

Научная статья

УДК 551.8:551.794(571.63)

DOI: 10.35735/26870509\_2022\_11\_2

EDN: AVTNBC

Тихоокеанская география. 2022. № 3. С. 14–26

Pacific Geography. 2022;(3):14–26

## Развитие и современное состояние западного побережья озера Ханка

Валентина Батуевна БАЗАРОВА

bazarova@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8680-554>

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Раиса Алексеевна МАКАРЕВИЧ

mak@tigdvo.ru

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Екатерина Петровна КУДРЯВЦЕВА

katya@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4135-8300>

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Кирилл Юрьевич БАЗАРОВ

kbazarov@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7308-7096>

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Петр Федорович БРОВКО,

peter.brofuko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8506-166X>

Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

Евгений Геннадьевич ЕГИДАРЕВ

egidarev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7244-4207>

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

**Аннотация.** Интерес к оценке современного состояния побережья озера Ханка обусловлен поднятием его уровня в период 2014–2017 гг. В работе представлен краткий обзор палео- и современных данных, полученных при изучении озера Ханка и окружающей его территории в разные годы и разными исследователями. Дан краткий обзор эволюции самого озера. Пластичная глина, подстилающая отложения новокачалинской свиты, вероятно, имеет позднемиоценовый возраст. Это дает основание предполагать, что с конца миоцена на этой территории существовал обширный водоем. Установлено, что максимальный подъем уровня озера сопоставляется с интервалом 8.5–11 тыс. л. н. Во второй половине голоцена озеро Ханка испытало не менее трех регрессивных фаз продолжительностью несколько сотен лет (3.2–8 тыс. л. н., V–VI вв. н. э., XIV–начало XIX в. н. э.) и три трансгрессивные (2.8–3.2 тыс. л. н., VII–X вв. н. э., XV в. н. э.). Приводится обзор по развитию западного побережья озера с описанием отложений на разных высотных участках и локальной растительности. Впервые дано описание мощного оползня, произошедшего весной 2021 г. между падами Вторая речка и Безымянная. Установлено, что современное повышение уровня воды в озере активировало абразионные и оползневые процессы. Показано, что для популяции дальневосточной черепахи (*Pelodiscus maackii*) оно является катастрофическим, тогда как для прибрежного растительного покрова, в том числе и для краснокнижных видов (*Oxytropis chankaensis* Jurtz.) не представляет опасности.

**Ключевые слова:** эволюция озера Ханка, западное побережье, отложения, растительность, *Pelodiscus maackii*.

**Для цитирования:** Базарова В.Б., Макаревич Р.А., Кудрявцева Е.П., Базаров К.Ю., Бровко П.Ф., Егидарев Е.Г. Развитие и современное состояние западного побережья озера Ханка // Тихоокеанская география. 2022. № 3. С. 14–26. [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2022\\_11\\_2](https://doi.org/10.35735/26870509_2022_11_2). EDN: AVTNBC

Original article

## Development and modern condition of the Western coast of Khanka Lake

Valentina B. BAZAROVA

bazarova@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8680-554>

Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Raisa A. MAKAREVICH

mak@tigdvo.ru

Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Ekaterina P. KUDRYAVTSEVA

katya@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4135-8300>

Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Kirill Yu. BAZAROV

kbazarov@tigdvo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7308-7096>

Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia,  
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Peter F. BROVKO

peter.brofuko@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8506-166X>

Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Eugene G. EGIDAREV

egidarev@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7244-4207>

Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia,  
Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Corresponding author: Valentina B. Bazarova, bazarova@tigdvo.ru

**Abstract.** The paper presents a brief overview on the current state of environment on the west coast of Khanka Lake from Turiy Rog settlement to Novokachalinsk settlement in terms of paleogeography. The western shore of the lake is more indented than the east one. Several capes and peninsulas stand out here. There are two opinions about Khanka Lake age. The first is that the lake has existed since the Miocene. It is assumed that from the end of the Miocene there was a vast water body in this area. The second opinion is that the lake has existed from the end of the late Pleistocene. Maximum rise of the level of Khanka Lake occurred during 8.5–11 ka BP. In the second half of the Holocene Khanka Lake experienced at least three regressive phases by duration of several hundred years (3.2–8 ka BP, V–VI CE, XIV–beginning of XIX CE). There are three transgressive phases in late Holocene (2.8–3.2 ka BP, VII–X CE, XV CE). The west coast of Khanka Lake, between the settlements of Turiy Rog and Novokachalinsk, is an abrasive ledge with a narrow intermittent strip of sand and pebble beach. Description of sediments in different high-altitude areas on this stretch of coast is carried out. The outcrop of the Novokachalinsk Formation, composed of a gravelly-sand layer, disappears to the north of the Beloglinyanny Cape. There is a large pocket filled with medium and large pebbles up to 10 cm in size with a high degree of roundness to the right of this outcrop. The accumulation of these sediments took place in situation of sufficient dynamic activity. It is believed that

pebbles have a Pliocene age and were formed in the deltas of mountain rivers that flowed into the Paleo-Khanka. Such a large river could be palaeo-Mulinkhe. The plastic clay underlying the sediments of the Novokachalin Formation probably is of a late Miocene-Early Pliocene age. The next description of deposits was made near the mouth of the Bolshie Usachi River. These sand deposits are the northern boundary of the accumulative bank stretching from the mouth of the Komissarovka River to the mouth of the Bolshie Usachi River. This bank is of a medieval age. The modern rise of water level in Khanka Lake has led to the intensification of abrasion and landslide processes on coast. For the first time, a description of powerful landslide that occurred in the spring of 2021 is given. A horizon with shells (Pachychilidae) was found in the middle part of the collapsed stratum. During investigation of the territory, a detailed description of the local vegetation was made. The increase of Khanka Lake level in 2014–2017 led to the loss of habitats by many representatives of the fauna (birds, amphibians) and changes in coastal plant communities. It became catastrophic for the population of *Pelodiscus maackii*. For the coastal vegetation, including the Red Book species (*Oxytropis chankaensis* Jurtz.), it was not so critical. The rise of the water level in the lake led to a number of problems in life-sustaining coastal settlements.

**Keywords:** Khanka Lake evolution, western coast, deposits, vegetation, *Pelodiscus maackii*.

**For citation:** Bazarova V.B., Makarevich R.A., Kudryavtseva E.P., Bazarov K.Yu., Brovko P.F., Egidarev Ye.G. Development and modern condition of the Western coast of Khanka Lake. *Pacific Geography*. 2022;(3):14–26. (In Russ.). [https://doi.org/10.35735/26870509\\_2022\\_11\\_2](https://doi.org/10.35735/26870509_2022_11_2). EDN: AVTNBC

## Введение

Озеро Ханка – крупнейший пресноводный водоем юга Дальнего Востока, оно несколько вытянуто в меридиональном направлении и имеет овальную форму. Береговая линия слабо расчленена, наибольшую изрезанность имеет западное побережье. Здесь выделяются несколько мысов (Николаевский, Камень, Белоглиняный) и полуостровов (Лузанова Сопка, Стародевичанский), между мысами расположены заливы Лузанов, Малый Ханкайчик, Астраханский, Платоновский [1, 2].

Интерес к оценке современного состояния побережья озера обусловлен поднятием уровня воды в период 2014–2017 гг. В 2015 и 2016 гг. максимальный среднемесячный и среднегодовой уровни превысили свои исторические максимумы, которые наблюдались в 1974 и 1975 гг., соответственно более чем на 0.5 м. Повышение уровня воды привело к затоплению мысов (Пржевальского, Арсеньева), островов (Сосновый, Птичий), изменению очертаний береговой линии, к подмыву и разрушению берегов вместе со всеми находящимися на них объектами. Такой подъем уровня озера по своей величине относится к экстремально высоким, очень редкой повторяемости. Изменения природных процессов, связанные с колебаниями уровня воды, сопровождаются трансформацией отдельных природных компонентов и ландшафтов [3, 4]. Поднятие уровня воды в период 2014–2017 гг. создало ряд проблем как хозяйственного, так и природоохранного характера в береговой зоне озера.

Данная работа представляет обзор материалов по развитию озера Ханка, современному состоянию его западного побережья и прилегающих к нему территорий (рис. 1).

## Материалы и методы

Материалы, используемые в настоящей работе, получены при исследовании отложений разного генезиса, слагающих прибрежные и пойменные ландшафты. Представлены морфологические описания прибрежных обнажений и полевые описания локальной растительности. Для реконструкции этапов эволюции озера применен метод радиоуглеродного датирования. Даты получены в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН (г. Новосибирск).

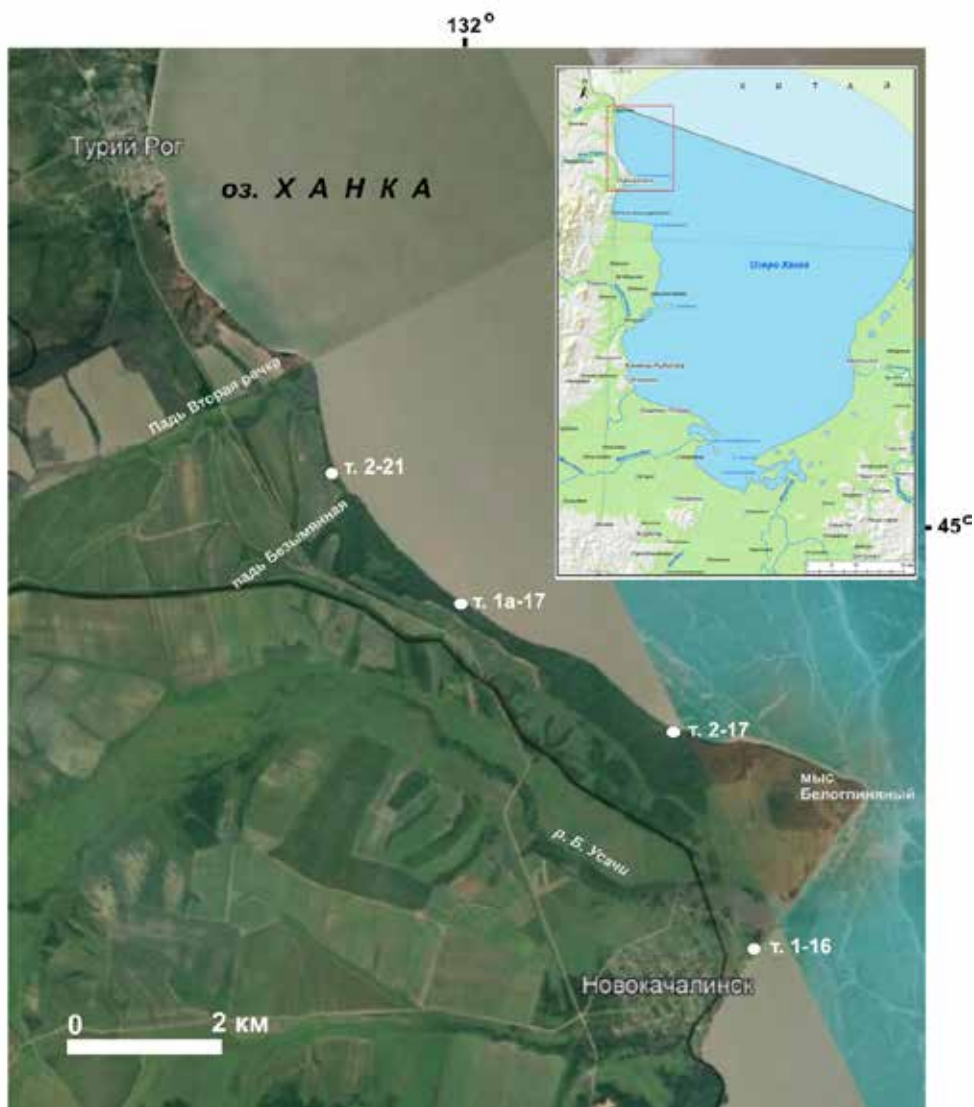


Рис. 1. Карта западного побережья оз. Ханка с локализацией исследованных точек

Fig. 1. Map of the western coast of Khanka Lake and location of the studied places

## Результаты и обсуждение

**Развитие озера Ханка.** Вопрос о времени возникновения озера до сих пор окончательно не решен. Одни исследователи считают, что оз. Ханка существует с миоцена [5, 6], другие – с конца позднего плейстоцена [2, 7]. Новые материалы, полученные из отложений, слагающих береговые формы, позволяют предположить, что озеро в современном виде, с характерными морфологическими элементами (валами, лагунами, косами и т.д.) начало формироваться во второй половине среднего голоцена [8]. В голоцене оз. Ханка испытало несколько гидрологических фаз, связанных с колебаниями климата и изменением вследствие этого режима аккумуляции. Максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8.5–11 тыс. л. н., когда водоем имел площадь в 1.5–2 раза больше современной, а обрамления, включая малые речные долины, были интенсивно заболочены. В период 3.2–8 тыс. л. н. озеро находилось в регрессивной фазе. При

изучении колонки озерных осадков был установлен хорошо выраженный стратиграфический перерыв, который свидетельствует о полном исчезновении озера в период 4–6 тыс. л. н. [2]. Предполагается, что амплитуда голоценовой регрессии могла составлять 6–8 м [9].

Потепление в начале среднего голоцена сопровождалось нестабильной динамикой увлажненности с трендом на ее уменьшение. В пойменных отложениях р. Мельгуновка из-за понижения влагообеспеченности сформировался горизонт темно-коричневого суглинка возрастом  $7920 \pm 135$  л. н. [10]. Понижение увлажненности и регрессия озера усилили эрозионный врез в долинах рек. В озеро поступал более грубый, чем в настоящее время, песчаный материал, из которого формировались дельты, выступающие далеко в озеро. Из этого грубого материала, в гранулометрическом составе которого доминирует фракция крупного песка [11], сложен современный песчаный пляж в устьевой зоне р. Комиссаровка.

Следующая голоценовая трансгрессия оз. Ханка происходила во второй половине среднего голоцена (2800–3200 л. н.). Предполагается, что она была быстрой. Уровень воды в озере был на 1.5–2.0 м выше современного. В это время формируется озерная терраса высотой 2 м над современным уровнем оз. Ханка, происходит увеличение высоты уровня аккумуляции в нижнем течении рек бассейна озера. Это приводит к расширению площади затопления в долинах рек [1, 2]. Горизонт серого тугопластичного алевроита, подстилающий подошву пойменных отложений в приустьевой зоне р. Комиссаровка, сформировался в озерном водоеме во время этой трансгрессии [11].

Первая позднеголоценовая малоамплитудная регрессия озера произошла во время похолодания в период V–VI вв. н.э. Регрессия привела к обмелению прибрежных мелководий, что обусловило выдвижение речных дельт в акваторию озера. К данному отрезку времени относится соединение острова Сопка Лузанова с берегом оз. Ханка. Эта фаза продолжалась не более 200 лет [12].

Горизонт легкого суглинка аллювиального происхождения в пойменных отложениях р. Мельгуновка является результатом повышения уровня аккумуляции в русле и сопоставляется с трансгрессией озера в период малого оптимума голоцена. Возраст суглинка подтвержден датой  $1058 \pm 63$  гг. н. э. [10]. Установлено, что уровень озера был примерно на 1 м выше по сравнению с современным. В это время начал формироваться прибрежный аккумулятивный песчаный вал средневекового возраста на западном побережье, простирающийся от устья р. Комиссаровка до устья р. Большие Усачи [13]. С наступлением малого ледникового периода началась вторая позднеголоценовая регрессия озера. На поверхности аккумулятивного вала появилась растительность, что привело к образованию горизонта гумусированного песка, который формировался в период  $1369 \pm 46$  гг. –  $1577 \pm 63$  гг. н.э. Регрессия активировала интенсивный эоловый процесс в прибрежной зоне. В разрезе пойменных отложений р. Мельгуновка это событие отражено горизонтом гумусированного суглинка, формирование которого началось в  $1536 \pm 68$  гг. н.э. [10]. Установлено, что климатические условия малого ледникового периода были значительно суровее по сравнению с похолоданием V–VI вв. н.э. [12]. Последняя трансгрессия началась в первой половине XIX в. С ней связано формирование на западном побережье озера молодого берегового вала высотой около 0.5 м, который простирался параллельно вышеописанному средневековому валу [13]. Из-за повышения уровня воды в озере вал затоплен.

Таким образом, максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8.5–11 тыс. л. н. Во второй половине голоцена оз. Ханка испытало не менее трех регрессивных фаз продолжительностью несколько сотен лет (3.2–8 тыс. л. н., V–VI вв. н. э., XIV–начало XIX в. н.э.) и три трансгрессии (2.8–3.2 тыс. л. н., VII–X вв. н. э., XV в. н. э.). Трансгрессивные и регрессивные фазы озера отразились в режиме голоценового осадконакопления в поймах рек бассейна оз. Ханка. Теплым климатическим фазам соответствуют трансгрессии озера, повышение базиса эрозии, подъем уровня воды в реках, а холодным фазам – регрессии, усиление эрозионных врезов, обмеление рек, активизация эоловых процессов в прибрежной зоне и речных долинах. Позднеголоценовые озерные

трансгрессии способствовали развитию болот на восточном, южном и в меньшей степени западном берегах озера [2].

**Развитие западного побережья озера Ханка.** 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. Абсолютные отметки поверхности выравнивания с характерным для нее холмисто-увалистым рельефом меняются в пределах + 100–140 м, урез воды в озере незначительно отклоняется от + 70 м, т.е. высота абразионного уступа не превышает 30–70 м. На большей части Турьерогской депрессии распространена новокачалинская свита, возраст которой определен как средний миоцен [14]. Геологические исследования береговых обнажений показали, что в разрезе этой свиты преобладают три типа отложений: галечники, дресвяники и породы алевропелитового состава. Галечники имеют высокую окатанность 2–3 класса по пятибалльной шкале А.В. Хабакова. Это указывает на длительный перенос обломков в аллювиальном потоке. Принадлежность галечников к аллювиальным фациям основывается на отсутствии источника обломков в ближайшем обрамлении Турьерогской депрессии. Отсутствие валунной фракции в составе аллювия и высокая окатанность обломков свидетельствует о полугорном режиме палеореки. По гидрологическим характеристикам она, вероятно, была близка современной р. Раздольная в районе г. Уссурийск [14].

От устья р. Комиссаровка до устья р. Большие Усачи протянулся прибрежный вал средневекового возраста, представленный чередованием наклонно залегающих слоев средне- и мелкозернистого песка и слабогумусированных почвенных горизонтов. Вблизи села Троицкое вал отделяет пляжевую зону от заболоченной поймы р. Комиссаровка [13].

В 2016 г. из-за повышения уровня озера в приустьевой зоне р. Большие Усачи вал был частично размыт, пляжевая зона затоплена, возник «свежий» обрыв высотой около 1.5 м над урезом воды (рис. 1, т. 1–16). Обрыв врезается в обочину проходящей по гребню вала грунтовой дороги, при прокладке которой природный поверхностный слой был разрушен и замещен дорожной отсыпкой толщиной 8–10 см из плотно упакованных обломков пород, крупного щебня, дресвы с небольшим количеством (<10 %) почвенного мелкозема яркого желтовато-бурого цвета (рис. 2А).

Зачистка вертикальной стенки показывает, что вал сложен четырьмя погребенными гумусированными горизонтами, разделенными прослоями разноразмерного песка с включением гравия. Первый горизонт мощностью 8(10)–20(22) см, антропогенно нарушенный, сырой, буро-коричневый, бесструктурный, с редкими включениями мелкой гальки представляет собой современную почву, подстилаемую фрагментарно сохранившимся слоем светло-бурого песка. Второй погребенный горизонт 20(22)–50 см – сырой, буро-коричневый, у нижней границы залегает коричневатобурый, бесструктурный, уплотненный песчано-дресвяно-гравийный слой с единичными включениями более крупных (до 4 см) слабо оглаженных, покрытых тонкими пылевато-иловатыми кутанами обломков горных пород. Здесь песок и мелкий гравий (1–3 мм) преимущественно округлой формы, реже присутствуют более крупные, порядка 5 мм, уплощенные с окатанными гранями отдельности. В их составе преобладают светлоцветные и желтовато-розовые минеральные зерна. Третий погребенный горизонт 50–60 см – уплотненный, бесструктурный, с тонкой цветовой неоднородностью от чередования слоев с различной интенсивностью коричневых тонов и с аналогичными включениями гравия. Горизонт подстилается аналогичным ему по составу и содержанию почвенного мелкозема (<1 мм) и скелетных частиц сырым тусклым желтовато-бурым слоем 60–87(90) см. Четвертый погребенный горизонт 87(90)–115(120) см – сырой, бесструктурный, буровато-коричневый, гумусирован слабее. Сложение, состав скелетных частиц и почвенного мелкозема аналогичны слою выше. Осадки из этого интервала по уровню залегания и степени гумусированности аналогичны песчаному горизонту средневекового возраста из прибрежного вала в устье р. Комиссаровка [11].

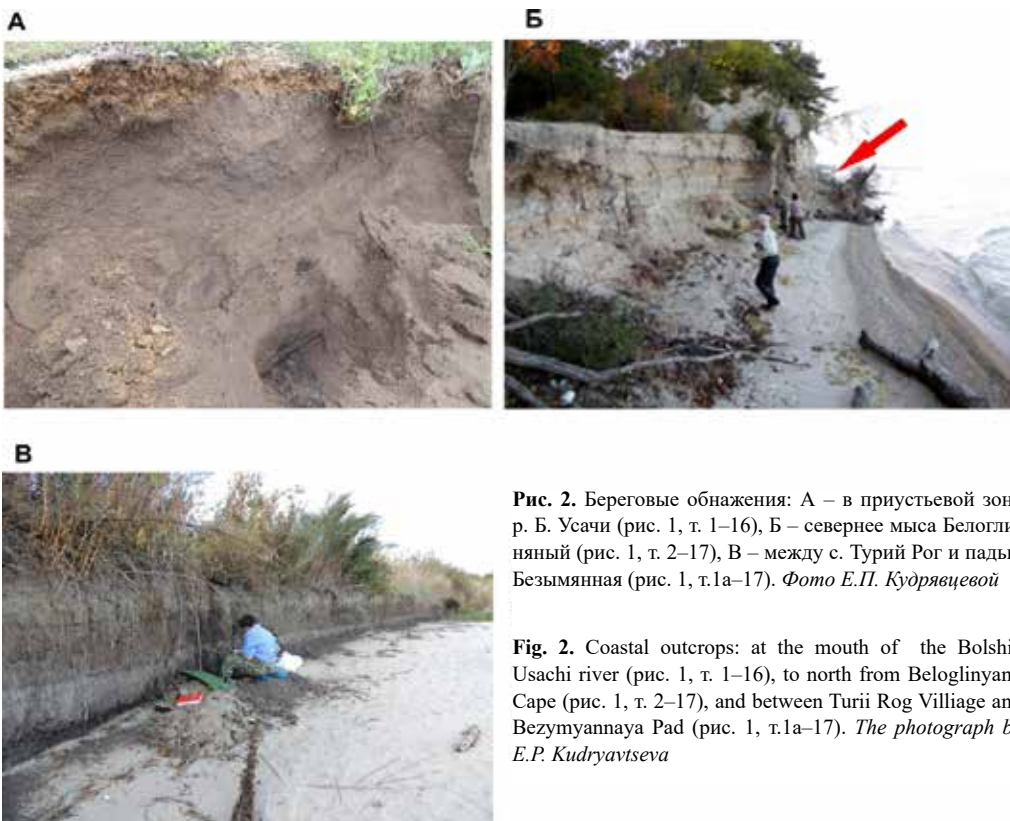
Глубже 115(120) см – слой отмытых гравия и дресвы желтых тонов с содержанием почвенного мелкозема менее 5 %. Значительно увеличено количество более крупной уплотненной дресвы до 10–15 мм по длинной оси со слабо оглаженными гранями. На этой глубине выступают сопряженные с поверхностью озера почвенно-грунтовые воды.

Вся слагающая вал толща формировалась ранее и находится в настоящее время в условиях промывного водного режима. Поэтому все минеральные составляющие хорошо отмыты, а тонкие иловато-пылеватые частицы в большинстве своем выносятся за ее пределы. С глубины 40 и до 115 см присутствуют темно-коричневые и черные пятна гумифицированных остатков отмерших корней 1–2 см диаметром. Количество и диаметр их возрастают с глубиной, достигая максимума в слое 50–60 см. Наличие их свидетельствует о том, что в прошлом в растительном покрове на валу присутствовали древесные и кустарниковые виды (рис. 2, А).

В приустьевой зоне р. Большие Усачи на песчаных пляжах растительный покров крайне разрежен, проективное покрытие не превышает 1–2 %. Здесь нет ярко выраженных псаммофитов, за исключением *Oxytropis chankaensis* Jurtz. 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* (Michx.) Torr. et Gray, *Oenothera biennis* L. Подтопление приводит к их уничтожению на пляжах, но этот процесс не является катастрофическим для состояния популяций этих видов в пределах западного побережья оз. Ханка. Относительно *Oxytropis chankaensis*, эндемичного, охраняемого вида [15, 16], нужно отметить активное его расселение по дорогам [17]. У единично растущих в тыловой части песчаных пляжей ив (*Salix gracilistyla* Miq., *S. pierotii* Miq., *S. rorida* Lasch., *S. schwerinii* E. Wolf) видовой состав изменяется на разных участках песчаных пляжей без четко видимых закономерностей, подмывается их корневая система, и они выносятся на акваторию озера на расстояние до 100 м от берега.

Растительность на исследуемом участке характеризуется набором резко контрастных видов. Растительность на исследуемом участке в районе обрыва 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 nudicaule* L. (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. Поскольку насыпь грунтовой дороги находится выше уровня подтопления, увлажнение этого участка не изменилось и жизненное состояние растений соответствует нормальному.

В 2.5 км севернее мыса Белоглиняный описаны отложения, обнажающиеся в береговом обрыве (см. рис. 1, т. 2–17). Абсолютная высота обнажения составляет 77 м, высота над урезом воды около 3.5 м (рис. 2, Б). Зачистка выполнена в месте перегиба склона с выположенной поверхностью, на которой лежит разноразмерная галька. Абразионный берег активно размывается волновыми и прибойными процессами. Подножие вертикальной стенки засыпано обвалами сверху. Средняя и верхняя части стенки обнажены, хорошо просматривается ее строение. По морфологическим признакам в обнажении выделяются следующие слои: I – верхняя толща отложений – нанос («наплыв») – 0–44(45) см; II – погребенная почва с хорошо сохранившимся профилем – 44(45)–84(90) см; III – чередование различных по вещественному составу минеральных слоев, связанных с гидрологическим режимом как озера, так и впадающего в него водотока – 84(90)–123(126) см; IV – «подошвенный» слой – глубже 123(126) см. Ниже расположен сплошной дресвяно-галечниковый слой, засыпаемый материалом сверху. Заполнителем галечников является белесый глинистый песок. Правее зачистки находится карман (размер примерно 2 × 2 м), заполненный средней-крупной галькой. Он занимает стенку до уровня современного пляжа и, воз-



**Рис. 2.** Береговые обнажения: А – в приустьевой зоне р. Б. Усачи (рис. 1, т. 1–16), Б – севернее мыса Белоглинный (рис. 1, т. 2–17), В – между с. Турий Рог и падыю Безымянная (рис. 1, т.1а–17). Фото Е.П. Кудрявцевой

**Fig. 2.** Coastal outcrops: at the mouth of the Bolshie Usachi river (рис. 1, т. 1–16), to north from Beloglinyany Cape (рис. 1, т. 2–17), and between Turii Rog Villiage and Bezmyannaya Pad (рис. 1, т.1а–17). The photograph by E.P. Kudryavtseva

можно, уходит под него (на рис. 2, Б указан красной стрелкой). Размерность гальки не превышает 10 см, в среднем порядка 5–6 см по длинной оси, окатанность высокая. Галечник характеризуется доминированием абразивно-устойчивых пород (кремний и окремненные эффузивы). Накопление этих осадков осуществлялось в обстановке достаточной динамической активности. Принадлежность галечника аллювиальным фациям основывается на отсутствии «коренного» источника таких обломков в ближайшем обрамлении Турьерогской депрессии. Есть мнение, что галечники сформировались в дельтах горных рек, стекавших в палео-Ханку. Такой крупной артерией могла быть пра-Мулинхэ, впадавшая в озеро [2]. Южнее, в 10–15 м от обнажения, в озеро выклинивается глубокий узкий врез – русло водотока. Во время обследования русло было сухим. Его дно устлано крупной, хорошо окатанной галькой, лежащей на аллювиальном песке. Из-под подошвы обнажения выклинивается слой мягкой пластичной глины охристо-желтого цвета. Такая же по качеству глина, но белесого цвета подстилает обнажение красноцветов плиоценового возраста на побережье озера у пос. Камень-Рыболов. Предполагается, что в позднем миоцене – раннем плиоцене преобладали условия аллювиальных равнин, временами сменявшиеся обстановками мелководных проточных озер. Обилие пресноводных планктонных форм в диатомовой флоре свидетельствует о наличии хорошо прогреваемых водоемов озерного типа. Водоемы не были глубокими, но оставались проточными. Об этом свидетельствуют находки отпечатка листа лотоса и плода оттелии [18]. Их современные представители известны на восточном побережье оз. Ханка в мелководных старичных озерах.

На поверхности обрывистого берега развит дубовый леспедцевый лес. У кромки обрыва узкой полосой растет *Pinus funebris* Ком. Деревья 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 отложений приводит к их оползанию вместе с растущими на них деревьями и поступлению в озеро значительных объемов рыхлого материала. На о. Сосновый в настоящее время лес из сосны могильной полностью уничтожен.

Между с. Турий Рог и падью Безымянная простирается аккумулятивная равнина, в прибрежной зоне которой распространены лугово-бурые отбеленные почвы [19]. После проведения культурно-технических мероприятий они были включены в хозяйственный оборот, ныне здесь пустоши. Ниже приводится описание почвенного профиля, вскрытого глубокой вертикальной врезкой в береговой обрыв южнее пади Безымянная (см. рис. 1, т. 1а-17).

В интервале 0–35(40) см залегает антропогенный горизонт (рис. 2, В). В верхних 3–5 см он слабо задернован корнями трав, сухой, темно-серый, бесструктурный, с трухой из растительных остатков, состоит из среднего или тяжелого суглинка с редким мелким хрящом. Ниже – палево-серый с редкими стяжениями светло-охристого цвета, сильно уплотненный, тяжелосуглинистый, бесструктурный, редко включены крупные обломки окатанных и оглаженных мелкокристаллических пород серого цвета и кирпича, скопления мелкого (0.5–2 см) хряща из светлоцветных пород. Переход заметный по цвету, граница неровная. В интервале 35(40)–50(55) см залегает элювиальный горизонт. Он сухой, неоднородный по цвету: на общем серовато-палевом фоне примерно 10–20 % поверхности занимают рыхлые охристые пятна окислов железа, тяжелый суглинок или легкая глина, нечетко оструктурен в острогранные произвольной формы отдельности, легче разламывающиеся по вертикали. На поверхностях разлома до 50 % площади прокрашено охристыми окислами железа. Хрящ отсутствует, редки конкреции песчаной размерности. Сильно уплотнен, в слое берут начало вертикальные трещины. Корни редкие, нитевидные. Переход заметный по цвету, граница языковатая. Ниже иллювиальный горизонт 50(55)–92(96) см. Он свежий, серовато-светло-бурый, глинистый, оструктурен полностью в очень прочные острогранные кубовидные агрегаты размером до 1 см, некоторые их грани фрагментарно прокрашены окислами железа и имеют кремнеземистую присыпку при подсыхании. Редки непрочные конкреции диаметром до 1 мм. В горизонте сконцентрирована основная масса живых травянистых корней диаметром до 1.5 мм. Многочисленны вертикальные морозобойные трещины шириной до 1.5 см. Сложен очень плотно. Вдоль нижней границы прослеживается слой толщиной в 1–3 см темно-серого цвета, в котором концентрируется почечное водорастворимое органическое вещество. Переход заметный по цвету, граница слабо неровная. В интервале 92(96)–130 см находится иллювиально-железистый горизонт, свежаватый, от коричнево-бурого до темно-коричневого с темно-серым блеском на свежих сломах и многочисленными охристо-ржавыми стяжениями окислов железа. Глинистый, сложен плотнее вышележащего. Оструктурен полностью в очень прочные и острогранные призмовидные педы с кремнеземистой присыпкой на гранях. Вертикальные трещины более узкие и в меньшем количестве. Переход постепенный по структуре, граница почти ровная. В интервале 130–130–160... см залегает почвообразующая порода, влажноватая, вязкая, бесструктурная, очень плотно сложенная пестроцветная глина с большим количеством (до 10–15 % от площади) охристо-ржавых стяжений окислов железа на общем темно-коричневом фоне. Сходная по морфологическим характеристикам глина обнаружена и в основании почвенных разрезов на высокой денудационно-аккумулятивной равнине озера [20].

В настоящее время на поверхности прибрежной части аккумулятивной равнины развито растительное сообщество, характеризующее бурьянистую стадию зарастания заброшенных огородов. Местами дает аспект *Chenopodium album* L., проективное покрытие (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 (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*. Изредка отмечается подрост *Acer ginnala* Maxim. высотой до 3.5 м. Повышение уровня



**Рис. 3.** Оползень между падами Вторая Речка и Безымянная. Фото В.Б. Базаровой (А, В) и Е.Г. Егидарева (Б, Г), июнь 2021 г.

**Fig. 3.** Landslides on the western coast of Khanka Lake. The photograph by Eu.G. Egidarev and V.B. Bazarova, June of 2021

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.

Повышение уровня озера Ханка в 2014–2017 гг. привело к потере мест обитания для многих представителей фауны (птицы, амфибии). Большинство прежних стабильных биотопов затоплены, а новые не соответствуют биологическим и экологическим потребностям видов животных, обитающих в прибрежьях [21]. В западном секторе оз. Ханка, включая равнинную часть рек Тур, Вторая Речка и Комиссаровка, находится одна из крупных на территории российского Дальнего Востока популяций дальневосточной черепахи (*Pelodiscus maackii* (Brandt, 1857) [22]. Вид включен в Красную книгу Российской Федерации [23]. Дальневосточная черепаха откладывает яйца в песчаный, галечниковый или мелкогалечниково-песчаный грунт на расстоянии от 2–3 до 50–70 м от уреза воды. Катастрофический подъем воды в оз. Ханка в 2013–2017 гг. уничтожил большую часть мест размножения, в том числе в заповеднике «Ханкайский». Взрослые особи, обитающие в воде, менее пострадали. По мнению И.В. Масловой (устное сообщение), сложившаяся ситуация в последующие годы может привести к катастрофическому снижению численности *Pelodiscus maackii* на этой территории. Прогнозируется, что численность сократится более чем на 30 %.

На участке от с. Турий Рог до устья пади Вторая Речка геологические слои залегают горизонтально. Южнее они полого наклонены в направлении озера, что обуславливает развитие оползневых процессов [14]. По наблюдениям местных жителей, весной 2021 г.

между падами Вторая Речка и Безымянная сошел оползень (см. рис. 1, т. 2–21). На песчаный пляж обрушилась толща протяженностью около 200 м и мощностью от 0.5 до 2.5 м (рис. 3, А). Поверхность толщи покрыта песком и имеет уклон (~20–25°) в сторону линии отрыва. На этой же линии лежат упавшие деревья. Между обрушившейся толщей и береговым обнажением образовались два небольших мелких озера (рис. 3, Б). Отложения толщи сформированы чередованием горизонтов из белесого песка и глины с мелкозернистым песком. В средней части толщи отчетливо прослеживается песчаный горизонт с хорошо сохранившимися раковинами пресноводного брюхоногого моллюска *Juga* sp. (семейство Pachychilidae) (рис 3, В), распространенного в эвтрофных водоемах. В подошве толщи местами выклинивается тугопластичная глина светло-серого цвета. Оползневые процессы находятся в активной стадии. На рис. 3, Г хорошо видны последовательно формирующиеся линии отрыва.

### Заключение

Как показывают палеогеографические исследования, оз. Ханка в современном виде начало формироваться во второй половине среднего голоцена [8]. В голоцене оз. Ханка испытало несколько гидрологических фаз, связанных с колебаниями климата. Максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8.5–11 тыс. л. н., когда водоем имел площадь в 1.5–2 раза больше современной. В период 3.2–8 тыс. л. н. озеро находилось в регрессивной фазе. Установлен хорошо выраженный стратиграфический перерыв, который свидетельствует о полном исчезновении озера в период 4–6 тыс. л. н. Уровень озера в течение голоцена не был постоянным: в период 2–1 тыс. л.н. он был низким, подъем отмечался в ~720 г. и 570±90 л.н. [12]. В VIII–XII вв. оз. Ханка имело высокий уровень, признаки обводнения долин и следы палеонаводнений четко запечатлены в разрезах пойменных отложений рек [10, 11]. Понижение уровня оз. Ханка на ~0.6–0.9 м, вероятно, за счет снижения увлажнения было отмечено в 1866–1893 гг. [24].

На участке между падыю Вторая речка и мысом Белоглиняный в береговых обнажениях запечатлены отложения Турьерогской депрессии. Они характеризуются большим разнообразием, что свидетельствует о неоднородности генезиса и условий их формирования. Простирающийся от устья р. Комиссаровка до устья р. Большие Усачи прибрежный вал сформирован озерными осадками.

Изменение уровня оз. Ханка имеет циклический характер, но причины последнего повышения уровня воды (2014–2017 гг.) не вполне ясны. Это повышение активировало абразионные и оползневые процессы, которые наблюдаются в настоящее время на западном побережье. Подъем уровня воды в озере привел к созданию ряда проблем как хозяйственного, так и природоохранного характера в береговой зоне озера, а также в сфере жизнеобеспечения прибрежных населенных пунктов [3, 4].

Реакция биотических компонентов экосистемы озера на повышение уровня воды неоднозначна. Для растительного покрова и отдельных его видов в прибрежной части, по наблюдениям авторов, этот процесс не носит катастрофического характера. Однако для дальневосточной черепахи это событие может отрицательно отразиться на численности популяции.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (№ 122020900184-5). Авторы признательны А.М. Лебедеву, научному сотруднику лаборатории природопользования приморских территорий ФБГУН ТИГ ДВО РАН, за помощь в определении пресноводной малакофауны.

### Литература

1. Короткий А.М. Природные условия в бассейне оз. Ханка // Литология и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны. М.: Наука, 1979. С. 6–14.

2. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И. Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Уссури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26, № 4. С. 53–68.
3. Baklanov P.Ya., Kachur A.N., Ermoshin V. V., Kozhenkova S.I., Makhinov A.N., Bugaets A.N., Bazarova V.B., Kim V.I., Shamov V.V. Current Geo-Ecological Problems Within the Lake Khanka Drainage Basin // *Geography and Natural Resources*. 2019. Vol. 40, N 4. P. 325–334.
4. Махинов А.Н. Озеро Ханка: подъем уровня воды, его масштабы и последствия // *Природа*. 2020. № 11. С. 37–45.
5. Берсенев И.И., Морозова В.Ф., Салун С.А. Новые данные по стратиграфии аллювиальных, озерно-аллювиальных и озерных четвертичных отложений Приморья и Среднего Приамурья // *Советская геология*. 1962. № 9. С. 78–86.
6. Никольская В.В. Некоторые данные о палеогеографии озера Ханка // *Труды Ин-та географии АН СССР*. 1952. Вып. 51, № 6. С. 215–225.
7. Короткий А.М., Караулова Л.П. К истории развития Ханкайской котловины в позднем кайнозое // *Вопросы геологии, геохимии и металлогении северо-западного сектора Тихоокеанского пояса* / отв. ред. И.Н. Говоров. Владивосток, 1970. С. 27–30.
8. Павлюткин Б.И., Ханчук А.И. Новые данные о возрасте озера Ханка, Дальний Восток России // *ДАН*. 2002. Т. 382, № 6. С. 826–828.
9. Болиховская Н.С., Воскресенская Т.Н., Муратова М.В. К стратиграфии и палеогеографии позднелейстоценовых и голоценовых отложений Приморья // *Геохронология четвертичного периода*. М.: Наука, 1980. С. 254–258.
10. Bazarova V.B., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Orlova L.A. Environments of the middle-late Holocene sedimentation in river flood-plains of the Prikhanka Plain (south of Far East) // *Russian Journal of Pacific Geology*. 2018. Vol. 12, N P. 593–603.
11. Bazarova V.B., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Makarevich R.A., Orlova L.A. Holocene overbank deposition in the drainage basin of Lake Khanka // *Russian Geology and Geophysics*. 2018. Vol. 59, N 11. P. 1410–1418.
12. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н., Орлова Л.А. Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // *Научное обозрение*. 2007. № 2. С. 7–13.
13. Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Белянин П.С. Динамика изменения уровня оз. Ханка (Приморье) в позднем голоцене // *Тихоокеанская геология*. 2008. Т. 27. С. 93–98.
14. Павлюткин Б.И., Пушкар В.С., Черепанова М.В., Петренко Т.И. Проблемы стратиграфии миоцена Приханкайской впадины (Дальний Восток России) // *Тихоокеанская геология*. 2004. Т. 23, № 4. С. 73–85.
15. Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с.
16. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изданий КМК, 2008. 855 с.
17. Павлова Н.С. Бобовые–Fabaceae // *Сосудистые растения советского Дальнего Востока*. Т. 4 / отв. ред. С.С. Харкевич. Л.: Наука, 1989. С. 191–339.
18. Павлюткин Б.И. Среднемиоценовая ханкайская флора Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2005. 216 с.
19. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
20. 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*. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 148–154.
21. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В. Пресноводная биота бассейна озера Ханка и оценка угроз, связанных с нарушением водного баланса // *Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы*. Владивосток: Дальнаука, 2016. С. 181–190.
22. Маслова И.В., Воробьева П.А. Как сохранить популяцию китайской мягкопанцирной черепахи на озере Ханка // *Природа без границ: Материалы X Международного экологического форума (20–21 октября 2016 г.)*. Владивосток: Принт Март, 2016. С. 140–145.
23. Красная книга Российской Федерации. Животные. 2-е изд. М.: ВНИИ Экология, 2021. С. 426–427.
24. Буссе Ф.Ф. Переселение крестьян морем в Южно-Уссурийский край в 1883–1893 годах. СПб.: Тип. Выс. утвержд. тов. «Общественная Польза», 1898. Т. 4. 165 с.

## References

1. Korotkii, A.M. Environmental conditions in Khanka Lake basin. In: *Lithology and geochemistry of modern lake deposits of the humid zone*. Nauka: Moscow, Russia, 1979, 6–14. (In Russian)
2. Korotkii, A.M.; Grebennikova, T.A.; Karaulova, L.P.; Belyanina, N.I. Lake transgressions in the Late Cainozoic in Ussuri-Khankai Depression (Primorye). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2007, 26(4), 53–68. (In Russian)
3. Baklanov, P.Ya.; Kachur, A.N.; Ermoshin, V. V.; Kozhenkova, S.I.; Makhinov, A.N.; Bugaets, A.N.; Bazarova, V.B.; Kim, V.I.; Shamov, V.V. Current Geo-Ecological Problems Within the Lake Khanka Drainage Basin. *Geography and Natural Resources*. 2019. 40(4), 325–334.
4. Makhinov, A.N. Khanka Lake: water level rise, its extent and consequences. *Nature*. 2020, 11, 37–45. (In Russian)

5. Bersenev, I.I.; Morozova, V.F.; Salun, S.A. New data on stratigraphy of alluvial, lacustrine-alluvial and lacustrine quaternary deposits in Primorye and Middle Priamurie. *Soviet Geology*. 1962, 9, 78–86. (In Russian)
6. Nikolskaya, V.V. Some data on the paleogeography of Khanka Lake. In *Proceedings of the Institute of Geography USSR Academy of Sciences*. 1952, 51(6), 215–225. (In Russian)
7. Korotkii, A.M.; Karaulova, L.P. On the history of the development of the Khankai depression in the late Cenozoic. In: *Problems of geology, geochemistry and metallogeny of the north-western sector of the Pacific belt*. Vladivostok, 1970, 27–30. (In Russian)
8. Pavlyutkin, B.I.; Khanchuk, A.I. New data on age of Khanka Lake, Russian Far East. *Reports of the Academy of Sciences*. 2002, 382(6), 826–828. (In Russian)
9. Bolikhovskaya, N.S.; Voskresenskaya, T.N.; Muratova, M.V. On stratigraphy and palaeogeography of late Pleistocene and Holocene deposits in Primorye. In *Geochronology of Quaternary*. Nauka: Moscow, Russia, 1980, 254–258. (In Russian)
10. Bazarova, V.B.; Lyashevskaya, M.S.; Makarova, T.R.; Orlova, L.A. Environments of the middle-late Holocene sedimentation in river flood-plains of the Prikhanka Plain (south of Far East). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2018, 12(6), 593–603.
11. Bazarova, V.B.; Lyashevskaya, M.S.; Makarova, T.R.; Makarevich, R.A.; Orlova, L.A. Holocene overbank deposition in the drainage basin of Lake Khanka. *Russian Geology and Geophysics*. 2018, 59(11), 1410–1418.
12. Mikishin, Yu.A.; Petrenko, T.I.; Popov, A.N.; Orlova, L.A. Palaeogeography of Khanka Lake in the late Holocene. *Scientific Review*. 2007, 2, 7–13. (In Russian)
13. Bazarova, V.B.; Mokhova, L.M.; Orlova, L.A.; Belyanin, P.S. Dynamics of level changes on Khanka Lake (Primorye) in late Holocene. *Russian Journal of Pacific Geology*. 2008, 27, 93–98. (In Russian)
14. Pavlyutkin, B.I.; Pushkar, V.S.; Cherepanova, M.V.; Petrenko, T.I. Problems of Miocene stratigraphy on Prikhankaiskaya Plain (Far East). *Russian Journal of Pacific Geology*. 2004, 23(4), 73–85. (In Russian)
15. The Red Book of Primorsky Krai: Plants. Rare and endangered species of plants and fungi. AVK “Apelsin”: Vladivostok, Russia, 2008; 688 p. (In Russian)
16. The Red Book of the Russian Federation (plants and fungi). KMK Association for scientific publications: Moscow, Russia, 2008; 855 p. (In Russian)
17. Pavlova, N.S. Legumes–Fabaceae. In *Vascular plants of the Soviet Far East*. Nauka: Leningrad, 1989, 4, 191–339. (In Russian)
18. Pavlyutkin, B.I. Middle Miocene Khankaiskaya flora of Primorye. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2005; 216 p. (In Russian)
19. Ivanov, G.I. Soil formation in the south of the Far East. Nauka: Moscow, Russia, 1976; 200 p. (In Russian)
20. Makarevich, R.A. Morphological structure of soils of the high denudation-accumulation plain of Khanka Lake before its level rises. In *Transboundary Khanka Lake: Causes of Rising Water Levels and Environmental Threats*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2016, 148–154. (In Russian)
21. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V. Freshwater biota of the Khanka Lake basin and threat assessment of water imbalances. In *Transboundary Khanka Lake: Causes of Rising Water Levels and Environmental Threats*. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2016, 181–190. (In Russian)
22. Maslova, I.V.; Vorov'eva, P.A. How to preserve the population of the Chinese soft-shell turtle on Khanka Lake. In *Nature without borders: Materials of the X International Ecological Forum (October 20–21, 2016)*. Print Mart: Vladivostok, Russia, 2016, 140–145. (In Russian)
23. The Red Book of the Russian Federation. Animals. 2nd edition. FGBU «VNII Ecology»: Moscow, Russia, 2021, 426–427. (In Russian)
24. Busse, F.F. Resettlement of peasants by sea to the South Ussuri Territory in 1883–1893. Tip. Vys. Utverzhd. Tov. “Obschestvennaya Pol’za” Printing Shop: St.-P, 1898, IV, 165 p. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 24.03.2022; одобрена после рецензирования 24.06.2022; принята к публикации 05.07.2022.

The article was submitted 24.03.2022; approved after reviewing 24.06.2022; accepted for publication 05.07.2022.

