

doi: 10.24412/2687-1092-2024-11-721-728



НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ИЗУЧЕНИЮ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕРА ХАНКА

✉ Румянцева А.К.^{1,2}, Сергеев А. Ю.¹, Буданов Л. М.¹, Дронь О. В.¹, Рябчук Д. В.¹

¹ФГБУ «Институт Карпинского», Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

✉ Anna_Rumyanceva@karpinskyinstitute.ru

В 2024 году Ханкайским отрядом Хабаровской партии, а именно сотрудниками отдела Региональной геоэкологии и морской геологии, были выполнены работы на оз. Ханка (Приморский край) в рамках госзадания по доизучению четвертичных отложений акватории. Камеральная обработка состояла из анализа геолого-геофизических данных, которые включали интерпретацию временных разрезов проведение гранулометрического и геохимического анализов. По результатам перечисленных работ, были установлены границы отражающих горизонтов, предложены типы мотогенеза песчаных отложений и выявлены различия в концентрациях тяжелых металлов в поверхностных осадках. Согласно полученным данным и опубликованным источникам, проведена оценка возраста и происхождения отложений исследуемой акватории. Они представлены озерными и озерно-нефелоидными осадками верхнего неоплейстоцена-голоцена, на мелководных участках – озерно-ундалювиальными.

Ключевые слова: *озеро Ханка, четвертичные отложения, геолого-геофизические данные, гранулометрический анализ, мотогенез, геохимический анализ, концентрации тяжелых металлов, возраст, происхождение*

Введение. Работы выполнялись в рамках Технического (геологического) задания по доизучению региональных особенностей геологического строения и получению новых данных в области стратиграфии, петрологии, тектоники, изотопной геохронологии и минерализации (закономерностей размещения полезных ископаемых) по группам листов Госгеолкарты-1000/3 (L-52, 53).

На начальном этапе в узкий круг задач по геологическому изучению оз. Ханка вошли:

- выделение на временных разрезах отражающих горизонтов, сопоставленных с данными по скважинам;
- определение гранулометрических типов песчаных отложений поверхности дна;
- предварительное определение возраста и генезиса четвертичных образований, по результатам сопоставления полученных данных с опубликованными;
- выявление особенностей содержания тяжелых металлов в поверхностных отложениях озера.

Методы исследования. Для выполнения перечисленных задач была заложена сеть профилей (рис. 1) методами высокочастотного непрерывного сейсмоакустического профилирования (НСАП) и георадиолокационного профилирования (ГРЛ). Последний не дал наглядных результатов из-за повышенной мутности в водной толще, поэтому для геологической интерпретации были использованы сейсмоакустические профили.

Донный пробоотбор был проведен на 33 станциях (рис. 1) с использованием следующих пробоотборников: герметичной грунтовой трубки, дночерпателя грейферного типа (бокс-корер) и малой драгой.

Камеральная обработка включала обработку и интерпретацию сейсмоакустических профилей, 19-фракционный гранулометрический анализ ситовым методом, геохимический анализ – приближенно-количественное определение 45 элементов (включая соединения) методом атомно-эмиссионной спектроскопии. Расчет статистических характеристик был выполнен по методу моментов. Интерпретация

гранулометрических параметров и эмпирических полигонов распределения была выполнена по методике Б.Н. Котельникова [1989 г.].

Участок исследования. Озеро Ханка – крупнейший пресноводный водоем на Дальнем Востоке, северная часть которого находится в КНР (рис. 1). Оно имеет округлую форму, вытянутую в меридиональном направлении на 95 км. Площадь озера – 4070 км², наибольшая глубина – 6,5 м (в российской части акватории), средний многолетний уровень – 4,5 м, средняя абсолютная высота уровня – 69 м [Озеро Ханка, 2024]. Водосборный бассейн озера занимает площадь 17,5 тыс. км². Из оз. Ханка вытекает единственная р. Сунгач – приток р. Уссури [История..., 1989], впадают в замкнутую акваторию реки Илистая, Спасовка, Мельгуновка, Комиссаровка и более мелкие. Восточные, северные и южные берега озера низменные, заболоченные, западные – возвышенные [Государственная..., 2011].

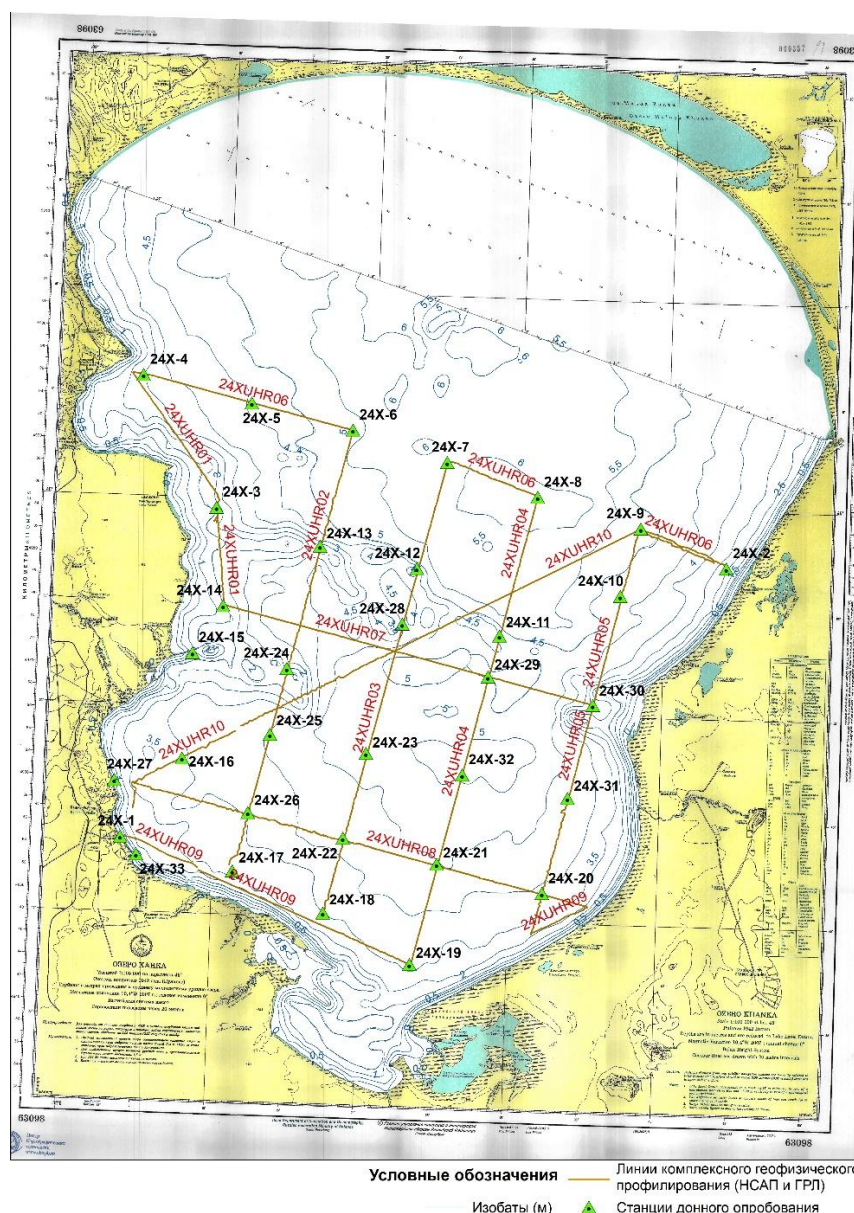


Рис 1. Карта фактического материала геолого-геофизических работ на оз. Ханка (составлена по материалам навигационной карты № 63098).

Оз. Ханка расположена в средней части Западно-Приморской равнины. Озеро является реликтом палеоген-неогенового озера, занимавшего всю современную Приханкайскую низменность. Основными орографическим элементом района

исследования является Приморская система впадин и перемычек – Ханкайские равнины, развитые на Ханкайском кристаллическом массиве и представляющие собой платформу в ее неопредельном виде. Морфоструктура Ханки является кольцевой, находящей свое отражение в осадочном чехле и структурах фундамента, вплоть до раннего палеозоя [Государственная..., 2011].

Береговая линия Ханки слабо расчленена, особенно в восточной части. Вдоль западной и южной периферии акватории закартированы формы аккумулятивного рельефа – неоплейстоценовые надпойменные террасы, преимущественно, рек Амур и Уссури, на восточном побережье низкие и высокие поймы [Государственная..., 2011]. В среднем-позднем неоплейстоцене. Приханкайская низменность была приурочена к аллювиальной равнине, периодически затопляемой. Озеро в современном облике возникло позднее – по оценкам относительного и абсолютного датирований береговых форм, в среднем голоцене. В позднем голоцене Ханка регрессировала, что было восстановлено благодаря радиоуглеродному возрасту береговых валов и заболоченных лагун – не более 1500 лет, что сопоставимо с субатлантиком [Павлюткин, Ханчук, 2002; Микишин и др., 2007; Базарова и др., 2008].

Результаты и обсуждение. Геологическая интерпретация записей НСАП основана на данных скважин, детальное изучение и корреляция которых представлена в отчетных материалах ГПП «Гидрогеологическая экспедиция» (Павлюткин, 1997, 1985), ПГО «Приморгеология» (Павлюткин, 1989). Сопоставление глубин и волновых картин отражающих горизонтов на профилях НСАП с данными пробоотбора и литологического описания колонок позволило выделить границу верхнего неоплейстоцена и голоцена.

Среднеголоценовые отложения в прибрежной зоне, вниз по склону подводной террасы, характеризуются небольшими амплитудами отражения, ровным верхним контактом, представлены, скорее всего, песками. Выше по профилю верхнеголоценовые отложения имеют более высокие амплитуды, что связано с иным литологическим составом и преобладанием менее плотного осадка (рис. 2). В центральной части озера нижний горизонт на временном разрезе представлен глинами с горизонтальной-слоистой текстурой записи (III⁴ ?) с ровной верхней отражающей границей. Продольные субширотные валы представлены акустически прозрачной толщей, сложенной песками, вероятно, нижнеголоценового возраста (рис. 3).

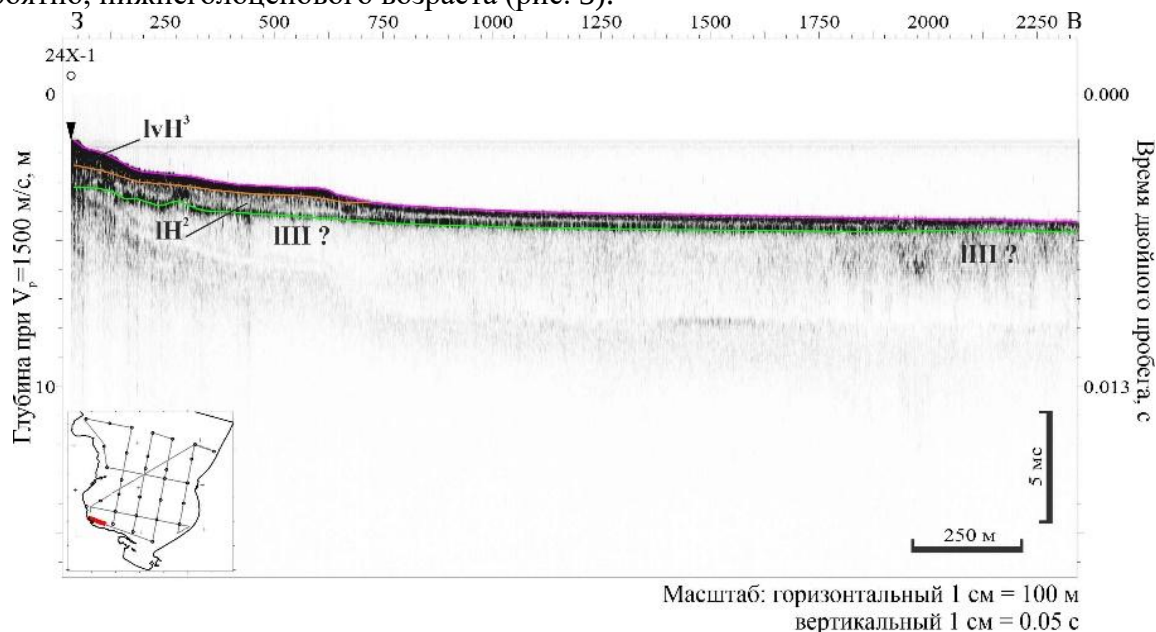


Рис. 2. Фрагмент временного разреза по профилю 24XUHR09 с геологической интерпретацией.

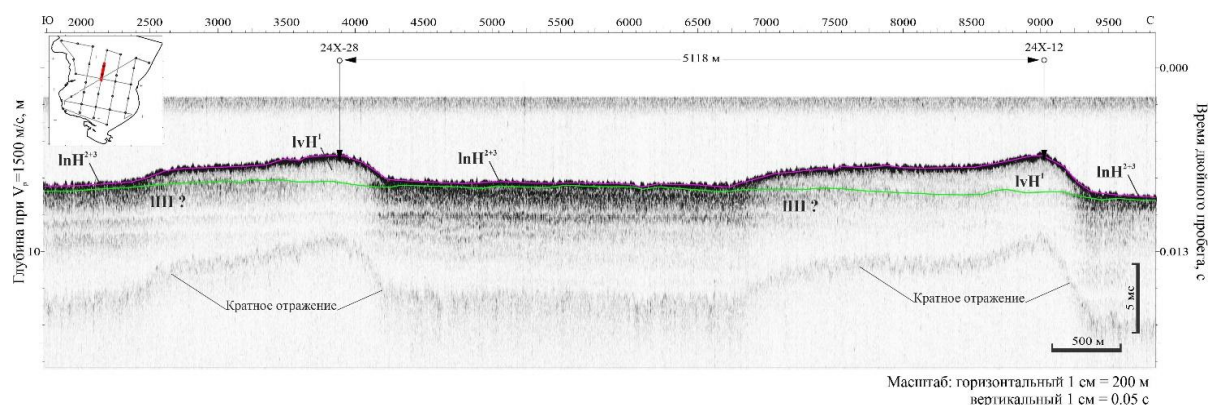


Рис. 3. Фрагмент временного разреза по профилю 24XUHR03 с геологической интерпретацией.

Согласно выделенным особенностям в литологическом описании 8 грунтовых колонок и проб без отбора кернов, были зафиксированы от двух до трех горизонтов, неоднородных по цвету, гранулометрическому составу и прочности на сдвиг.

Нижнему горизонту, скорее всего, соответствуют озерные отложения верхнего неоплейстоцена (III^4 ?) с видимой мощностью до 21,5 см. Зафиксированы на 15 станциях (24X-2, 4, 5, 7, 9, 21-27, 29, 31, 32) и представлены серой и сизовато-серой мягкопластичной, до туго-пластичной глиной (рис. 4).

Выше залегают отложения, предположительно, нижнеголоценового возраста, представленные озерно-нефелоидными образованиями (InH^1 ?) мощностью до 26 см. На ст. 24X-16 - 20 данные осадки выполняют разрез до забоя. Также этот горизонт отмечен в 10 образцах (24X-8, 9, 10, 21-23, 25-27, 29) и представлен сизовато-серой мягкопластичной глиной, иногда алевроглиной, с примесью песчаного (реже гравийного) материала в виде линз или единичных зерен (рис. 4).

Завершают разрез средне-верхнеголоценовые озерно-нефелоидные отложения (InH^{2+3}) мощностью до 5 см. В 20 образцах (24X-2, 7-10, 16-23, 25-27, 29-32) осадки представлены бурым (окисленным) текучим наилком пелитового алевролита (текучепластичным пелитом), реже буровато-серой мягкопластичной водонасыщенной глиной (рис. 4).

В отдельную группу отнесены 9 образцов (24X-6, 11, 12, 13, 14, 28, 30, 32, 33) озерно-ундалювиальных отложений нижнего голоцена (IvH^1) с видимой мощностью до 12 см. Осадки представлены бурым мелко-среднезернистым в обр. 24X-6, 13, 14, 33, средне-мелкозернистым песком в обр. 24X-12, 28; глинистым, существенно среднезернистым, текучем (в обр. 24X-30). Песок хорошо отмытый, сортированный, кварц-полевошпатовый, с темноцветными минералами слюды.

В образцах 24X-3, 15 разрез выполнен озерно-ундалювиальными отложениями, вероятно, среднего и верхнего голоцена, мощностью до 10 см. По данным ситового анализа, осадки представлены бурым песком средне-мелкозернистого (24X-3) и крупно-среднезернистого состава (24X-15). Для них характерна отмытость, кварц-полевошпатовый состав, включения темноцветных зерен слюды.

Озерно-ундалювиальные отложения выделяются на ст. 24X-1, представленные верхнеголоценовыми отложениями (IvH^3) мощностью до 45 см. Осадок неоднороден, в верхней части горизонта имеет место переслаивание темного буровато-серого растительного детрита с примесью алевроглинистого вещества и более светлого глинистого песка или алевроглин. По всему разрезу прослеживаются среднезернистые частицы слюды в разных концентрациях. В забое отмечено присутствие более твердого субстрата (песка более древнего возраста – IH^2 ?).

По результатам ситового гранулометрического анализа 10 проб (24Х-3, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 28, 33) песчаных отложений поверхности дна (0-5 см) были рассчитаны основные статистические параметры распределения (сортировка, асимметрия и эксцесс).

Анализируемые отложения представлены песками, кривые распределения одномодальные, примесь тонкозернистых частиц ($<0,01$ мм) незначительна (менее 1%, за исключением обр. 24Х-33 – 1,16%). Гравийно-галечные частицы почти отсутствуют. По статистическим характеристикам, несколько отличаются осадки, отобранные на станциях 24Х-15 и 24Х-33. Асимметрия незначительно скошена в крупнопесчаную область, фиксируется примесь грубообломочного материала (3,72 и 2,0 %, соответственно). Эти осадки могут быть отнесены к палимпсестовым.

Первая группа отложений (обр. 24Х-3, 24Х-12, 24Х-24) характеризуется наиболее высокой степенью гранулометрической зрелости, что подтверждается относительно хорошей сортировкой (So 1,0-1,24), наличием четкой моды в области фракции 0,1-0,25 мм (вес модальной фракции 65-83%). Перемещение этих частиц, вероятно, связано с сальтацией. Осадки ст. 24Х-13 характеризуются близкими гранулометрическими параметрами, однако модальной фракцией (с весом 60%) является среднеспесчаная (0,25-0,5 мм). Способ их вероятной транспортировки – качение.

Вторая группа осадков (обр. 24Х-6, 11, 14 и 28): менее сортированные (So 1,56-1,87) средне-мелкозернистые и мелко-среднезернистые пески с весом модальной фракции 57-69%. Мотогенез песков в обр. 24Х-14, 6 может соответствовать процессу качения, а в обр. 24Х-11, 28 – сальтации.

В геохимическом составе всех проб поверхностных осадков (на интервале 0-5 см), за исключением обр. 24Х-33, содержания тяжелых металлов (в ppm) – Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Cd, As. были соотнесены со шкалой, представленной в руководстве [Swedish..., 2000].

Концентрации перечисленных элементов в изучаемых осадках могут дать представление об источниках их миграции в оз. Ханка.

Содержание Cu почти на всех станциях пробоотбора очень низкое. В образцах 24Х-7, 24Х-23 концентрации Cu низкие (18 и 16 ppm, соответственно). Концентрации Zn и Pb во всех пробах являются очень низкими.

Для поверхностных осадков оз. Ханка характерны наиболее высокие концентрации Cr и Ni. Содержание Cr средне-повышенное на всех станциях, кроме 24Х-11, где отмечены низкие концентрации. Для Ni характерен также класс средне-повышенных концентраций за исключением ст. 24Х-1, 4, 6, 11, 12, 15, 24, где зафиксированы низкие содержания данного элемента. Источниками повышенных концентраций данных элементов, скорее всего, являются воды рек, впадающих в оз. Ханка, в которые выше по течению со сточными водами попадают отходы горнодобывающих предприятий (шахт), таких как Павловское буроугольное месторождение [Оводова, 2013]. По оценкам [Тарасенко, Зиньков, 2013], не исключается возможность ухудшения гидрохимической обстановки при локальной разгрузке сточных вод в районе ликвидированной шахты Липовецкого каменноугольного месторождения в русла рек Краснопольская и Липовецкая, принадлежащих к водосборному бассейну оз. Ханка. Шахтные воды таких предприятий, в целом, характеризуются повышенными содержаниями меди, цинка, фенолов, нитратов, аммиака, хлоридов, нефтепродуктов и иных взвешенных веществ.

Выводы. Согласно интерпретации записей сейсмоакустического профилирования, литологическому описанию, оценке возраста и генезиса отобранных отложений, было составлено предварительное стратиграфическое описание четвертичной системы в пределах оз. Ханка. Нижнему горизонту соответствуют озерные отложения верхнего неоплейстоцена, перекрытые в наиболее глубоководной части озера озерно-нефелоидными отложениями голоцена; в прибрежной зоне, на поверхности затопленной террасы и на мелководье в центральной части акватории обнажаются голоценовые озерно-ундальовиальные осадки.

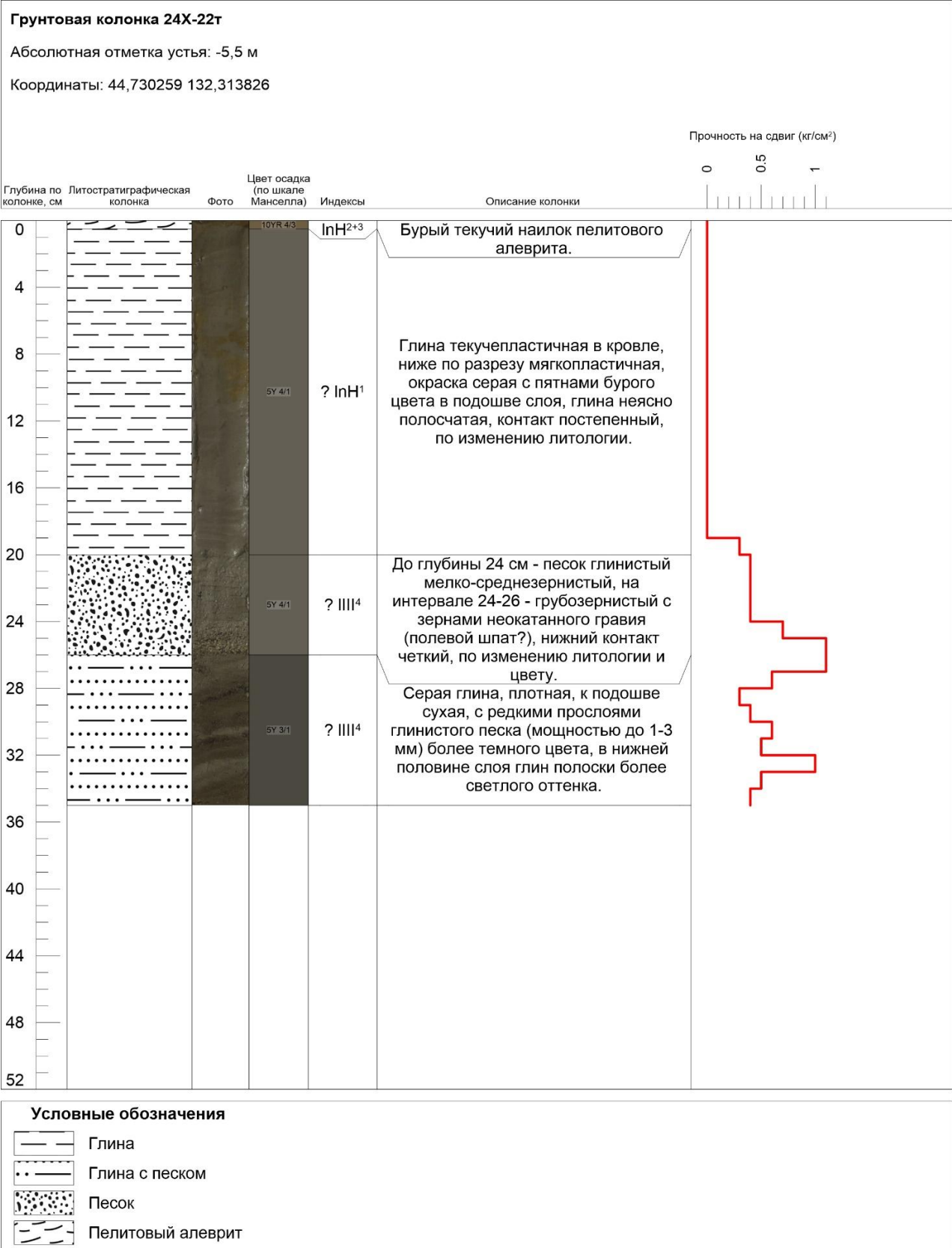


Рис. 4. Литологическое описание колонки 24Х-22т и данные пенетрации (прочности на сдвиг, кг/см²).

Гранулометрические параметры распределений песчаных отложений свидетельствуют о воздействии, преимущественно, гидродинамических процессов на формирование фракций.

В поверхностных осадках о. Ханка среди рассмотренных тяжелых металлов повышенные содержания зафиксированы только для Сг и Ni, возможно, связаны с поступлением в грунтовые и поверхностные воды производственных отходов предприятий на активно разрабатываемых месторождениях бурого и каменного угля, расположенных в пределах водосборного бассейна исследуемой акватории.

ЛИТЕРАТУРА

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. № 3. С. 272-276. doi: 10.1134/S181971400803007X

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Лист (L-(52), 53; (K-52, 53) — оз. Ханка. Объяснительная записка. СПб.: картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 684 с. + 8 вкл.

История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки (Серия История озер СССР). Л.: Наука, 1989. 280 с.

Короткий А.М., Михайлов М.А., Китаев И.В., Курносков В.Б. Литология и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны (на примере оз. Ханка). М.: Наука, 1979. С. 6, 9-11.

Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н., Орлова Л.А. Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // Научное обозрение, 2007. № 2, С. 8-9.

Оводова Е. В. Геохимическое исследование почв Павловского бурого угольного месторождения в пределах разреза «Павловский-2» // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, 2013. № 3 (16), С. 66-72.

Озеро Ханка [Электронный ресурс] // Водно-болотные угодья России: сайт. – URL: <https://fesk.ru/wetlands/298.html> (дата обращения: 20.06.2024).

Павлюткин Б. И., Ханчук А. И. Новые данные о возрасте озера Ханка, Дальний Восток России // Доклады РАН. 2002. Т. 382. № 6. С. 826-828.

Тарасенко И. А., Зиньков А. В. Оценка техногенного загрязнения подземного водного бассейна в районе ликвидированной шахты (Липовецкое каменноугольное месторождение, Приморский край) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 2 (168). С. 106-115.

Swedish Environmental Protection Agency (EPA). Environmental quality criteria – Lakes and watercourses. Report 5050. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, 2000. – 105 p.

DATA ON THE STUDY OF QUATERNARY DEPOSITS OF LAKE KHANKA

Rumyantseva A.K.^{1,2}, Sergeev A. Yu.¹, Budanov L. M.¹, Dron O. V.¹, Ryabchuk D. V.¹

¹A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Anna_Rumyantseva@karpinskyinstitute.ru

In 2024, the Khanka squad of the Khabarovsk party, employees of the Department of Regional Geoecology and Marine Geology, completed the work on Lake Khanka (Primorsky Krai) as part of a state assignment to further study the Quaternary sediments of the water area. Office processing included an analysis of geological and geophysical data with the interpretation of time sections, granulometric and geochemical analyses. Based on the results of the work, the boundaries of reflecting horizons were established, the types of motogenesis of sand deposits was put forward, and differences in heavy metal concentrations in surface sediments were revealed. Based on the obtained data and published sources, an assessment of the age and origin of the studied water area's sediments was carried out. They are represented by lacustrine and lacustrine-nepheloid sediments of the Upper Neopleistocene-Holocene, in shallow water areas, by lacustrine-undaluvial ones.

Keywords: *Lake Khanka, Quaternary deposits, geological and geophysical data, granulometric analysis, motogenesis, geochemical analysis, heavy metal concentrations, age, origin*

REFERENCES:

- Bazarova V.B., Mokhova L.M., Orlova L.A., Belyanin P.S.*, “Variation of the Lake Khanka level in the late Holocene, Primorye,” // *Russian Journal of Pacific Geology*. 2008. Vol. 27. No. 3. P. 272-276. doi: 10.1134/S181971400803007X
- State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 1,000,000 (third generation). Sheet (L-52), 53; (K-52, 53) – Lake Khanka. Explanatory note. – SPb.: VSEGEI cartographic factory, 2011. – p. 684 + 8 incl.
- History of Lake Ladoga, Onega, Pskov-Chudskoe, Baikal and Khanka (Series: History of Lakes of the USSR). L.: Nauka, 1989. – 280 p.
- Korotkiy A.M., Mikhailov M.A., Kitaev I.V., Kurnosov V.B.*, “Lithology and geochemistry of modern lake sediments of the humid zone (on the example of Lake Khanka),” M.: Nauka, 1979. P. 6, 9-11.
- Lake Khanka [Electronic resource] // Wetlands of Russia: website. – URL: <https://fesk.ru/wetlands/298.html> (access date: 06/20/2024).
- Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Popov A.N., Orlova L.A.*, “Paleogeography of Lake Khanka in the late Holocene” // *Scientific Review*. 2007. No. 2. P. 8-9.
- Ovodova E.V.*, Geochemical study of soils of the Pavlovsk brown coal field within the “Pavlovsky-2” section” // *Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*. 2013. No. 3. P. 66-72.
- Pavlyutkin B.I., Khanchuk A.I.* New data on the age of Lake Khanka, the russian Far East // *Doklady Earth Sciences*. 2002. Vol. 383. № 2. P. 187-189.
- Swedish Environmental Protection Agency (EPA). Environmental quality criteria – Lakes and watercourses. Report 5050. Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm, 2000. – 105 p.
- Tarasenko I.A., Zinkov A.V.*, “Estimation of technogenic pollution of groundwater basin around the abandoned mine (the Lipovetskoe coal deposit, Primorsky Krai),” // *Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2013. No. 2 (168). P. 106-115.