

УДК 551.34(571.56)

Р. В. ЧЖАН¹, д-р техн. наук, гл. науч. сотр. лаборатории инженерной геокриологии; **С. В. СОБОЛЬ²**, д-р техн. наук, проф. кафедры гидротехнических и транспортных сооружений; **Н. А. ПАВЛОВА¹**, канд. геол.-мин. наук, вед. научн. сотр. лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны; **В. В. ОГОНЕРОВ¹**, вед. инж. лаборатории подземных вод и геохимии криолитозоны

**ОПЫТ ГРАЖДАНСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА НАМЫВНЫХ ГРУНТАХ
НИЗКОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ЛЕНЫ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ
Г. ЯКУТСКА**

¹ФБГУН Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН

Россия, 277010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36. Тел.: 8 914 2 722 016;
эл. почта: rvzhang@ysn.mpi.ru

²ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-42-89;
эл. почта: gs@nngasu.ru

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, пойма реки Лены, намывной массив, температура, подземные воды, инженерные сооружения, мониторинг.

Приведен опыт возведения намывных массивов грунта в условиях криолитозоны для различных инженерных сооружений. Рассмотрены природные условия низкой поймы р. Лены в среднем течении и технология производства работ по созданию основания намывных грунтовых массивов под жилой комплекс г. Якутска. Приведены результаты исследований динамики геокриологических и гидрогеологических условий грунтов оснований зданий и сооружений на территории города.

Строительство на техногенных намывных грунтовых массивах осуществляется как за рубежом, так и в России [1–3]. В России, в условиях криолитозоны, намывной метод создания оснований сооружений распространен в Западной Сибири и в Якутии. Так, по данным ЗАО «Уренгойгидромеханизация», за период с 1978 по 2006 гг. в тело различных сооружений в Западной Сибири уложено свыше 116,9 млн м³ песчано-гравийного материала, а в г. Якутске при инженерной подготовке оснований сооружений объем намывного грунта составил около 800 тыс. м³ [3].

Крупные работы по устройству намывных оснований инженерных сооружений проведены в Якутске – старейшем и самом крупном городе криолитозоны. Город расположен в Восточной Сибири на левом берегу р. Лены, в ее среднем течении. К настоящему времени на пойменной и прибрежных территориях в г. Якутске построены и эксплуатируются следующие сооружения: Якутская ТЭЦ, возведенная в 30-40-х годах прошлого столетия; причальные стенки и здание речного порта; завод по ремонту тяжелой землеройной техники; городская дамба; ограждающие противопаводковые дамбы; два жилых микрорайона: 202 и 203 кварталы города [3]. Все объекты, кроме 203 квартала, были запроектированы и построены по I принципу использования грунтов в качестве основания. Однако в процессе многолетней эксплуатации под многими вышеперечисленными объектами грунты оснований постепенно приобрели положительные температуры



и используются в оттаявшем или оттаивающем состоянии (II принцип). Причин изменения строительного принципа использования грунтов много: техногенные утечки их водонесущих коммуникаций под инженерные объекты; инфильтрация атмосферных осадков в основание сооружений; высокие естественные отрицательные температуры грунтов на пойменной территории; гидравлическая связь второстепенных проток р. Лены с ее основным руслом; отепляющее влияние намытого массива на температурный режим грунтов основания; процессы криогенеза, в результате которых изменяются физико-механические и прочностные свойства намытого грунтового массива и другое. Как показали изыскания, инженерно-геокриологические и гидрогеологические условия низкой поймы оказались довольно сложными из-за наличия многочисленных гидрогенных водоносных таликов различной мощности. Основной задачей выполненных исследований являлось обобщение результатов натурных наблюдений за процессами, происходящими в теле и основании намытых массивов, на которых возведены некоторые из вышеупомянутых сооружений.

Природные условия низкой поймы р. Лены и намытого массива в г. Якутске. Якутск – наиболее контрастный по температурному режиму город мира. Амплитуда между минимальной и максимальной температурой воздуха здесь равна 102,8 °С. С 1980-х годов средняя годовая температура воздуха в связи с потеплением повысилась на 3 °С и составляет в настоящее время –7 °С. Среднее годовое количество атмосферных осадков около 250 мм. Лена – крупнейшая равнинная река криолитозоны. Ширина ее долины у г. Якутска составляет 6–10 км, а диапазон изменения уровня воды достигает 7–11 м. Русло р. Лены в районе города параллельно-рукавное, испытывает постоянное переформирование. В настоящее время из-за смещения многочисленных пойменных островов происходит обмеление левых протоков и развитие правого рукава реки [4, 5].

Под протоками р. Лены развиты надмерзлотные талики мощностью до 30–60 м. На островах подошва многолетнемерзлых пород вскрыта на глубине 320 м. В пределах поймы температура многолетнемерзлых грунтов изменяется от 0° до –2 °С, талых – около +0,5 °С. Наличие сквозного талика предполагается под основным руслом реки.

В геологическом строении территории принимают участие четвертичные отложения (разнозернистые пески, гравий, супеси, суглинки), мощность которых в пределах поймы составляет 15–23 м. Они подстилаются юрскими песчаниками, алевролитами и аргиллитами. Переходная зона между коренными породами и четвертичными дисперсными аллювиальными отложениями представлена разрушенными породами коренной основы.

Перед освоением намытая территория в районе г. Якутска представляла собой низкую пойму, граничащую с Городской протокой р. Лены. На пойме было большое количество старичных и термокарстовых озер, которые частично или полностью затапливались во время половодий. Рельеф поймы в основном плоский с вытянутыми гривами и понижениями. Участки между гривами были заболочены или заняты староречьями, имели глубину до 3 метров и длину до 1–1,3 км. Мощность таликов на ежегодно затапливаемой пойме составляла 4,2–9,0 м и более. В инженерно-геокриологических разрезах присутствовали мерзлые толщи сливающегося и не сливающегося типов, а также отмечалось новообразование мерзлых пород.

Основные объемы по намытию территории под застройку 202 квартала г. Якутска осуществлялись в 1978–1988 гг. грунтами руслового аллювия. В 1990–1992 гг. и



в 2012 г. было создано грунтовое основание 203 квартала. Мощность техногенной толщи составила от 8,5–10 м на гривах и прирусловых валах до 12–14 м на участках старичных озер и русел. Общая площадь новой территории равна 0,97 км², из которых 0,3 км² приходится на 202 квартал и 0,67 км² – на 203 квартал. Поверхность намытого массива имеет средние отметки 96–97 м. При намывных работах старичные озера с надмерзлотными таликами были погребены, а на межозерных пространствах за счет высокой температуры пульпы произошло углубление кровли многолетнемерзлых пород и под 6–8-метровой толщиной техногенного грунта сформировались искусственные водонасыщенные талики мощностью до 3–5 м [6].

Результаты геокриологических и гидрогеологических исследований и их обсуждение. Перед массовой застройкой 202 квартала г. Якутска, ввиду отсутствия опыта использования намывных территорий со сложными мерзлотно-гидрогеологическими условиями, был проведен комплекс натурных, лабораторных и экспериментальных исследований [6]. Результаты этих работ послужили основанием для выбора I принципа строительства на пойменно-намывной территории г. Якутска. В качестве фундаментов для жилых домов были предложены три их типа: железобетонные столбчатые («колонны с башмаком»), свайные и плитные. После натурных испытаний основным типом фундаментов при застройке 202 квартала были приняты столбчатые, установленные на фундаментные плиты, смонтированные на щебенистой подготовке на глубине 4–4,5 м вырытого котлована [6].

Измерения температуры грунтов в теле и основании намытого массива после возведения части зданий и сооружений на территории 202 квартала показали на отдельных участках отопление грунтов оснований. Считалось, что это произошло из-за нарушения норм эксплуатации строительного комплекса. В частности, было установлено, что в результате аварийных утечек воды из тепловыделяющих инженерных сетей в этом микрорайоне в процессе эксплуатации построенных зданий под отдельными из них максимальная температура грунтов на глубине 10–14 м достигала 40 °С [6]. Это наглядный пример техногенного прессинга на геокриологические условия.

В настоящее время на территории 202 квартала слой сезонного промерзания грунтов имеет мощность около 4,5 м [7]. Надмерзлотные субэаральные талики прослеживаются глубже 10 м, лишь в отдельных местах на глубине 5 м зафиксировано образование линз многолетнемерзлых пород со средней годовой температурой от –0,3 до –0,6 °С. При изучении температурного поля грунтов в 203 квартале, застроенном в 2015–2019 г., установлено, что намытый массив после почти 30-летнего существования находится практически полностью в талом состоянии (рис. 1).

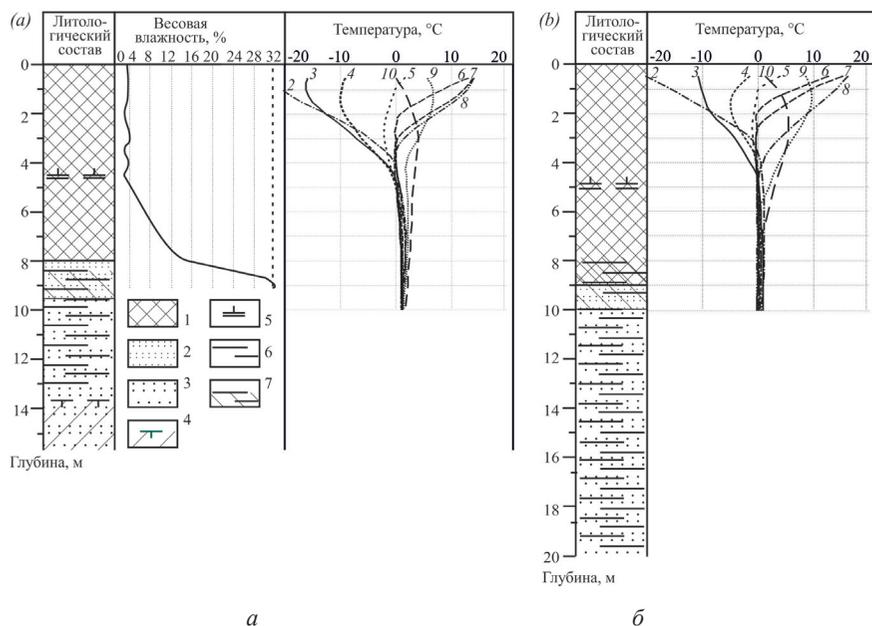


Рис. 1. Геокриологическое строение и изменение температуры грунтов на участке погребенных увалов (а) и озера (б): 1–3 – литологический состав пород: 1 – техногенный грунт, песок средний, 2–3 – аллювиальные отложения: 1 – песок мелкий; 3 – песок средний; 4 – кровля многолетнемерзлых пород; 5 – граница слоя сезонного промерзания; 6 – водоносный горизонт; 7 – интервал сезонных колебаний уровня надмерзлотных вод

Экспериментально установлено, что значительную роль в формировании теплового состояния тела и основания намытого массива играет сама намытая толща, так как ее теплопроводность составляет всего 0,5 Вт/м °C [8]. При ее мощности, превышающей слой сезонного промерзания, сухие пески становятся теплоизоляторами. В ближайшие десятилетия при наблюдаемом повышении средней годовой температуры воздуха увеличения мощности сезонномерзлого слоя вплоть до слияния его с многолетнемерзлыми породами не ожидается.

На фоне общего потепления климата, другими составляющими теплового баланса, влияющими на формирование теплового режима грунтов низкой поймы и намытого массива, являются надмерзлотные воды погребенных таликов, стариц, а также атмосферные осадки. Наиболее существенное воздействие оказывают надмерзлотные грунтовые воды, циркулирующие в основании толщ намытых массивов. Они вскрыты скважинами на глубине 6,4–13,0 м [9]. Подземные воды безнапорны. Мощность обводненной толщи, в зависимости от отметок кровли криогенного водоупора, изменяется от 0,5–6,0 м на участках погребенных увалов до 12 и более метров на площадях замкнутых старичных озер. Свободная поверхность надмерзлотных грунтовых вод испытывает сезонные колебания (рис. 2). Ее самые низкие отметки отмечаются в марте – начале мая и соответствуют периоду зимней межени в р. Лене. Уровень речных вод в это время залегает на 3–4 м ниже, чем у надмерзлотных таликовых вод на намытой территории. В мае с первой волной половодья происходит быстрый подъем уровня воды р. Лены.

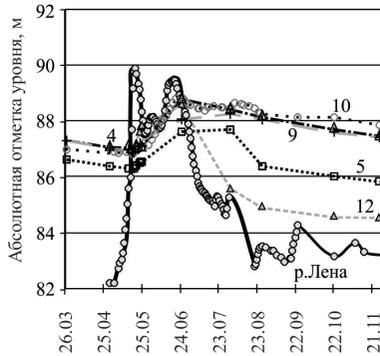


Рис. 2. Изменение уровня подземных вод в наблюдательных скважинах на территории 203 квартала и воды р. Лены (гидропост г. Якутск) в 2019 г. Скважины 4, 9 и 10 расположены на участках погребенных озер; скважины 5 и 12 – на участках погребенных увалов (скважина 5 – в центральной части 203 квартала, скважина 12 – в 60 м от контура намывного массива)

В течение 7–17 суток абсолютные отметки поверхности речных и надмерзлотных грунтовых вод выравниваются. Затем в условиях подпора начинается интенсивное питание подземного водоносного горизонта поверхностными водами р. Лены и повышение зеркала надмерзлотных грунтовых вод на 1,5–3,5 м относительно меженного уровня. В конце июня – начале июля на фоне спада уровней речных вод уменьшается гидравлический градиент между подземными водами, развитыми на пойме, и рекой. В этих условиях происходит медленное осушение грунтов намывного массива, продолжающееся до следующего паводка.

На намывной территории подземные воды имеют химический состав, близкий к составу вод подруслового талика под р. Ленкой и речной воды в зимний период. По химическому типу это хлоридно-гидрокарбонатные смешанные по катионам воды. В разрезе распределение минерализации носит характер стратификации: более низкая соленость воды характерна для верхних водоносных слоев, в нижних частях талика содержание растворенных веществ в воде увеличивается без изменения ее химического типа. Минерализация подземных вод непостоянна в течение года (рис. 3). Максимальные ее величины (0,5–0,7 г/л) отмечаются в январе-мае. В летний период при фильтрации в намывной массив ультрапресных вод р. Лены происходит уменьшение минерализации подземных вод до 0,4–0,5 г/л.

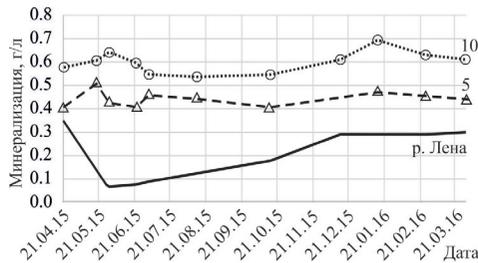


Рис. 3. Изменение минерализации подземных вод на территории 203 квартала и воды р. Лены в 2015–2016 гг. Скважина 10 – интервал водоносного горизонта 8–20 м (участок погребенного озера); скважина 5 – интервал водоносного горизонта 8–13,5 м (участок погребенного увала)

В паводковый период действуют два механизма насыщения грунтов водой. Первый – это боковая фильтрация речных вод по контуру намывного массива. Зона



его влияния ограничивается 150–170 м от водотока. Второй – передача гидравлического давления от реки по подрусловому потоку, который взаимосвязан с техногенным надмерзлотным водоносным горизонтом. Влияние второго механизма прослеживается по всей изучаемой площади. Скорость распространения гидродинамического импульса от реки по водоносному горизонту, рассчитанная по данным режимных наблюдений, составляет около $4,6 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{сут}$ [9]. Фильтрующиеся по таликам подземные воды насыщают грунты снизу, изменяя их теплофизические свойства. Кроме того, движение подземных вод обуславливает конвективное перераспределение тепловой энергии в водоносных горизонтах и зонах как по площади, так и по разрезу. Ранее выполненные прогнозные расчеты температурного режима грунтов на намывных территориях г. Якутска предполагали отсутствие непрерывной фильтрации воды в подошве намывного массива и учитывали только теплофизические свойства техногенного слоя [6]. По результатам проведенного моделирования ожидалось постепенное поднятие верхней границы многолетнемерзлых пород и смыкание ее со слоем сезонного протаивания. Однако в настоящее время на территории сохраняется несливающийся тип мерзлоты. Исходя из данных гидрогеологических наблюдений, следует, что существование таликовых зон в намывных массивах и их опосредованная связь с р. Леной через подрусловой талик является важнейшим, но пока малоизученным фактором формирования температурного поля пород грунтов оснований сооружений.

Таким образом, совокупность факторов, влияющих на формирование теплового режима грунтов оснований, способствует деградации высокотемпературных и практически безградиентных мерзлых грунтов низкой поймы. При создавшейся инженерно-геокриологической ситуации возникает вопрос о принципе использования намывных грунтов на низкой пойме р. Лены в качестве оснований. Опираясь на мониторинговые исследования, проведенные ИМЗ СО РАН и другими организациями на территории 202 и 203 кварталов, при застройке 203 квартала г. Якутска был рекомендован II принцип строительства, с использованием плитных фундаментов [10]. При этом было рекомендовано соблюдать все нормы проектирования и строительства, а именно использование таких типов фундаментов, которые бы могли воспринимать и перераспределять усилия, вызванные возможной неравномерной осадкой основания.

Заключение

Исследования показали, что несмотря на сложные геокриологические процессы, происходящие в теле и основании намывного массива в период формирования их термо-влажностного режима, территории низких пойм рек криолитозоны можно использовать под строительство. Неотъемлемой частью освоения этих территорий является геокриологический и гидрогеологический мониторинг. Количественно оценить роль водоносных таликов в формировании геотермического режима грунтов, в условиях сложного движения подземных вод в основании намывной толщи и накладываемого техногенного повышения температуры грунтов в пределах фундаментов инженерных сооружений, является задачей дальнейших режимных наблюдений. Для окончательных рекомендаций принципа использования территории низких пойм в качестве оснований сооружений продолжение мониторинговых исследований необходимо как на территории 202 квартала г. Якутска, застроенного по I принципу, так и на площади 203 квартала, где был использован II принцип строительства.

Выявленные закономерности необходимо учитывать при планировании освоения пойменных территорий крупных рек криолитозоны, а также оценке рисков



подтопления оснований инженерных сооружений на намывных площадях подземными водами под воздействием паводков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Hoff, J. Hydraulic fill manual: for dredging and reclamation works / J. Hoff, Nooy van der Kolff A. – London : CRC Press. – 2012. – 672 p. – URL: <https://doi.org/10.1201/b13077>.
2. Mapping Trajectories of Coastal Land Reclamation in Nine Deltaic Megacities using Google Earth Engine / D. Sengupta, R. Chen, M. E. Meadows [et al.] // Remote Sens. – 2019. – № 11. – URL: <https://doi.org/10.3390/rs11222621>.
3. Инженерное освоение низких пойм рек криолитозоны под гражданское строительство: опыт, проблемы, перспективы / Р. В. Чжан, Н. А. Павлова, В. В. Огонеров, А. Л. Лобанов, М. В. Данзанова. – Текст : электронный // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2020. – Том 25. – № 2. – С. 87–97. – URL: <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-2-7>.
4. Морфология, деформации, временные изменения русла р. Лены и их влияние на хозяйственную инфраструктуру в районе г. Якутска / Р. С. Чалов, А. С. Завадский, С. Н. Рулева [и др.]. – Текст : электронный // Геоморфология. – 2016. – № 3. – С. 22–35. – URL: <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-3-22-35>.
5. Tananaev, N. Hydrological and sedimentary controls over fluvial thermal erosion, the Lena river, Central Yakutia / N. Tananaev // Geomorphology. – 2016. – 253. – P. 524–533. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.009>.
6. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне / Л. Т. Роман, А. А. Цернант, В. Л. Полещук [и др.]. – Москва : [б. и.], – 2008. – 323 с. – ISBN 978-5-94645-002-7. – Текст : непосредственный.
7. Сыромятников, И. И. Особенности температурного режима намывных песков микрорайона № 202 г. Якутска / И. И. Сыромятников, В. В. Куницкий. – Текст : непосредственный // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Северо-Востока России : материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. – Якутск, 2018. – Том 2. – С. 282–285.
8. Шестернев, Д. М. Эколого-геокриологические условия строительства на намывных грунтах. Прикладные экологические проблемы г. Якутска : сборник научных трудов / Д. М. Шестернев, Р. В. Чжан, Г. П. Кузьмин. – Новосибирск : Наука. – 2017. – 236 с. – ISBN 978-5-02-038729-4. – Текст : непосредственный.
9. Hydrogeology of Reclaimed Floodplain in a Permafrost Area (Yakutsk, Russia) / N. Pavlova, V. Ogonerov, M. Danzanova, V. Popov. – Текст : электронный // Geosciences. – 2020. – 10 (5). – URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences10050192>.
10. Шестернев, Д. М. Строительство на намывных грунтах в криолитозоне Якутии / Д. М. Шестернев, Р. В. Чжан, Г. П. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы : международная конференция. – Тюмень. 2015. – С. 432–435.

CHZHAN Rudolf Vladimirovich¹, doctor of technical sciences, chief researcher of the laboratory of engineering geocryology; SOBOL Stanislav Vladimirovich², doctor of technical sciences, professor, holder of the chair of hydraulic engineering and transport structures; PAVLOVA Nadezhda Anatolevna¹, candidate of geological and mineralogical sciences, leading researcher of the laboratory of groundwater and geochemistry of the cryolithozone; Ogonerov Vasily Vasilevich¹, leading engineer, the laboratory of groundwater and geochemistry of the cryolithozone

EXPERIENCE OF CIVIL CONSTRUCTION ON ALLUVIAL SOILS OF THE LOW FLOODPLAIN OF THE LENA RIVER IN THE CONDITIONS OF THE YAKUTSK CRYOLITHOZONE



¹Melnikov Permafrost Institute SB RAS

36, Merzlotnaya St., Yakutsk, 667010, Russia. E-mail: rvzhang@mpi.ysn.ru

²Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. E-mail: gs@nngasu.ru

Key words: permafrost, Lena River flood-lands, hydraulic fill, temperature, underground water, engineering projects, monitoring.

This paper presents the experience of construction of alluvial soil massifs in cryolithozone conditions for various engineering structures. The natural conditions of the low floodplain of the Lena River in the middle reaches and the technology of work on the creation of the foundation of alluvial soil massifs for the residential complex of Yakutsk are considered. The results of studies of the dynamics of geocryological and hydrogeological conditions of the soils of the foundations of buildings and structures on the territory of the city are presented.

REFERENCES

1. Hoff J. (Ed.), Nooy van der Kolff A. (Ed.), Hydraulic fill manual: for dredging and reclamation works. London: CRC Press, 2012, 672 p. <https://doi.org/10.1201/b13077>.
2. Sengupta, D.; Chen, R.; Meadows, M. E. et al., 2019. Mapping Trajectories of Coastal Land Reclamation in Nine Deltaic Megacities using Google Earth Engine. *Remote Sens.* 11, 2621. doi.org/10.3390/rs11222621.
3. Chzhan R. V., Pavlova N. A., Ogonerov V. V., et al. Inzhenernoe osvoenie nizkikh poym rek kriolitozony pod grazhdanskoe stroitelstvo: opyt, problemy, perspektivy [Civil construction on low floodplains in permafrost regions: experience, problems, prospects] // *Prirodnye resursy Arktiki i Subarktiki* [Arctic and Subarctic Natural Resources], 2020. № 25 (2). P. 87–97 p. URL: <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2020-25-2-7>.
4. Chalov R. S., Zavadsky A. S., Ruleva S. N., et al. Morfologiya, deformatsii, vremennye izmeneniya rusla r. Leny i ikh vliyanie na khozyaystvennyuyu infrastrukturu v rayone g. Yakutska [Morphology, deformations and temporary modifications of the Lena river channel and its influence on the Yakutsk economic infrastructure] // *Geomorfologiya* [Geomorphology]. 2016, № 3. P. 22–35. URL: <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-3-22-35>.
5. Tananaev N. Hydrological and sedimentary controls over fluvial thermal erosion, the Lena river, Central Yakutia // *Geomorphology*, 2016, 253: 524-533 doi: 10.1016/j.geomorph.2015.11.009.
6. Roman L. T., Tsernant A. A., Poleschuk V. L., et al. Stroitelstvo na namyvnykh gruntakh v kriolitozone [Construction on hydraulic fills on permafrost]. Moscow, 2008, 323 p. – ISBN 978-5-94645-002-7.
7. Syromyatnikov I. I., Kunitsky V. V. Osobennosti temperaturnogo rezhima namyvnykh peskov mikrorayona №202 g. Yakutska [Features of the temperature regime of alluvial sands in district No. 202 in Yakutsk] // *Geologiya i mineralno-syrevye resursy Severo-Vostoka Rossii: materialy VIII Vseross. nauchno-praktich. konfern. Yakutsk*, 2018. Vol. 2. P. 282–285.
8. Shesternev D. M., Chzhan R. V., Kuzmin G. P. Ekologo-geokriologicheskie usloviya stroitelstva na namyvnykh gruntakh. Prikladnye ekologicheskie problemy g. Yakutska [Ecological and geocryological conditions of construction on alluvial soils. Applied environmental problems of Yakutsk]: sbornik nauchnykh trudov. Novosibirsk: Nauka, 2017. – 236 p. – ISBN 978-5-02-038729-4.
9. Pavlova N., Ogonerov V., Danzanova M., Popov V. Hydrogeology of Reclaimed Floodplain in a Permafrost Area, Yakutsk, Russia // *Geosciences*, 2020, №10(5). URL: <https://doi.org/10.3390/geosciences10050192>.
10. Shesternev D. M., Chzhan R. V., Kuzmin G. P. Stroitelstvo na namyvnykh gruntakh v kriolitozone Yakutii [Construction on alluvial soils in the cryolithozone of Yakutia] // *Arktika, Subarctica: mozaichnost, kontrastnost, variativnost kriosfery* [Arctic, Subarctic: mosaicity, contrast, variability of the cryosphere]: mezhdunar. konferentsiya. Tyumen, 2015, P. 432–435.

© Р. В. Чжан, С. В. Соболев, Н. А. Павлова, В. В. Огонеров, 2022

Получено: 30.03.2022 г.