда) округа Цзиси, а также небольшой участок размером 55 км² – в уезде Дунин и городе Суйфэньхе округа Муданьцзян.

Согласно данным дешифрирования космических снимков, общая площадь обрабатываемых земель (пашня и рисовые поля 2017 г.) в бассейне составила 451 тыс. га или 18,1 % территории, еще 10,4 % пришлось на залежь и заброшенные рисовые поля. Категорией земель с наибольшим удельным весом являются лесные территории, занимающие 29,2 % водосборного бассейна. Доля водных объектов (реки, протоки, озера, водохранилища) в структуре земель составила 17,9 %. Еще 20 % территории водосбора приходится на луга, сенокосы, пастбища (10,9 %) и сырые луга, болота (9,6 %). Оставшиеся 4 категории земель (кустарники и редколесья; карьеры, следы недропользователей; населенные пункты, постройки сельскохозяйственного назначения, промышленные и производственные объекты; лесные вырубки, гари) занимают менее 4 % площади водосборного бассейна оз. Ханка.

Отличительной чертой структуры использования земель китайской части бассейна является высокая доля рисовых полей и пашни, в сумме составляющая 44,4 % территории. При этом площадь рисовых полей в 2,2 раз больше суходольных пахотных угодий. Если при расчете структуры не учитывать водные объекты, то доля обрабатываемых земель увеличится до 65,4 % от площади китайской части водосбора. При этом удельный вес залежи и необрабатываемых рисовых полей очень мал (табл. 1). Также можно отметить относительно большую долю сырых лугов и болот, которые сохранились здесь, вероятно, благодаря существованию природного биосферного заповедника «Синкай-ху».

В российской части бассейна оз. Ханка доля обрабатываемых земель в 2017 г. составила 13,2 % и, в отличие от китайской территории, это преимущественно суходольные пашни (табл. 1). Наибольшие площади обрабатываемой пашни расположены в Хорольском, Михайловском, Спасском и Ханкайском муниципальных районах (69 % от всех пахотных угодий российской территории), в них же расположена значительная часть залежных земель (64,1 %). Также значительные залежи характерны для Черниговского, Пограничного и Кировского районов (в сумме 29 % от данной категории земель). Площадь рисовых полей в российской части бассейна почти в 3 раз меньше, чем в китайской. И основная их часть расположена в Хорольском, Спасском, Ханкайском и Черниговском муниципальных районах (97 % всех обрабатывавшихся и 84 % заброшенных рисовых полей).

Лесные земли занимают достаточно значительную часть российской территории бассейна оз. Ханка (табл. 1). Наибольшие площади лесов имеют Пограничный, Михайловский и Спасский районы (29,3 %, 17,7 % и 16,3 % от всей категории). Пограничный же район отличается наибольшими показателями площади

кустарников и редколесий, а также лесных вырубок и гарей (40,6 % и 51,4 % от соответствующих категорий земель). Другими лидерами по площади лесных вырубок и гарей являются Ханкайский и Хорольский районы (19,2 % и 15,5 % соответственно).

Общий удельный вес категорий земель, представленных различными лугами и болотами, на российской территории составляет более 22 %. Значительную

Таблица 1. Использование земель в российской и китайской частях трансграничного бассейна оз. Ханка в 2017 г., км²

Категория земель	Районы*						Всего в РФ	Уезд Мипань	Всего в КНР	Всего в бассейне
	Ханкайский	Хорольский	Черниговский	Спасский**	Пограничный	Михайловский				
Пашня	332	476,5	257,5	350,1	222	440,1	2323,1	533,4	536,8	2859,9
Залежь, в т.ч. многолетняя	311,1	224,6	139,1	359,7	150	144,7	1617,8	25,9	26,3	1644,1
Рисовые поля (обраб. в 2017 г.)	153,5	136,2	51,9	91,9	6,9	1,4	448,7	1056,7	1200	1649,2
Рисовые поля заброшенные	154,8	183,2	56,9	370,3	29,3	3,5	911,7	27,6	32,3	943,9
Лесные территории	1090,2	259,8	718,2	1129,1	2030,7	1226,1	6937,9	241,5	316,3	7254,2
Кустарники и редколесья	50,0	29,7	27,8	23,5	138,7	57,3	341,9	2,6	3,9	345,8
Лесные вырубки, гари	25,9	21	9,3	3,7	69,4	2,0	135,1	-	0,1	135,2
Луга, пастбища	461,8	380	183	220,2	800,8	367,7	2692,2	26,5	27,4	2719,6
Сырые луга, болота	69,4	164,4	276,7	707,3	141,4	15,3	1943,3	425,3	452,4	2395,7
Населенные пункты	30,4	61,5	56,9	102,8	29,9	45,3	353,8	50,6	58,3	412,1
Карьеры, недропользование	-	5,9	3,7	4,2	0,3	18,5	32,7	2,2	2,2	34,9
Водные объекты, в т.ч. оз. Ханка	21,6	14,4	5,7	59,9	0,7	7,8	3202,4	1256,5	1258,6	4461,0
Всего по району/уезду/части бассейна	2700	1957	1787	3423	3620	2330	20941	3649	3915	24855

Примечание: *Данные приведены для территорий районов, расположенных в бассейне оз. Ханка; **включая данные городского округа Спасск-Дальний.

роль в сохранении водно-болотных угодий играет государственный природный биосферный заповедник Ханкайский, участки которого расположены в Ханкайском, Хорольском, Черниговском, Спасском, Кировском муниципальном районах и в Лесозаводском ГО. В этих же районах находится 91,6 % всех сырых лугов и болот российской части бассейна оз. Ханка. По площади лугов, сенокосов и пастбищ выделяется Пограничный район, на который приходится 30 % всех земель данной категории, а также Ханкайский, Хорольский и Михайловский районы (в сумме – 45 % лугов и пастбищ).

В целом, структура использования земель китайской части бассейна оз. Ханка указывает на значительную антропогенную нарушенность его природной среды. 47 % этой территории относятся к глубоко измененным и преобразованным природным комплексам (пашни, включая залежь, рисовые поля, в т.ч. заброшенные, населенные пункты, лесные вырубки и гари, карьеры). Если из расчетов структуры земель убрать площадь оз. Ханка, включенную в водные объекты, доля антропогенно преобразованных земель увеличится до 70 %. В российской части бассейна ситуация более благополучная, чем на сопредельной китайской территории, и удельный вес преобразованных природных комплексов составляет 28 % всей площади. Среди муниципальных районов российской части бассейна наиболее неблагоприятную структуру земель имеет Хорольский район (31 % территории – антропогенно преобразованные природные комплексы, еще 21 % – заброшенные рисовые поля).

Полученные с использованием ДЗ сведения позволяют нам оценить современную структуру земель в бассейне озера Ханка, но не дают ответа на вопрос о динамике разных категорий земель. Для оценки изменений в землепользовании необходимы аналогичные данные другого периода, также полученные с помощью геоинформационных и картографических методов. Поскольку в настоящее время такие данные отсутствуют, мы посчитали допустимым применить статистические материалы, также отражающие структуру и динамику использования земель разных категорий, но, в первую очередь, сельскохозяйственных. Сопоставление статистических данных о посевной площади в муниципальных районах Ханкайского бассейна и об обрабатываемых землях по ДДЗ на 2017 г. (сумма площадей пашни и рисовых полей) показало высокий уровень их соответствия (табл. 2).

Согласно статистическим данным, динамика посевных площадей в 6 муниципальных районах российской части Ханкайского бассейна (рис. 2) с середины прошлого столетия и до настоящего времени имела сходные черты. С начала 1950-х годов наблюдался значительный рост посевных площадей, в сумме составивших в начале–середине 1970-х гг. 369–370 тыс. га, затем темпы расширения посевных площадей снизились и за период около 15 лет их прирост составил 85 тыс. га. За период с 1990 по 2010 г. посевные площади сократились почти в 3 раза – с 455,4 до 156,6 тыс. га (рис. 2). После этого снова началось наращивание посевных, суммарная площадь которых в 2017 г. составила 267,1 тыс. га, что близко к значению посевной площади 6 районов российской части Ханкайского бассейна в 2000 г.

Таблица 2. Площади обрабатываемых земель российской части бассейна оз. Ханка по данным статистики (1) и ДЗЗ (2) в 2017 г., га (Составлено по: База данных показателей..., 2019)

Район	1	2
Ханкайский	50356,7	48550
Пограничный	21253,7	22890
Михайловский	63058,7	60183
Черниговский	28529,3	30940
Хорольский	59073,8	61270
Спасский (включая ГО Спасск-Дальний)	44852,9	44200

Можно предположить, что и современная структура земель в российской части бассейна озера Ханка близка к структуре землепользования, существовавшей здесь в 2000 г. Отчасти это предположение подтверждается данными об использовании земель в бассейне, представленными в «Диагностическом анализе бассейна оз. Ханка», выполненном учеными ТИГ ДВО РАН и китайскими специалистами в 2000 г. (Diagnostic Analysis..., 2001). Данная работа отражает ситуацию в бассейне во второй половине 1990-х гг. и часть приведенных в нем сведений достаточно близка с полученными нами данными. Например, оценка сельскохозяйственных земель по обе стороны государственной границы (табл. 3), лесных земель и водных объектов на российской территории, пастбищ и болот – на китайской. Вполне вероятно, что значительные различия в оценке доли лесных земель на ки-



Рис. 2. Посевные площади в муниципальных районах российской части бассейна оз. Ханка, га (Составлено по: Сельское хозяйство Приморского края, 2004, 2011; Народное хозяйство Приморского края в 1970 г., 1972; Посевные площади..., 1994; База данных показателей ..., 2019; Ханкайскому району 80 лет, 2006; Черниговскому району 80 лет, 2006; Пограничному району 80 лет, 2006; Михайловскому району 80 лет, 2006)

Таблица 3. Сопоставление данных о распределении земель различных категорий в бассейне оз. Ханка во второй половине 1990-х гг. и 2017 г.

Данные 1996–1998 гг. (Diagnostic Analysis..., 2001)			Данные ДЗ3, 2017 г.		
Площадь бассейна оз. Ханка, км ²					
21766			24856		
Площадь оз. Ханка					
4000–4400			4372		
Площадь российской части водосбора, км ²					
17249			20941		
Площадь китайской части водосбора, км ²					
4517			3915		
Категории земель	РФ	КНР	Категории земель	РФ	КНР
	км ² / %			км ² / %	
Земли сельскохозяйственного назначения, в т.ч. пастбища	6871/40	1961/43,4	Пашня, залежь, рисовые поля, луга, пастбища	7993/38,2	1823/46,6
Лесные земли	6601/38,3	712/15,8	Лесные территории	6938/33,1	316/1,5
Болота	1123/24,9	1377/8,0	Сырые луга, болота	1943/9,3	452/11,5
Водные объекты	95/0,6	1252/27,7	Водные объекты (без оз. Ханка)	112/0,5	1256/32

тайской территории и болот на российской связаны не только с их сокращением, но и с разницей в определении границ и площади бассейна и его частей, а также с тем, что информация о землепользовании в 1990-х гг. и в настоящее время была получена разными методами, из разных источников.

Для полного и достоверного анализа динамики использования земель трансграничного бассейна озера Ханка необходимо создание аналогичной карты на другой временной период. Наибольший интерес, по нашему мнению, представляют конец 1980-х–начало 1990-х гг., когда масштабы сельскохозяйственного освоения на российской территории были максимальными, и 2003–2010 гг., когда посевные площади имели минимальные значения. По китайской территории большой интерес представляет расширение карты на всю территорию уезда Мишань, что позволило бы соотнести данные, полученные при ДЗ с имеющейся статистической информацией, а также позволило бы сформировать представление о хозяйственной ситуации и структуре земель в бассейне р. Мулинхе, по сути являющейся частью водосбора оз. Ханка за счет соединяющего их канала.

Заключение

Трансграничный водосборный бассейн оз. Ханка, расположенный на приграничных территориях России и Китая, представляет собой уникальный район, в котором богатое биоразнообразие и природоохранная ценность сочетается с

высокой сельскохозяйственной значимостью. Активное экономическое освоение российской и китайской частей Ханкайского бассейна во второй половине XX в. привело к значительной трансформации ландшафтных комплексов и ухудшению состояния природной среды. Составленная на основе ДДЗ карта современного использования земель бассейна отображает пространственное распределение 12 категорий земель и позволяет на единой унифицированной базе провести сравнительный анализ структуры землепользования его российской и китайской частей, выявить особенности и характерные черты распределения разных категорий земель внутри каждой из национальных территорий бассейна.

Сопоставление полученных данных с имеющимися статистическими и литературными данными позволяет предположить, что современная структура использования земель в бассейне сходна со структурой второй половины 1990-х–начала 2000 гг. Для более подробного и достоверного анализа динамики землепользования на унифицированной картографической и геоинформационной основе необходимо создание карты на периоды максимального и минимального сельскохозяйственного освоения бассейна.

Созданная карта использования земель бассейна оз. Ханка 2017 г. может быть использована для оценки антропогенной измененности и трансформации природных комплексов трансграничного Ханкайского бассейна, для мониторинга состояния природной среды, для разработки стратегии устойчивого, экологически сбалансированного территориального развития и планирования хозяйственной деятельности, для разработки функционального зонирования рассматриваемой территории.

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ, ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И КАЧЕСТВО
ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В БАСЕЙНЕ ОЗ. ХАНКА
WATER RESOURCES, WATER USE, AND SURFACE WATER QUALITY
IN THE KHANKA LAKE BASIN

Л.В. Горбатенко

L.V. Gorbatenko

Поверхностные водные ресурсы в бассейне оз. Ханка формируются за счет стока рек, впадающих в озеро, и вод самого озера. Реки территории бассейна небольшие, основные из них – Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка, Спасовка, среднемноголетний расход самой крупной из них – Илистой, в створе с. Халкидон составляет $20 \text{ м}^3/\text{с}$, а диапазон колебаний годовых значений – от $4,2$ до $62,1 \text{ м}^3/\text{с}$ (рис. 1).

Природный гидрохимический состав речных вод является благоприятным для использования их в качестве источников водоснабжения. Но все самостоятельные крупные реки, впадающие в озеро, имеют минимальные 30-дневные зимние расходы воды среднемноголетние, а тем более, 95-% обеспеченности, менее $1 \text{ м}^3/\text{с}$, что согласно литературным данным (Руководство..., 1980) препятствует использованию стока этих рек в естественном режиме для организации водоснабжения. Для строительства водохранилищ, в т.ч. питьевого назначения, не являются благоприятными характеристики речных русел и долин бассейна, поэтому для водоснабжения, в первую очередь, питьевого и хозяйственно-



Рис. 1. Динамика стока рек бассейна оз. Ханка в отдельных створах

бытового, на территории большинства административных районов используются подземные воды¹.

В настоящее время на территории бассейна оз. Ханка в пределах Приханкайского артезианского бассейна разведаны и частично используются следующие месторождения питьевых подземных вод с эксплуатационными запасами, прошедшими государственную экспертизу, более 10 м³/сут.:

– в Ханкайском муниципальном районе (МР): Жариковское, Долинное (10,5 тыс. м³/сут.);

– в Пограничном МР: Пограничное, участки Точилковский (1,8 тыс. м³/сут.), Кордонковский (5 тыс. м³/сут.), Золоторецкий (7,2 тыс. м³/сут.), Поперечное (12,4 тыс. м³/сут.);

– в Хорольском МР: Мельгуновское (21,6 тыс. м³/сут.); Сибирцевское (35 тыс. м³/сут.) (в настоящее время не эксплуатируется);

– в Спасском МР: Спасское (84 тыс. м³/сут.).

Отдельную проблему представляет качество добываемых подземных вод, которое не всегда соответствует гигиеническим требованиям (Питьевая вода..., 2002). Наиболее острая проблема водоснабжения в настоящее время имеет место в Пограничном МР, где вода не соответствует требованиям по содержанию железа, а станции обезжелезивания отсутствуют. В Черниговском МР качество подземных вод не соответствует требованиям по содержанию кремния, но водоподготовка воды проводится только на скважине с. Снегуровка.

Субъектами водоснабжения (водопользования) на территории бассейна являются население и хозяйственные предприятия, представляющие различные виды экономической деятельности. Численность населения территории бассейна (без учета Октябрьского МР) на 1 января 2018 г. составляла 203 тыс. человек, самым многочисленным является население г. Спасска и Черниговского МР – 40,7 и 32,9 тыс. чел. соответственно.

По экономическому развитию административные территории бассейна оз. Ханка можно разделить на две группы. К первой относятся МР с развитым сельским хозяйством, продукция которого в денежном выражении превышает объемы промышленного производства, и где при этом практически отсутствуют обрабатывающие производства, за исключением мелких предприятий по переработке сельскохозяйственного сырья и пищевой промышленности. Самыми крупными производственными предприятиями здесь являются филиалы КГУП Примтеплоэнерго, обеспечивающие теплоснабжение, а также предприятия водоснабжения и канализации. Это Пограничный, Ханкайский, Хорольский и Спасский МР.

В остальных районах и в городском округе (ГО) Спасск-Дальний имеются не только предприятия отрасли «производство и распределение электроэнергии, газа, пара и горячей воды», но и добывающих и обрабатывающих отраслей. Так, в Михайловском МР в 2017 г. действовали два угольных разреза по добыче бу-

¹ Исключение составляет г. Спасск-Дальний, водоснабжение которого частично осуществляется из водохранилища на р. Вишневка полным объемом 14 млн м³.

рого и каменного угля: Павловский-2 и Раковский. В Октябрьском готовится к промышленной разработке разрез Неквовый. В Черниговском функционируют ОАО Черниговский механический завод, занимающийся производством тепло-технического оборудования; ОАО «Литмаш», занимающийся обработкой отходов и лома черных металлов и производством готовых металлических изделий; Ремонтное локомотивное депо Сибирцево, предприятия строительной индустрии. В ГО Спасск-Дальний действуют ООО «Приморский механический завод», ОАО «Спасскцемент» и ОАО «Спасский комбинат асбестоцементных изделий» и др.

Самой водоемкой отраслью на территории бассейна является рисосеяние, посевные площади под рисом в Ханкайском, Хорольском, Спасском, Черниговском районах в 2017 г. составляли 8844 га, а на нужды орошения было использовано 81,6 млн м³ воды (табл. 1). Основной ее объем забирается в Ханкайском районе Ханкайским филиалом ФГБУ «Управление «Приммелиоводхоз».

В остальных районах общие объемы забора воды на все виды нужд незначительные – от менее 1 млн м³ в Пограничном до 8,7 и 6,83 млн м³ в Михайловском и г. Спасске соответственно. Нужды орошения являются преобладающими (до 99,6 %) в структуре использования воды в Ханкайском, Хорольском, Черниговском и Спасском МР; питьевые и хозяйственно-бытовые – в Пограничном и

Таблица 1. Показатели водопотребления в 2017 г., млн м³

Забрано свежей воды, всего	Использовано воды, в т.ч. на нужды				Потери при транспортировке	Оборотное и повторно-последовательное водоснабжение
	всего	производственные	питьевые и хозяйственно-бытовые	орошения		
Ханкайский						
102,4	26,24	0,09	0,14	26,01	18,51	0
Пограничный						
0,78	0,78	0,01	0,77	0	0	0
Хорольский						
1,55	42,2	0,36	0,43	41,4	1,56	0
Михайловский						
8,68	2,6	1,9	0,7	0	0,45	0
Черниговский						
0,87	3,71	0,19	0,61	2,91	0,07	0,07
Спасский						
0,04	11,3	0,01	0,03	11,26	0	0
г. Спасск-Дальний						
6,83	4,16	0,95	3,21	0	2,67	34,16
Октябрьский						
1,64	1,12	0,06	1,06	0	0,08	0

Октябрьском; в Михайловском МР и г. Спасске весь объем использованной воды распределен между производственными и питьевыми нуждами в пропорциях 73/27 и 23/77 % соответственно.

Самые значительные потери воды при транспортировке – в Ханкайском районе, что, по-видимому, обусловлено большими потерями в оросительных каналах. Обратное водоснабжение применяется в г. Спасске и в незначительном объеме – в Черниговском районе (табл. 1).

Основное загрязняющее воздействие на водные объекты оказывают производственные предприятия, не имеющие очистных сооружений (ОС). На территории Пограничного, Спасского и Ханкайского районов они отсутствуют полностью. В Хорольском МР их мощность составляет 1,47; в Черниговском 2,77; в Михайловском 17,5 и г. Спасске – 4,69 млн м³/год. Часто на имеющихся ОС технология очистки не соответствует категории и составу сточных вод или они находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, в результате сточные воды сбрасываются недостаточно очищенными и с превышением установленных нормативов допустимого сброса.

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

Таблица 2. Сброс загрязняющих веществ со сточными водами предприятий

	БПК _{полн} , т	Нефть и нефте- продукты, т	СПАВ, кг	Фе- нол (кг)	Al ³⁺ , кг	Cu 2+, кг	Zn 2+, кг	Fe, кг
Пограничный	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0	0
Спасский	0,0	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	87,3	0,4	1435	8,1	0	0,0	0,9	1259
Итого по бассейну	424	1,8	4935	64,7	783	48,3	98,9	3360

Существует отраслевая специфика сброса загрязняющих веществ предприятиями, расположенными на территории бассейна. Так, в Михайловском МР большая часть, 7,5 из 13,2 млн м³ или 57 % загрязненных сточных вод образуется при работе предприятий по добыче угля, которые сбрасывают 100 % алюминия, меди и цинка, 47 % от общего объема сбрасываемых по бассейну взвешенных веществ, 36 % нефтепродуктов, 64 % фенолов. Предприятиями теплоснабжения и производства горячей воды (котельные) сбрасывается 100 % нитратов и нитритов, 12 % взвешенных веществ, 15 % СПАВ, 1–2 % железа и фосфатов. Объем сброса загрязненных сточных вод (ЗСТ) небольшой, составляет 4 % от общего по району. Предприятиями по забору, очистке и распределению воды сбрасывается основной объем поверхностно-активных веществ – СПАВ (85 %), 36 % фенолов, 60 % нефтепродуктов, 80 % легкоокисляемых органических веществ, 83 % азота аммонийного, 41 % взвешенных веществ. Остальной объем ЗВ сбрасывается предприятиями иных отраслей (пищевой, металлургической, машиностроения).

В Черниговском МР основная часть ЗВ содержится в сточных водах предприятий по производству неметаллической продукции, а также такого вида экономической деятельности как «обеспечение военной безопасности и социальное обеспечение» – это 100 % нефтепродуктов, СПАВ, нитратов, фосфатов и хлоридов, 95 % фенолов. Остальная часть ЗВ отводится со сточными водами предприятий по производству пара и горячей воды и по забору и очистке воды.

В г. Спасск практически весь объем (85 %) ЗСТ и основная доля ЗВ в их составе сбрасываются предприятиями по забору и очистке воды. Это 88–100 % легкоокисляемых органических веществ, нефтепродуктов, СПАВ, фенолов, всех форм азота, фосфаты и хлориды. Остальные вещества сбрасываются предприятиями отраслей по производству неметаллической продукции, электрического оборудования и предоставлению государственных услуг.

Согласно интегральной оценке, проведенной с использованием расчетного индекса загрязнения стоков (ИЗС), представляющего объем воды, требуемый для разбавления концентраций ЗВ в сточных водах до уровня ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения (Приказ..., 2010), наибольшая нагрузка на водотоки имеет место в Михайловском, Черниговском МР и г. Спасске-Дальнем. По данным за 2017 г. значение ИЗС здесь составляет 705, 938 и 827 млн м³ соответственно (рис. 2).

Условное сопоставление суммарного среднегоголетнего стока основных рек бассейна, насчитывающего 1,5 км³ в год, и ИЗС, рассчитанных по данным сброса ЗВ в целом по всем административным территориям бассейна, составившего в 2017 г. 3,36 млн м³, показывает превышение антропогенной нагрузки, вызванной сбросом загрязненных сточных вод в водотоки бассейна над их разбавляющей способностью. Для отдельных рек такое превышение является более значительным. Так, среднегоголетний сток р. Илостой в створе с. Халкидон ниже суммы ИЗС, рассчитанной по Михайловскому и Черниговскому районам, на территории которых находится основная часть бассейна реки, почти 3 раза.

Для р. Спасовка в створе г. Спасск такое превышение составляет более чем 10 раз. При этом очевидно, что существует многолетняя и внутригодовая изменчивость речного стока, и поэтому в отдельные сезоны и годы превышения нагрузки еще более значительны.

Результаты расчета ИЗС показывают, что, основной нагрузке при сбросе загрязняющих веществ подвергаются воды рек Илистая, Спасовка и ее притока Кулешевка (рис. 2).

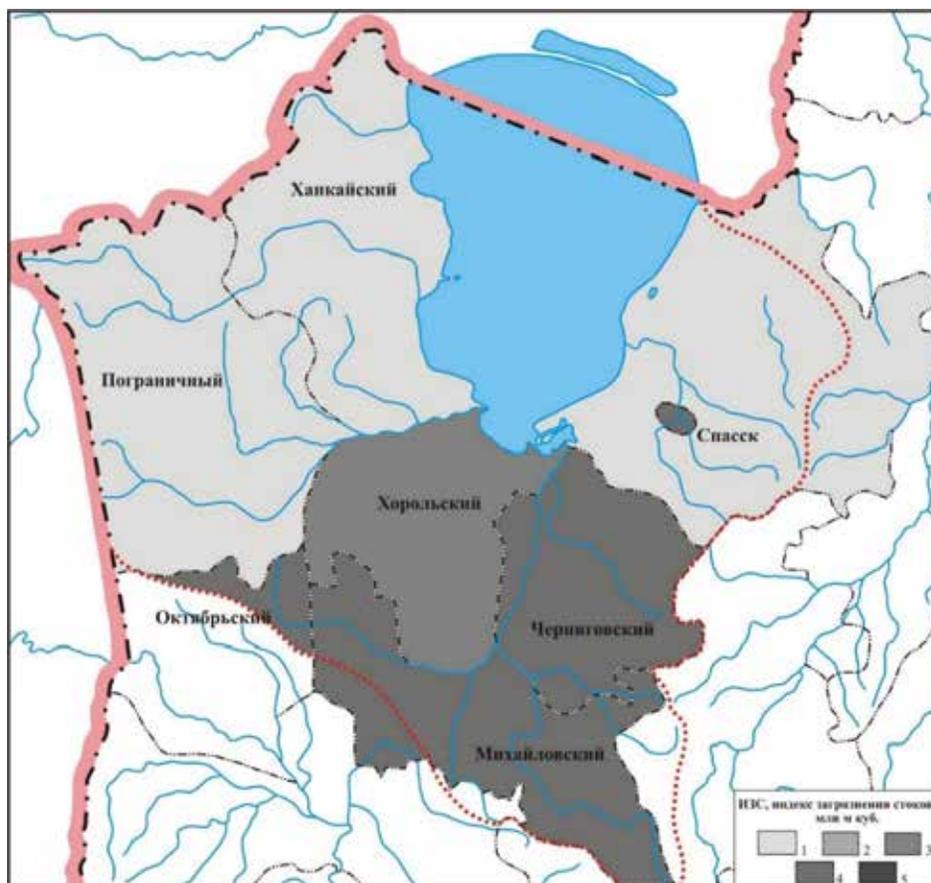


Рис. 2. Индекс загрязнения стоков в 2017 г., млн м^3 1 – до 10 млн м^3 в год; 2 – более 10, но не выше 100 млн м^3 в год; 3 – более 100, но не выше 500 млн м^3 в год; 4 – более 500, но не выше 1000 млн м^3 в год; 5 – более 1000 млн м^3 в год

Самыми загрязненными из них являются реки Кулешевка и Спасовка. По сведениям Приморского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Примгидромет) удельные комбинаторные индексы загрязнения вод (УКИЗВ), рассчитанные по данным наблюдений в 2005–2017 гг. в р. Спасовка

в 1 км ниже г. Спасск, изменялись в пределах 4–6, в р. Кулешевка – от 5 до 6. При этом для указанных рек имеет место небольшая тенденция к снижению значения индексов. В р. Илистая благодаря большей самоочищающей способности и рассредоточенному расположению выпусков сточных вод качество речной воды оценивается как более благоприятное, в диапазоне УКИЗВ от 3 до 5. Стабильным является качество вод р. Мельгуновка в створе с. Луговой – УКИЗВ здесь в 2005–2017 гг. изменялось в пределах 2,6–4,3 (Доклад..., 2017). Также одной из самых загрязненных является р. Нестеровка в створе ниже сброса коммунально-бытовых вод п. Пограничный (рис. 3).

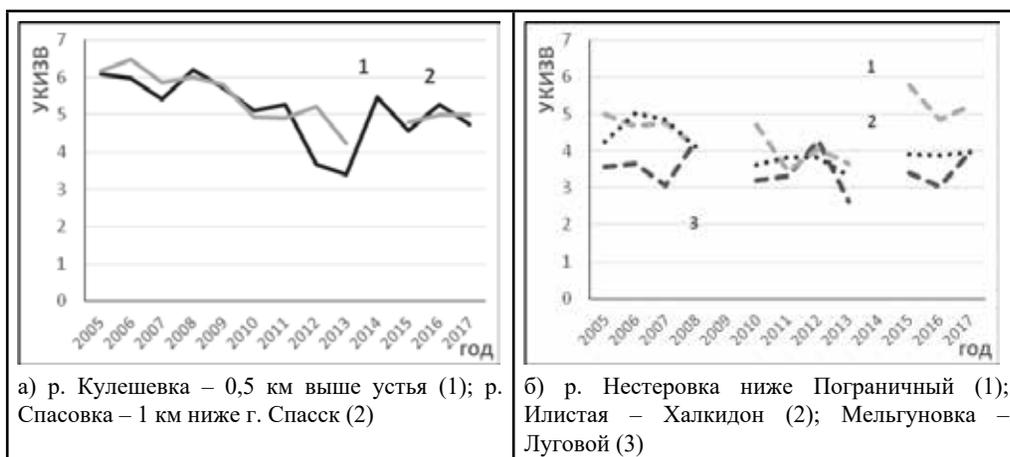


Рис. 3. Динамика качества вод рек бассейна оз. Ханка по УКИЗВ

Критическими показателями загрязненности воды (КПЗ), т.е. ингредиентами, которые определяют перевод воды по степени загрязненности в класс «очень грязная» для рек бассейна Ханки в течение многих лет являются алюминий, железо, марганец, цинк, а также азот аммонийный и нитритный. По данным наблюдений государственной сети Примгидромета на протяжении длительного периода на территории бассейна регистрируются неоднократные в течении года случаи высокого загрязнения (ВЗ) поверхностных вод отдельными веществами. Так, в частности в 2016–2018 гг. в р. Спасовка наблюдались уровни ВЗ азотом аммонийным (12–25 ПДК) и нитритным (13–14 ПДК), алюминием (11–13 ПДК) и марганцем (34–41 ПДК). В р. Кулешевка, так же как и в р. Спасовка, каждый год неоднократно наблюдаются случаи ВЗ аммонийным азотом 15–25 ПДК, единичные случаи – алюминием 10–12 ПДК и марганцем до 40 ПДК. Для вод самого озера, наблюдения за состоянием которых проводятся в пунктах в с. Астраханка (0,5 и 24,1 км от берега), с. Сиваковка (1,8 км от устья р. Мельгуновка; 1,5 км от м. Спасский; 6 км от м. Калугина), с. Новосельское и с. Троицкое, характерно высокое загрязнение алюминием, регистрируемое несколько раз в год, в основном, в период с мая по октябрь.

При проведении настоящего анализа не рассматривались как источники загрязнения новые свинокомплексы в с. Красный Кут и с. Прохоры, не утилизировавшие должным образом животноводческие стоки, из-за подвергалась загрязнению р. Кулешевка и непосредственно оз. Ханка, т.к. за 2017 г. по показателям водопользования они не отчитывались. В настоящее время работа этих предприятий прекращена.

Заключение

Для территорий, расположенных в бассейне оз. Ханка, выделяются две проблемы – обеспечение населения водой нормативного качества и предупреждение негативного воздействия водопользователей на водотоки вследствие сброса загрязняющих веществ, в результате которого ухудшается природное качество речных вод. В той или иной степени первая проблема характерна для всех административных территорий бассейна, но в наиболее острой форме имеет место в Пограничном районе, где отсутствует станция обезжелезивания воды.

Вторая проблема наиболее выражена для рек Нестеровка, Кулешевка и Спасовка, в которые сбрасываются такие объемы загрязняющих веществ, нейтрализовать которые за счет самоочищающей способности этих водотоков невозможно.

Обе проблемы решаются за счет строительства и/или реконструкции систем водоснабжения и водоотведения. Технологические решения для этого давно существуют, препятствием же является дефицит и/или отсутствие финансирования и экономических стимулов для предприятий-водопользователей. Таким образом, можно констатировать, что проблемы качества поверхностных вод на территории бассейна озера Ханка, как, впрочем, и на любых иных территориях, лежат в сфере экономических отношений.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ
РОССИЙСКОЙ И КИТАЙСКОЙ ЧАСТЕЙ ХАНКАЙСКОЙ
ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CURRENT SOCIO-ECONOMIC
CONDITION OF THE RUSSIAN AND CHINESE PARTS
OF THE KHANKA LAKE TRANSBOUNDARY TERRITORY

Н.В. Мишина

N.V. Mishina

Трансграничный водосборный бассейн оз. Ханка, расположенный на сопредельных территориях Приморского края Российской Федерации и провинции Хэйлунцзян КНР является крупнейшим пресноводным водоемом Дальневосточного региона России и всей Восточной Азии. Озеро и водно-болотные угодья на окружающей его низменности отличаются высоким уровнем биоразнообразия и имеют высокую природоохранную ценность, что подтверждается их включением в список водно-болотных угодий Рамсарской конвенции (Озеро Ханка. Водно-болотные угодья России), а также созданием государственных природных заповедников как на российской, так и на китайской территории. В то же время, во второй половине XX в. Приханкайская равнина по обе стороны государственной границы подверглась активному сельскохозяйственному освоению, что привело к значительной трансформации природных комплексов и возникновению целого ряда экологических проблем, прежде всего связанных с загрязнением водной среды и почв (Ралько, Чудаева, 1989; Chudaeva, Semikina, 1999; Diagnostic Analysis..., 2001; Jin, Jiang, 2007; Yu et al., 2018; Wang et al., 2019). Другой аспект трансформации природной среды Ханкайского бассейна, привлекающий в последнее время особенное внимание – изменение гидрологического режима территории и повышение уровня воды в озере (Журавлев, Клышевская, 2015), которые связываются с переброской значительной части стока р. Мулинхе по каналу в оз. Малая Ханка, а из него – в оз. Ханка (Бортин, Горчаков, 2016).

Поскольку бассейн озера является трансграничным, его состояние определяется характером и интенсивностью хозяйственной деятельности по обе стороны государственной границы. Известно, что в условиях политических перемен в России и длительного экономического кризиса 1990-х гг. в российской части Приханкайской равнины, как и в других районах Дальнего Востока России (ДВР), произошло значительное уменьшение сельскохозяйственного и промышленного производства, в результате чего уменьшилось антропогенное воздействие и несколько улучшилась экологическая ситуация (Diagnostic Analysis..., 2001; Степанько, 2016). Вопрос же о том, каким образом изменялось социально-экономическое положение китайской и российской частей бассейна оз. Ханка после 2000 г. подробно в научной литературе не освещался. Во многом это обусловлено малой

доступностью информации о территориях ранга уездов и городов в китайской части бассейна, а также сложностью сопоставления российских и китайских данных в силу их разнородности.

Цель настоящей работы – анализ современного социально-экономического состояния российской и китайской частей Ханкайской трансграничной территории (ТТ), в пределах которой расположен трансграничный водосборный бассейн озера Ханка.

Материалы и методы

Ханкайская ТТ рассматривается нами как сочетание приграничных единиц низового административного деления территорий России (муниципальные районы и городские округа Приморского края) и Китая (территории ранга уездов провинции Хэйлунцзян), в пределах которых расположена большая часть водосборного бассейна оз. Ханка, а также верхняя и средняя части бассейна р. Мулинхе (рис. 1).



Рис. 1. Ханкайская трансграничная территория

Данный подход к выделению Ханкайской ТТ, по нашему мнению, соответствует определению международной трансграничной территории (МТТ), данному П.Я. Баклановым и С.С. Ганзеем (2004): «...МТТ – это, как правило, комплексная географическая структура, сочетающая в себе определенные природные ресурсы, объекты инфраструктуры, расселения населения, а также его хозяйственную деятельность в границах крупной геосистемы». Таким образом, российскую часть ТТ составляют 6 муниципальных районов и городской округ (ГО) Спасск-Дальний. Китайская часть Ханкайской ТТ формируется территорией округа Цзиси за вычетом уезда Хулинь, который расположен преимущественно в нижнем течении р. Мулинхе, а также уездом Мулин округа Муданьцзян.

Основой для анализа современного социально-экономического состояния Ханкайской ТТ, а также для оценки его динамики за период с 2000 по 2017 гг., являются официальные статистические данные, опубликованные в виде ежегодников и/или представленные на интернет-порталах Национального бюро статистики КНР и Федеральной службы государственной статистики РФ. В работе рассмотрены показатели, отражающие динамику населения, производство валового регионального продукта (ВРП), состояние сельскохозяйственной отрасли и промышленного производства.

Результаты и обсуждение

Общая площадь Ханкайской ТТ составляет 37075,1 км², из которых 19,8 тыс. км² расположено на китайской территории (4,3 % от площади провинции Хэйлуунцзян) и 17,2 тыс. км² – на российской (10,5 % площади Приморского края). При сравнительно небольшой разнице в площади, населенность этих территорий отличается значительно (табл. 1). В 2017 г. в китайской части ТТ проживало 1748 тыс. человек (5 % населения провинции Хэйлуунцзян), тогда как в российской – 205,1 тыс. (11 % населения Приморского края).

Анализ данных о численности населения за 2000–2017 гг. показал, что по обе стороны границы в последние 17 лет происходило сокращение количества жителей, составившее на китайской территории за весь период 11 %, на российской – 22,6 %. В целом, это является отражением демографических тенденций, имеющих место в Приморском крае и в провинции Хэйлуунцзян, однако в китайской части Ханкайской ТТ процесс сокращения населения начался заметно раньше (2000 г.), чем в целом по провинции (2013 г.). Сокращение абсолютного числа жителей приграничных территорий двух стран привело к уменьшению средней плотности населения на сопредельных территориях – с китайской стороны с 99 до 88 чел./км², с российской – с 15 до 12 чел./км².

Производство валового регионального продукта (ВРП) в китайской части Ханкайской ТТ увеличилось за 2000–2017 гг. в 4,5 раза – с 7,6 до 56,4 млрд юаней.

Таблица 1. Площадь и население Ханкайской трансграничной территории (составлено по: Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2018; База данных показателей..., 2019; Социальная сфера..., 2001)

Территория	Площадь, км ²	Численность населения на конец года, тыс. чел		Плотность населения, человек/км ²	
		2000 г.	2017 г.	2000 г.	2017 г.
РФ					
Ханкайский район	2689,01	27,3	22,3	10,2	8,3
Пограничный район	3750,03	24,5	22,5	6,5	6,0
Хорольский район	1668,6	39	27,6	19,8	14,0
Черниговский район	1840,42	46	33,4	25,0	18,1
Михайловский район	2741,42	41,1	30,2	15,0	11,0
Спасский район + ГО Спасск-Дальний	4252,6	87,1	69,1	20,5	16,2
КНР					
Городской уезд Мишань	7843	437,6	400,7	56	51
Уезд Цзидун	3243	296,6	274	91	84
Столичная зона (с.з.) округа Цзиси (6 районов)	2074,5	924,4	797,3	446	384
Городской уезд Мулин	6673	315,3	276	47,3	41,4

В России ВРП не рассчитывается для муниципальных образований, и мы можем оценить динамику данного показателя лишь в целом по Приморскому краю. За рассматриваемый 17-летний период ВРП Приморья увеличился в 12,5 раз – с 62,1 до 777,8 млрд. рублей. Пересчет данных о ВРП в долларовый эквивалент показывает, что ВРП всего Приморского края в 2015 г. превышал данный показатель китайской части Ханкайской ТТ лишь на 30 % (табл. 2), при этом суммарный ВРП сельского, лесного и рыбного хозяйства, а также промышленности и строительства китайской территории превышал показатель данных отраслей Приморья.

Таблица 2. ВРП китайской части Ханкайской трансграничной территории (1) и Приморского края (2) в 2015 г., млн долл. США* (рассчитано по: Регионы России, 2017; Heilongjiang Statistical Yearbook, 2016)

Показатель	1	2
ВРП, всего	8998	11735
ВРП сельского, лесного и рыбного хозяйства **	2172	1573
ВРП промышленности и строительства	3306	2347

Примечание: *курсы валют в 2000 г.: 1 долл. = 28,05 руб., 1 долл. = 8,28 юаней; в 2015 г.: 1 долл. = 61,07 руб., 1 долл. = 6,28 юаней; **по Приморскому краю приведен суммарный ВРП сельского и лесного хозяйства, охоты, рыболовства и рыбоводства.

Таблица 3. ВРП китайской части Ханкайской трансграничной территории, млн юаней (Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2018)

Группы отраслей экономики	Мишань		Цзидун		Цзиси (с.з.)		Мулин	
	2000	2017	2000	2017	2000	2017	2000	2017
1-я (сельское и лесное хозяйство, рыбная отрасль)	1,0	5,6	0,8	2,8	0,4	0,7	0,4	2,1
2-я (промышленность, строительство)	0,9	1,9	1,3	2,1	2,3	7,5	1,3	9,5
3-я (транспорт и связь, торговля, общественное питание, финансы и кредит, наука и образование, пр.)	0,7	5,6	0,7	3,6	1,7	8,3	1,0	6,6
Всего	2,6	13,1	2,8	8,5	4,4	16,5	1,7	18,2

Анализ данных о ВРП по отдельным уездам китайской части Ханкайской ТТ показал, что за 17 лет в его структуре произошли значительные изменения. Главной тенденцией стал рост доли третичного сектора экономики (услуги) на фоне сокращения удельного веса промышленности и строительства во всех уездах, кроме Мулина. При этом в Мишане и Цзидуне заметно увеличилась доля 1-й группы отраслей, достигнув в 2017 г. 43 и 33 % ВРП соответственно (табл. 3). Таким образом, уезды Мишань и Цзидун характеризуются наибольшими объемами сельскохозяйственного производства на рассматриваемой территории.

На российской территории в 3-х районах (Ханкайский, Пограничный и Хорольский) сельское хозяйство играет ведущую роль в экономике, а в 3-х других (Михайловский, Черниговский и Спасский) более значимо производство товаров и услуг другими отраслями экономики (табл. 4). Но при этом более «промышленные» Михайловский и Спасский районы также имеют наибольшие объемы производства сельскохозяйственной продукции.

Таблица 4. Соотношение объемов производства сельского хозяйства и других отраслей экономики в 2016 г. в российской части Ханкайской трансграничной территории, млн рублей (составлено по: База данных показателей..., 2019; Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство)

Территория	Валовая продукция сельского хозяйства	Отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами
Ханкайский район	2588,3	939,3
Пограничный район	1019,7	759,3
Хорольский район	2899,6	1311,2
Черниговский район	1479,6	3773,2
Михайловский район	3220,4	5027,6
Спасский район (+ ГО Спасск-Дальний)	3706,5	10380,4

Как видно из таблицы 5, по обе стороны государственной границы в пределах Ханкайской ТТ в 2000–2017 гг. объемы валовой сельскохозяйственной продукции активно увеличивались. На китайской территории наибольшего значения

данный показатель достиг в 2015 г. и составил 16,8 млрд. юаней, увеличившись с 2000 г. в 5 раз. К 2017 г. валовые объемы сельскохозяйственной продукции сократились до 14,7 млрд. юаней. В российской части Ханкайской ТТ валовый объем производства сельскохозяйственной продукции увеличился за 17 лет почти в 10 раз – с 1,54 до 14,8 млрд рублей. В 2017 г. на эту территорию приходилось 37 % всей продукции растениеводства и 31 % продукции животноводства Приморского края в стоимостном исчислении.

Трансграничные градиенты большинства сельскохозяйственных показателей российской и китайской частей Ханкайской ТТ в 2017 г. уменьшились относительно 2000 г. (табл. 5). Это было вызвано, с одной стороны, ростом аграрного производства на российской территории, а с другой – сокращением значений большинства показателей на китайской территории после 2015 года. Например, валовый сбор зерновых в китайской части ТТ в 2015 г. составил 2,4 млн т, сократившись к 2017 г. на 25 %, а производство мяса за 2 года уменьшилось в 2 раза (со 128 до 66 тыс. т). поголовье скота при этом также существенно сократилось (свины – с 756 до 465 тыс. голов, КРС – с 267 до 123 тыс. голов, овцы и козы – с 380 до 280 тыс. голов), тогда как на российской территории наблюдается небольшое увеличение стада овец и коз и значительный рост поголовья свиней – в 4,6 раза (с 21,5 до 99 тыс. голов) за 2005–2017 гг.

Несмотря на значительное сокращение поголовья скота и уменьшение производства мяса в китайской части Ханкайской ТТ, валовый объем продукции животноводства здесь вырос почти в 7 раз за 17 лет, и трансграничный градиент

Таблица 5. Показатели сельского хозяйства Ханкайской трансграничной территории (составлено по: Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2006, 2011, 2018; База данных показателей..., 2019; Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; Сельское хозяйство..., 2011)

Показатель	Российская часть (1)		Китайская часть (2)		Трансграничный градиент 1:2	
	2000 г.	2017 г.	2000 г.	2017 г.	2000 г.	2017 г.
Валовая продукция растениеводства, млн долл. США	30,6	172,2	281,2	1446,4	1:9,2	1:8,4
Валовая продукция животноводства, млн долл. США	24,3	82,3	107,7	733,2	1:4,4	1:8,9
Валовый сбор зерновых, тыс. т	101,3*	213,1	1520,5*	1778,7	1:15*	1:8,3
Валовый сбор сои, тыс. т	82,4*	243,6	450,7*	178,7	1:5,5*	1,4:1
Производство мяса***, тыс. т	6,6	15	55,8	66,4	1:8,4	1:4,4
Посевные площади, тыс. га	212,8	267,1	279,0	397,5	1:1,3	1:1,5
Поголовье КРС, тыс. голов	26,3**	22	426,6**	123,2	1:16,2**	1:5,6
Поголовье свиней, тыс. голов	21,5**	98,7	612,1**	465,2	1:28,5**	1:4,7
Поголовье овец и коз, тыс. голов	7,2**	8,1	578,5**	280,5	1:80,3**	1:34,5

Примечание: *данные за 2010 г.; **данные за 2005 г.; ***производство мяса по российской территории – включая птицу, по китайской – говядина, свинина, баранина. Курсы валют – см. примечание табл. 2.

данного показателя также значительно увеличился (табл. 5). Мы предполагаем, что это произошло за счет роста производства других продуктов животноводства, например, шерсти и меда. Так в округе Цзиси за рассматриваемый период производство овечьей шерсти увеличилось с 349 т до 972 т, козьего пуха и кашемира с 7 кг и 1 кг до 143 т и 44 т соответственно, меда – с 382 кг до 1565 т (Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2018).

Еще один показатель, для которого увеличился трансграничный градиент, – посевная площадь. Как и большинство других показателей на китайской территории она достигла максимальных значений в 2015 г. (440,1 тыс. га), а за последующие 2 года сократилась на 10 % (рис. 2). На российской территории общая площадь посевных сокращалась вплоть до 2010 г., продолжая тренд, начавшийся еще в прошлом столетии, и лишь в последние 7 лет стабильно увеличивается. В рассматриваемый период максимального значения трансграничный градиент в площади посевов Ханкайской ТТ достиг в 2010 г., когда их разница для российской и китайской стороны была более чем 2-кратной (рис. 2), а к 2017 г. динамика посевных площадей приобрела те же тенденции, что и другие показатели – сокращение на китайской территории и увеличение – на российской.

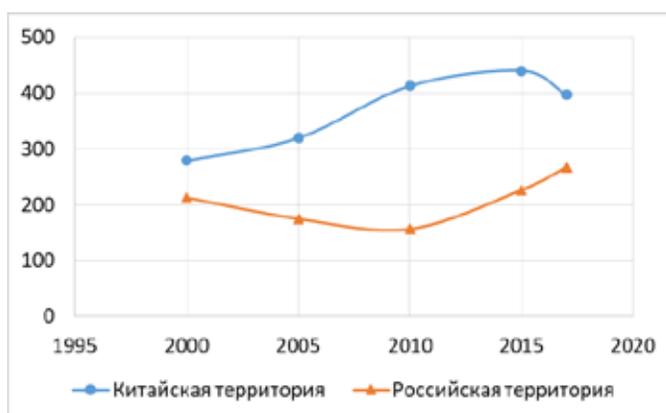


Рис. 2. Динамика посевных площадей Ханкайской трансграничной территории, тыс га (составлено по: Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2006, 2011, 2016, 2018; Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство)

В целом, площадь посевов за 17-летний период по обе стороны границы увеличилась, и доля обрабатываемых земель в российской части ТТ выросла с 12,3 до 15,5 %, а на китайской территории – с 14 до 20 %. При этом доля посевных в общей площади отдельных административных территорий значительно отличается. На российской территории она имеет наибольшие значения в Хорольском и Михайловском районах – 30 % и 23 % соответственно, а на китайской – в уездах Цзидун (28 %) и Мишань (20 %). В 2017 г. посевные площади российской части Ханкайской ТТ составляли 56 % всех посевных площадей Приморского края, тог-

да как доля посевных китайской части ТТ – это лишь 2,7 % посевных провинции Хэйлунцзян.

В структуре производства растениеводческой продукции в период с 2010 по 2017 гг. в российской части Ханкайской ТТ основной тенденцией стало наращивание объемов производства сои (табл. 5), доля которой в посевной площади выросла в среднем с 50 до 70 %. Удельный вес зерновых и зернобобовых культур в структуре посевов уменьшился с 32 % до 24 %, хотя в абсолютном значении площадь, занятая данными культурами, увеличилась. В китайской части ТТ в целом за 7-летний период производство сои уменьшилось, а зерновых – увеличилось, хотя наибольшее сокращение производства сои было отмечено в 2015 г., когда на ее долю приходилось лишь 13 % посевных площадей (против 47 % в 2010 г. и 25 % – в 2017 г.), и в этот же год зерновыми культурами было занято 79 % всех посевов (в 2010 г. они занимали 50 % посевных площадей, а в 2017 г. – 67 %).

Основными зерновыми культурами провинции Хэйлунцзян в последнее десятилетие являются кукуруза и рис (Мишина, 2019). Поскольку данные об объемах производства этих культур в отдельных уездах провинции отсутствуют, рассмотрим ситуацию в округе Цзиси, в пределах которого расположена китайская часть Ханкайского бассейна. В 2010 г. посевные площади риса в округе составляли 151 тыс. га или 32 % от всех посевов, в 2017 г. эти же показатели увеличились до 172 тыс. га и 40 % соответственно (Heilongjiang Statistical Yearbook, 2010, 2018). В российской части ТТ в период с 2010 по 2017 гг. посевные площади, занятые рисом, увеличились в Черниговском и Спасском районах (с 1,6 до 1,8 тыс. га, и с 1,2 до 3,7 тыс. га соответственно), а в Хорольском и Ханкайском районах – сократились (с 8,6 до 3,9 тыс. га, и с 9,9 до 3,2 тыс. га соответственно). Суммарно посевные площади риса в российской части ТТ составили в 2017 г. 12,5 тыс. га, что почти в 14 раз меньше аналогичного показателя округа Цзиси. Объем производства риса в округе составил 743 тыс. т, тогда как во всем Приморском крае – 34,7 тыс. т (Heilongjiang Statistical Yearbook, 2018; Приморье в цифрах, 2019).

Подробная сравнительная характеристика промышленного производства в российской и китайской частях Ханкайской ТТ в разрезе районов и уездов на данный момент не представляется возможной из-за отсутствия необходимых данных, но мы можем провести некоторые сопоставления на уровне округа Цзиси с одной стороны, и Приморского края с отдельными районами – с другой. Промышленное развитие Цзиси в первую очередь связано с угольной промышленностью (Cui, 2018). Добыча угля была начала здесь в 1906 г. и постепенно вокруг этой отрасли сформировалась вся экономическая структура округа, включающая в себя в настоящее время также производство электроэнергии, химическую промышленность, металлургию, металлообработку и производство оборудования. Запасы угольных месторождений в Цзиси оцениваются в 6,4 млрд т (Lu et al., 2016).

Другим полезным ископаемым, большими запасами (490 млн т) и добычей которого известен округ Цзиси в Китае, является графит (Lu et al., 2016). Также большое значение в округе имеют такие отрасли экономики, как производство

строительных материалов и пищевая промышленность. Динамика производства отдельных видов промышленной продукции в Цзиси представлена в таблице 6.

Перечень отраслей промышленности, представленных в российской части Ханкайской ТТ, сходен с указанными для округа Цзиси. Во всех муниципальных районах представлены предприятия, обеспечивающие производство, распределение электроэнергии, газа и воды, а также предприятия по производству пищевых продуктов. В Ханкайском, Пограничном и Спасском районах именно эти предприятия формируют основу промышленного производства. В Михайловском районе основной вклад в промышленное производство создается за счет добычи угля, также добывающая отрасль имеет важное значение для Хорольского района, где расположено крупное месторождение флюорита и производится плавленого шпатовый концентрат. Значительные объемы нерудных строительных материалов производятся в Черниговском районе, здесь же имеются предприятия, относящиеся к металлургической отрасли и машиностроению. В ГО Спасск-Дальний основной отраслью в экономической деятельности является обеспечение электрической энергией, газом и паром, на которые в 2018 г. пришлось около 80 % стоимости производства товаров и услуг, доля обрабатывающих производств составила 13 % (производство строительных металлоконструкций и изделий, обработка древесины и производство изделий из дерева, производство химических веществ) (Итоги..., 2019).

Таблица 6. Производство отдельных видов промышленной продукции в округе Цзиси (составлено по: Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001, 2006, 2011, 2016, 2018)

Показатель	2005	2010	2015	2017
Уголь, тыс. т	15849	19878	н/д	12827
Нерафинированная сталь, тыс. т	443	520	н/д	н/д
Цемент, тыс. т	677	1272	1368	959
Бумага и картон, т	11433	н/д	14300	14100
Электроэнергия, млн кВт-ч	2610	2750	5510	5670

Как было показано ранее (табл. 2) ВРП промышленности и строительства китайской части Ханкайской ТТ превышает аналогичный показатель Приморского края, поэтому можно предположить, что и объемы производства отдельных видов промышленной продукции будут сопоставимы скорее с краевыми показателями, чем с данными по российской части ТТ. К сожалению, из-за различий в представлении статистических материалов мы имеем возможность сравнить объемы производства лишь нескольких видов промышленной продукции. Например, добыча угля в 2010 г. составила в Михайловском районе 5 млн т или 50 % от всего угля, добытого в Приморском крае, что было примерно в 4 раза меньше, чем объем его производства в уезде Цзиси. А в 2017 г. в крае было добыто 8,8 млн т бурых и каменных углей (Промышленное производство..., 2018), что на 45 % меньше аналогичного показателя округа Цзиси за тот же год (табл. 6). В производстве

электроэнергии ситуация противоположная – ее производство в Приморское крае в 2017 г. (10 680 млн кВт·ч) было больше аналогичного показателя в Цзиси почти в 2 раза, однако стоит отметить, что в 2010 г. эта разница была более, чем 3-кратной, и сократилась за счет увеличения производства электроэнергии на китайской территории.

Заключение

Анализ статистической информации о населении, ВРП, сельскохозяйственном и промышленном производстве показывает значительную разницу в современном социально-экономическом состоянии российской и китайской частей Ханкайской трансграничной территории. При небольшой разнице в площадях, населенность и объемы производства в китайской части ТТ многократно превышают показатели российской части ТТ, и в большей мере соответствуют показателям всего Приморского края. Так в 2017 г. количество жителей в китайской части ТТ было лишь на 9% меньше населения Приморского края (1913 тыс. чел.), а объемы производства ВРП сельским, лесным и рыбным хозяйством, а также промышленностью и строительством в 2015 г. превышали аналогичные показатели Приморья (табл. 2).

По обе стороны границы в пределах ТТ административные территории четко разделяются на сельскохозяйственные и несельскохозяйственные. На китайской территории аграрную специализацию имеют уезды Мишань и Цзидун, на российской – Ханкайский, Пограничный и Хорольский районы. По всем показателям, характеризующим сельскохозяйственное производство, китайская часть ТТ значительно превосходит российскую территорию. Однако для большинства из них к 2017 г. наблюдается уменьшение трансграничных градиентов по сравнению с 2000 г. Это обусловлено, с одной стороны, замедлением темпов общего экономического развития на китайской территории после 2010 г., в результате чего максимальные значения большинства сельскохозяйственных показателей были достигнуты в 2015 г., а в последующие два года наблюдалось их резкое уменьшение. С другой стороны, на российской территории весь рассматриваемый период имел место стабильный рост значений большинства показателей аграрной отрасли, темпы которого заметно увеличились после 2010 г.

Набор отраслей промышленности, представленных в российской и китайской частях ТТ, сходный, что обусловлено сходством природно-ресурсного потенциала трансграничной территории. Масштабы производства на китайской территории на много значительнее, чем в российской части ТТ, однако с 2010–2015 гг. во многих отраслях промышленности, как и в сельском хозяйстве, наблюдается стагнация и сокращение объемов выпуска продукции.

В целом, масштабы и интенсивность хозяйственного воздействия на природную среду в китайской части Ханкайской ТТ многократно превышают антро-

Трансграничное озеро Ханка:
современное состояние и перспективы развития региона _____

погенное влияние на российской территории. Поскольку по многим показателям экономической деятельности китайская часть ТТ соответствует не российской части ТТ, а Приморскому краю, условно можно представить, что китайская часть Ханкайской ТТ подвержена примерно такому же антропогенному воздействию, как и весь Приморский край. Разработка более точной и аргументированной оценки характера и интенсивности антропогенного воздействия на природную среду Ханкайской трансграничной территории, ее российской и китайской частей, является целью наших дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CONCLUSION

Результаты исследований бассейна озера Ханка должны найти широкое применение во многих областях экономики региона: сельском хозяйстве и связанном с ним агропромышленном секторе, гидротехническом строительстве, в разработке компенсационных мероприятий при изменении климата, планировании развития наблюдательной сети и гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности (в том числе на территориях опережающего развития).

Учёными и специалистами был высказан ряд выводов и предложений, направленных на снижения негативных последствий от продолжающегося повышения уровня озера Ханка. В настоящее время уровень озера контролируется преимущественно тремя факторами:

- Первый из них – гидрологический баланс озера, измененный устойчивым трендом метеоусловий, а также в результате переборки стока р. Мулинхе на территории КНР в озере Малая Ханка и регулирования водообмена его с озером Ханка.

- Второй фактор – ветровые воздействия, вызывающие сгонно-нагонные явления, усугубляющие последствия затопления прибрежных территорий.

- Третий фактор – хозяйственная деятельность на российской и китайской частях бассейна озера Ханка (вырубка лесов, выращивание сельхозкультур, гидромелиорация, засорение, заиливание).

В связи с проблемами изменения водного режима озера Ханка, динамика которого пока остается не вполне предсказуемой и мало управляемой, необходимо:

- 1) подготовить научное обоснование необходимости детальных исследований проблем озера Ханка и на их основе разработать предложения по обеспечению безопасной хозяйственной деятельности в зоне негативного влияния колебаний уровня воды в озере.

- 2) объединить научные силы с организацией научного обмена между Российской Федерацией и КНР с целью получения недостающих сведений о передвижении водных масс в бассейне с использованием новейших технических средств, включая системы дистанционного зондирования, наземные измерительные пункты, летательные аппараты.

- 3) оценить возможное негативное влияние изменения уровня воды в озере на состояние природной среды и условия хозяйственной деятельности в настоящее время, на ближайшую и отдаленную перспективу; определить территории, попадающие в зону риска при разных сценариях водного режима.

- 4) оценить вероятный экономический эффект для прибрежных территорий и выработать мероприятия по минимизации ущербов с учетом трансграничности бассейна озера.

5) организовать ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩУЮ международную комплексную экспедицию для сбора недостающей информации, для уточнения морфометрических и геофизических характеристик озера, ландшафтного строения прибрежных геосистем, хозяйственно-экономической структуры территории и тенденции их современных изменений.

б) продолжить комплексные исследования в бассейне озера Ханка институтами ДВО РАН с широким привлечением специалистов из других научных, производственных и государственных учреждений и организаций.

Сложившаяся в трансграничном водном бассейне ситуация требует следующих действий:

1) Обратиться в МИД РФ с предложением обеспечить прямые контакты специалистов и совместные с КНР научные исследования, включая обмен научными сотрудниками и информацией об экологическом и гидрофизическом состоянии озера, с целью разработки совместных мероприятий по мониторингу и регулированию уровня воды и снижению экологических угроз. При этом необходимо обеспечить сбор данных для включения в гидрологический баланс бассейна озера Ханка всех составляющие баланса оз. Малая Ханка, западной низменности и реки Мулинхэ.

2) На уровне МИД РФ и КНР решить вопрос о взаимном обмене гидрометеорологической информацией с КНР по бассейну озера Ханка. Предложить китайской стороне проведение совместных исследований по проблеме озера Ханка и его бассейна.

3) Обратиться в Правительство РФ, Министерство образования и науки РФ, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды с предложением о включении в Федеральную целевую программу «Развитие водохозяйственного комплекса» научных исследований в трансграничном бассейне озера Ханка и реки Сунгач.

4) Обратиться в Правительство РФ, Министерство образования и науки РФ, Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды с предложением о включении работ по картированию территорий бассейна силами научных сотрудников подразделений ДВО РАН в рамках выполнения Постановления Правительства РФ от 18 апреля 2014 г. N 360 «Об определении границ зон затопления, подтопления» (с изменениями и дополнениями от 17 мая 2016 г.).

5) Обратиться в Правительство РФ, Администрацию ПК и Министерство образования и науки РФ с предложением о расширении научных исследований и открытия широкой сети пунктов гидрометеорологического, сейсмического. Геофизического контроля в бассейне озера Ханка и реки Сунгач. В результате реализации предложений создать базы данных (включая территорию КНР) характеристик почвенного и растительного покрова, ландшафтов, типов земледелия и информацию о хозяйственной деятельности на территории бассейна.

б) На основе прогнозов различных сценариев изменений уровня озера Ханка рассчитать максимальные отметки и площади затопления прибрежных

территорий с предложениями по минимизации их негативного воздействия для хозяйственной деятельности.

7) Обратиться в Правительство РФ и Правительство ДВФО, субъектов федерации с предложением по повышению эффективности использования средств Госзаданий и государственных целевых программ путем преодоления межведомственной разобщенности в исследованиях и мониторинге территории, в частности, путем обеспечения открытого и бесплатного доступа к материалам наблюдений гидрометеорологической обстановки и качества вод в бассейне озера Ханка для всех научных организаций, а также путем введения практики межведомственной экспертизы проектирования и выполнения государственных заданий.

8) Направить результаты исследований в Администрацию Приморского края и профильные краевые министерства для принятия решений по включению обоснованных мероприятий дополнительно в существующие общероссийские программы по рациональному использованию водных ресурсов («Чистая вода», «Борьба с наводнениями» и др.) конкретные мероприятия.

ЛИТЕРАТУРА

BIBLIOGRAPHY

- Аднагулов Э.В.* О методах количественного учёта дальневосточной черепахи *Pelodiscus sinensis* (REPTILIA: TRIONYCHIDAE) // Вопросы герпетологии. Материалы III съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского, Пушкино 9—13 октября 2006 г., СПб: изд-во СПбГУ, 2008. С.11–15.
- Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоздат, 1970. 413 с.
- Ананьева Е.Е.* Озеро Ханка: Колебания уровня и их причины // Астраханский вестник экологического образования. 2016. №4 (38). С.48–57.
- Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Щур Л.А., Филимонов В.С.* Оценка экологической ситуации и качества воды дальневосточного озера Ханка оптическими методами // Гидробиологический журнал. 1997. Т. 33. № 5. С. 54–63.
- Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Щур Л.А., Филимонов В.С., Назаров В.А.* Современное состояние озера Ханка по некоторым гидробиологическим и гидрофизическим показателям // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 535–558.
- Афанасьева Т.В., Василенко В.И., Терещина Т.В., Шеремет Б.В.* Почвы СССР. М.: Мысль, 1979. 380 с.
- Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Беянин П.С.* Динамика изменения уровня оз. Ханка (Приморье) в позднем голоцене // Тихоокеанская геология, 2008. Т. 27. С. 93–98.
- Базарова В.Б., Ляцеская М.С., Макарова Т.Р., Орлова Л.А.* Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднем-позднем голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеан. геол. 2018. Т. 37. № 1. С. 94–105.
- Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Беянин П.С.* Динамика изменения уровня озера Ханка в позднем голоцене // Тихоокеанская геология, 2008. Т. 27. № 3. С. 111–116.
- Баканов К.Г.* Многолетний режим уровня озера Ханка: автореферат дис. ... канд. тех. наук / Ин-т водных проблем АН СССР. Москва, 1988. 20 с.
- Бакланов П.Я., Ганзей С.С.* Приграничные и трансграничные территории как объект географических исследований // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 4. С. 27–34.
- Бакланов П.Я., Качур А.Н., Ананьева Е.Е.* Проблема озера Ханка и его бассейна на рубеже столетий // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 12–25.
- 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.
- Баранова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В.* Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. Телль-Авив: Русское издательство Piles Studio, 2006. 498 с.
- Безрукова Е.В., Белов А.В., Кузьмин М.И., Летунова П.П., Абзаева А.А., Орлова Л.А., Кулагина Н.В.* Первые результаты реконструкции природной среды голоцена Лено-Ангарского плато (Восточная Сибирь) // Доклады Академии Наук, 2011. Т. 440. № 5. С. 686–690.
- Беянин П.С.* Особенности ландшафтной структуры Приханкайской равнины и ее горного обрамления. // География и природные ресурсы. 2009. №4. С.112–116.
- Беянин П.С., Беянина Н.И.* К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология, 2012. Т. 31. № 2. С. 96–100.
- Беянина Н.И., Беянин П.С., Митюрева Е.В.* Новое свидетельство переориентации стока р. Раздольной в плейстоцене, Южное Приморье // Тихоокеанская геология, 2009. Т. 28. № 2. С. 99–102.
- Бережная Т.В., Голубев А.Д., Паршина Л.Н.* Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в августе 2018 г.// Метеорология и Гидрология. 2018. № 11. С. 132–140.
- Борисов А.И.* Климаты СССР. М.: Просвещение, 1967. 295 с.

-
- Бортин Н.Н., Горчаков А.М.* Анализ факторов неустойчивости режима озера Ханка // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 31–40.
- Бортин Н.Н., Горчаков А.М.* Причины экстремально высокого уровня воды трансграничного озера Ханка // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2016. № 4. С. 62–84.
- Боярова М.Д.* Современные уровни содержания хлорорганических пестицидов в водных организмах залива Петра Великого (Японское море) и озера Ханка. Автореф. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2008. 26 с.
- Булдовский А.Т.* О биологии и промышленном использовании уссурийской (амурской) черепахи *Amuda taakii* (Brand.) // Труды ДВФ АН СССР. М.-Л.: АН СССР, 1936а. Т. 1. С. 62–102.
- Булдовский А.Т.* Об организации черепашого заповедника и птичьего резервата на озере Ханка // Заповедники Дальневосточного края. Зап. Приморского филиала Гос. географич. общ-ва. Т. VI (XXIII). Хабаровск: Дальневост. краевое гос. изд-во. 1936б. С. 41–47.
- Буренков В.И., Копелевич О.В., Шеберстов С.В., Ведерников В.И.* Подспутниковые измерения цвета океана: верификация спутниковых данных сканера цвета SeaWiFS // Океанология. 2000. Т. 40. № 3. С. 357–362.
- Буссе Ф.Ф.* Переселение крестьян морем в Южно-Уссурийский край в 1883-1893 годах с картой. СПб.: Тип. Выс. Утвержд. Тов. «Общественная Польза», 1898. Т. IV. 165 с.
- Васьяковский М.Г.* Гидрологический режим озера Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 175 с.
- Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П., Паламарь-Мордвинцева Г.М., Ветрова З.И.* и др. Водоросли. Справочник. Киев: Наукова думка, 1989. 608 с.
- Величко А.А.* Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
- Волкова Т.В.* Соевая нематода (Tylenchida: Heteroderidae: *Heterodera glycines*) в Приморском крае. Владивосток: Дальнаука, 2013. 90 с.
- Волобуев В.Р.* Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. 128 с.
- Вишкова Т.С., Никулина Т.В.* Пресноводная биота бассейна озера Ханка и угроз, связанных с нарушением водного баланса // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. – Владивосток, Дальнаука, 2016, с. 181–190.
- Ганзей С.С., Ермошин В.В., Мишина Н.В., Ширавва Т.* Современное использование земель в бассейне р. Амур // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 17–25.
- Ганзей С.С.* Функциональное зонирование Ханкайских трансграничных геосистем в целях управления природопользованием // Экологическое планирование и управление. 2007. № 1. С. 44–52.
- Ганзей С.С.* Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Востока Китая. Владивосток: Дальнаука, 2004. 231 с.
- Ганешин Г.С.* Геоморфология Приморья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 135 с.
- Генкал С.И., Шур Л.А.* Новые данные к флоре Bacillariophyta оз. Ханка (Приморский край, Россия) // Альгология. 2000. Т. 10, № 3. С. 278–281.
- Геосистемы Дальнего Востока на рубеже XX–XXI веков. В 3-х т. / Под общ. ред. П. Я. Бакланова. Владивосток: Дальнаука, 2008. Т. 1. 428 с.; 2010. Т. 2. 560 с.; 2012. Т. 3. 364 с.
- Георгиевский В.Ю., Шалыгин А.Л., Болгов М.В., Коробкина Е.А.* Многолетние изменения уровня озера Ханка и проблемы его регулирования // Водное хозяйство России, 2017. № 3. С. 69–88.
- Государственная почвенная карта СССР. М-б 1 : 1 000 000. Лист L-53. М.: ГУГК, 1986.
- Горяинов А.А., Барабанищев Е.И., Шаповалов М.Е.* Рыбохозяйственный атлас озера Ханка. Владивосток, 2014.
- Грехнев Н.И., Крупская Л.Т., Бубнова М.Б., Остапчук В.И.* Экологический мониторинг на основе изучения геохимического состава озерных отложений (на примере оз. Ханка). Экологические системы и приборы. 2006. № 11. С. 3–6.
- Грехнев Н.И., Остапчук В.И.* Особенности геохимического состава донных отложений оз. Ханка, как индикатор техногенного загрязнения В сборнике: Влияние процессов горного производства на объекты природной среды. Владивосток, 1998. С. 46–60.
- Давидович Т.Д.* Современные спорово-пыльцевые спектры восточного и южного побережья Чукот-

-
- ского полуострова // Палинологические исследования на Северо-Востоке СССР. Владивосток, 1978. С. 74–80.
- Дальневосточная черепаха озера Гасси / под общ. ред. В.Т. Тагировой, Р.С. Андроновой, Хабаровск: АО «Хабаровская краевая типография». 2018. 173 с.
- Дербенцева А.М., Ивлев А.М.* Эрозия почв и мелиорация на Дальнем Востоке. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1986. 128 с.
- Дербенцева А.М., Ознобихин В.И.* Оврагообразование и его соотношение с другими видами эрозии по типам местности Приморья // Изменение почвенного покрова ДВ в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации: Тр. / Примор. с.-х. ин-т, Уссурийск: ПСХИ, 1978. Вып. 52. С. 433–437.
- Дербенцева А.М., Ознобихин В.И.* Рекомендации по проектированию противоэрозионных мероприятий. Владивосток: Союздальгипрорис, 1983. 77 с.
- Дербенцева А.М., Ничепоренко Е.Н., Ознобихин В.И.* Обоснование и проектирование противоэрозионных комплексов в Приморье // Защита почв Сибири от эрозии и дефляции. Новосибирск: Наука, 1981. С. 75–88.
- Дербенцева А. М., Ничепоренко Е. Н., Ознобихин В. И.* Эрозионные процессы на сельскохозяйственных землях // Гидроэрозионные процессы в южном Сихотэ-Алине: Тр. / ДВНИГМИ Госкомгидромета. Л.: Гидрометеиздат, 1982. Вып. 104. С.70–79.
- Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов приморского края до 2005 г. (Экологическая программа). Часть 1. Владивосток, 1992. 388 с. Часть 2. Владивосток, 1993. 297 с.
- Добровольский Г.В., Урусевская И.С.* География почв. М.: Изд-во МГУ: Изд-во Колос, 2004. 460 с.
- Добровольский Г.В., Чернова О.В., Семенов О.В., Богатырев Л.Г.* Принципы выбора эталонных объектов при создании Красной книги почв России // Почвоведение. 2006. №4. С.387–395.
- Евсеев А.В.* Оценка состояния реки Илистой и ее притоков по химико-экологическим и микробиологическим показателям: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 21 с.
- Егидарев Е.Г., Базаров К.Ю., Мишина Н.В.* Современное использование земель в бассейне озера Ханка // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. С. 197–203.
- Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2014. 768 с.
- Ермошин В.В., Ганзей С.С., Мишина Н.В.* Информационное обеспечение геоэкологических исследований в бассейне р. Амур // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 1. С. 107–113.
- Жеурова С.В.* Современные тенденции и проблемы развития предпринимательства в сфере использования природно-ресурсного потенциала озера Ханка // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. 2010. № 4 (8). С. 32–39.
- Жузе А.П.* Ископаемая и современная флора диатомовых оз. Ханка // Материалы по физической географии юга Дальнего Востока. М.: Изд-во АН СССР. 1953. С. 153–171.
- Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В.* Проблема регулирования уровня воды в бассейне озера Ханка (Приморский край) // Вестн. ДВО РАН. 2015. № 5. С. 40–52.
- Журкина В.В.* О фитопланктоне озера Ханка // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. Вып 11. Владивосток. 1959. С. 85–90.
- Журкина В.В.* Озеро Лебехе и его фитопланктон // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. 1960. Вып. 12. Владивосток. С. 103–105.
- Зимовец Б.А.* Почвенно-геохимические процессы муссонно-мерзлотных ландшафтов. М.: Наука, 1967. 167с.
- Иванов Г.И.* Основные закономерности распространения почв правобережья реки Уссури // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. 1959. вып.11.С.3–8.
- Иванов Г.И.* Почвы Приморского края. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964.107 с.
- Иванов Г.И.* Классификация почв равнин Приморья и Приамурья. Владивосток, 1966. 48 с.
- Иванов Г.И.* Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.

-
- Ивлев А.М., Дербенцева А.М., Любич А.С., Морякова Л.А.* Оврагообразование в Приморье и его воздействие на почвы. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1990. 136 с.
- Ивлев А.М.* Географические закономерности формирования почвенного покрова в зоне перехода от континента к океану // Почвы островов и океанических регионов. Материалы XIV Тихоокеанского научного конгресса. 1982 ДВНЦ АН СССР. 1982. С. 19–26.
- Ивлев А.М., Дербенцева А.М.* Преобразование естественных ландшафтов в агроландшафты // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно-изменённого почвенного покрова. Владивосток, 1998. С. 7–12.
- Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2011 году. Хабаровск: Росводресурсы. 2012. 122 с.
- Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2012 году. Хабаровск: Росводресурсы. 2013. 240 с.
- Итоговый отчет о проведении совместного российско-китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2013 году. Хабаровск: Росводресурсы. 2014. 158 с.
- Катайкина О.И., Симоконь М.В., Матвеев В.И., Ковалковдова Л.Т.* Оценка качества воды озера Ханка по содержанию металлов и мышьяка В сборнике: Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы Сборник материалов. 2017. С. 74–77.
- Каракин В.П., Шейнгауз А.С.* Земельные ресурсы бассейна р. Амур // Вестн. ДВО РАН. 2004. № 4. С. 23–37.
- Кинд Н.В.* Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 256 с.
- Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
- Клышевская С.В.* Микроэлементный состав вод и прибрежных почв реки Раздольная и озера Ханка. В сборнике: Проблемы и перспективы развития водного хозяйства. Опыт внедрения новых технологий Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Редакционная коллегия: В.В. Фалько, В.Н. Децик. 2013. С. 38–42.
- Клышевская С.В.* Микроэлементный состав вод и прибрежных почв реки Раздольная и озера Ханка В сборнике: Проблемы современного землепользования и пути их решения посвящается 55-летию ПримГСХА. Институт земледелия и природообустройства ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»; Общество почвоведов им. В.В. Докучаева. Дальневосточное отделение. 2012. С. 96–100.
- Колесников Б.П.* Очерк растительности Дальнего Востока. Хабаровск. 1955. 104 с.
- Кордэ Н.В.* Методика биологического изучения донных отложений озер (полевая работа и биологический анализ) // Жизнь пресных вод СССР. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. 4. Ч. 1. С. 383–413.
- Корляков А.С.* Лугово-болотные почвы зоны рисосеяния Приморья // Генезис и биология почв юга Дальнего востока. Владивосток: ДВО РАН, 1994. С. 274–285.
- Корляков А.С.* Оценка почвенных условий Уссури-Сунгачинской рисовой системы // Почвы рисовых полей дальнего Востока. Владивосток, 1980. С. 52–59.
- Корнблюм Э.А., Зимовец Б.А.* О происхождении почв с белесым горизонтом на равнинах Приамурья // Почвоведение. 1961. №6. С. 55–66.
- Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И.* Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Усури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеан. геол. 2007. Т. 26. № 4. С. 53–68.
- Костенков Н.М.* Генетические и химические особенности рисовых почв Приморья // Луговые почвы Приморья. Владивосток, 1976. С. 3–61.
- Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Голодная О.М.* Система охраны и Красная книга почв Дальнего Востока // Вестн. Дальневост. отд. РАН. 2000. № 4 (92). С. 74–84.
- Крапивенцев Н.В.* Химическая и водно-физическая характеристика луговых глеевых и лугово-бурых почв // Глеевые процессы и физико-химические свойства почв юга Дальнего Востока. Владивосток, 1980. С.69–75

-
- Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с.
- Красная книга Российской Федерации. Животные. / гл. редкол. В.И. Данилов-Данильян и др., М.: АСТ; Астрель. 2001. 862 с.
- Крейда Н.А.* Гидроморфные почвы Приморья // Ученые зап. ДВГУ. Сер. почв.-ботан. 1969. Т. 25. С.1–67.
- Куликова Н.А., Лебедева Г.Ф.* Гербициды и экологические аспекты их применения: Учебное пособие. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. 152 с.
- Курбатова И.Е., Крылова Н.Ю.* Использование космической информации при изучении и картографировании трансграничных водосборов (на примере озера Ханка) // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2008. Т.5. № 2. С. 529–537.
- Куренцова Г.Э.* Растительность Приханкайской равнины и окружающих предгорий. М.; Л. Изд-во АН СССР, 1962. 138 с.
- Ливеровский Ю.А., Рубцова Л.П.* Почвы Зейско-Бурейской равнины и проблема их генезиса // Почвоведение. 1956. № 8. С. 1–16.
- Литология и геохимия озерных отложений гумидной зоны (на примере озера Ханка). М.: Наука, 1979. 124 с.
- Лихошвай Е.В., Усольцева М.В., Поповская Г.И., Воробьева С.С., Никулина Т.В., Лосева Э.И.* Споры *Aulacoseira* (Bacillariophyta) из современных водоемов и осадков разного времени формирования // Бот. журн. 2004, Т. 89, № 1. С. 60–72.
- Луценко Т.Н., Шестеркин В.П., Шестеркина Н.М.* Пространственно-временная динамика химического состава речных вод российской части бассейна р. Усури // Водное хозяйство России. 2013. № 3. С. 65–79.
- Лучшева Л.Н., Ковалкова Л.Т., Назаров В.А.* Содержание ртути в промысловых видах рыб озера Ханка Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2000. Т. 127-2. С. 559–568.
- Макаревич Р.А.* Морфологическое строение почв высокой денудационно-аккумулятивной равнины озера Ханка до подъема его уровня // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы: Коллективная монография. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 148–154.
- Макарченко Е.А., Вишкова Т.С., Ганзей К.С., Клышевская С.В., Кожевников А.Е., Маслова И.В., Назаренко А.А., Прозорова Л.А., Прокопец С.Д., Шабалин С.А., Шедько С.В.* О создании особо охраняемой природной территории в бассейне озера Ханка // Вестн. ДВО РАН № 2. Владивосток: ДВО РАН. 2017. С. 115–141.
- Мак-Картни Э.* Оптика атмосферы // Изд-во «Мир», Москва, 1979.
- Маслова И.В.* Амфибии и рептилии // Позвоночные заповедника Ханкайский и Приханкайской низменности: Монография. Отв. ред. А.А. Назаренко. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006а. С. 67–76.
- Маслова И.В.* Проблемы сохранения редких видов амфибий и рептилий Приморского края // Природа без границ: материалы I Международного экологического форума. Владивосток. 2006б. Ч. 1. С. 113–118.
- Маслова И.В.* Влияние подъема уровня воды в озере Ханка на состояние местной популяции дальневосточной черепахи / Отв. ред. Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В. Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы (монограф.). Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 198–204.
- Маслова И.В., Воробьева П.А.* Как сохранить ханкайскую популяцию дальневосточной черепахи // Природа без границ: X Международный экологический форум, 20–21 октября 2016 г., Владивосток, ДВФУ: сборник итоговых материалов. Отв. ред. Т.С. Вишкова. Владивосток: «Print Mart». 2016. С. 140–145.

-
- Маслова И.В.* Проблемы сохранения биоразнообразия в западном Приханковье (Приморский край, Россия) // XII Дальневосточная конференция по заповедному делу, матер. конф. Биробиджан, 10-13 октября 2017 г. / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2017. С. 134–136.
- Махинов А.Н.* Условия формирования и характеристика стока взвешенных наносов рек юга Дальнего Востока // Формирование вод суши юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 34–47.
- Махинов А.Н., Ким В.И.* Возможные причины колебаний уровня воды в озере Ханка // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 25–30.
- Махинов А.Н.* Наводнение на Амуре в 2013 году: причины, масштабы, последствия // Природа, 2016. № 3. С. 26–36.
- Медведева Л.А., Никулина Т.В.* Каталог пресноводных водорослей южной части Дальнего Востока. – Владивосток: Дальнаука, 2014. 271 с.
- Михайловскому району 80 лет: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2006. 86 с.
- Мишина Н.В.* Сельское хозяйство провинции Хэлуунцзян КНР в 2000-2017 гг.: основные черты динамики // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. 2019. С. 410–416.
- Мороховец В.Н., Басай З.В., Мороховец Т.В., Штерболова Т.В.* Чувствительность сельскохозяйственных культур к остаточным количествам гербицида «Фабриан» в почве // Вестн. ДВО РАН. 2017. № 3 (193). С. 47–51.
- Мороховец В.Н., Мороховец Т.В., Басай З.В., Коркишко Ю.В., Вострикова С.С., Штерболова Т.В.* Оценка эффективности почвенных гербицидов в посеве сои // Вестн. ДВО РАН. 2018. № 3 (199). С. 102–107.
- Народное хозяйство Приморского края в 1970 году. Стат. сб. Владивосток: Статистическое управление Приморского края, 1972. 408 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Приморский край. Л.: Гидрометеиздат, 1988. Ч. 1–6. Вып. 26. 416 с.
- Научно-прикладной справочник по климату Приморского края. Л.: Гидрометеиздат, 1998. 346 с.
- Никаноров А.М.* Гидрохимия. СПб: Гидрометеиздат, 2001. 444 с.
- Никаноров А.М., Коротова Л.Г., Клименко О.А.* Оценка многолетних тенденций выноса хлороорганических пестицидов реками России в моря // Водные ресурсы, 2007. Т. 34, № 4. С. 446–453.
- Никаноров А.М., Брызгалов В.А.* Реки России. Реки Дальнего Востока (гидрохимия и геоэкология). Ростов-на-Дону: НОК. 2011. Ч. IV. 324 с.
- Никольская В.В.* Рельеф Приуссурийских равнин и его значение для сельского хозяйства Приморского и Хабаровского краев // Материалы по физической географии юга Дальнего Востока. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1953. С.64–111.
- Никольская В.В., Колесников Б.П.* Физико-географическое районирование Приханкайских равнин и прилежащих горных поднятий как основание для планирования развития их сельского хозяйства // Материалы по физической географии юга Дальнего Востока. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1953. С.27–62.
- Никулина Т.В.* Водоросли заповедника «Ханкайский» (Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 263–271.
- Никулина Т.В.* К видовому разнообразию водорослей Государственного природного биосферного заповедника «Ханкайский» (альгофлора оз. Ханка в районе кордона «Лузанова сопка») // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: Труды Второй междунар. научно-практ. конф. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 8–21.
- Новикова П.А., Гузев М.А., Никитина Е.Ю., Тимофеева Я.О.* К вопросу о колебаниях уровня озера Ханка // Вестн. ДВО РАН. 2018. №4. С. 88–95.
- Носовский В.С., Бортин Н.Н.* Проблемы рисовой ирригации в связи с экстремальным повышением уровня воды в озере Ханка. // Мелиорация и водное хозяйство. М. 2017. №2, С. 5–10.

-
- Ознобихин В.И., Дербенцева А.М.* Опыт количественной характеристики величины смыва почв от крутизны и характера склонов и снижение урожая от степени смыва в условиях Приморского края // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации: Тр./ Примор. с.-х. ин-т. Владивосток: Усурийск: ПСХИ, 1973. Т. 18. Вып. 2. С. 333–335.
- Ознобихин В.И., Рыбачук Н.А., Иванов Г.И.* Почвенно-географическое районирование Приморского края: теоретические и прикладные аспекты. Владивосток: ДВО РАН, 1995. 161 с.
- Орлов Д.С., Гришина Л.А.* Практикум по химии гумуса. М.: Изд-во МГУ, 1981. 376 с.
- Оссендовский А.М.* К вопросу об изучении гидрологии нашего Дальнего Востока // Журнал русского физико-химического общества. Том. XXXVIII. Часть вторая. Спб: Императорский Санкт-Петербургский университет. 1906. С. 1074–1079.
- Оценка данных совместного Российско-Китайского мониторинга качества вод трансграничных водных объектов в 2008 году. Южно-Сахалинск: Амурское бассейновое водное управление. 2009. 108 с.
- Павлова Н.С.* Бобовые–Fabaceae // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Том 4 / Отв. ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука, 1989. С. 191–339.
- Павлюткин Б.И.* Четвертичные отложения юго-восточной части Усури-Ханкайской депрессии и признаки плейстоценовых трансгрессий озера Ханка // Развитие природной среды в плейстоцене (Юг Дальнего Востока). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 40–50.
- Павлюткин Б.И., Боровский А.Д., Беянина Н.И.* Стратиграфия и корреляция четвертичных отложений Азии и Тихоокеанского региона. М.: Наука, 1991. С. 73–80.
- Павлюткин Б.И., Ханчук А.И.* Новые данные о возрасте оз. Ханка, Дальний Восток России // Докл. РАН. 2002. Т. 382. № 6. С. 826–828.
- Павлюткин Б.И.* Среднемиоценовая ханкайская флора Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 216 с.
- Пограничному району 80 лет: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2006. 91 с.
- Полевой определитель почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Посевные площади сельскохозяйственных культур в Приморском крае в 1993 году. Ст. бюлл. Владивосток: Приморское краевое управление статистики, 1994. 73 с.
- Пржевальский Н.М.* Путешествие в Усурийский край в 1867-1869 гг. СПб. 1870. 298 с.
- Приморский край. Социально-экономические показатели: Стат. ежегодник. Владивосток: Приморскстат, 2018. 311 с.
- Приморье в цифрах: Краткий стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2019. 68 с.
- Промышленное производство Приморского края 2017: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2018. 107 с.
- Пуртова Л.Н.* Оценка эколого-энергетического состояния почв равнинных территорий юга Дальнего Востока России. Учебно-методическое пособие. Владивосток: ДВГУ, 2004. 57 с.
- Пуртова Л.Н., Костенков Н.М., Дербенцева А.М.* Эколого-энергетическое состояние почв природных и антропогенно-преобразованных ландшафтов юга Дальнего Востока России. Владивосток: ДВФУ, 2014. 68 с.
- Пищеничников Б.Ф., Пищеничникова Н.Ф.* Основы почвоведения и географии почв: Учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭ, 2006. 230 с.
- Ралько В.Д., Чудаева В.А.* Экологическое состояние бассейна озера Ханка и предложения к долгосрочной программе его изучения и рационального использования. Владивосток: ТИГ ДВНЦ АН СССР, 1989. 29 с.
- Регионы России. Социально-экономические показатели. 2003. М.: Госкомстат России, 2003. 895 с.
- Регионы России. Социально-экономические показатели. Стат. сборник. М.: Росстат, 2018. 1162 с.
- Ресурсы поверхностных вод СССР. Дальний Восток. Приморье. Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. Т. 18. Вып. 3. 627 с.
- Реутт А.Т.* Растительность // Север Дальнего Востока. М.: Наука, 1970. 488 с.
- Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М.* Атлас почв юга Дальнего Востока России (Приханкайская низменность). Владивосток: Дальнаука, 2010. 247 с.

-
- Росликова В.И.* Марганцево-железистые образования в почвах равнинных ландшафтов гумидной зоны. Владивосток: Дальнаука, 1996. 292 с.
- Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / Под ред. А.Д. Л.: Гидрометеоздат, 1977. 541 с.
- Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: ВНИРО, 2003. 201 с.
- Руководство по разработке раздела «Охрана природы» в составе проекта мелиорации земель ВТР-П-2.3-80, М., Минводхоз СССР, 1980. 58 с.
- Салюк П.А., Стёпочкин И.Е., Голик И.А., Букин О.А., Павлов А.Н., Алексанин А.И.* Разработка эмпирических алгоритмов восстановления концентрации хлорофилла-*a* и окрашенных растворенных органических веществ для Дальневосточных морей из дистанционных данных по цвету водной поверхности // Исслед. Земли из космоса. 2013. №3. С. 45–57.
- Сельское хозяйство Приморского края. 2000–2003 гг.: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2004. 84 с.
- Сельское хозяйство Приморского края. 2011: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2011. 84 с.
- Семыкина 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 международной научно-практической конференции. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 190–200.
- Серышев В. А.* Супераквальный диагенез почв и классификация аквалитоземов. Иркутск: Изд. ИГУ, 2017. 247 с.
- Скворцов Б.В.* Диатомовые водоросли озера Ханка. Материалы по изучению водорослей Приморской губернии // Записки Южно-Уссурийского отделения Государственного Русского географического общества. Владивосток, 1929. Вып. 3. 75 с.
- Сладечек В.* Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука, 1967. С. 26–31.
- Социальная сфера городов и районов Приморского края в 2001 году. Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2002. 120 с.
- Старожиллов В.Т., Ознобихин В.И.* Ландшафтная сфера бассейна оз. Ханка // Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 217–223.
- Степанько А.А.* Агрогеографическая оценка земельных ресурсов и их использование в районах ДВ. Владивосток ДВО РАН. 1992. 115 с.
- Степанько А.А.* Структурные изменения сельскохозяйственной нагрузки в бассейне оз. Ханка // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 545–552.
- Таргульян В.О., Ивлев А.М., Куликов А.В.* Внутрипочвенное выветривание основных пород в хелювиальной и элювиально-глеевой обстановках (на базальтовых плато Дальнего Востока) // Почвообразование и выветривание в гумидных ландшафтах. М.: Наука, 1978. С.7–65.
- Тимофеев В.Ю., Ардюков Д.Г., Тимофеев А.В.* Периодические вертикальные смещения по геодезическим данным и упругие параметры земной коры // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2015. № 5. С. 20–26.
- Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. / Отв. редакторы: Ю.Н. Журавлев, С.В. Клышевская. Владивосток: Дальнаука, 2016. 284 с.
- Тур А.С., Корляков А.С., Носовский В.С.* Комплексное освоение земель под рис в Приморском крае. Владивосток: ВНИИГиМ, 1985. 106 с.
- Усолцева М.В., Никулина Т.В., Юрьев Д.Н., Лихошвай Е.В.* К изучению развития и морфологических особенностей *Aulacoseira islandica* (O. Müller) Simonsen (Bacillariophyta) // Альгология. 2006. Т. 16, № 2. С. 145–155.

-
- Филимонов В.С., Анонасенко А.Д.* Сезонная динамика содержания взвешенного вещества в водах озера Ханка. Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. № 2. С. 124–131.
- Фефилов Ю.В.* Разработка и создание информационной технологии дистанционного определения параметров первичной продуктивности в системах мониторинга океана: автореф. дис. канд. техн. наук. Москва, 2003. 19 с.
- Ханкайскому району 80 лет: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2006. 86 с.
- Хахина А.Г.* Горизонтальный фитопланктон Астраханского залива оз. Ханка // Вестник ДВ Филиала СО АН СССР. 1937. № 24. С. 41–51.
- Христофорова Н.К., Марченко А.Л., Кавун В.Я., Ковалев М.Ю., Чернова Е.Н.* Содержание тяжелых металлов в органах карася серебряного (*Carassius auratus gibelio*) из водоемов Южного Приморья. Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2008. Т. 154. С. 214–230.
- Цибринская Н.А.* Краткий очерк растительности участков «журавлиный» и «Речной» Ханкайского заповедника (Спасский район Приморский край) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2010. № 3. С. 78–79.
- Черепанов Г.О.* К биологии дальневосточной черепахи на озере Ханка // Вестник ЛГУ. Сер. 3. 1990. Вып. 2 (№ 10). С. 23–28.
- Черниговскому району 80 лет: Стат. сборник. Владивосток: Приморскстат, 2006. 87 с.
- Чудаева В.А.* Некоторые аспекты экологического состояния оз. Ханка // Социальная экология и здоровье человека на Дальнем Востоке. Региональная научн. конф. 21–23 сентября 1988 г. Тезисы докладов. Хабаровск: СКМР ВЦ Статуправления, 1988. С. 23–24.
- Чудаева В.А.* Влияние рисосеяния Приморского края на экологическую обстановку оз. Ханка // VIII Всесоюзный симпозиум: История озер. Рациональное использование и охрана озерных водоемов. Минск: Институт торфа АН БССР. 1989. 291 с.
- Чудаева В.А.* Некоторые аспекты экологического состояния озера Ханка // Экологические аспекты развития производительных сил Дальнего Востока. Сб. науч. тр. М.: Наука, 1992. С. 107–116.
- Чудаева В.А.* Миграция химических элементов в водах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2002. 392 с.
- Шестеркин В.П.* Гидрохимические особенности льда озер Эворон-Чукчагирской впадины в Приамурье // Криогенные процессы и явления в Сибири. Якутск: Институт мерзлотоведения СО РАН. 1984. С. 137–143.
- Шестеркин В.П., Крутикова В.О.* Солевой состав вод реки Уссури // Региональные проблемы. 2018. Т. 21. № 2. С. 69–75.
- Штрайхерт Е.А., Захарков С.П., Дьяков С.Е.* Коррекция спутниковых оценок концентрации хлорофилла-а для Японского моря // Исслед. Земли из космоса. 2006. № 6. С. 72–82.
- Штрайхерт Е.А., Захарков С.П.* О пространственно-временной изменчивости концентрации хлорофилла-а на шельфе залива Петра Великого при зимне-весеннем цветении фитопланктона по спутниковым и подспутниковым данным // Исслед. Земли из космоса. 2016. № 1–2. С. 173–186.
- Шулькин В.М.* Изменчивость химического состава речных вод Приморья как индикатор антропогенной нагрузки и ландшафтной структуры водосборов // Вестн. ДВО РАН. 2009. № 4 (146). С. 103–114.
- Шулькин В.М., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я.* Региональные особенности сезонной изменчивости химического состава речных вод Дальнего Востока РФ // Водные и экологические проблемы Сибири и Центральной Азии. Труды III Всероссийской научной конференции с международным участием. Институт водных и экологических проблем СО РАН. 2017. С. 231–241.
- Шулькин В.М., Никулина Т.В.* Комплексная оценка качества речных вод Приморского края РФ по химическим характеристикам и составу водорослей перифитона // Биология внутренних вод. 2015. № 1. С. 19–29.
- Щур Л.А., Анонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филимонов В.С.* К характеристике фитопланктона бассейна озера Ханка (Приморский край, Россия) // Альгология. 1995. Т. 5, № 2. С. 166–173.

-
- Щур Л.А., Анонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филлимонов В.С. Оценка качества воды оз. Ханка по некоторым биологическим показателям // *Водн. ресурсы*. 1997. Т. 24, № 1. С. 74–78.
- Щур Л.А., Анонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филлимонов В.С., Назаров В.А. Бактерио- и фитопланктон оз. Ханка (Приморский край) // *Биология и условия обитания гидробионтов северо-западной части Японского моря*. Известия ТИНРО. 2000. Т. 127, ч. 2. С. 569–589.
- Щур Л.А., Генкал С.И. К вопросу о размерной структуре фитопланктона (Bacillariophyta) оз. Ханка // *Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей: тез. докл. VIII школы диатомологов России и стран СНГ*. Ярославль, 2002. С. 6–7.
- Щур Л.А., Генкал С.И. Размерная структура Bacillariophyta планктона оз. Ханка // *Биол. внутр. вод*. 2005. № 1. С. 49–56.
- Adnagulov E.V., Maslova I.V. On the distribution of *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann, 1834) (Testudines: Trionychidae) in the Russian Far East // *Herpetologia Petropolitana: Proc. of the 12th Ord. Gen. Meet. Soc. Eur. Herpetol., SPb. (Russia)*. 2005. P. 117–119.
- Behrenfeld M. J., Westberry T. K., Boss E.S., O'Malley R.T., Siegel D.A., Wiggert J.D., Franz B.A. et al. Satellite-detected fluorescence reveals global physiology of ocean phytoplankton // *Biogeosciences*. 2009. Vol. 6. P. 779–794.
- Bukhtiyarova L.N. Diatoms of Ukraine. Inland waters. Kyiv, 1999. 133 p.
- Burenkov V.I., Kopelevich O.V., Sheberstov S.V., Ershova S.V., Evdoshenko M.A. Bio-optical characteristics of the Aegean Sea retrieved from satellite ocean color data // *The Eastern Mediterranean as Contrasting Ecosystems / Eds. P. Malanotte-Rizzoli and V.N. Eremeev. Kluwer Academic Publishers, Netherlands*, 1999. P. 313–326.
- Carder K.L., Hawes S. K., Baker K.A., Smith R.C., Steward R.G., Mitchel B.G. Reflectance model for quantifying chlorophyll-*a* in the presence of productivity degradation products // *J. Geophys. Res.* 1991. Vol. 96, № C11. P. 20599–20611.
- Chudaeva V.A., Semikina G.I. Hydrochemistry of Khanka (Xangkai) lake and its ecological problems // *Geochemistry of the Earth's Surface: Proceedings of the 5th International Symposium, Reykjavik, 16-20 August 1999. Rotterdam, 1999*. P. 165–168.
- Diagnostic analysis of the Lake Khanka Basin (Peoples Republic of China and Russian Federation). UNEP/CRAES/PGI FEBRAS. UNEP, 2001. 136p.
- Gordon H.R., McCluney W.R. Estimation of the depth of sunlight penetration in the sea for remote sensing // *Appl. Opt.* 1975. Vol. 14. P. 413–416.
- Gordon H.R., Clark D.K., Brown J.W., Brown O.B., Evans R.H., Broenkow W.W. Phytoplankton pigment concentrations in the middle Atlantic Bight: comparison of ship determinations and CZCS estimates // *Appl. Opt.* 1983. Vol. 22, № 1. P. 20–36.
- Hartley B., Barber H.G., Carter J.R. An atlas of British diatoms. England: Biopress Ltd, 1996. 601 p.
- Heilongjiang Statistical Yearbook, 2001. China Statistics Press, Beijing, 2001. 439 p.
- Heilongjiang Statistical Yearbook, 2006. China Statistics Press, Beijing, 2006. 543 p.
- Heilongjiang Statistical Yearbook, 2011. China Statistics Press, Beijing, 2011. 692 p.
- Heilongjiang Statistical Yearbook, 2016. China Statistics Press, Beijing, 2016. 619 p.
- Heilongjiang Statistical Yearbook, 2018. China Statistics Press, Beijing, 2018. 570 p.
- IOCCG. Remote Sensing of Ocean Color in Coastal, and Other Optically-Complex Waters // *Rep. Int. Ocean Color Coordin. Gr. / Ed. Shubha Sathyendranath. IOCCG: Dartmouth, Canada, 2000. № 3. P. 5–12.*
- IOCCG. Why Ocean Colour? The Societal Benefits of Ocean-Colour Technology // *Rep. Int. Ocean-Color Coordin. Gr. / Ed. T. Platt, N. Hoepffner, V. Stuart and C. Brown. IOCCG: Dartmouth, Canada, 2008. № 7. P. 59–72.*
- IOCCG. Earth Observations in Support of Global Water Quality Monitoring // *Rep. Int. Ocean-Color Coordin. Gr. / Ed. S. Greb, A. Dekker and C. Binding. IOCCG: Dartmouth, Canada, 2018. № 17. P. 15–25.*
- Jin X., Jiang X. Experience and Lessons Learned Brief for Lake Xingkai/Khanka // *Status and Prospects of the Russian-Chinese Cooperation in Environment Conservation and Water Management: Materials*

-
- of the international conference (Moscow, September 27-28, 2007). Moscow: MNR of Russia, 2007. P. 81–108.
- Kennedy C.J.* The toxicology of metals in fishes / Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment (Farrell A.P., (Ed.), 3. Academic Press, San Diego, Calif, USA, P. 2061–2068.
- Klevenz V., Sander S.G., Perner M., Koschinsky A.* Amelioration of free copper by hydrothermal vent microbes as a response to high copper concentrations, *Chem. Ecol.* 28 (2012) 405–420).
- Krammer K.* The genus *Pinnularia* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 1. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G, 2000. 703 p.
- Krammer K.* *Cymbella* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 3. Ruggell: A.R.G. Ganter Verlag K.G., 2002. 584 p.
- Krammer K.* *Cymbopleura, Delicata, Navicymbula, Gomphocymbellopsis, Afrocymbella* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 4. Ruggell: A.R.G. Ganter Verlag K.G., 2003. 530 p.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/1. Jena: Gustav Fischer Verlag, 1986. 860 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/2. Stuttgart; New York: Gustav Fischer Verlag, 1988. 596 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/3. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991a. 576 S.
- Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae: Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzeichnis // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Bd. 2/4. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991b. 437 S.
- Lange-Bertalot H.* *Navicula sensu stricto*, 10 Genera Separated from *Navicula sensu stricto*, *Frustulia* // Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. V. 1. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G., 2001. V. 2. 526 p.
- Lu C., Xue B., Lu C., Wang T., Jiang L., Zhang Z., Ren W.* Sustainability Investigation of Resource-Based Cities in Northeastern China // *Sustainability*, 2016. 8 (10). 1058; <https://doi.org/10.3390/su8101058>.
- Maldonado M.T., Hughes M.P., Rue E.L., Wells M.L.* The effect of Fe and Cu on growth and domoic acid production by *Pseudo-nitzschia multiseries* and *Pseudo-nitzschia australis*, *Limnol. Oceanogr.* 47 (2002) 515–526.
- Maslova I.V., Portnyagina E.Yu., Sokolova D.A., Vorobyeva P.A., Akulenko M.V., Portnyagin A.S., Somov A.A.* Distribution of Rare and Endangered Amphibians and Reptiles in Primorsky Krai (Far East, Russia) // *Nature Conservation Research. Заповедная наука.* 2018. V. 3. Suppl. 1. P. 61–72.
- Martin J.H.* Glacial–interglacial CO₂ change: the iron hypothesis, *Paleoceanography*, 5 (1990) 1–13.
- Morel F.M.M., Reinfelder J.R., Roberts S.B., Chamberlain C.P., Lee J.G., Yee D.* Zinc and carbon co-limitation of marine phytoplankton, *Nature* 369 (1994) 740–742.
- Nikulina T.V.* New records of algae from Khanka Lake basin (Primorsky region, Russia) // *Ancient lakes: speciation, development in time and space, natural history: abstr. Irkutsk*, 2002. P. 122.
- Nikulina T.V.* Green (Chlorophyta) and blue-green (Cyanophyta) algae of the Khanka Lake basin // *Phytogeography of Northeast Asia: tasks for the 21st century: abstr. Vladivostok*, 2003. P. 65.
- Nikulina T.V., Medvedeva L.A.* Chapter 16. Diatoms of the southern part of the Russian Far East (2019). In: *Diatoms: Fundamentals & Applications.* J. Seckbach and R. Gordon (eds.). Wiley-Scrivener, Beverly, MA, USA. 2019. Vol. 1. P. 355–389.
- Pantle F., Buck H.* Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse // *Gas- und Wasserfach*, 1955. Bd 96, N18. 604 S.
- Riggs R. D.* Worldwide distribution of soybean-cyst nematode and its economic importance // *J. Nematol.* 1977. Vol. 9. № 1. P. 34–39.
- Salyuk P., Bukin O., Alexanin A., Pavlov A., Mayor A., Shmirko K., Akmaykin D., Krikun V.* Optical properties of Peter the Great Bay waters compared with satellite ocean colour data // *International Journal of Remote Sensing.* 2010. Vol. 31, № 17–18. P. 4651–4664.

-
- Sfakianakis D.G., Renieri E., Kentouri M., Tsatsakis A.M.* Effect of heavy metals on fish larvae deformities: a review // *Environmental Research*, 2015. 137. P. 246–255.
- Sládeček V.* Diatoms as indicators of organic pollution // *Hydrochim. hydrobiol.* 1986. V. 14. N 5. P. 555–566.
- Sunda W.G., Guillard R.L.* The relationship between cupric ion activity and the toxicity of copper to phytoplankton, *J. Mar. Res.* 34 (1976). P. 511–529
- Swift E.* Cleaning diatoms frustules with ultraviolet radiation and peroxide // *Phycologia*. 1967. V. 6. N 2/3. P. 161–163.
- Usoltseva M.V., Nikulina T.V., Yuryev D.N., Likhoshway Ye.V.* Rimoportulae of the sporulating *Aulacoseira islandica* (O. Müll.) Sim. (Bacillariophyta) from the water bodies of Siberia and the Far East // The living diatom cell. 100 years A.P. Skabichevsky Memorial: abstr. of the Intern. Symposium. Russia, Irkutsk, 2004. P. 104–105.
- Van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J.* A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // *Netherlands J. Aquat. Ecol.* 1994. V. 1. N 28. P. 117–133.
- Walker M.J.C., Berkelhammer M., Björck S., Cwynar L.C., Fisher D.A., Long A.J., Lowe J.J., Newnham R.M., Rasmussen S.O., Weiss H.* Formal subdivision of the Holocene Series/ Epoch: a discussion paper by a Working Group of INTIMATE (Integration of ice-core marine and terrestrial records) and the Subcommittee on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy). *J. Quat. Sci.*, 2012. Vol. 27. P. 649–659.
- Wang J., Ni H., Wang L., Zhang Y., Chen G., Liu S.* Study on Water Threshold Value of Protection of Lake Wetland Ecosystem Health—Using Xinghai Lake as an Example // Dong W., Lian Y., Zhang Y. (eds.) *Sustainable Development of Water Resources and Hydraulic Engineering in China*. Environmental Earth Sciences. Cham: Springer, 2019. P. 127–138.
- Xangcan Jin.* // *Lakes in China*. V. 2. China Ocean Press. 1995. P. 58–69.
- Xu H.* Modification of normalized difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery // *International Journal of Remote Sensing*. 2006. Vol. 27. No. 14. P. 3025–3033.
- Yu X., Zheng S., Zheng M., Ma X., Wang G., Zou Y.* Herbicide accumulations in the Xingkai lake area and the use of restored wetland for agricultural drainage treatment // *Ecological Engineering*, 2018. Vol. 120. P. 260–265.

Электронные ресурсы

- База данных показателей муниципальных образований РФ. http://www.gks.ru/free_doc/new_site/bd_munst/munst.htm (дата обращения: 01.03.2019)
- Бортин Н.Н., Горчаков А.М., Кролевецкая Ю.В.* Причины и последствия аномального роста уровня воды в озере Ханка // *Водные и экологические проблемы, преобразование экосистем в условиях глобального изменения климата: VI Дружининские чтения: материалы Всероссийской конференции с международным участием. 28–30 сентября, Хабаровск. Хабаровск, ИВЭП ДВО РАН, 2016. С. 16–19.*
- Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг. Владивосток. URL: <https://www.primorsky.ru/>. (дата обращения 11.02.2019).
- Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2017 году. 2018. Владивосток. 233 с. <http://444fa69f481621fa643852c5e8415a97.pdf> (дата обращения 15.04.2018)
- Итоги социально-экономического развития городского округа Спасск-Дальний за 2018 г. http://spasskd.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=9689&Itemid=50 (дата обращения: 06.05.2019).
- Молокоедова Е.А.* Приморская погода: Экологическое состояние озера Ханка, 2002. https://primogoda.ru/news/ecology/ekologicheskoe_sostoyanie_ozera_hanka
- Научно-популярная энциклопедия «Вода России» (<http://water-ru.ru/>) // Гречушников М.Г.
- Озеро Ханка. Водно-болотные угодья России. Т. 5. Составитель: Глуценко Ю.Н. <http://www.fesk.ru/wetlands/298.html> (дата обращения: 08.04.2019)

-
- Подосёнова О., Сливяк В.* Уголь России: влияние на окружающую среду и человека. “Экозащита”, 2003. <https://ecdru.files.wordpress.com/2014/09/coal.pdf>
- «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01». М.: Минздрав России. 2002. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> (Дата обращения 04.03 2019).
- Приказ Федерального агентства по рыболовству от 18 января 2010 г. № 20 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/>. Дата обращения 19.10.2017.
- Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство, динамические таблицы. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Приморскому краю http://primstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/primstat.ru/statistics/enterprises/agriculture/ (дата обращения: 07.05.2019)
- Cui Z.* A Study of City Branding on the Chinese Resource-based Cities, 2018. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Aa8d58d66-82cc-4a7a-933e-4b4b409e662a> (дата обращения: 4.06.2019)
- Guiry M.D., Guiry G.M.* AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 28 October 2014.
- Sentinel-2, Remote sensing Data <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата обращения: 01.03.2019)
- Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U.* Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universitat zu Köln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Köln: 2005, 2007. <http://www.calpal-online.de>.
- www.agro-investor.ru. 2011. Компания Сингента займется разработкой нового препарата для борьбы с нематодами // Новости сельского хозяйства. – Агро Запорожье.
- Сайт в интернете <https://www.primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/docs> (дата посещения 15.07.2019).
- <https://tass.ru/obschestvo/2420887>
- https://ru.wikipedia.org/wiki/Приханкайская_равнина
- <http://water-rf.ru>
- <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ханка>
- <http://rp5.ru>
- <https://ipad.fas.usda.gov>
- <http://www.pogodaiklimat.ru/>
- <http://www.primgidromet.ru/>

Неопубликованные материалы

1. Аднагулов Э.В., Маслова И.В. Дальневосточная черепаха в Приамурье: быть или не быть / Отчет по гранту USAID Sourc Agreement № 118-A-00-95-00303-00/WWF Agreement № LR 19. Хабаровск. 2001. 22 с.
2. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2001 г.
3. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2002 г.
4. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2003 г.
5. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2004 г.
6. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2005 г.
7. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2014 г.

ABSTRACT

ТЕЗИСЫ

STUDY OF THE HYDROLOGICAL REGIME AND HYDROCHEMICAL STATE OF KHANKA LAKE

Yu.N. Zhuravlev, S.V. Klyshevskaya

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: klyshevskaya@biosoil.ru*

An extensive amount of information about the hydrological regime of Lake Khanka, especially about its current stage, has been collected. The alleged cause of the current increase in the water level in the lake was a combination of natural and anthropogenic factors. Recent data indicate that changes may be expected in the dynamics of the lake's water balance. The shallowing of the lake in the next year or two cannot be expected. The volume of water in the lake reached in recent years gives a reserve of its expenditure for the next years. In order to avoid critical situation related to extreme rise and fall of the water level in the lake, on the territory of, the territory of the Khanka lowlands it is necessary to urgently begin to create a network of hydraulic structures capable of damping negative scenarios of the water regime of the territory.

ANTROPOGENIC ACTIVITY IN THE KHANKA LAKE BASIN AS THE MAIN FACTOR OF THE WATER REGIME VIOLATION

N.N. Bortin, A.M. Gorchakov, Y.V. Krolevetskaya

*Russian Research Institute for Integrated Use and Protection of Water Resources, Far Eastern Branch (DalNIIVKh)
E-mail: nbortin@mail.ru*

This article focuses not only on the causes of a sharp increase in the level of the lake, but also on the consequences on the Russian territory caused by anthropogenic activities in the lake basin in the PRC. The dynamics and trend of annual precipitation and the average annual water level in Lake Khanka, as well as the dynamics of economic activity in the lake basin are shown. The scheme of placement of water-regulating structures on the spit and the scheme of cutting off the lower part of the Mulinhe River in the area of Hubei village are presented.

The dynamics of the average monthly water levels for 2016–2018 is shown, which mainly now depends on the water content of the Mulinhe River. To forecast the average annual level for 2019, the parameters of the multipliers correlation equation between the average level in the year and two variables (precipitation per lake and the level in the lake at the beginning of the year) have been clarified.

THE MAIN GEO-ECOLOGICAL PROBLEMS OF THE KHANKA LAKE BASIN AND THEIR MANIFESTATION IN ECONOMIC ACTIVITY

**P.Ya. Baklanov¹, A.N. Kachur¹, A.N. Makhinov², V.V. Ermoshin¹, S.I. Kozhenkova^{1,3},
A.N. Bugaets¹, Yu.P. Sushitsky³, V.B. Bazarova¹, V.V. Shamov¹, V.I. Kim²**

¹ *Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Science; pbaklanov@tigdvo.ru;
kachur@tigdvo.ru*

² *Institute of Water and Ecological Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;
³ Khankaiskii Biosphere Reserve*

An increase in the water level in Lake Khanka since 2013 has resulted in large-scale flooding of the surrounding area, which has had a significant negative impact on the condition of the shores. On the western

coast of the lake, storms activated abrasion processes. By 2018, the height of the coastal ledges in some places exceeded 10 m, and the destruction of the banks continues as a result of numerous landslides from steep ledges. On the southern and eastern shores of the lake, the mouths of the rivers and lowlands were flooded, including floodplains, swamps, and meadows with sedge, reed grass and forb. Flooding resulted in destruction of residential buildings in adjoining settlements and the infrastructure of Khankaikskii Biosphere Reserve. Analysis of geoecological problems indicates the need to organize comprehensive research within the framework of a special research project aimed at developing and implementing of an international Plan for the development and management of sustainable nature management in the entire transboundary basin of Lake Khanka.

ABRASION-ACCUMULATIVE PROCESSES ON THE SHORES OF KHANKA LAKE AT HIGH STANDING WATER LEVELS

A.N. Makhinov, V.I. Kim, D.V. Matveenko

*Institute of Water and Environmental Problems of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: amakhinov@mail.ru*

The activity of modern abrasion-accumulative processes in different parts of the coastal zone of Lake Khanka as a result of rising water levels has been revealed. An assessment is made of the dynamics of various banks that have experienced the effect of a catastrophic rise in water levels in 2013–15. It has been established that the rise of the water level in the Khanka Lake intensified the erosion of the shores on the west coast, which led to the destruction of houses, communications and various economic structures. Large areas were flooded and the groundwater level rose on the eastern shore of the lake. The features of the transformation of abrasion coasts after the cessation of the impact of wind waves with a decrease in water levels in recent years are revealed. For the first time, data are presented on the activity of coastal erosion during the period of maximum transgression of the lake.

GNSS OBSERVATIONS OF THE EARTH'S CRUST MOVEMENTS IN THE KHANKA LAKE BASIN

A.G. Kolomiets, M.D. Gerasimenko, N.V. Shestakov

*Institute of Applied Mathematics Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: kolm@iam.dvo.ru*

Performed preliminary analysis of GNSS data on Lozanovskii hill, Khanka lake. It is concluded that the connection between the rise of the water level in the lake and the lowering of the GNSS point from August 2018. In order to clarify the geodynamic situation in the region it is planned to use the GNSS point of continuous observation, established at the end of 2018 in the village of Kamen-Rybolov, and the gravimetric data GRACE.

HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF KHANKA LAKE DURING THE PERIOD OF EXTREME WATER LEVEL

A.S. Vazhova, V.I. Matveev, O.O. Kataykina

*Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Pacific branch (TINRO)
E-mail: vladimir.matveev@tinro-center.ru*

Results of chemical parameters observations in Lake Khanka in 2016–2018 to monitor its water quality for fisheries are presented. The surveys were conducted in conditions of extremely high level of the lake, with recent lowering of the level. The temperature patterns did not change from year to year, in

general, with its heightening in 1–2 °C in 2018. The nutrients and dissolved oxygen values were controlled by productivity processes. The phytoplankton blooms occurred even in winter under the ice, therefore the dissolved oxygen content in the lake water is high in winter. However, the oxygen content was slightly lower in the winter of 2016–2017, when the lake level was the highest, that winter was distinguished by lower silicon content, as well. Biological oxygen demand (BOD₅) values were high in winter, too (up to 6.53 ml/l) that indicated an active destruction of organics. The nutrients changed their ratio seasonally because of different sources of nutrients in certain seasons, but generally their values and ratio had no any considerable year-to-year variations and the year 2016 with the maximum level of the lake did not differ on average from the years 2017 or 2018. The highest concentrations of mineral nitrogen and phosphorus were observed in autumn, probably due to water discharge from the rice plantations. There is concluded that high values of nutrients concentration, BOD₅, and suspended matter content are typical for Lake Khanka and were not reasoned by its level elevation.

MINERALIZATION AND SALT COMPOSITION OF THE KHANKA LAKE WATERS: LONG-TERM DYNAMICS

V.P. Shesterkin

*Institute of water and ecology problems Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: shesterkin@ivep.as.khb.ru*

The long-term dynamics of the composition of salt in the water of Lake Khanka was studied. The spatial and seasonal variability of the content of major ions and the values of salinity are considered. An increase in the concentrations of the major ions in the lake water, due to the intensification of economic activities on the catchment area and features of the hydrological regime, was noted. A relatively homogeneous distribution of the content of major ions over the water area is shown. It was established that in the summer-autumn period of 2008–2012 the content of chloride ion in the water of the Sungacha River flowing from the lake increased 2.0 times as compared to 1957–58, the salinity value - 1.4 times. An assumption was made about further increasing of Lake Khanka salinity and transforming the chemical composition of its waters in the event of a decrease in the carrying capacity of the Sungacha River.

ON CHANGES IN THE DISTRIBUTIONS OF COLOR CHARACTERISTICS OF THE KHANKA LAKE WATER FROM SATELLITE DATA

E.A. Shtraikhert, S.P. Zakharkov

*V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: straj@poi.dvo.ru*

In consequence of the existing ecological problems of the Khanka Lake Basin area, such as: pollution by the organic and biogenic substances, destruction of the shores and gradual siltation of the lake, air pollution in the process of mining and processing mineral resources, it was considered the possibility of monitoring the area using satellite data on water and atmosphere colour to obtain information on changes of the biogeochemical processes of reservoir, the aerosol optical thickness, runoff of terrigenous suspension from the coast according to available observations for 2018. The temporal series of water and atmosphere colour characteristics distributions is analyzed (chlorophyll-a concentration (chl), water reflectance coefficient, designed to study the chlorophyll-a fluorescence (Rrs), coefficient of light absorption by detritus and yellow matter (a_{dg}), content of total suspended matter (tsm), aerosol optical density (aot)), reflecting the contents of phytoplankton, organic matter, suspended matter and atmospheric pollution, from the OLCI radiometer, which is onboard the Sentinel-3 satellite. It is noted that the seasonal changes of biogeochemical state influenced by the certain hydrometeorological conditions, the appearance of the organic and suspended matter runoff from the coast, the atmosphere pollution caused, probably, by organic dust on the satellite water colour characteristics distributions for the Khanka Lake are traced. Features of the waters colour characteristics distributions of the formed under the influence of seasonal changes in

hydrometeorological conditions are highlighted. For quantitative satellite chl estimates their correction by means of field measurements implemented at different hydrometeorological conditions is necessary, since the contribution of the optically active components to the water reflectance signal changes. Thus, the presented satellite water color characteristics distributions can be used to monitor the changes of the biogeochemical lake state (phytoplankton bloom, revealing flows of the colour dissolved organic matter and terrigenous suspension) and atmospheric pollution, and for estimating the primary production of the reservoir if chl estimates correction by field measurements was implemented.

DEVELOPMENT OF ECOSYSTEMS IN THE EASTERN SECTOR OF THE PRE-KHANKA PLAIN DURING THE LATE PLEISTOCENE CRYOCHRON (MIS 2) AND IN EARLY HOLOCENE

P.S. Belyanin, N.I. Belyanina

Pacific Geographical Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences

E-mail: pavelbels@yandex.ru

By the palynological data, by the results of the diatom and carpological analyses substantiated by the results of radiocarbon dating of the sediments in the Sungacha and Spasovka river basins the Eastern Sector of Pre-Khanka Plain, the development of the vegetation in the glacial epoch of Late Pleistocene (MIS 2) and Early Holocene was restored. In the cryohygrotic phase of the Pleistocene (MIS 2), the income component of the water balance caused by an increase in the amount of precipitation and a decrease in evaporation increased. Great areas of lowland plains were flooded and periodically turned into a single floodplain massif. This regime with the appropriate climatic conditions maintained for many years. Series of fresh waters, shallow ponds, and marshy ecosystems was widespread on the place of the modern lake. But the depth of the water layer unlikely exceeded 0,5 m on the flooded area. This depth was not the barrier for growth of hydrophyte plants. They contributed to sedimentation of material from turbid suspensions and served as a refuge for diatoms and epiphytic algae. This is confirmed by the composition of the diatom flora. The inhabitants of freshwater, highly humified shallow water bodies with a slow flow of water dominate in its composition. Planktonic forms are practically absent, and the composition of diatom flora is cold-loving. In this epoch vegetation formations of sphagnum swamp with larch, shrub birch and alfin alder appeared. Sparse dark coniferous forests with spruce Ayan, alder, and willow dominated on the slopes of the mountain frame. Cedar elfin thickets (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) were widely developed on the lighter plots. As a result of warming in the early Holocene, broadleaf plants, such as oak, elm and Korean pine appeared on the slopes of the mountain frame of Pre-Khanka Plain. In this case, sphagnum swamps with shrub birch still existed on the accumulative plains. Forming of the modern view of vegetation began. A modern lake with the typical morphological elements, such as walls, lagoons, and spits appeared later.

BALANCE MODELING OF THE WATER LEVEL VARIATIONS OF KHANKA LAKE

Yu.I. Zuenko, A.S. Vazhova

Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Pacific branch of FSBSE «VNIRO» (TINRO)

E-mail: zuenko_yury@hotmail.com

Interannual variation of the water level in Lake Khanka are modeled using the balance between precipitation in its basin, evaporation, and water discharge through the Sungacha River. The Lake is located at the border between Russia and China and is known by considerable natural variations of its level. The balance model was rather realistic ($R^2=0,831$) until 2010, when some new source of water had appeared. Since that time, the water income to the lake does not correlate with the precipitation volume that confirms the hypothesis proposed by Bortin and Gorchakov (2016) about artificial water transfer to Lake Khanka from the basin of Mulin River (China). Deflections of the real water level from the modeled values are

interpreted as the result of this water transfer that is estimated about 1.0 km³/year in 2014–2017. This additional water income caused the level anomalous rising up to 0.5 m in 2015–2016 when the highest level of the Lake was observed for the history of its observations.

THE CURRENT STATE OF THE KHANKA LAKE WESTERN COAST

V.B. Bazarova, R.A. Makarevich, E.P. Kudryavtseva

*Pacific Geographical Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: bazarova@tigdvo.ru*

The paper considers the current state of western coast of Khanka Lake. Description of sediments composing the coastal zone and vegetation is given. The modern rise of water level in Khanka Lake has led to the intensification of abrasion and landslide processes on coast from the mouth of Vtoraya Rechka River and to the Kamen-Rybolov Village. The rise of the water level in the Lake led to a number of problems in life-sustaining coastal settlements. To conserve biodiversity as vegetation and populations of plant species this process is not catastrophically.

ESTIMATION OF THE WATER QUALITY OF KHANKA LAKE BY THE LEVEL OF NUTRIENTS AND ORGANOCHLORINE PESTICIDES CONCENTRATION

S.I. Kozhenkova

*Pacific Geographical Institute Far East Branch of the Russian Academy of Sciences
Khankaiskiy Biosphere Reserve, Spassk-Dalniy
E-mail: svetlana@tigdvo.ru*

State monitoring data on the content of organochlorine pesticides in the water of the Khanka Lake before 2005 and after 2012 indicate a decrease in DDT and HCH concentrations due to cessation and / or reduction of their use in the catchment area. However, ammonia concentration in water has increased as a result of agricultural activity intensification in recent years. Pollution of big and small rivers flowing into the Khanka Lake from sewage of new large livestock farms and fertilizer washout from the fields are the most likely reasons for the increase of dissolved inorganic nitrogen. Measures to prevent pollution of the lake from agricultural facilities should be applied in a timely manner.

ESTIMATION OF THE TRACE ELEMENTS CONTENT IN THE SURFACE WATERS OF KHANKA LAKE

M.V. Simokon, L.T. Kovekovdova, I.S. Narevich

*Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Pacific branch of FSBSE «VNIRO» (TINRO)
E-mail: mikhail.simokon@tinro-center.ru*

Level of trace metal concentrations in the surface water layer of Hanka Lake was evaluated. Water samples were sampled in May, July 2017 and May, September 2018 on the 41 stations. Concentrations of Be, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Ag, Cd, Sb, Ba, Tl, Pb were determined by mass-spectrometry with inductively coupled plasma method. Acquired data showed the pattern of spatial distribution of trace elements in the water and particulate matter of Hanka Lake and gave the information on probable sources of metal influx in the water body. It was concluded, that elevated concentrations of trace metals in the lake water were due to high load of terrigenous matter entering in the lake basin due to season flood and the process of adsorption – desorption of elements from the particles surface. Anthropogenic load also play significant role in the elevation of trace element concentrations

ENERGY CONDITIONS OF FORMATION AND ENERGY RESERVES IN SOILS OF NATURAL AND AGROGENIC LANDSCAPES OF THE KHANKA LAKE LOWLAND

L.N. Purtova

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: purtova@biosoil.ru*

In natural and agrogenic landscapes of various hydrothermal provinces of Khanka lowland was investigated hydrothermal and energy conditions for the formation of soils. The differences in the ratio of energy consumption for soil formation and energy associated with the content of soil humus are revealed. In the Khankai hydrothermal province (the territory adjacent to the lake Khanka) very high rates of energy storage in dark humus gley bleached soils associated with the humus content in the layer of 20 cm (Q_h), which is characteristic of soils of hydromorphic series. This is due to waterlogged soils and inhibition of the processes of transformation of organic matter. The brown earth bleached indicators Q_h decreased. Due to increased organic matter transformation processes, humus content decreased in the horizon AU. Energy reserves corresponded to the level of low values. Due to the greater humus content of the upper part of the dark humus gley soils, compared with bleached brown soils, the ratio of energy consumption for soil formation (Q_1) and energy accumulated in the 20 cm soil layer (Q_h) decreased from 9.80 to 3.27. In different hydrothermal provinces, agrogenic soils differed significantly in terms of both Q_g and Q_1 / Q_h . In agrogenic soils, due to the decrease in humus content, energy reserves were reduced. Higher indices of energy reserves are characteristic of agrogenic alluvial gray-humus soils due to silting of surface horizons. Energy parameters of agrogenic soils adjacent to the territory of the lake Khanka included in the Khanka hydrothermal provinces, as a rule, achieved the lowest values (from 373 to 458 million kcal/ha), indicating a low content of humus and unstable ecological conditions.

MORPHOLOGY AND TAXONOMY OF SOILS OF THE "KHANKAISKY" NATURE RESERVE ("ZHURAVLINY" AND "CHERTOVO BOLOTO" CLUSTERS)

E.A. Zharikova, O.M. Golodnaya

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: ejarikova@mail.ru*

Field works made it possible to specify the composition of the soil cover in the western and south-western part of the Khankaiskiy Nature Reserve and adjacent territories (Primorie region). 6 soil types have been described in this region, and their morphology has been studied. Several major pedogenic processes predominate: humus-accumulative process, leaching, bleaching, argillization, gleying, and solodization. Typical burozems are formed on elevated elements of topography under broadleaved forests growing on well-drained loose gravelly substrat reserve buffer zone. Podzolised-brownzems are formed on elevated elements of topography on the upslope and middle slope positions. These soils develop under the canopy of broadleaved (alder, oak) or mixed forests from loamy or clayey parent materials with the low infiltration capacity in reserve buffer zone. Alluvial meadow soils are formed in mesodepressions of floodplains under forb-reed grass-sedge meadows and willow trees. Meadow-boggy soils are found in the hollows on the slopes of local ridges and develop under conditions of impeded drainage and seasonal overmoistening of the soil under sedge-reed grass, or forb-reed grass meadows and heavy-textured parent materials. Bog-mud soils are widespread in the reserve. They are formed in floodplains in shallow depressions of relief on alluvial deposits of heavy under marsh vegetation, sometimes under willow. Experiencing constant water-logging. Aquasemes are developed in constant flooding under sedge bogs, on the site of abandoned rice systems, under the swamps on the rocks of heavy texture. Hydromorphic soils, both natural and disturbed as a result of anthropogenic activity, predominate in the soil cover of the "Crane" and "Devil's Swamp" sections. Some soils that are missing in the new classification system of Russian soils were identified. It is suggested that they should be included in this classification system.

THE MAIN WETLAND SOILS OF PRIMORYE
(ON THE "KHANKAISKY" NATURE RESERVE EXAMPLE)

O.M. Golodnaya, E.A. Zharikova

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: omgolodnaya@mail.ru*

Results of inventory count of soils of the national natural park Khanka are provided. The systematic list of soils of the reserve is constituted. The areas of the most widespread soils of the reserve on the basis of the soils map of scale 1:500000 are counted. The main wetland soil types of the reserve are meadow-boggy, alluvials swamp meadow, bog-mud, alluvials meadow and alluvials acid. Accumulative-humus, peat accumulation and gleying processes are dominated among the main elementary soil-forming processes. The reserve's soils are standards – objects of monitoring and samples for comparison with anthropogenically transformed analogs.

EROSION STATE OF SOILS IN THE KHANKA LAKE BASIN

O.M. Golodnaya, V.I. Oznobikhin

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: omgolodnaya@mail.ru*

Characteristic of an erosive conditions of soils of farmlands of the basin of the Lake Khanka of the territory of Primorsky Krai is given in article. Significant dismemberment of the relief, poor erosion resistance of the soil, storm rainfall, the location of farmland, in most cases, on the slopes led to the active development of erosion processes when plowing the soil in the region. Disturbance or lack of vegetation cover is one of the prerequisites for the formation of foci of erosion. Calculation of the widespread erosive centers of a different species carried out for administrative regions and in general for the pool. The analysis of the obtained data showed that it is possible to divide three groups of districts on erosive conditions in the Russian part the basin of the Lake Khanka. The Khorolsky and Mikhailovsky districts are most susceptible to erosion, a little less, but significantly, to the Pogranichny, Chernigovsky and Spassky. The Khanka district is eroded to a lesser extent.

EARTHQUAKES IN PRIMORYE AND AMUR REGION

S.V. Klyshevskaya

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences
E-mail: klyshevskaya@biosoil.ru*

In the course of work on a project to study the hydrological regime of Lake Khanka, we compiled a catalog of earthquakes in the Amur and Primorye in general and the Khanka lowland, in particular, for the entire history of observations (from 1865 to 2016). It was noted that the periods of rise and fall of seismic activity in the territory of the Khanka Lowland coincided with extreme changes in water levels in Lake Khanka.

ESTIMATION OF STREAMS WATER QUALITY LOCATED
IN THE SPHERE OF INFLUENCE OF THE TPD "MIKHAILOVSKY" PIG FARMS
(SPASSKY DISTRICT, PRIMORSKY TERRITORY)

Vshivkova T.S.^{1,2,3}, Klyshevskaya S.V.¹, Drozdov K.A.⁴, Klyshevsky S.V.¹

¹Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS

²Far Eastern Federal University, Institute of World Ocean

E-mail: vshivkova.tse@dyfu.ru; more301040@gmail.com

³Vladivostok State University of Economics and Service

⁴G.B. Elyakov Pacific Institute of Bioorganic Chemistry FEB RAS

E-mail: drovsh@yandex.ru

In May and October 2018, the watercourses of the Spassky district located near the enterprises of the Mikhailovsky TOR were investigated: Kuleshovka, Spasovka Rivers and streams flowing from the territories of pig farms. Ecological assessment of the water condition on chemical, microbiological, sanitary-hygienic and hydrobiological indicators was carried out. The results showed that the water quality of the streams flowing down from the Mikhailovsky pig farms is unsatisfactory and does not meet sanitary, hygienic, and microbiological standards. A significant deterioration in the water quality of the Kuleshovka River was revealed below the confluence of sewage streams from pig farms into it in terms of suspended solids, ammonia, nitrate nitrogen, organic and mineral phosphorus, permanganate oxidability; microbiological indicators exceed the norms by hundreds or even thousands of times. The data obtained indicates the presence of organic pollution, both "fresh" and "old" (long-term). Environmental violations are also confirmed by a sharp decline in the biodiversity of aquatic invertebrates, degradation of bottom communities, in which the dominance of pollution-resistant species is noted. The Kuleshovka River carries polluted waters into the Spasovka River, which flows into Lake Khanka and, consequently, affects the state of protected water areas and the entire wetland complex of the Lake Khanka basin.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE NORTHERN CHINESE
SOFTSHELL TURTLE (*PELODISCUS MAACKII* (BRANDT, 1857)) POPULATION
AND ITS BREEDING GROUNDS AT KHANKA LAKE

I.V. Maslova

Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity

Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences

E-mail: irinarana@yandex.ru

The largest population of Northern Soft-shelled Turtles *Pelodiscus maackii* in Russia inhabits Khanka Lake basin (southern part of the Russian Far East). This species is listed in the Russian Red Book as rare with a continuously shrinking range. Two new negative factors have appeared at breeding sites of turtles over recent years (2015–2020): an increasing recreational load (in connection with a government program of land's free distribution) and catastrophic flooding on Khanka Lake. The basic breeding grounds of turtles in protected areas were flooded. Our research showed that 90 % of the remaining sand spits on the western coast of Khanka Lake are actively used as places of rest. The combination of these factors has led to a sharp decline the number of nesting sites of turtles. We discovered only four not flooded sites with low anthropogenic pressure, where there is potential for successful reproduction of turtles. On rivers of Khanka Lake basin optimal conditions for breeding of the Northern Soft-shelled Turtles are only on their mouth part. In addition to the mass death of eggs in clutches due to flooding over the past four years, a decrease in the number of young and subadult turtles has been recorded. In base breeding site in Khankaisky Nature Reserve the gradual displacement of turtles from spawning areas by bird colonies (nesting grounds of the Mongolian gulls and Great cormorants) was noted, which is due to the limited total resource-breeding territory because of the flooding. The increased number of otters on the territory around Khanka Lake over the past decade is an additional pressure on the local population *P. maackii*. It is necessary to initiate key measures to protect turtle's nests from human-induced and natural threats.

CHARACTERISTICS OF PERIPHYTON DIATOM COMMUNITIES
AND WATER QUALITY ASSESSMENT OF SPASOVKA RIVER (KHANKA LAKE BASIN)

T.V. Nikulina

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: nikulina@biosoil.ru*

The results of studying the species diversity of diatoms in the Spasovka River belonging to the Khanka basin (1996–1997) are presented. The taxonomic composition of the diatom flora of Spasovka River includes 172 species (186 taxa of intraspecific rank). Complexes of dominant and subdominant species of diatoms were found in periphyton communities, complexes are represented by taxa: *Nitzschia frustulum*, *N. palea*, *N. nana*, *N. aff. scalpelliformis*, *Melosira varians*, *Gomphonema acuminatum*, *Cocconeis placentula* var. *euglypta*, *Luticola mutica*, *Aulacoseira ambigua*, *A. granulata*. Ecology-geographical characteristic of the diatom flora of Spasovka River shows that most species are benthic (74,2 % of the total number of identified species), in relation to salinity most species would be classified as indifferent (57,5 %), in relation to the pH, the alkaliphil species were most common (46,2 %), in terms of geographical distribution, the 63,4 % of the species would be classified as widespread or cosmopolitan, and oligo- and betamesosaprobionts were the most representative indicators of water saprobity – 32,3 % and 28,5 %, respectively. Assessment of water quality (by Pantle-Buck's method as modified by Sládeček): Spasovka River's natural waters are classified as clean and belong to II class of water quality.

DISTRIBUTION OF THE SOYBEAN CYST-FORMING NEMATODE *HETERODERA GLYCINES*
ICHINOHE, 1952 IN THE KHANKA LAKE LOWLAND (POGRANICHNY DISTRICT)

T.V. Volkova

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity
of Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
E-mail: volkova@biosoil.ru, kazachenko@biosoil.ru*

The nematode *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 was first discovered in Japan in 1916. In the Pogranichny district, 26502 hectares of arable land under soybeans in 6 farms were examined. The results of the analysis of 1267 average samples showed that 7095 hectares were infected with soybean nematode, which made up 26.7 % of the surveyed sown areas.

DISTRIBUTION OF THE SOYBEAN CYST-FORMING NEMATODE *HETERODERA GLYCINES*
ICHINOHE, 1952 IN THE KHANKA LAKE LOWLAND AND THE USSURI RIVER BASIN
(KIROVSKY DISTRICT)

I.P. Kazachenko

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity of Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences
E-mail: kazachenko@biosoil.ru*

The nematode *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 was first discovered in Japan in 1916. During the survey in 10 farms of the Kirovsky district, a total of 6667 hectares were surveyed; 3672 soil samples were taken in the fields, 306 average soil samples were analyzed. Cyst-forming soybean nematode was found on the fields of eight farms on a total area of 1731 hectares, which accounted for 26 % of the surveyed areas.

ANALYSIS OF CURRENT LAND USE STRUCTURE IN THE KHANKA LAKE BASIN USING REMOTE SENSING DATA

K.Yu. Bazarov¹, E.G. Egidarev^{1,2}, N.V. Mishina¹

¹Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences

²World Wildlife Fund (WWF), Amur Branch

E-mail: mishinata@yandex.ru

The paper presents the first results of the analysis of the transboundary Khanka Lake Basin's land use map compiled on the base of remote sensing data using geo-information systems. The map reflects the distribution of 12 land categories in the Khanka Lake basin in 2017 (arable land, paddy field, abandoned paddy field, shrubs and sparse growth, forest land, open pit, settlements, meadows and pastures, wet meadows and marshes, water bodies, forest cuttings and fires). The data of land use structure in the whole Lakes' watershed, in its Russian and Chinese parts are given. Data on the distribution of different land categories on the administrative territories of the rank of districts (Russia) and counties (China) are also presented. It is shown that the data of the land cultivated in 2017 (arable land and rice fields) obtained during the mapping have similar values with statistical data of the sown areas. For statistical data, the present-day sown areas in the Russian part of the Khanka Lake Basin are at the level of the second half of the 1990s-early 2000s. We suggested that the modern structure of the land use is also similar to the structure of the specified period. Literary data partly confirm this suggestion. There are two main important directions of further research development. First direction is the expansion of the 2017 land use map to the Chinese territory (in order to cover the whole Mishan County). And the second direction is the creation of land use maps for the late 1980s-early 1990s and/or for the second half of the 2000s for assessing the dynamics of land use structure in the Khanka Lake Basin on the unified geo-information basis.

WATER RESOURCES, WATER USE, AND SURFACE WATER QUALITY IN THE KHANKA LAKE BASIN

L.V. Gorbatenko

Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

E-mail: glv@tig.dvo.ru

The water resources of the Khanka Lake basin, water usage indicators, including pollutant discharge was studied. A territorial analysis has been done and the administrative districts in which the impact on water bodies due to a point discharge of polluted wastewater is greatest were identified. The structure of discharged polluted wastewater by some ingredients was considered. River water quality was analyzed using data of Primorskii administration of hydrometeorology and environment monitoring. Most territories of the Khanka Lake basin uses underground waters as a main source of water supply for population. But in some areas the water does not meet the regulatory requirements for iron and silicon concentration. By the economic development the administrative territories of the Khanka Lake basin can be divided into two groups. The first group includes the districts with developed agriculture and the lack of manufacturing industries, the second - areas with the presence of the mining and manufacturing industries. The most water-intensive industry in the basin is rice cultivation. The main polluting impact on water bodies is provided by industrial enterprises that do not have sewage treatment plants. In 2017 water users discharge 1.56 thousand tons of pollutants into water bodies, the largest amount of which falls on suspended and easily oxidizable organic matter. According to integrated assessment carried out using a pollution index, representing the amount of water required to dilute the wastewater to the concentration for fishery watercourses, the greatest polluting impact takes place in the Mikhailovskii, Chernigovskii districts and Spassk-Dalnii city. The most polluted are Kuleshevka and Spasovka rivers. Also one of the most polluted is Nesterovka River below the discharge of wastewaters of Pogranichny town. Thus, there are two

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CURRENT SOCIO-ECONOMIC CONDITION OF THE RUSSIAN AND CHINESE PARTS OF THE KHANKA TRANSBOUNDARY TERRITORY

N.V. Mishina

*Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences
E-mail: mishinata@yandex.ru*

The paper presents the results of comparative analysis of the current socio-economic situation at the Russian and Chinese parts of the Khanka transboundary territory where the watershed of the Khanka Lake is located. We consider the Khanka transboundary territory as a combination of municipal districts of Primorsky Krai of the Russian Federation and counties of Heilongjiang Province of the People's Republic of China. The data for the analysis is the official statistical data reflecting the dynamics of population, GRP, agriculture and industrial production. With a small difference in the areas, the population and production of the Chinese part of the transboundary territory are many times higher than those in the Russian part are. In population number and GRP, the values of indicators of the Chinese territory are comparable to those of the whole Primorsky Krai. Agriculture is a key sector of the economy in half of the considered administrative districts and counties. By all agricultural indicators, the Chinese part of the transboundary territory significantly exceeds the Russian territory, but for most of them, the transboundary gradients decreased by 2017 compared to 2000. This is result of sharp decrease in the majority of agricultural indicators after 2015 and of the stable increase of most indicators of the agricultural sector in the Russian territory in 2000–2017. Set of industries represented in the Russian and Chinese parts of transboundary territory is similar, but the scale of production in the Chinese territory much bigger than in the Russian territory. The scale and intensity of the economic impact on the environment in the Chinese part of the Khanka transboundary territory are significantly greater than the anthropogenic impact on the Russian side and are comparable to the anthropogenic impact experienced by the whole territory of Primorsky Krai.

СПИСОК АВТОРОВ

- Базаров Кирилл Юрьевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Базарова Валентина Батуевна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Бакланов Петр Яковлевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Белянин Павел Сергеевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Белянина Нина Игнатьевна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Бортин Николай Николаевич – Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов
- Бугаец Андрей Николаевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Важова Анна Сергеевна – Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО)
- Волкова Тамара Владимировна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Вшивкова Татьяна Сергеевна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Герасименко Михаил Данилович – Дальневосточный федеральный университет, Институт прикладной математики ДВО РАН
- Голодная Ольга Михайловна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Горбатенко Лариса Вячеславовна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Горчаков Анатолий Михайлович – Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов
- Дроздов Константин Анатольевич – Тихоокеанский институт биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН
- Егидарев Евгений Геннадьевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Всемирный фонд дикой природы (WWF) – Амурский филиал
- Ермошин Виктор Васильевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Жарикова Елена Анатольевна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Журавлев Юрий Николаевич – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Захарков Сергей Петрович – Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН
- Зуенко Юрий Иванович – Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО)
- Казаченко Инна Прокофьевна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Катайкина Ольга Игоревна – Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО)
- Качур Анатолий Николаевич – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
Ким Владимир Ильич – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН

- Клышевская Серафима Владимировна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Клышевский Сергей Викторович – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Ковсковдова Лидия Тихоновна – Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО)
- Коженкова Светлана Ивановна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский»
- Коломиец Андрей Геннадьевич – Институт прикладной математики ДВО РАН
- Кролевецкая Юлия Викторовна – Дальневосточный филиал Российского научно-исследовательского института комплексного использования и охраны водных ресурсов
- Кудрявцева Екатерина Петровна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
- Макаревич Раиса Алексеевна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
- Маслова Ирина Владимировна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Матвеев Владимир Иванович – Тихоокеанский филиал ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО)
- Матвеевко Дмитрий Владимирович – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
- Махинов Алексей Николаевич – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
- Мишина Наталья Васильевна – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
- Наревич Ирина Сергеевна – Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО)
- Никулина Татьяна Владимировна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Ознобихин Владимир Иванович – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Пуртова Людмила Николаевна – Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
- Симоконь Михаил Витальевич – Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО)
- Сушицкий Юрий Петрович – Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский»
- Шамов Владимир Владимирович – Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
- Шестаков Николай Владимирович – Дальневосточный федеральный университет, Институт прикладной математики ДВО РАН
- Шестеркин Владимир Павлович – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН
- Штрайхерт Елена Аркадьевна – Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН

**ТРАНСГРАНИЧНОЕ ОЗЕРО ХАНКА:
современное состояние
и перспективы развития региона**

**TRANSBOUNDARY KHANKA LAKE:
current state and prospects
of development of the region**

Подписано к печати 20.12.2021 г.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Формат 70×100/16.
Усл. п. л. 23,89. Уч.-изд. л. 21,4. Тираж 300 экз. Заказ 13

Отпечатано:
Индивидуальный предприниматель
Мироманова Ирина Витальевна
690106, г. Владивосток, ул. Нерчинская, 42-102

