

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОКРИОЛОГИЯ

УДК: 551.345; 551.89
DOI: 10.15372/KZ20240301
EDN: YRBDPH

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОЖБИННО-ГРЯДОВОГО РЕЛЬЕФА ПУР-ТАЗОВСКОГО
МЕЖДУРЕЧЬЯ В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ–ГОЛОЦЕНЕ

О.Л. Опокина^{1,2,*}, Е.А. Слагода^{1,2}, В.И. Иванов¹, А.В. Хомутов¹, А.О. Кузнецова¹,
М.М. Данько¹, Е.С. Королева³, Г.В. Симонова⁴

¹ Институт криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН, 625026, Тюмень, ул. Малыгина, 86, Россия

² Тюменский индустриальный университет, 625000, Тюмень, ул. Володарского, 38, Россия

³ Научный центр изучения Арктики, 629008, Салехард, ул. Республики, 20, Россия

⁴ Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
634055, Томск, пр. Академический, 10/3, Россия

*Автор для контакта; e-mail: opokina@ikz.ru

Строение верхней части криолитозоны и рельеф северо-востока Западной Сибири обусловлены изменением природной обстановки в позднем неоплейстоцене и голоцене. В 2016–2021 гг. изучены разрез отложений на разных элементах рельефа III озерно-аллювиальной равнины Пур-Тазовского междуречья – увалах и термокарстово-эрозионных ложбинах. В строении верхней части равнины выделены каргинско-сартанские аллювиальные, озерные, склоновые отложения и голоценовые торфяники. На основе стратиграфии и новых геохронологических данных на Пур-Тазовском междуречье выявлены последствия активизации неотектонических процессов в сартанский период и влияния климатических факторов на дифференциацию аккумулятивных и денудационных процессов в голоцене.

Ключевые слова: криогенное строение, генезис отложений, торфяники, радиоуглеродное датирование, рельеф, неотектоника.

Ссылка для цитирования: Опокина О.Л., Слагода Е.А., Иванов В.И., Хомутов А.В., Кузнецова А.О., Данько М.М., Королева Е.С., Симонова Г.В. Формирование ложбинно-грядового рельефа Пур-Тазовского междуречья в позднем неоплейстоцене–голоцене // Криосфера Земли, 2024, т. XXVIII, № 3, с. 3–18. DOI: 10.15372/KZ20240301. EDN: YRBDPH.

FORMATION OF THE HOLLOW-RIDGE TOPOGRAPHY ON THE PUR-TAZ INTERFLUVE
IN THE LATE PLEISTOCENE AND HOLOCENE

O.L. Opokina^{1,2,*}, E.A. Slagoda^{1,2}, V.I. Ivanov¹, A.V. Khomutov¹, A.O. Kuznetsova¹,
M.M. Danko¹, E.S. Koroleva³, G.V. Simonova⁴

¹ Earth Cryosphere Institute, Tyumen Scientific Centre Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Malygina St. 86, Tyumen, 625026 Russia

² Tyumen Industrial University, Volodarskogo St. 38, Tyumen, 625000 Russia

³ Arctic Research Centre of the Yamal-Nenets Autonomous District, Respubliki St. 20, Salekhard, 629008 Russia

⁴ Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Akademicheskoy Ave. 10/3, Tomsk, 634055 Russia

*Corresponding author; e-mail: opokina@ikz.ru

The structure of the upper part of permafrost and the topographic features in the northeast of Western Siberia were shaped by changes in the natural environment in the Late Pleistocene and Holocene. In 2016–2021, sections of different landforms – ridges and thermokarst-erosional hollows – were studied within the third lacustrine-alluvial plain of the Pur-Taz interfluvium. The upper part of the plain includes the Kargin-Sartan alluvial, lacustrine, and slope sediments and Holocene peatlands. Based on the stratigraphy and new geochronological data on the Pur-Taz interfluvium, the consequences of the activation of neotectonic processes in the Sartan period and the influence of climatic factors on the differentiation of accumulative and denudation processes in the Holocene were identified.

Keywords: cryogenic structure, genesis of sediment, peatlands, radiocarbon dating, relief, neotectonics.

Приближение к правде – сложение множества мнений.

Юлиан Семенов

ВВЕДЕНИЕ

Современный геолого-геоморфологический облик севера Западно-Сибирской плиты формировался в четвертичном периоде под воздействием комплекса геологических процессов. В осадочном чехле одновременно присутствуют признаки аградации и деградации многолетнемерзлых пород (ММП) и неотектонических движений: следы промерзания–протаивания отложений, разложения газогидратов, криогенные образования, складчатые и разрывные деформации и др. [Андреев, 1960; Трофимов и др., 1987; Баду, 2011].

Существуют разные представления о геологических и климатических событиях, происходивших на севере Западной Сибири в этот период [Архипов и др., 1994; Сидорчук и др., 2008; Астахов, 2009]. При этом палеогеографические реконструкции не всегда достаточно подтверждены фактами и не всегда учитывают влияние процессов криолитогенеза. Так, происхождение грядово-ложбинного рельефа в Западной Сибири связывают с неотектоническими поднятиями–опусканиями, контролируемыми меридиональной и широтной системой разломов [Городецкая, 1972], с трансгрессиями и регрессиями моря, образованием лестницы террас вследствие эвстатических колебаний уровня Полярного бассейна [Кузин, 2005; Савченко, 2016], с деятельностью наземных и шельфовых ледников [Гроссвальд, 1983; Астахов, 2009; Назаров, 2015], реже – с эрозионной деятельностью рек и таянием мерзлоты [Сидорчук и др., 2008] или с криоаридным опустыниванием [Зыкина и др., 2017; Поздняков, 2020].

П.Е. Брагин [2001] отмечал, что отрицательные структуры плиоцен-четвертичного возраста в строении Западно-Сибирской плиты часто относят к эрозионным врезам независимо от их геологического строения, при этом полностью отрицая возможность неотектонических движений. Позднее появились данные о распространении “складок и разрывов гравитационного оползания”, которые возникали при обновлении разломов фундамента в позднем кайнозое и в четвертичное время [Гусев, 2015]. Е.А. Мануилова [2021] с неотектоническими поднятиями связывает активизацию эрозионных и эрозионно-денудационных

процессов и, как следствие, формирование в зонах разломов заболоченных и заозеренных депрессий.

Наиболее сложной задачей является определение времени проявления неотектонических, эрозионных процессов и воздействия промерзания–протаивания отложений. Для уточнения возраста геологических событий применяют радиоуглеродное датирование разрезов, мерзлотно-фациальный анализ, определение криогенного генезиса, выявление деформаций терригенных отложений [Слагода, Медведев, 2004; Каплина, 2009; Катасонов, 2009; Тумской, 2021]. Неотектонические движения в строении осадочной толщи выявляют по изменению гипсометрического положения кровли разновозрастных слоев, деформациям слоистости, криогенным и палеокриогенным образованиям [Слагода и др., 2001, 2015].

РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

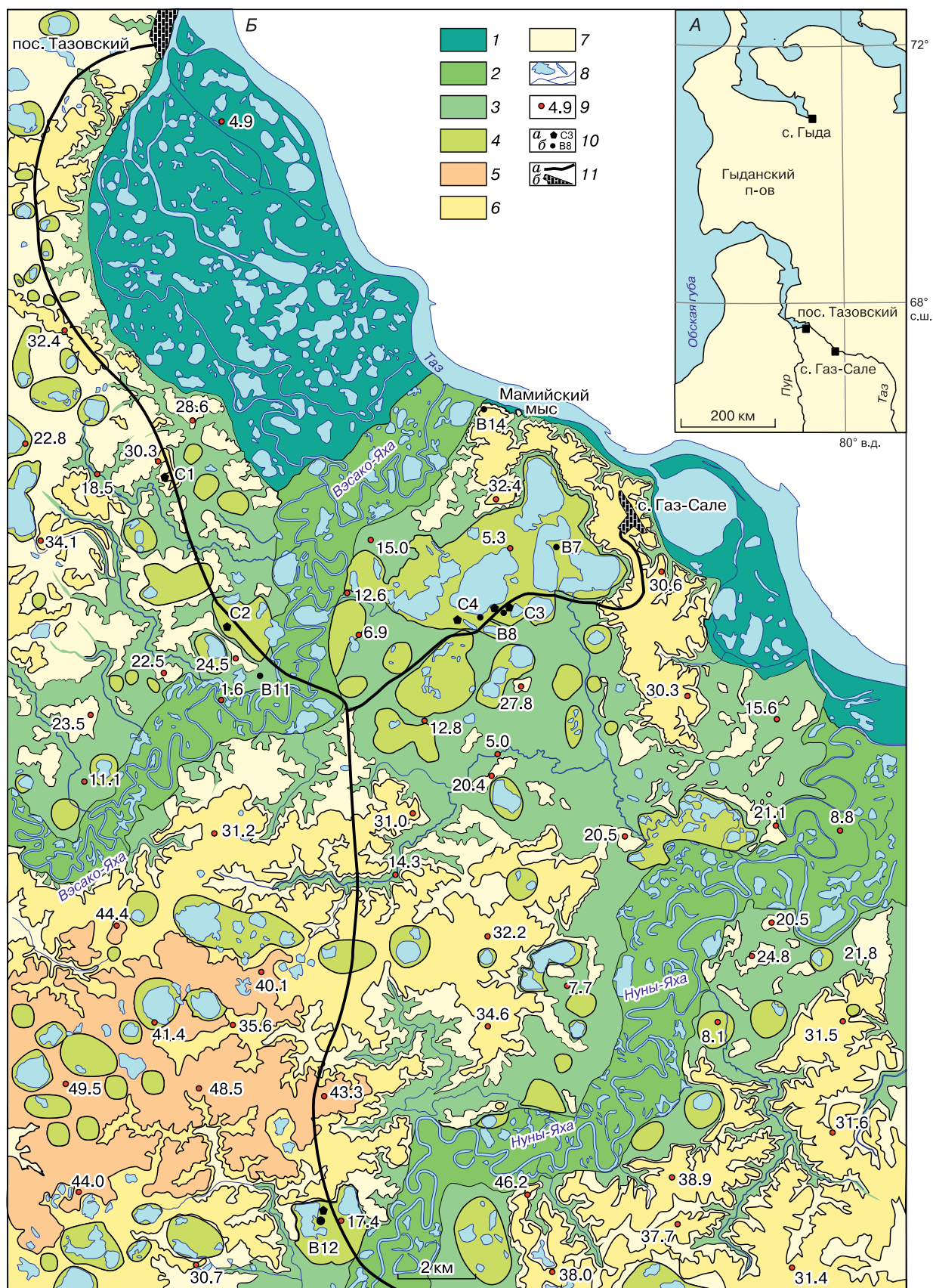
Район исследований находится в северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья (рис. 1, А), в структурно-тектоническом отношении – на севере Уренгойского и Худосейского мегапрогибов [Геокриология СССР, 1989]. Согласно “Структурно-геоморфологической карте Западно-Сибирской плиты” [Мануилова, 2021], район расположен в пределах Тазовской региональной впадины Надым-Тазовской неотектонической области. Рельеф впадины слабохолмистый, с локальными поднятиями (увалами) изометричной и удлиненной формы северо-восточного и меридионального простирания. Гидросеть включает р. Таз, долины малых рек и термокарстово-эрозионные ложбины, которые приурочены к диагональной сети разломов и трещиноватости [Филиппович, 2012].

В геоморфологическом строении территории выделены: долинный комплекс современных низких террас р. Таз и поздненеоплейстоценовая III полигенетическая (озерно-аллювиальная) равнина [Карта..., 1991], которая включает возвышенные участки – увалы и понижения – термокарстово-эрозионные ложбины с хасыреями. Увалы с абсолютными отметками 20–50 м служат водоразделами для малых рек с отметками уреза 1.6–8.8 м, их поверхность осложнена реликтовым полигональным рельефом. Хасыреи с озерами расположены на разных уровнях – от 5.3 до 17.4 м (см. рис. 1, Б), к ним приурочены полигональные торфяники с повторно-жильными льда-

Рис. 1. Район исследований (А) и расположение скважин и расчисток на III озерно-аллювиальной равнине (Б).

1 – низкая терраса р. Таз; 2–7 – III озерно-аллювиальная равнина (2 – долины малых рек; 3 – понижения рельефа, ложбины с абсолютными отметками ниже 20 м); 4 – хасыреи; 5–7 – возвышенности с абсолютными отметками: 5 – 40–50 м; 6 – 30–40 м; 7 – 20–30 м; 8 – гидросеть; 9 – абсолютные отметки поверхности; 10 – горные выработки: скважины (а), расчистки (б); 11 – дороги (а), населенные пункты (б).

ФОРМИРОВАНИЕ ЛОЖБИННО-ГРЯДОВОГО РЕЛЬЕФА ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ



ми (ПЖЛ), формирование которых началось 12–9 тыс. лет назад (тыс. л.н.). Большая часть торфа накопилась в первую половину и в оптимум голоцена [Трофимов и др., 1987; Васильчук, Васильчук, 2016]. Отложения, подстилающие торф, ранее не были датированы.

Район исследований расположен в зоне сплошного распространения ММП. Мерзлая толща монолитная, мощностью 200–350 м [Геокриология СССР, 1989], температура пород на глубине нулевых годовых амплитуд (7–15 м) составляет на песчано-суглинистых увалах –2.7...–2.4 °С, в хасырях с торфяником – от –4 до –2 °С. Глубина сезонного протаивания на песчаных грядках меняется от 1.05 до 2.4 м, в низинах с торфяником – от 0.35 до 0.65 м [Хомутов и др., 2019; Бабкина и др., 2022].

Для анализа геокриологического строения, корреляции и реконструкции изменений природных обстановок в позднем неоплейстоцене и голоцене использованы разрезы трех скважин и пяти расчисток, выполненных с 2016 по 2021 г. в рамках комплексных исследований Пур-Тазовского междуречья, данные по которым частично опубликованы в статьях, посвященных другим вопросам геокриологии (табл. 1). В разрезах авторами определены состав и криогенное строение отложений, собраны пробы для гранулометрического анализа, видового состава и возраста растительных остатков. Гранулометрический анализ пород (102 пробы) выполнен в лаборатории криотрасологии ИКЗ ТюмНЦ СО РАН Е.С. Королевой на лазерном гранулометре “Mastersizer 3000”. Распределение гранулометрических разновидностей, выделенных в разрезах, на динамической диаграмме Р. Пассеги [Рейнек, Сингх, 1981] и их седиментационная слоистость использованы для уточнения обстановок накопления отложений. Видовой состав растительных остатков (23 пробы) определен в ИКЗ ТюмНЦ СО РАН А.О. Кузнецовой микроскопическим методом по атласам-определителям и коллекции микропрепаратов современных растений тундр.

Таблица 1. Горные выработки в районе исследований

Расположение в рельефе	Вид* и номер	Абс. отметка устья, м	Глубина, м
Увал	С1	28	9.0
	В11	12	2.0
	В14	31	1.5
Ложбина	С3	8	13.0
	С4	8	7.0
	В7	10–11	4.0
	В8	7–8	2.2–2.4
	В12	17	2.2

* С – скважина, В – расчистка.

Радиоуглеродное датирование образцов растительных остатков с индексом IGAN_{AMS} (14 проб) выполнено в ЦКП “Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии” Института географии РАН (г. Москва) и центре изотопных исследований Университета Джорджии (США). Радиоуглеродный возраст образцов с индексом ИМКЭС (39 проб) определен жидкостно-сцинтилляционным методом на спектрометре-радиометре “Quantulus” Томского регионального ЦКП ТНЦ СО РАН (г. Томск). Калибровка данных выполнена в программе CALIB REV8.2 [Stuiver, Reimer, 1993; Hua et al., 2013]. Поскольку калибровочные кривые и методы расчета возраста обновляются очень часто, вслед за Н.А. Хотинским [1977] и А.А. Величко [Величко и др., 2017] приводим радиоуглеродные датировки в некалиброванном (от настоящего времени – 1950 г.) [Зазовская, 2016] и калиброванном формате (табл. 2) для сопоставления с палеоклиматическими подразделениями [Стратиграфический кодекс..., 2019]. Корреляция разрезов проведена путем сравнения литологического состава, строения, возраста отложений и по палеокриогенным образованиям; слои пронумерованы снизу вверх по наиболее полному разрезу скважины С1.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗОВ

Строение верхней части увалов III озерно-аллювиальной равнины изучено по скважине С1 и расчисткам В14, В11 (см. рис. 1). По керну скважины выявлены нижекаргинские русловые и пойменные отложения (слои 1–3), недатированные озерные осадки (слой 4) и, предположительно, сартанские склоновые отложения (слой 5), все с посткриогенными текстурами. Слои 3 и 5 вмещают псевдоморфозы по ПЖЛ. Детальное строение разреза скважины приведено в статье [Слагода и др., 2022].

На увале, в уступе Мамийского мыса (В14), под почвой залегают суглинки с криотурбациями и гумусированные супеси. Они выполняют просадки над грунтовыми жильными структурами (слой 5, рис. 2, А). Жилы имеют вертикальные размеры более 1.5 м и ширину поверху 0.5–1.0 м, их оси наклонены вниз по склону, узкие части внизу вертикальные и полностью не вскрыты. По краям жилы выполнены горизонтально-слоистым песком, разбитым трещинами на мелкие оползшие блоки, в центре – тонким и мелким песком с охристыми пятнами с вертикально-волнистой слоистостью. Вмещающие пески незначительно смещены по диагональным трещинам отседания, их слоистость осложнена посткриогенными текстурами с ожелезнением.

Строение нижней части увала изучено в стенке карьера (В11). Под техногенными грунтами с включениями торфа (слой 9), датированными

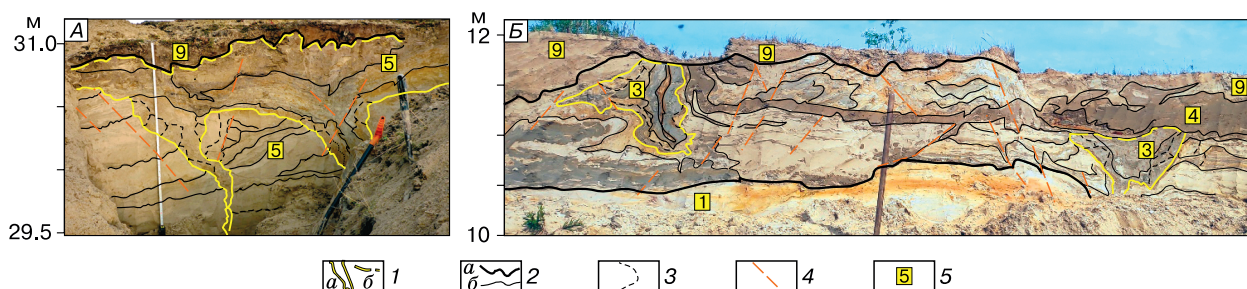


Рис. 2. Грунтовые жильные структуры в разрезах увала, в расчистке В14 (А) и расчистке В11 (карьер) (Б).

1 – контуры псевдоморфоз достоверные (а), предполагаемые (б); 2 – границы слоев (а), слоистость (б); 3 – блоки отседания; 4 – фрагменты трещин смещения; 5 – номер слоя.

1954 г. (см. табл. 2), вскрыта мерзлая толща – деформированные слоистые пески, супеси с посткриогенной плитчатой отдельностью (слои 3, 4). Они включают клиновидные грунтовые структуры с вертикальными размерами 0.8–1.5 м и шириной поверху 0.7–1.2 м. Жилы сложены суглинками, супесями, песками с вертикально-волнистой слоистостью и ожелезнением, их вертикальные оси наклонены и смещены вниз по склону. На контактах с жилами слоистость вмещающих песков и супесей изогнута вверх, их блоки смещены по трещинам отседания (см. рис. 2, Б). Выше по склону вскрыты фрагменты полигональной сети.

Строение термокарстово-эрозионной ложбины изучено в хасыреях с плоскобугристыми полигональными торфяниками по керну скважин С3 и С4 и расчисткам В7, В8 и В12 (рис. 3).

Строение полигонального торфяника в 0.5 км от увала изучено в расчистке В7. В разрезе вскрыт горизонт торфа мощностью 1.0–1.5 м возрастом 9.2–5.7 тыс. л.н., включающий ПЖЛ с вертикальным размером более 1.5 м (слой 7). Торф перекрывает озерные супеси с линзовидной криотекстурой (слой 6) и таберальный комплекс – пески и супеси с разложенной органикой, перемятой слоистостью, ожелезнением, с массивными и редкими линзовидными криотекстурами [Slagoda et al., 2019]. Торф внизу слоя сложен мхами (*Sphagnum magellanicum* Brid и гипновыми), осоками, стволами и остатками березки. Выше увеличивается содержание осоки (*Carex rotundata*, *Carex pauciflora* Lightf.), встречаются кровохлебка (*Sanguisorba tenuifolia* Fisch.), хвощ (*Equisetum palustre* L.) и сфагновые мхи. Вверху торф состоит из сфагновых мхов, присутствуют гипновые (*Drepanocladus aduncus* (Hedw.)), печеночные мхи и ситник (*Juncus filiformis* L.) [Кузнецова и др., 2022].

Строение полигонального торфяника в 4–5 км от увала изучено по керну скважин С3, С4 и расчистке В8. Торф вмещает ПЖЛ с видимыми вертикальными размерами 1.5–2.2 м и шириной

поверху 0.8–2.2 м [Тихонравова и др., 2020; Королева, 2022].

Скважиной С3, заложенной в центре полигона, вскрыты пески с крошкой углей, графита, янтаря и аллохтонными остатками кустарничков и мхов, с массивной и тонкой линзовидной криогенными текстурами (слой 1, см. рис. 3). Слоистость песков образована сериями косослоистых пачек, тонкие слои внутри пачек смещены по сомкнутым трещинам на 1–5 см. Слой 1 датирован началом каргинского термохрона – более 50 тыс. л.н. (см. табл. 2). Аналоги слоя 2, вскрытого на увале (С1, В11), в разрезе не выявлены. Слой 3 (комковатые неслоистые пески) включает затек супеси, проникающий на глубину до 2 м от кровли и, вероятно, вызванный просадкой отложений (рис. 4). Кровля слоя 3 размыта и перекрыта косослоистыми песками с намытой органикой (слой 4). Выше залегают пески с намытыми растительными остатками и горизонтальной слоистостью (слой 5). Возраст слоя 21.5–17.8 тыс. л.н. (см. табл. 2) – первая половина сартанского криохрона. На глубинах 5.5–10.5 м в распределении датировок выражена инверсия – нижние даты более молодые, верхние более древние. Выше с размывом залегают пылеватые пески с прослоями супеси и намытым детритом (слой 6), накопление которых происходило в период 10.9–8.0 тыс. л.н. (см. рис. 3, табл. 2). Пески перекрыты автохтонным торфом мощностью 4.2 м (слой 7). С глубины 0.4 м слой мерзлый с массивной корковой, линзовидной и поясковой криогенными текстурами (см. рис. 4). В пределах полигона в подошве слоя торфа преобладают осоки (*Carex vesicaria*), гипновые мхи, присутствуют остатки хвоща и березки, реже водяники (*Empetrum nigrum*). В средней части слоя возрастает доля гипновых мхов кустарничков (*Betula nana*, *Empetrum nigrum*), травянистых растений (*Eriophorum russeolum*, *Calla palustris*, *Carex inflata*, *Equisetum arvense*). Вверху торф представлен остатками осок (*Carex vesicaria*), хвощом, реже – вансторфией

Таблица 2.

Результаты радиоуглеродного датирования торфа

№	Индекс	Слой	Глубина, м	Состав	Радиоуглеродный возраст (1σ), лет	Калиброванный возраст, лет от настоящего времени
1	2	3	4	5	6	7
<i>Скважина С1, полигон</i>						
1	IGAN _{AMS} -5827	1	5.2–5.4	Растительные остатки, намытые мхи, детрит	45 205 ± 400	48 058–49 179
2	IGAN _{AMS} -5828	1	7.6–7.7	Растительные остатки, намытые мхи, детрит	49 110 ± 610	51 212–52 740
<i>Скважина С3, полигон</i>						
3	ИМКЭС-14С2047	7	0.6–0.7	Торф автохтонный	5653 ± 130	6303–6562
4	IGAN _{AMS} -8613	7	2.5–2.55	То же	6130 ± 20	6953–7010
5	ИМКЭС-14С2051	7	2.8–2.89	»	7495 ± 140	8170–8420
6	IGAN _{AMS} -8614	7	2.8–2.89	»	7010 ± 25	7831–8650
7	IGAN _{AMS} -8615	6	3.9–4.0	»	8040 ± 25	8981–9010
8	IGAN _{AMS} -8616	6	4.2–4.3	»	10 165 ± 30	11 804–11 879
9	IGAN _{AMS} -8618	6	4.6–4.65	Растительные остатки, намытые корни трав	10 900 ± 30	12 766–12 824
10	IGAN _{AMS} -8619	4	5.5–5.9	Растительные остатки, намытые ветки, детрит	21 490 ± 50	25 779–25 882
11	IGAN _{AMS} -8620	4	8.0–8.2	То же	21 290 ± 50	25 636–25 757
12	IGAN _{AMS} -8621	4	8.3–8.4	»	19 105 ± 45	22 963–23 045
13	IGAN _{AMS} -8622	4	8.4–8.45	»	17 860 ± 40	21 479–21 594
14	ИМКЭС-14С2040	4	8.3–9.0	»	20 148 ± 350	22 704–21 863
15	IGAN _{AMS} -8623	1	12.1–12.2	»	>49 755	
<i>Скважина С4, полигон</i>						
16	ИМКЭС-14С2056	8	0.7–0.78	Торф автохтонный	3313 ± 120	3440–3650
17	ИМКЭС-14С2063	7	2.3–2.4	То же	7111 ± 160	7743–8038
18	ИМКЭС-14С2068	6	3.5–3.6	»	8740 ± 145	9544–9909
<i>Расчистка В8, межполигональное понижение</i>						
19	ИМКЭС-14С1488	9	0–0.07	Растительный покров, торф	897 ± 90	730–834
20	ИМКЭС-14С1487	8	0.07–0.12	Торф автохтонный	2766 ± 78	2779–2939
21	ИМКЭС-14С1459	7	0.12–0.2	Торф автохтонный рыжевато-коричневый	5417 ± 114	6169–6304
22	ИМКЭС-14С1486	7	0.2–0.26	То же	5670 ± 83	6392–6555
23	ИМКЭС-14С1456	7	0.26–0.34	Торф автохтонный темно-коричневый	5953 ± 95	6667–6896
24	ИМКЭС-14С1470	7	0.34–0.4	Торф автохтонный рыжеватый	5968 ± 96	6673–6901
25	ИМКЭС-14С1462	7	0.8–0.9	Торф автохтонный черный	7766 ± 75	8446–8599
26	ИМКЭС-14С1473	6	1.4–1.5	Торф автохтонный рыжий, слоистый	8039 ± 101	8722–9026
27	ИМКЭС-14С1454	6	2.2–2.3	Корни, ветки автохтонные	8410 ± 82	9403–9527
28	ИМКЭС-14С1477	6	2.2–2.3	Торф автохтонный из мхов, коричневый	8413 ± 91	9401–9530
<i>Расчистка В7, полигон</i>						
29	ИМКЭС-14С1512	9	0–0.07	Почва с корнями талая	134 ± 70	1660–1960 AD
30	ИМКЭС-14С1513	7	0.07–0.23	Торф автохтонный черный, коричневый	5688 ± 120	6392–6572
31	ИМКЭС-14С1483	6	0.23–0.4	Торф автохтонный рыжий, рыхлый	8247 ± 82	9122–9310
32	ИМКЭС-14С1472	6	0.4–0.45	Торф автохтонный коричневый	8382 ± 102	9282–9493
33	ИМКЭС-14С1482	6	0.45–0.47	Торф автохтонный черный	8596 ± 82	9523–9668
34	ИМКЭС-14С1474	6	0.47–0.55	Торф с ветками, берестой, коричневый	8718 ± 94	9547–9785
35	ИМКЭС-14С1464	6	0.55–0.72	Торф автохтонный из трав, мхов, коричневый	8648 ± 108	9529–9773
36	ИМКЭС-14С1469	6	0.72–0.89	Торф автохтонный рыжий	9117 ± 91	10 200–10 405
37	ИМКЭС-14С1468	6	0.72–0.88	Веточки, корни автохтонные	9226 ± 102	10 257–10 445
<i>Расчистка В8, полигон</i>						
38	ИМКЭС-14С2073	9	0.05–0.25	Торф автохтонный из мхов, талый	1627 ± 65	1408–1548
39	ИМКЭС-14С2069	8	0.3–0.48	Торф автохтонный талый, плотный	4027 ± 165	4349–4657
40	ИМКЭС-14С2060	7	0.5–0.7	Торф автохтонный из мхов, мерзлый	5662 ± 120	6309–6560

1	2	3	4	5	6	7
41	ИМКЭС-14С2067	7	0.75–0.8	Торф автохтонный из мхов	6050 ± 95	6782–7005
42	ИМКЭС-14С2072	7	1.0–1.1	Торф автохтонный из мхов, трав, веточек	6245 ± 85	7154–7257
43	ИМКЭС-14С2054	7	1.3–1.4	То же	6323 ± 110	7157–7357
44	ИМКЭС-14С2066	7	1.6–1.7	»	6730 ± 105	7505–7677
45	ИМКЭС-14С2058	7	1.9–2.0	»	6920 ± 125	7662–7866
<i>Расчистка В11, карьер, техногенные образования</i>						
46	IGAN _{AMS} -8624	1	5.0–5.5	Растительные остатки, детрит мхов	1.03 ± 0.003	1954 AD
<i>Расчистка В12, полигон</i>						
47	ИМКЭС-14С2059	7	0.2	Торф автохтонный талый	7227 ± 100	7962–8056
48	ИМКЭС-14С2053	6	0.55–0.6	Торф автохтонный из мхов, трав, мерзлый	8264 ± 120	9122–9331
49	ИМКЭС-14С2055	6	0.6–0.65	Торф автохтонный из мхов, трав, веточек	8598 ± 120	9468–9747
50	ИМКЭС-14С2062	6	0.65–0.7	То же	8130 ± 155	8971–9295
51	ИМКЭС-14С2046	6	1.15–1.2	»	8519 ± 130	9406–9675
52	ИМКЭС-14С2107	6	1.5–1.65	»	8730 ± 130	9543–9905
53	ИМКЭС-14С2044	6	2.0–2.1	»	8576 ± 175	9415–9818

Примечание. 1σ – вероятность 68 %. AD – календарные годы.

(*Warnstorfia exannulata*), березкой (*Betula nana*) и багульником (*Ledum decumbens*) [Кузнецова и др., 2022]. Формирование торфяника продолжалось с 8 до 5.7 тыс. л.н.

Скважиной С4 вскрыты аналогичные пылеватые пески и супеси с прослоями намытой органики в виде детрита, корней растений и фрагментов веток (слои 4, 5), супеси (слой 6), которые перекрыты слоем торфа мощностью 3.6 м (слои 7–9). С глубины 0.4 м отложения мерзлые, криогенные текстуры сетчатые, линзовидные и массивные. Накопление торфа происходило в период 9.9–3.4 тыс. л.н.

Торф межполигонального понижения над ПЖЛ вскрыт расчисткой В8 на глубину 2.4 м. С глубины 0.5 м он мерзлый с массивной, поясковой и корковой криогенными текстурами [Тихонов и др., 2020]. Флористический состав торфа внизу представлен древесными остатками ивы (*Salix* sp.), хвощом (*Equisetum palustre*), осокой (*Carex rotundata*) и кустарничком (*Vaccinium uliginosum*). Выше в торфе преобладают осоки (*Carex rotundata*, *Eriophorum medium*, *Carex globularis*), появляются остатки березки, сфагновых и гипновых мхов, уменьшается содержание хвоща. Верхняя часть слоя сложена сфагновыми мхами (*Sphagnum magellanicum*, *Sph. balticum*, *Sph. angustifolium*, *Sph. wanstorffii*), присутствует сабельник (*Comarum palustre*), пушица (*Eriophorum medium*), кустарнички (*Vaccinium vitis-idaea*, *Ledum palustre*), уменьшается содержание остатков хвоща и березки [Кузнецова и др., 2022]. Накопление вскрытой части торфа происходило 8.4–5.4 тыс. л.н. Автохтонный торф (слой 7) вскрыт в полигоне хасырея расчисткой В12. С глубины 0.75 м торф мерзлый, льдистый с корковой, линзовидной и поя-

сковой криотекстурами [Королева, 2022]. Накопление вскрытой части торфа происходило 8.7–7.2 тыс. л.н.

Изученные отложения увалов отличаются от разрезов ложбин криогенным строением, набором выделенных слоев и отсутствием горизонта мощного торфа. Слои 1–6 сопоставлены по седиментационной слоистости, характерной для постоянных и временных водотоков с переменной интенсивностью, и распределению фигуративных точек гранулометрического состава их отложений на динамической диаграмме Р. Пассеги [Рейнек, Сингх, 1981] (рис. 5). По последовательности залегания слоев, присутствию псевдоморфоз по ПЖЛ, посткриогенных образований и радиоуглеродному возрасту в разрезе увалов выделено 7 слоев – каргинско-сартанские (1–5) и, предположительно, сартанско-голоценовые (6 и 9); в разрезе ложбин – каргинско-сартанские (1–6, слой 2 отсутствует) и голоценовые (7–9).

Корреляция разрезов верхней части ММП на увалах и в ложбинах

В результате корреляции разрезов составлен сводный разрез III озерно-аллювиальной равнины (рис. 6). На увалах и под хасыреями выделены нижнекаргинские отложения, датированные 49–45 тыс. л.н. (слои 1–3, скважины С1, С3).

Слой 1 – косослоистые пески с обугленной древесиной и мхом, согласно положению на диаграмме Р. Пассеги, накапливались в постоянном водотоке с меняющейся интенсивностью, отнесены к русловому аллювию.

Слой 2 – супеси, пески с намытыми остатками кустарничков и мхов, накапливались в постоянном водотоке низкой и средней интенсивности

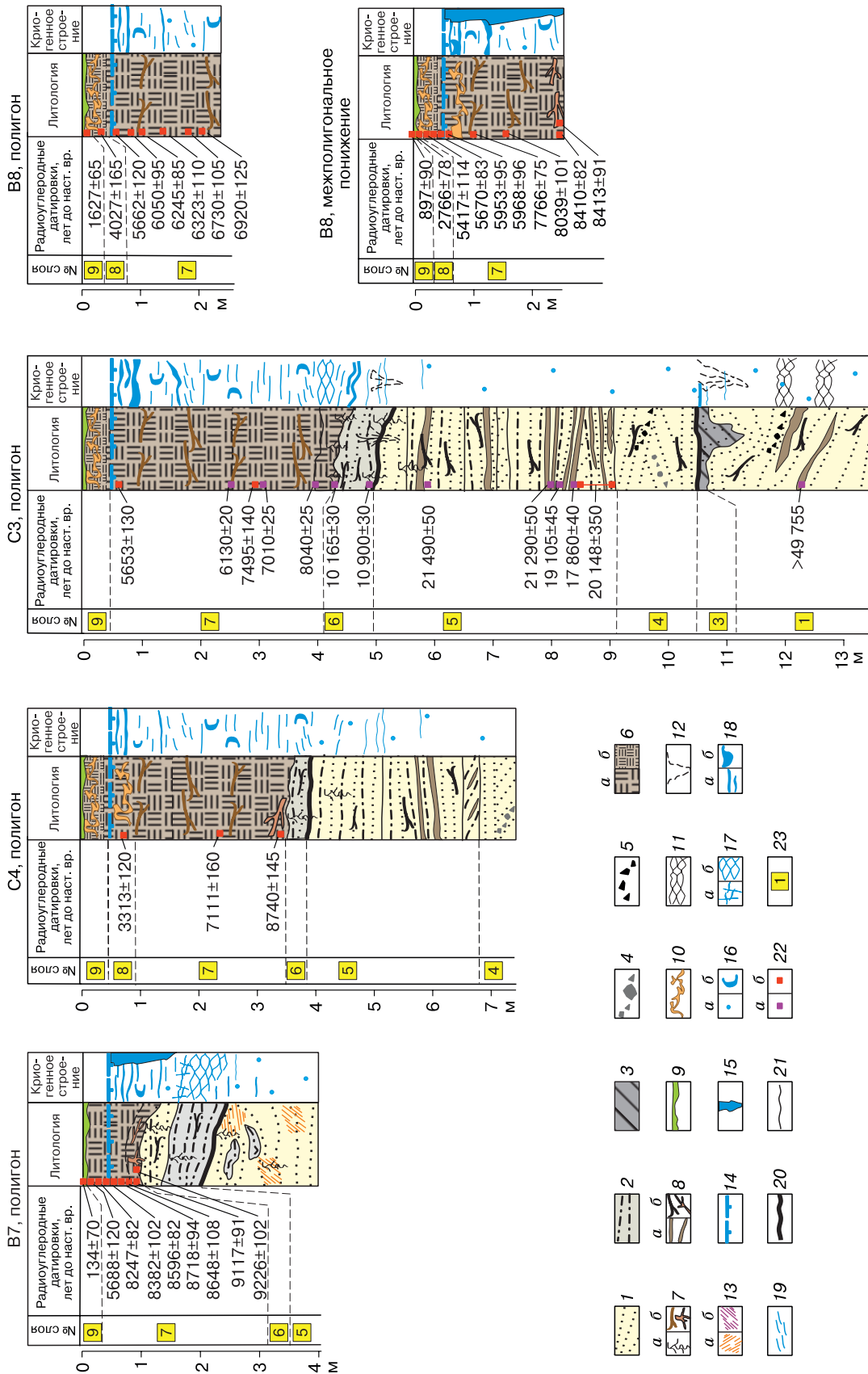


Рис. 3. Криолитологическое строение отложений хасырея озеражно-аллювиальной равнины Пур-Газовского междуречья.

1 – песок слоистый; 2 – супеси; 3 – суглинки; 4 – прослой дресвы аргиллитов, окатыши глин; 5 – присыпки угля, углелифированной древесины; 6 – торф автохтонный рыхлый (а), плотный (б); 7 – корни, ветви, стебли *in situ* трав (а), кустарников, деревьев (б); 8 – намытые дестрит (а), окатанные ветки, щепки (б); 9 – почва, мох с корнями современных растений; 10 – криотурбации; 11 – посткриогенные текстуры; 12 – затеки, просадки; 13 – пятна, потеки соединений железа окисные (а), закисные (б); 14 – кровля многолетнемерзлых отложений; 15 – ледяные жилы. Криогенные текстуры: 16 – массивная (а), корковая (б); 17 – ячеистая неполнорешетчатая (а), сетчатая (б); 18 – позасовая (а), с крупными включениями льда (б); 19 – линзовидная. Границы: 20 – эрозионные; 21 – литологические; 22 – пробы на радиоуглеродный возраст УМС ИГРАН (а), ИМКЭС СО РАН (б); 23 – номер слоя. Настоящее время – 1950 г.

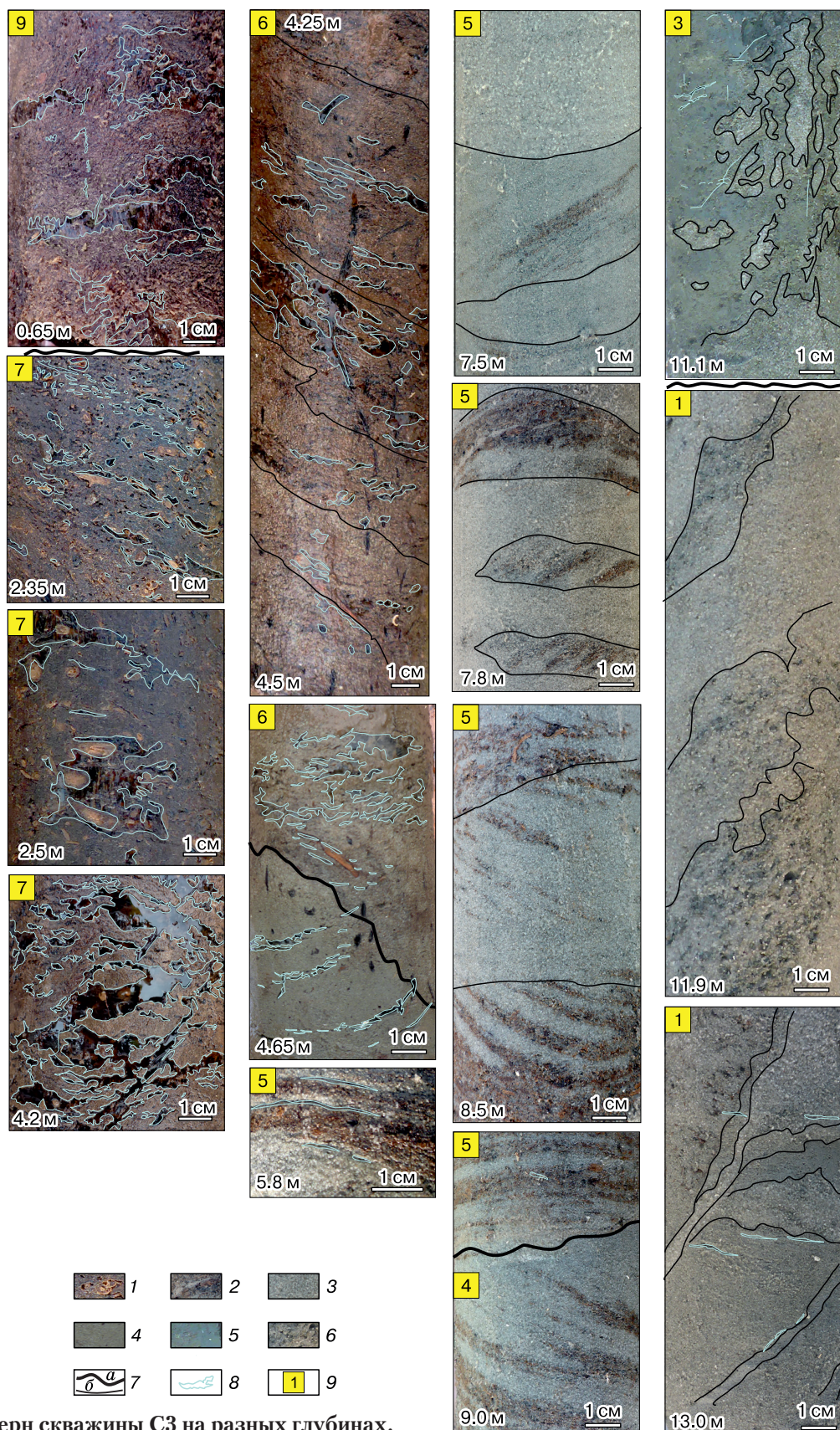


Рис. 4. Керн скважины СЗ на разных глубинах.

1 – торф автохтонный; 2 – намытые растительные остатки; 3 – песок средне- и мелкозернистый; 4 – песок пылеватый; 5 – суглинок; 6 – песок с намытыми частицами аргиллитов, угля, обугленной древесины, глинистых пород; 7 – литологические границы; 8 – контуры включений льда; 9 – номер слоя.

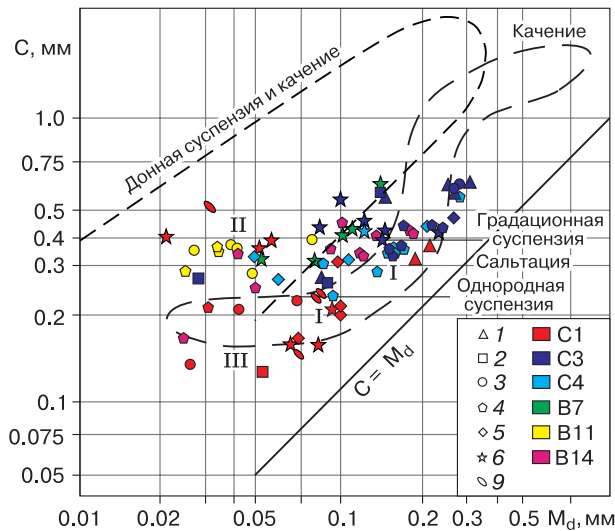


Рис. 5. Динамическая диаграмма Р. Пассега – литогенетические типы отложений III озерно-аллювиальной террасы.

Обстановки осадконакопления: I – осадки активных и слабодинамичных постоянных водотоков; II – осадки временных водотоков, пролювий, делювий; III – осадки проточных, мелких водоемов. M_d – медиана (диаметр частиц, относительно которого 50 % частиц образца имеют меньший (и больший) диаметр); C – максимальный диаметр (99 % частиц имеют меньший диаметр). Геометрические фигуры: номер фигуры соответствует номеру слоя; цвет – наименованию разреза.

(см. рис. 5), отнесены к осадкам прирусловых отмелей и низкой поймы. Формирование отложений, предположительно, происходило за счет размыва юрских углистых песчаников с графитом и янтарем, палеогеновых аргиллитов или морских глин плейстоцена [Решение..., 2004].

Слой 3 на увале представлен слоистыми супесями и песками с грунтовыми жилами, их накопление с учетом тонкодисперсного состава и отсутствия слоистости могло происходить в мелких проточных озерах [Слагодина и др., 2022]. Клиновидная форма грунтовых жил (B11, B14, см. рис. 2), их относительно крупные размеры, наличие во внутреннем строении блоков отседания и оползания вдоль боковых контактов и вертикально-волнистой слоистости, а также изгибы слоев вмещающих отложений подтвердили интерпретацию жильных структур в разрезе скважины С1 как псевдоморфоз по ПЖЛ. В ложбине слой 3 сложен песками с намытой растительностью, наклонной и пологонаклонной слоистостью, которые, по-видимому, накапливались в постоянном водотоке со средней и низкой интенсивностью по динамическим параметрам (см. рис. 5). Крупный (более 1 м по вертикали) вертикально-волнистый затек супесей и песков (С3, см. рис. 4) в слое также отнесен к псевдоморфозе по сходству со строением жилы

в керне скважины С1. Возраст псевдоморфоз более поздний, чем нижекаргинские вмещающие отложения, поскольку рост ПЖЛ происходил одновременно или после накопления озерных, аллювиальных осадков, а их протавивание – всегда позже.

Кровля нижекаргинских отложений частично размыва и расположена на разных гипсометрических уровнях III равнины: в пределах увалов – на абсолютных отметках 23–10 м, в термокарстово-эрозионной ложбине – ниже уровня моря более чем на 4 м, амплитуда составляет 14–27 м.

Слой 4 в разрезе увала сложен, предположительно, каргинскими суглинками и супесями с намытыми растительными остатками и вивианитом. Отложения по горизонтальной слоистости и их фигуративным точкам, расположенным полосой от донных однородных суспензий до градационных суспензий водотоков, отнесены к осадкам проточного озера, а по наличию псевдоморфоз в подстилающих отложениях – к термокарстовому водоему. В разрезе ложбины песчаные отложения слоя 4 с наклонной слоистостью расположены на динамической диаграмме в области постоянных водотоков (см. рис. 5).

Сартанские отложения (слои 5, 6) выделены на увалах и в ложбинах под хасырями. На увалах слой 5 представлен песками, супесями с корешками трав *in situ* и песчаными грунтовыми жилами; слой 6 – супесями с прослоями песков с посткриогенными текстурами. Грунтовые жилы (B14) по внутреннему строению и изогнутой вверх слоистости вмещающих песков отнесены к псевдоморфозам по синкриогенным ПЖЛ. На динамической диаграмме отложения этих слоев занимают область временных водотоков и отнесены к субаэральным делювиально-пролювиальным отложениям.

В ложбинах слой 5 сложен слоистыми песками с прослоями и линзами намытых мхов и кустарничков, которые, согласно динамической диаграмме, формировались в мелеющих постоянных водотоках. Слой 6 представлен заторфованными супесями, пылеватыми песками с мелкими грунтовыми жилами. На диаграмме он расположен в зоне градационных суспензий от временных до постоянных потоков и с учетом остатков осок, мхов *in situ* и намытого детрита отнесен к осадкам проточных мелеющих заболоченных водоемов (С3, С4, В7, см. рис. 3–5). Сартанские аллювиальные отложения слоя 5 датированы интервалом 21.5–17.8 тыс. л.н. с инверсией, а озерные отложения слоя 6 – поздним дриасом 10.9–10.1 тыс. л.н. Кровля сартанских отложений на увалах вскрыта на абсолютных отметках 28–32 м, в ложбине – 5–4 м, амплитуда достигает 23–27 м.

Отложения голоцена на увалах представлены слоем 9 – склоновыми отложениями с пятнами-

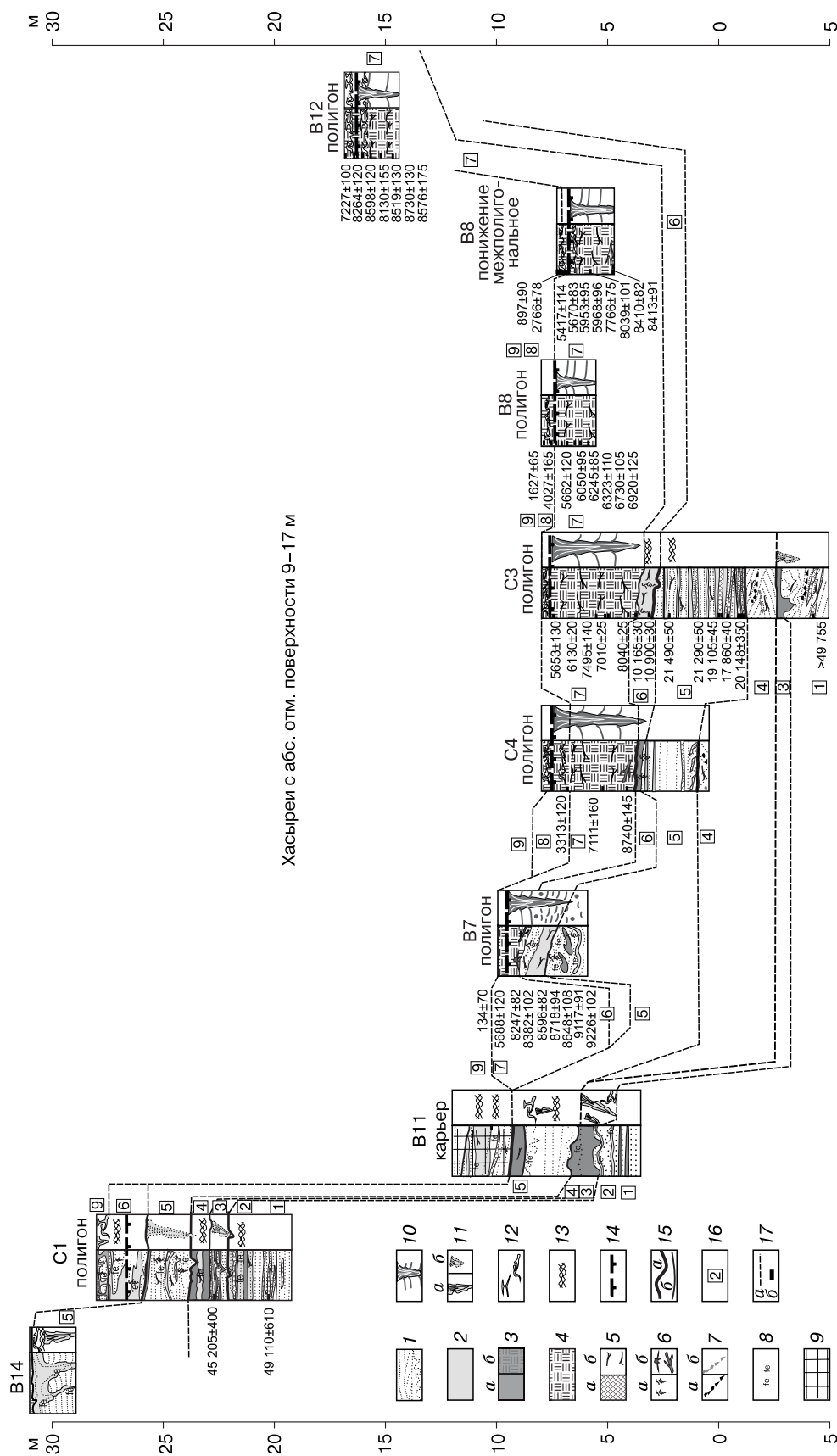


Рис. 6. Корреляция отложений водоразделов и хасырей III озерно-аллювиальной террасы Пур-Тазовского междуречья.

1 – песок слоистый; 2 – супесь; 3 – суглинок и глина (а), заторфованный суглинок (б); 4 – торф автохтонный; 5 – торф аллохтонный; 6 – растительный детрит, веточки (б); 7 – нитевидные корешки трав *in situ* (а); 8 – торф аллохтонный; 9 – торф аллохтонный; 10 – торф аллохтонный; 11 – торф аллохтонный; 12 – торф аллохтонный; 13 – торф аллохтонный; 14 – торф аллохтонный; 15 – торф аллохтонный; 16 – торф аллохтонный; 17 – торф аллохтонный.

медальонами и почвой; в хасыреях – горизонтом автохтонного торфа, разделенного по радиоуглеродному возрасту: слой 7 – 9.2–5.4 тыс. л.н., слой 8 – 4.0–2.7 тыс. л.н., слой 9 – 1.6–0.8 тыс. л.н. Кровля голоценовых отложений на увалах имеет абсолютные отметки 33–28 м, в хасыреях ложбины – 8–10 м, амплитуда составляет около 20–25 м.

Обсуждение истории формирования III озерно-аллювиальной равнины

Строения разрезов разных гипсометрических уровней III озерно-аллювиальной равнины имеют общие черты и значительные различия.

Нижекаргинские аллювиальные отложения с псевдоморфозами по синкриогенным ПЖЛ, вероятно, формировались в обстановке сглаженного или плоского рельефа. Аллювиальные пески слоев 1, 2 в пределах увалов накопились в раннекаргинское теплое время, не имеют признаков протавивания и отнесены к эпикриогенным. Отложения проточного озера или поймы с аллохтонным детритом (слой 3) промерзали с ростом ПЖЛ, вероятно, в среднекаргинское (лохподгортское) похолодание [Архипов, Волкова, 1994] и протавивали в подозерном талике, поэтому отнесены к таберированным, промерзшим эпикриогенно.

Сартанские отложения различаются по генезису, условиям накопления и типу промерзания. В это время в пределах увалов формировался синкриогенный делювий с ПЖЛ. В ложбинах на размытой кровле, возможно нижекаргинских толщ, накапливался аллювий. Эти отложения постоянных слабых водотоков с переотложенными нижесартанскими растительными остатками хорошей сохранности без видимых признаков циклического промерзания–протавивания отнесены к эпикриогенным. Эрозионные процессы, проявившиеся в начале сартанского времени (до 17.8 тыс. л.н.) на увалах и в пределах ложбин, вероятно, имели низкую интенсивность, так как не привели к полному размыву нижекаргинских отложений с псевдоморфозами. Накопление аллювия в ложбине началось после 17 тыс. л.н., о чем свидетельствует инверсия радиоуглеродных датировок в слое 5, связанная с переотложением сначала молодых, а потом более древних отложений увалов (см. рис. 3, табл. 2). В финале сартанского времени 11–10 тыс. л.н. в ложбине существовали мелководные зарастающие озера, на что указывает преобладание осок в составе торфа, а на увалах могли начаться термоденудация и протавивание, на что косвенно указывают псевдоморфозы. По типу промерзания и этапам протавивания сартанские слои на увалах отнесены к таберированным с псевдоморфозами и таберальным с палеокриогенными деформациями, вторично промерзшим, под хасыреями – к первичным эпикриогенным [Slagoda et al., 2019]. Эти данные позволя-

ют предположить, что и на увалах, и в ложбинах во второй половине сартанского криохрона под водоемами существовали талики.

Отложения голоцена в ложбинах представлены автохтонным торфом хасыреев. Его накопление в центре ложбины началось раньше (~10 тыс. л.н.), чем на окраине вблизи увала (9.2–9.1 тыс. л.н.). Доминирование осок, гипновых мхов, исчезновение березы в торфе обусловлены колебаниями теплых и холодных относительно влажных условий бореального периода голоцена [Архипов, Волкова, 1994]. Более активно торф накапливался 8.6–8.0 тыс. л.н.: на увлажненных полигонах произрастали гипновые мхи, в обводненных понижениях – осоки и пушицы, на перегибах между ними в более сухих условиях – ива и хвощ. Состав торфа конца бореального периода обусловлен сухими и теплыми холодными условиями и избыточным увлажнением в хасыреях.

В теплый атлантический период 7.7–5.4 тыс. л.н. накопилась большая часть горизонта торфа (2–3 м). На полигонах при слабом увлажнении преобладали кустарнички со мхом, в обводненных полигональных ваннах – осоки; в межполигональных понижениях на фоне колебаний обводненности накапливались сфагновые мхи или травянистые растения [Кузнецова и др., 2020].

Торф позднего голоцена мощностью 0.1–0.5 м (слой 8) в хасыреях распространен локально. В суббореальный период (4.0–2.7 тыс. л.н.) в холодных влажных условиях произрастали мхи, травы и кустарнички. Торф сезонноталого слоя (слой 9) накапливался в субатлантический период (1.6–0.1 тыс. л.н.), состоит из сфагновых, гипновых мхов и осок, произраставших в холодных и относительно влажных условиях.

Торфяник по криогенному строению является синкриогенным, так как с бореального периода и на протяжении всего голоцена его накопление сопровождалось промерзанием и ростом ПЖЛ. Частичное протавивание ПЖЛ и возобновление их роста, флористический состав торфа отражают изменения увлажнения и теплообеспечения на фоне колебаний климата в голоцене [Кузнецова и др., 2020; Tikhonravova et al., 2023].

Корреляция разрезов позволила проследить изменения природных обстановок, которые способствовали формированию современного рельефа северной части Пур-Тазовского междуречья. В сводном разрезе установлено, что амплитуда кровли нижекаргинских отложений составляет 14–27 м, сартанских ~23–27 м, голоценовых ~20–25 м. Вероятно, в раннекаргинское время такой амплитуды высоты не было, поскольку накопление отложений и рост ПЖЛ происходили на близких по высоте прирусловых отметах и пойме. Возможно, здесь находится фрагмент плоской палеодолины, ориентированный согласно зонам раз-

ломов и современным контурам низких террас р. Таз (см. рис. 1). Формирование палеодолин на Ямале, Гыданском и Тазовском полуостровах связывают с разным временем и причинами: в раннем, среднем неоплейстоцене, казанцевском времени – с понижениями уровня моря [Бадю, 2011], в позднем сартане – с эрозионной деятельностью крупных рек [Сидорчук и др., 2008]. В позднекаргинское потепление развивались термокарст, термоденудация [Архипов, Волкова, 1994] и, вероятно, происходил размыв средне- и верхнекаргинских отложений.

По данным авторов, рельеф долины был перестроен в сартанское время, по-видимому, произошла дифференциация аккумулятивных процессов. На увалах шло накопление склоновых синкриогенных отложений с ПЖЛ за счет термоденудации, эрозии и сноса с высоких гряд на западе и юге района. Ложбины начали постепенно заполняться аллювием только во второй половине сартанского криохрона за счет переотложения нижнесартанских отложений с увалов. Сохранность псевдоморфоз в сартанских отложениях увалов позволяет предполагать низкую интенсивность термоэрозии, связанную с малым количеством осадков и высокой льдистостью пород, более устойчивых к размыву.

Разновысотное положение нижнекаргинской и сартанской толщ на увалах и в ложбине, сохранность в них нижних частей псевдоморфоз по ПЖЛ, перестройка рельефа, по мнению авторов, связаны с компенсированным неотектоническим опусканием ложбины по зоне трещиноватости север-северо-западного простирания, которое началось около 17 тыс. л.н. Завершение неотектонических движений и замедление денудации высоких поверхностей, по-видимому, произошло в начале голоцена (финал дриаса) между 11 и 10 тыс. л.н. Об этом свидетельствует одновременное накопление озерных осадков как в эрозионно-неотектонической ложбине, так и на склонах увалов в термокарстовых озерах. В этот период на увалах могло начаться протаивание сартанских пород с ПЖЛ и образование псевдоморфоз. В относительно холодные пребореальный и бореальный периоды голоцена на увалах отложения, закрепленные растительностью, слабо подвергались денудационным процессам. В атлантический период, вероятно, продолжалось площадное протаивание мерзлой толщи с ПЖЛ и образование псевдоморфоз. В ложбине накопление полигональных торфяников сопровождалось их сингенетическим промерзанием и ростом ПЖЛ, что соответствует представлениям о торфяных массивах севера Западной Сибири [Васильчук и др., 2008]. Большая мощность торфа в хасырях обусловлена, по-видимому, низкой активностью нисходящих движе-

ний в ложбинах по трещиноватости север-северо-западного простирания и слабой эрозионной деятельностью в голоцене. В оптимум голоцена термокарст при вытаивании жильных льдов мог приводить к формированию озер, а в суббореальный и субатлантический периоды их осушение – к заболачиванию и росту ПЖЛ. Неотектонические движения, вероятно, продолжались по зонам трещиноватости север-северо-восточного направления, по которым заложены долины малых рек (см. рис. 1).

Приведенные новые данные показали, что важным фактором в формировании ложбинно-грядового рельефа III озерно-аллювиальной равнины Пур-Тазовского междуречья, начиная со второй половины сартанского времени, являлись локальные неотектонические процессы, завершившиеся в самом начале голоцена, а позднее, в голоцене – колебания палеоклиматических условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования строения верхней части III озерно-аллювиальной равнины на севере Пур-Тазовского междуречья позволили:

1. Установить криогенное строение, литологический состав и генезис многолетнемерзлых отложений увалов и ложбин Пур-Тазовского междуречья; флористический состав торфа и условия его произрастания.
2. Выделить нижнекаргинские, верхнесартанские и голоценовые отложения по результатам радиоуглеродного датирования.
3. Отнести каргинские и сартанские горизонты на увалах к вторичным эпикриогенным таберинованным отложениям с псевдоморфозами, в ложбине – к первичным эпикриогенным, голоценовым торф – к синкриогенным отложениям.
4. Провести корреляцию разрезов верхней части ММП на увалах и в ложбинах и установить, что нижнекаргинские отложения с псевдоморфозами по ПЖЛ залегают с амплитудой кровли ~25 м и могут представлять фрагмент долины Пратаза. На увалах они перекрыты сартанскими склоновыми отложениями с псевдоморфозами, в ложбинах – верхнесартанскими аллювиальными.
5. Обосновать разновысотное положение нижнекаргинской толщи неотектоническим опусканием ложбины по зоне трещиноватости север-северо-западного простирания, которое продолжалось от 17 до 11 тыс. л.н. Затухание неотектонических процессов произошло в дриасе 11–10 тыс. л.н. и фиксируется образованием и заболачиванием озер в ложбине.
6. Выявить влияние палеоклиматических условий голоцена на дифференцированное развитие рельефообразующих процессов: на увалах происходили термоденудация, протаивание ПЖЛ с об-

разованием псевдоморфоз; в ложбинах – аккумуляция торфа, промерзание и рост ледяных жил.

Благодарности. Работа выполнена в Институте криосферы Земли ТюмНЦ СО РАН в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FWRZ-2021-0012).

Литература

- Андреев Ю.Ф.** О связи линейно-грядового рельефа с тектоническими структурами на севере Западной Сибири (в области развития многолетней мерзлоты) // Геология и геохимия, 1960, вып. 3 (IX), с. 76–94.
- Архипов С.А., Волкова В.С.** Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири / Под ред. А.В. Каныгина. Новосибирск, ОИГТМ СО РАН, 1994, 105 с.
- Архипов С.А., Левчук Л.К., Шелкопляс В.Н.** Стратиграфия и геологическое строение четвертичного покрова Нижнеобско-Ямально-Тазовского региона Западной Сибири // Геология и геофизика, 1994, т. 35, № 6, с. 87–104.
- Астахов В.И.** Средний и поздний неоплейстоцен ледниковой зоны Западной Сибири: проблемы стратиграфии и палеогеографии // Бюл. Комиссии по изучению четвертич. периода, 2009, № 69, с. 8–24.
- Бабкина Е.А., Хомутов А.В., Бабкин Е.М., Лейбман М.О.** Мониторинг глубины протаивания и температуры многолетнемерзлых пород на севере Ямало-Ненецкого АО // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России: Материалы ежегодной конф. по результатам экспедиционных исследований. СПб., ВНИИ-Океангеология, 2022, вып. 9, с. 20–28.
- Бадю Ю.Б.** Геологическое строение криогенной толщи севера Западной Сибири // Инж. геология, 2011, № 1, с. 40–56.
- Брагин П.Е.** Проблемы неотектоники Западно-Сибирской низменности // Урал. геол. журн., 2001, № 1, с. 69–82.
- Васильчук Ю.К.** Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов / Ю.К. Васильчук, А.К. Васильчук, Н.А. Буданцева, Ю.Н. Чиждова. М., Изд-во Моск. ун-та, 2008, 571 с.
- Васильчук Ю.К., Васильчук А.К.** Мощные полигональные торфяники в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород Западной Сибири // Криосфера Земли, 2016, т. XX, № 4, с. 3–15.
- Величко А.А., Фаустова М.А., Писарева В.В., Карпухина Н.В.** История Скандинавского ледникового покрова и окружающих ландшафтов в валдайскую ледниковую эпоху и начале голоцена // Лед и снег, 2017, т. 57, № 3, с. 391–416.
- Геокриология СССР.** Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М., Недра, 1989, 454 с.
- Городецкая М.Е.** Основные морфоструктурные линеаменты и цикличность морфоструктурного развития Западно-Сибирской равнины // Геоморфология, 1972, № 4, с. 33–42.
- Гроссвальд М.Г.** Покровные ледники континентальных шельфов. М., Наука, 1983, 216 с.
- Гусев Е.А.** Неотектонические нарушения новейшего чехла в районе Енисейского залива Карского моря // Пробл. Арктики и Антарктики, 2015, № 3 (105), с. 5–14.
- Зазовская Э.П.** Радиоуглеродное датирование – современное состояние, проблемы, перспективы развития и использование в археологии // Вестн. археологии, антропологии и этнографии, 2016, № 1 (32), с. 151–164.
- Зыкина В.С., Зыкин В.С., Вольвах А.О. и др.** Строение, криогенные образования и условия формирования верхне-четвертичных отложений Надымского Приобья // Криосфера Земли, 2017, т. XXI, № 6, с. 14–25.
- Каплина Т.Н.** Аласные комплексы Северной Якутии // Криосфера Земли, 2009, т. XIII, № 4, с. 3–17.
- Карта** природных комплексов севера Западной Сибири (для целей геокриологического прогноза и планирования природоохранных мероприятий при массовом строительстве) масштаба 1:1 000 000 / Под ред. Е.С. Мельникова, Н.Г. Москаленко. М., ВСЕГИНГЕО, 1991, 6 л.
- Катасонов Е.М.** Литология мерзлых четвертичных отложений (криолитология) Янской приморской низменности. М., ПНИИИС, 2009, 176 с.
- Королева Е.С.** Развитие многолетнемерзлых полигональных торфяников под воздействием изменений природных условий Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень, 2022, 22 с.
- Кузин И.Л.** Геоморфология Западно-Сибирской равнины. СПб., Изд-во Гос. полярной академии, 2005, 176 с.
- Кузнецова А.О., Слагода Е.А., Королева Е.С., Тихонравова Я.В.** Реконструкция локальных природных условий торфонакопления в период голоцена южной гипоарктической тундры Пур-Тазовского междуречья // Докл. Шестой конф. геокриологов России. М., КДУ, Добросвет, 2022, с. 1062–1069.
- Кузнецова А.О., Тихонравова Я.В., Слагода Е.А., Афонин А.А.** Голоценовая динамика локальных условий торфообразования в Арктической зоне Западной Сибири // Сб. науч. материалов Всерос. конф. с междунар. участием “Глобальные проблемы Арктики и Антарктики” (2–5 нояб. 2020 г.). Архангельск, ФИЦКИА УрО РАН, 2020, с. 122–125.
- Мануилова Е.А.** Новейший структурный план Западно-Сибирской плиты // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология, 2021, № 1, с. 23–30.
- Назаров Д.В.** Верхний плейстоцен севера Западной Сибири // Материалы IX Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода. Иркутск, Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015, с. 323–325.
- Поздняков А.В., Пупышев Ю.С., Пучкин А.В., Фузела Т.Ш.** Генезис грядово-ложбинного рельефа Западно-Сибирской равнины // Геосферные исслед., 2020, № 4, с. 42–57.
- Рейнек Г.Э.** Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков) / Г.Э. Рейнек, И.Б. Сингх. М., Недра, 1981, 439 с.
- Решение** 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири (Новосибирск, 2003 г.). Новосибирск, СНИИГТМС, 2004, 114 с.
- Савченко Н.В.** Влияние палеогеографических и геолого-геоморфологических факторов на геологические особенности Западной Сибири // Sci. Europe. Geograph. Sci., 2016, № 9 (9), p. 4–12.
- Сидорчук А.Ю., Панин А.В., Борисова О.К.** Позднеледниковые палеорусла рек Западной Сибири // Изв. РАН. Сер. геогр., 2008, № 2, с. 67–75.
- Слагода Е.А., Баландин В.А., Ощепкова Е.Б.** Мерзлотные явления как индикатор хода неотектонических процессов // Тезисы конф., посвящ. 90-летию со дня рождения акад. А.Л. Яншина. Новосибирск, Изд-во СО РАН, фил. “Гео”, 2001, с. 61.

- Слагода Е.А., Медведев Г.И.** Палеокриогенные образования, стратиграфия, геоархеология четвертичных отложений Байкальской Сибири // Криосфера Земли, 2004, т. VIII, № 1, с. 18–28.
- Слагода Е.А., Новосёлов А.А., Королева Е.С. и др.** Следы криогенных процессов в позднеленопейско-тазовских отложениях Пур-Тазовского междуречья Западной Сибири // Криосфера Земли, 2022, т. XXVI, № 1, с. 21–35.
- Слагода Е.А., Опокина О.Л., Попов К.А., Орехов П.Т.** К реконструкции криогенных и сейсмических вопросов // Материалы IX Всерос. совещ. по изучению четвертич. периода. Иркутск, Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015, с. 435–437.
- Стратиграфический кодекс России.** Изд. третье, исправ. и доп. / Отв. ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 2019, 96 с.
- Тихонравова Я.В., Слагода Е.А., Рогов В.В. и др.** Гетерогенное строение полигонально-жильных льдов в торфяниках Пур-Тазовского междуречья // Лед и снег, 2020, т. 60, № 2, с. 225–238.
- Трофимов В.Т.** Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты / В.Т. Трофимов, Ю.Б. Бадю, Ю.К. Васильчук и др. М., Наука, 1987, 219 с.
- Тумской В.Е.** Криостратиграфия и криофациальный анализ // Криосфера Земли, 2021, т. XXV, № 4, с. 3–16.
- Филиппович Ю.В.** Сдвиговая тектоника в районе Надым-Тазовского междуречья и методика прогноза нефтяных залежей: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М., 2012, 20 с.
- Хомутов А.В., Бабкин Е.М., Тихонравова Я.В. и др.** Комплексные исследования криолитозоны северо-восточной части Пур-Тазовского междуречья // Науч. вестн. ЯНАО, 2019, № 1 (102), с. 53–64.
- Хотинский Н.А.** Голоцен Северной Евразии. М., Наука, 1977, 198 с.
- Hua Q., Barbetti M., Rakowski A.** Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010 // Radiocarbon, 2013, vol. 55 (4), p. 2059–2072.
- Slagoda E.A., Tikhonravova Ya.V., Kuznetsova A.O., Koroleva E.S.** Cryoturbations, pseudomorphs, postcryogenic textures and involutions in the frozen sediments of the Pur-Taz interfluvies // Solving the puzzles from Cryosphere: Abstr. of the Int. Conf. Pushchino, Okabiolab Ltd, 2019, p. 109–110.
- Stuiver M., Reimer P.J.** Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program // Radiocarbon, 1993, vol. 35, p. 215–230.
- Tikhonravova Y., Kuznetsova A., Slagoda E., Koroleva E.** Holocene permafrost peatland evolution in drained lake basins on the Pur-Taz Interfluvie, North-Western Siberia // Quat. Int., 2023, vol. 669, p. 32–42.
- Astakhov V.I.** Middle and late Neopleistocene of the glacial zone of Western Siberia: problems of stratigraphy and paleogeography. Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda [Bulletin of commission for study of the Quaternary], 2009, No. 69, p. 8–24.
- Babkina E.A., Khomutov A.V., Babkin E.M., Leibman M.O.** Monitoring of active layer depth and permafrost temperature in the North of Yamal-Nenets AD. In: Relief and Quaternary deposits of the Arctic, Subarctic and North-West Russia: Materials of the Annual Conf. on the results of expeditionary research. St. Petersburg, VNIIOkeangeologia, 2022, iss. 9, p. 87–104 (in Russian).
- Badu Yu.B.** The cryogenic strata geology of the northern part of Western Siberia. Engineering Geol., 2011, No. 2, p. 40–55.
- Bragin P.E.** Problems of neotectonics of the West Siberian lowland. Ural'skiy geologicheskii zhurnal [Ural Geol. J.], 2001, No. 1, p. 69–82.
- Vasil'chuk Yu.K., Vasil'chuk A.C., Budantseva N.A., Chizhova Yu.N.** Vypuklye bugry pucheniya mnogoletnemerzlykh torfyanykh massivov [Convex Frost Mounds of Permafrost Peat Massifs]. Moscow, Moscow Univ. Press, 2008, 571 p. (in Russian).
- Vasilchuk Yu.K., Vasilchuk A.C.** Thick polygonal peatlands in continuous permafrost zone of Western Siberia. Earth's Cryosphere, 2016, vol. XX, No. 4, p. 3–13.
- Velichko A.A., Faustova M.A., Pisareva V.V., Karpukhina N.V.** History of the Scandinavian ice sheet and surrounding landscapes in the Valday ice age and the early Holocene. Led i sneg [Ice and Snow], 2017, vol. 57, No. 3, p. 391–416.
- Geokriologiya SSSR. T. 2. Zapadnaya Sibir [Geocryology of the USSR. Vol. 2. Western Siberia].** E.D. Ershov (ed.). Moscow, Nedra, 1989, 454 p. (in Russian).
- Gorodetskaya M.E.** The principal morphostructural lineaments and the cycles in the relief development of the West Siberian plain. Geomorfologiya [Geomorphology], 1972, No. 4, p. 33–42.
- Grosswald M.G.** Pokrovnnyye ledniki kontinental'nykh shel'fov [Ice sheets of continental shelves]. Moscow, Nedra, 1983, 216 p. (in Russian).
- Gusev E.A.** Cenozoic sediment cover neotectonic deformations in the Yenisei Bay area (Kara Sea). Problemy Arktiki i Antarktiki [Arctic and Antarctic Res.], 2015, No. 3 (105), p. 5–14.
- Zazovskaya E.P.** Radiocarbon dating – modern state, problem, prospects of development and use in archaeology. Vestnik Archeologii, Antropologii i Etnografii, 2016, No. 1 (32), p. 151–164.
- Zykin V.S., Zykin V.S., Volvach A.O. et al.** Upper Quaternary deposits of the Nadym Ob area: stratigraphy, cryogenic forms, and deposition environments. Earth's Cryosphere, 2017, vol. XXI, No. 6, p. 12–20.
- Kaplina T.N.** Alas Complex of North Yakutia. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2009, vol. XIII, No. 4, p. 3–17.
- Karta prirodnykh kompleksov severa Zapadnoi Sibiri [Map of natural systems in the north of Western Siberia for geocryological forecasting and planning environmental measures during mass construction (scale 1:1,000,000)].** E.S. Melnikov, N.G. Moskalenko (eds.). Moscow, VSEGINGEO, 1991, 6 p. (in Russian).
- Katasonov E.M.** Litologiya merzlykh chetvertichnykh otlozheniy (kriolitologiya) Yanskoy primorskoy nizmennosti [Lithology of frozen Quaternary deposits (cryolithology) of the Yanskaya Primorsky lowland]. Moscow, PNIIS, 2009, 176 p. (in Russian).
- Koroleva E.S.** Razvitiye mnogoletnemerzlykh poligonal'nykh torfyanikov pod vozdeystviyem izmeneniy prirodnykh usloviy

References

Andreev Yu.F. On the connection of the linear-ridge relief with tectonic structures in the north of Western Siberia (in the area of permafrost development. Geologiya i geokhimiya [Geology and Geochemistry], 1960, iss. 3 (IX), p. 76–94.

Arkhipov S.A., Volkova V.S. Geologicheskaya istoriya, landshafty i klimaty pleystotsena Zapadnoy Sibiri [Geological history, pleistocene landscapes and climate in West Siberia]. A.V. Kanygin (ed.). Novosibirsk, OIGGM SO RAN, 1994, 105 p. (in Russian).

Arkhipov S.A., Levchuk L.K., Shelkopyas V.N. Stratigraphy and geological structure of quaternary cover of Lower-Ob-Yamal-Taz region in West Siberia. Geologiya i geofizika [Russ. Geol. Geophysics], 1994, vol. 35, No. 6, p. 87–104.

Pur-Tazovskogo mezhdurech'ya Zapadnoy Sibiri [Development of permafrost polygonal peatlands under the influence of changes in the natural conditions of the Pur-Taz interfluvium in Western Siberia]: Dissertation abstract for the candidate of geological and mineralogical sciences. Tyumen, 2022, 22 p. (in Russian).

Kuzin I.L. Geomorfologiya Zapadno-Sibirskoy ravniny [Geomorphology of the West Siberian Plain]. St. Petersburg, Izd-vo Gos. polyarnoy akademii, 2005, 176 p. (in Russian).

Kuznetsova A.O., Slagoda E.A., Koroleva E.S., Tikhonravova Y.V. Reconstruction of local natural conditions of peat accumulation during the Holocene period of the southern hyparctic tundra of the Pur-Taz interfluvium. In: Proc. of the Sixth Conf. of Geocryologists. Moscow, KDU, Dobrosvet, 2022, p. 1062–1069 (in Russian).

Kuznetsova A.O., Tikhonravova Ya.V., Slagoda E.A., Afonin A.A. Holocene dynamics of local conditions of peat formation in the Arctic zone of Western Siberia. In: Collection of scientific works materials of the All-Russian conference with international participation "Global problems of the Arctic and Antarctic". Arkhangelsk, FICKIA UrO RAN, 2020, p. 122–125 (in Russian).

Manuilova E.A. The latest structural plan of the West Siberian plate. Bulletin of Moscow University. Ser. 9. Geology, 2021, No. 1, p. 23–30.

Nazarov D.V. Upper Pleistocene of the north of Western Siberia. In: Materials of the IX Russian meeting on the study of the Quaternary period. Irkutsk, Izd-vo Instituta geografii SO RAN, 2015, p. 323–325 (in Russian).

Pozdnyakov A.V., Puchkin A.V., Pupyshev Yu.S. et al. Genesis of the ridge-hollow relief of the West Siberian plain. Geosfernye issledovaniya [Geosphere Res.], 2020, No. 4, p. 42–57.

Reineck H.-E., Singh I.B. Depositional Sedimentary Environments. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag, 1975, 439 p.

Resheniye 6-go Mezhvedomstvennogo stratigraficheskogo soveshchaniya po rassmotreniyu i prinyatiyu tochnennykh stratigraficheskikh skhem mezozoyskikh otlozheniy Zapadnoy Sibiri [Decision of the 6th Interdepartmental Stratigraphic Meeting on the Review and Adoption of Updated Stratigraphic Schemes of Mesozoic Deposits in Western Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS, 2004, 114 p. (in Russian).

Savchenko N.V. Paleogeographic and geology-geomorphology factors of geolimnology of the Western Siberia. Sci. Europe. Geograph. Sci., 2016, No. 9 (9), p. 4–12.

Sidorchuk A.Yu., Panin A.V., Borisova O.K. Late Glacial Palaeochannels in West Siberia. Izv. RAN. Ser. Geografiya [Proc. of the RAS. Ser. Geography], 2008, No. 2, p. 67–75.

Slagoda E.A., Balandin V.A., Oshchepkova E.B. Permafrost phenomena as an indicator of the course of neotectonic processes. In: Abstr. conf. dedicated to the 90th anniversary of the birth of academic A.L. Yanshin. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, fil. "Geo", 2001, p. 61 (in Russian).

Slagoda E.A., Medvedev G.I. Paleocryogenic formation, stratigraphy and geoarcheology of the Quaternary deposits of

Baikal's Siberia. Kriosfera Zemli [Earth's Cryosphere], 2004, vol. VIII, No. 1, p. 18–28.

Slagoda E.A., Novoselov A.A., Koroleva E.S. et al. Traces of cryogenic processes in the Late Pleistocene sediments of the Pur-Taz interfluvium (West Siberia). Earth's Cryosphere, 2022, vol. XXVI, No. 1, p. 19–31.

Slagoda E.A., Opokina O.L., Popov K.A., Orekhov P.T. To the reconstruction of cryogenic and seismic issues. In: Materials of the IX All-Russian meeting on the study of the Quaternary period. Irkutsk, Izd-vo Instituta geografii SO RAN, 2015, p. 435–437 (in Russian).

Zhamoyda A.I. (ed.). Stratigraficheskiy kodeks Rossii. Izdaniye tret'ye, ispravlennoye i dopolnennoye [Stratigraphic Code of Russia. Third edition, corrected and enlarged]. St. Petersburg, Izd-vo VSEGEI, 2019, 96 p. (in Russian).

Tikhonravova Ya.V., Slagoda E.A., Rogov V.V. et al. Heterogeneous structure of polygonal wedge ice in the peat bogs of the Pur-Taz interfluvium. Led i sneg [Ice and Snow], 2020, vol. 60, No. 2, p. 225–238.

Trofimov V.T., Badu Yu.B., Vasilchuk Yu.K. et al. Geokriologicheskoye rayonirovaniye Zapadno-Sibirskoy plity [Geocryological zoning of the West Siberian Plate]. Moscow, Nauka, 1987, 219 p. (in Russian).

Tumskoy V.E. Cryolithostratigraphy and cryofacies analysis. Earth's Cryosphere, 2021, vol. XXV, No. 4, p. 3–13.

Filippovich Yu.V. Sdvigovaya tektonika v rayone Nadym-Tazovskogo mezhdurech'ya i metodika prognoza neftyanykh zalezhey [Strike-slip tectonics in the area of the Nadym-Taz interfluvium and methods for forecasting oil deposits]: Dissertation abstract for the candidate of geological and mineralogical sciences. Moscow, 2012, 20 p. (in Russian).

Khomutov A.V., Babkin E.M., Tikhonravova Ya.V. et al. Integrated studies of the cryolithozone of the northeastern part of the Pur-Taz interfluvium. In: Nauchnyy vestnik [Scientific Bulletin of the Yamalo-Nenets Autonomous District. Sustainable development of the Arctic]. Salekhard, 2019, No. 1 (102), p. 53–64 (in Russian).

Khotinsky N.A. Golotsen Severnoy Yevrazii [Holocene of Northern Eurasia]. Moscow, Nauka, 1977, 198 p. (in Russian).

Hua Q., Barbetti M., Rakowski A. Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010. Radiocarbon, 2013, vol. 55 (4), p. 2059–2072.

Slagoda E.A., Tikhonravova Ya.V., Kuznetsova A.O., Koroleva E.S. Cryoturbations, pseudomorphs, postcryogenic textures and involutions in the frozen sediments of the Pur-Taz interfluvium. In: Solving the puzzles from Cryosphere: Abstr. Int. Conf. Pushchino, Okabiolab Ltd, 2019, p. 109–110.

Stuiver M., Reimer P.J. Extended ^{14}C database and revised CALIB radiocarbon calibration program. Radiocarbon, 1993, vol. 35, p. 215–230.

Tikhonravova Y., Kuznetsova A., Slagoda E., Koroleva E. Holocene permafrost peatland evolution in drained lake basins on the Pur-Taz Interfluvium, North-Western Siberia. Quat. Int., 2023, vol. 669, p. 32–42.

*Поступила в редакцию 30 августа 2023 г.,
после доработки – 7 марта 2024 г.,
принята к публикации 6 апреля 2024 г.*