

Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение

УДК 551.345

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-2-5

Новые генетические типы форм рельефа и отложений прибрежной части западного сектора моря Лаптевых и дельты р. Лена

В.Б. Спектор, А.А. Шестакова*, Я.И. Торговкин

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Россия

*aashest@mail.ru

Аннотация. Целью проведенного исследования является уточнение происхождения и возраста ориентированных форм рельефа и слагающих четвертичных отложений, распространенных на южном побережье западного сегмента моря Лаптевых. Задача выполненного исследования состояла в установлении распространения ориентированных форм рельефа, их типизации и определении состава и возраста слагающих отложений, генезиса и причин формирования выявленных форм. В качестве основных методов в работе были использованы: 1) дешифрирование космических снимков высокого разрешения SAS Планета – пакета ESPI Arc GIS Landsat; 2) обобщение опубликованных материалов по геоморфологии и четвертичным отложениям при выполнении работ по базовой теме ИМЗ СО РАН «Закономерности развития береговой и подводной мерзлоты в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском»; 3) полевые маршрутные исследования, проведенные В.Б. Спектором в разные годы в устьевой области р. Лена, на западном побережье моря Лаптевых при выполнении научных программ ИМЗ СО РАН, а также совместных исследований с Институтом географии РАН (рук. М.Г. Гросвальд) и Стокгольмского университета (профессор Карлен Вибьерн). Установлено, что территория побережья морей Лаптевых и Восточно-Сибирского представляет собой скэбленд – геоморфологический ландшафт, созданный гидросферной катастрофой. Гидросферная катастрофа (мегафлад) произошла, вероятно, в результате выхода из берегов ледниково-подпрудного озера, сформировавшегося в плейстоцене перед шельфовым ледником, игравшим роль плотины. К отложениям катастрофических потоков (диллювию) отнесены площади перекомпенсированного осадконакопления – песчаные образования высоких островов дельты р. Лена, нижняя часть тукуланной свиты, распространенной на равнинных территориях Средней Сибири, водораздельные покровные супеси, суглинки и пески с галькой. Площади развития скэбленда представляют собой территории распространения параллельных ложбин, ориентированных гряд, гигантской ряби, крупных структурно организованных форм рельефа. В районе бухты Тикси установлено распространение краевых образований шельфового ледника: ледниковых отложений, экзарационных полей, друмлинов, ложбин выпахивания, сквозных долин, гляциотектонических морен.

Ключевые слова: скэбленд, диллювий, мегафлад, фладстрим, четвертичные отложения, морфолитогенез, Арктическая Якутия.

Благодарности. Работа проводилась при поддержке гранта РФФИ “Карта параметров слоя годовых колебаний температуры криолитозоны территорий восточной Арктики России м-ба 1:2500000”, проект №17-05-41079_рго_а.

Введение

Территория исследований расположена к северу от Полярного круга (66°33') и охватывает прибрежную область моря Лаптевых: приустьевую область р. Лена и прилегающие бассейны

нижнего течения рек Анабар, Оленек (между 103°30' и 129° в.д.).

Проведенные исследования показали, что значительная часть рассматриваемого региона представляет собой скэбленд – поверхность, создан-

ную гидросферной катастрофой [1–3]. Катастрофический потоп обозначается термином мегафлад – явление сверхмощного площадного затопления суши, при котором общий расход воды превышает 1 млн м³/с, а скорость – 10 м/с [4–6].

Некоторые признаки скэбленда на южном побережье моря Лаптевых впервые были выявлены М.Г. Гросвальдом [3–5 и др.], в том числе и при полевых наблюдениях совместно с одним из авторов статьи [7, 8]. Исследования, проведенные в последние годы на этой территории, показали практически повсеместное распространение скэбленда, который представлен формами аккумулятивного и эрозионного происхождения, а также обширными площадями экзарации. Необходимо отметить, что ранее ледниковые формы рельефа по данным геологических исследований и дешифрирования дистанционных материалов [4, 5, 9, 10] выделялись только в глубине континента, в бассейнах рек Анабар, Котуй и склонов Анабарского плоскогорья.

Принципиально новым в предлагаемой работе является выявление широкого развития в пределах рассматриваемой территории дилювиального типа морфолитогенеза [1–3]. Дилувий (от *diluvium* – «потоп, наводнение, паводок») – генетический тип рыхлых континентальных отложений, возникающий в результате процессов аккумуляции в каналах стока катастрофических гляциальных суперпаводков после прорывов ледниковых плотин в недавнем геологическом прошлом [1]. Такие потоки могли существовать на поздних стадиях оледенений и, в частности, в эпоху окончания последней сартанской ледниковой эпохи (11–15 тыс. л. н.).

Дилювиальный тип морфолитогенеза разделяется на три подтипа: дилювиально-эрозионный, дилювиально-эвразийский и дилювиально-аккумулятивный [1, 2, 3].

В пределах прибрежных равнин восточно-арктических морей наиболее четко представлены дилювиально-аккумулятивные морфолитогенетические образования. Среди них предварительно можно выделить три вида, различающихся по формам и геоморфологическому положению (рис. 1). Отложения первого и третьего видов представлены положительными формами, выходят на поверхность и изучаются геологами в течение многих десятилетий. Отложения второго вида, заполняющие некоторые отрицательные формы рельефа, практически не изучены.

Материалы и методы исследования

К дилювиально-аккумулятивным образованиям первого вида отнесены их разновидности, представленные крупными положительными формами рельефа (первые сотни и многие десятки километров) с характерной радиально-концентрической структурой (конуса выносов) и сложены однородными песчаными толщами. Наиболее значительная площадь гигантского конуса выноса располагается в дельте р. Лена и занимает о. Аргаа-Муора-Сисэ (рис. 2).

Остров занимает северо-западную часть дельты и характеризуется линейными размерами 100 км в широтном и около 80 км меридиональном направлениях. В плане остров имеет коническую форму с выпуклой стороной дуги, обращенной к югу (от моря в сторону суши). Элементы конической структуры прослеживаются и в плане внутренней структуры острова, которая представляет собой волнистую равнину, осложненную системой широких разновысотных вложенных друг в друга дугообразных валов, в большей или меньшей степени насыщенных озерными котловинами. Первый, наиболее крупный вал с большим количеством озерных котловин располагается по южному краю острова. Радиус его дуги по внешнему краю около 80 км, а ширина вала – около 12–15 км. Наиболее северный, прибрежный, вал с радиусом дуги около 30 км имеет ширину около 9 км. Вершинная поверхность всей системы валов полого опускается с юга на север от 30 до 5–7 м.

Наряду с элементами концентрической структуры, в пределах острова выразительно представлены и элементы радиальной структуры. К ним относятся ориентированные озера, мелкие речные долины и гряды, которые вытянуты с северо-востока на юго-запад по азимуту 190–220°, перпендикулярно концентрическим элементам. Гряды относительной высотой около 10 м и шириной 1–2 км или шире разделяют мелкие долины. Большинство озер приурочено к возвышенным частям концентрических валов и линейных гряд. Как было отмечено Д.Ю. Большиновым [11], центральные котловины озер достигают глубин 30 м и в каждой из вытянутых озерных ванн примерно половину площади занимает мелководная полка глубиной до 1 м, ограничивающая глубокий провал в центре.

Состав осадков (разрез 2, рис. 3), слагающих положительные формы о. Аргаа-Муора-Сисэ, –

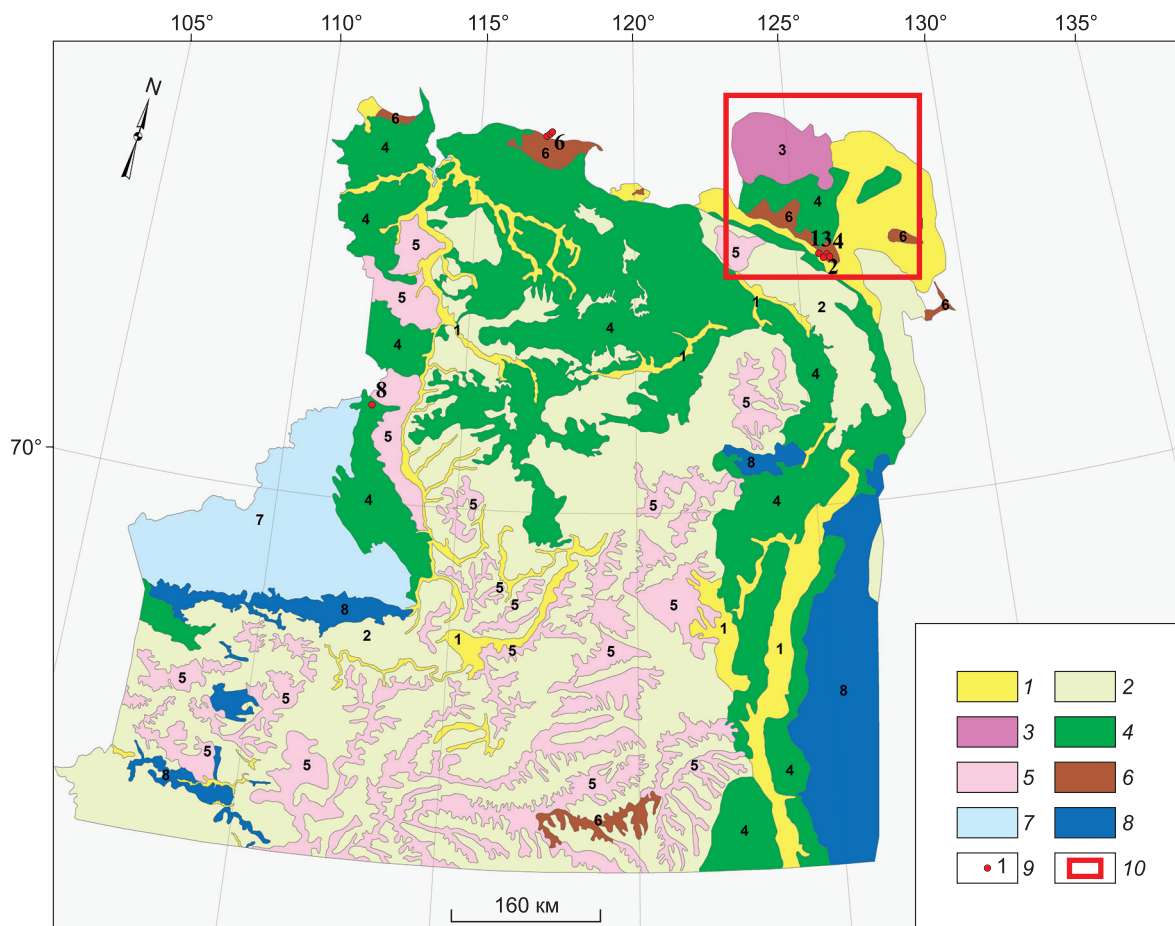


Рис. 1. Схема генетических типов четвертичных отложений Северо-Восточной части Средней Сибири (береговая зона западного сегмента моря Лаптевых).

Исходными материалами являются результаты работ по Государственной геологической съемке м-ба 1:200000. Место хранения – фонды Комитета по геологии и полезным ископаемым Республики Саха (Якутия).

1 – речной аллювий; 2 – делювиальные, делювиально-коллювиальные, делювиально-солифлюкционные отложения; 3 – дилuviально-аккумулятивные образования 1 вида; 4 – дилuviально-аккумулятивные образования 2-го и 3-го вида, объединенные; 5 – элювиальные отложения; 6 – ледовый комплекс – сингенетично-мерзлые полигенетические аккумулятивные образования; 7 – поверхности эскарации; 8 – ледниковые и водно-ледниковые отложения; 9 – местоположение разрезов, показанных на рис. 3 (точки 1–7) и рис. 4 (точка 8); 10 – район исследований.

Fig. 1. Scheme of the Quaternary deposits genetic types of the North-Eastern part of Central Siberia (coastal zone of the western segment of the Laptev Sea).

The initial materials are the results of work on the State Geological Survey, scale 1:200000. Storage location for the funds of the Committee for Geology and Mineral Resources of the Republic of Sakha (Yakutia).

1 – river alluvium; 2 – deluvial, deluvial-colluvial, deluvial-solifluction deposits; 3 – diluvial-accumulative formations of 1 species; 4 – diluvial-accumulative formations of 2 and 3 types, combined; 5 – eluvial deposits; 6 – ice complex – syngenetic-frozen polygenetic accumulative formations; 7 – the surface of the examination; 8 – glacial and water-glacial deposits; 9 – location of the sections shown in Fig. 3 (points 1–7) and Fig. 4 (point 8); 10 – research area.

среднесортированные пески, весовая влажность в которых постоянна и меньше 20 % (15–17 %), содержание органического вещества весьма низкое и составляет 0–0,3 %. Возраст их (ОСЛ) в районе оз. Николай в самой верхней части – 12,5 т. л. [12]. Возрастной интервал их формирования соответствует дриасу. Отмечаются небольшие жилы и пластовые тела льдов. Отмечается

повышенная минерализация пластовых льдов на глубинах 12,1 м – 448 мг/л, 12,4 м – 998 мг/л по берегам Оленекской протоки [11].

Характерной чертой верхней части рассматриваемой толщи (абсолютный возраст 12,5 т. л.) являются палинокомплексы, в которых сочетаются водные и сухолюбивые разновидности растительности.

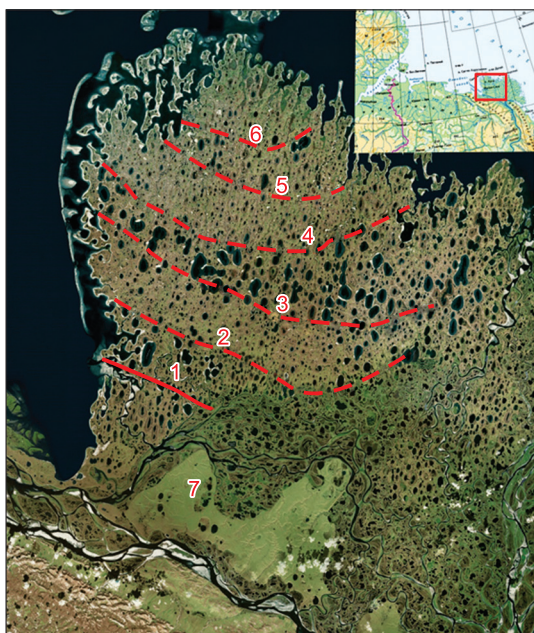


Рис. 2. Космический снимок острова Аргаа-Муора-Сисэ в дельте р. Лена – пример радиально-концентрической структуры рельефа.

Поле распространения дилuviально-аккумулятивных отложений первого вида (d1). 1, 3, 5 – дугообразные заозеренные депрессии; 2, 4, 6 – дугообразные песчаные гряды; 7 – останцы ледового комплекса (отложения ледниково-подпрудного бассейна).

Fig. 2. Satellite image of Arga-Muora-Sise Island in the Lena Delta – an example of a radial-concentric relief structure. The distribution field of diluvial-accumulative deposits of the first type (d1). 1, 3, 5 – arcuate lake-rich depressions; 2, 4, 6 – arcuate sand ridges; 7 – remnants of the Ice Complex (deposits of the glacial-dammed basin).

Современные озерные отложения, которые накапливаются в озерах о. Аргаа-Муора-Сисэ (оз. Николай) и представлены также песками, содержат органическое вещество в количествах на порядок больше (до 4 %), чем дилuviальные пески. Возраст их по радиоуглеродным данным – до 7090 ± 40 лет [12].

Аналоги рассматриваемых отложений на мелководном шельфе моря Лаптевых (вероятно, также дриас) вскрыты буровым профилем в 11 км от берега в районе п-ва Мамонтов Клык [13] в интервале 25–40 м ниже уровня моря (см. разрез 7, рис. 3). Их аналогия с осадками о. Аргаа-Муора-Сисэ доказывается стратиграфическим положением: непосредственно ниже современных осадков с абсолютным возрастом около 10 тыс. лет и стратиграфически выше и с перерывом на зырянско-каргинских слоях (абсолютный возраст около 45 тыс. лет в верхней части

их толщи). Идентичность сравниваемых толщ подтверждается и их сходной гранулометрической характеристикой, одинаково низким содержанием углерода и низким содержанием солей. Засоление верхней части этих отложений [13] разреза 7 (см. рис. 3) объясняется участием морских вод в формировании потоков, особенно их верхней части, соответствующей завершению формирования конуса. Аналоги дилuviально-аккумулятивных образований о. Аргаа-Муора-Сисэ, установленные на мелководном шельфе, также могут быть отнесены к отложениям мегафлада.

К этому же типу относятся пресноводные отложения, установленные на границе внешнего шельфа и континентального склона. В частности, известно пресноводное событие в море Лаптевых (скв. PS 2458, $78^{\circ}10'$ с.ш. $133^{\circ}23,7'$ в.д.), где на верхней границе континентального склона (глубина около 930 м) обнаружены пресноводные осадки возрастом около 11–13 тыс. л. [15]. Эти отложения представлены преимущественно глинистыми фракциями. Они характеризуются небольшим содержанием органического вещества (менее 1 мас. %) при аномально низком содержании углерода ^{13}C и очень низким содержанием ^{18}O (около 40 ‰) в раковинах форминифер. Такие содержания изотопа кислорода установлены в атмосферных осадках (снег) Антарктиды и Гренландии [16]. Наиболее вероятным представляется происхождение этих вод и связанных с ними осадков из пресноводного приледникового или подледникового бассейна.

Дислоцированные пластовые льды мощностью десятки метров с обломками пород, несущими ледниковую штриховку, установлены на острове Новая Сибирь. По ряду признаков (в частности, присутствие в линзах морской фауны) реконструируется перемещение пластовых льдов со стороны моря на сушу [17].

Дилuviально-аккумулятивные образования второго вида включают приповерхностные и погребенные накопления и характеризуются линейной структурной организацией ориентированных форм рельефа (формы потоков-фладстримов). Приповерхностные толщи представлены отложениями, подстилающими эоловые пески – тукуланы. Собственно тукуланы представляют собой переветренные в голоцене толщи потоков (фладстримов), сформировавшиеся в позднем неоплейстоцене. Эти толщи, до 50–60 м мощности, слагают обширные линейно вытяну-

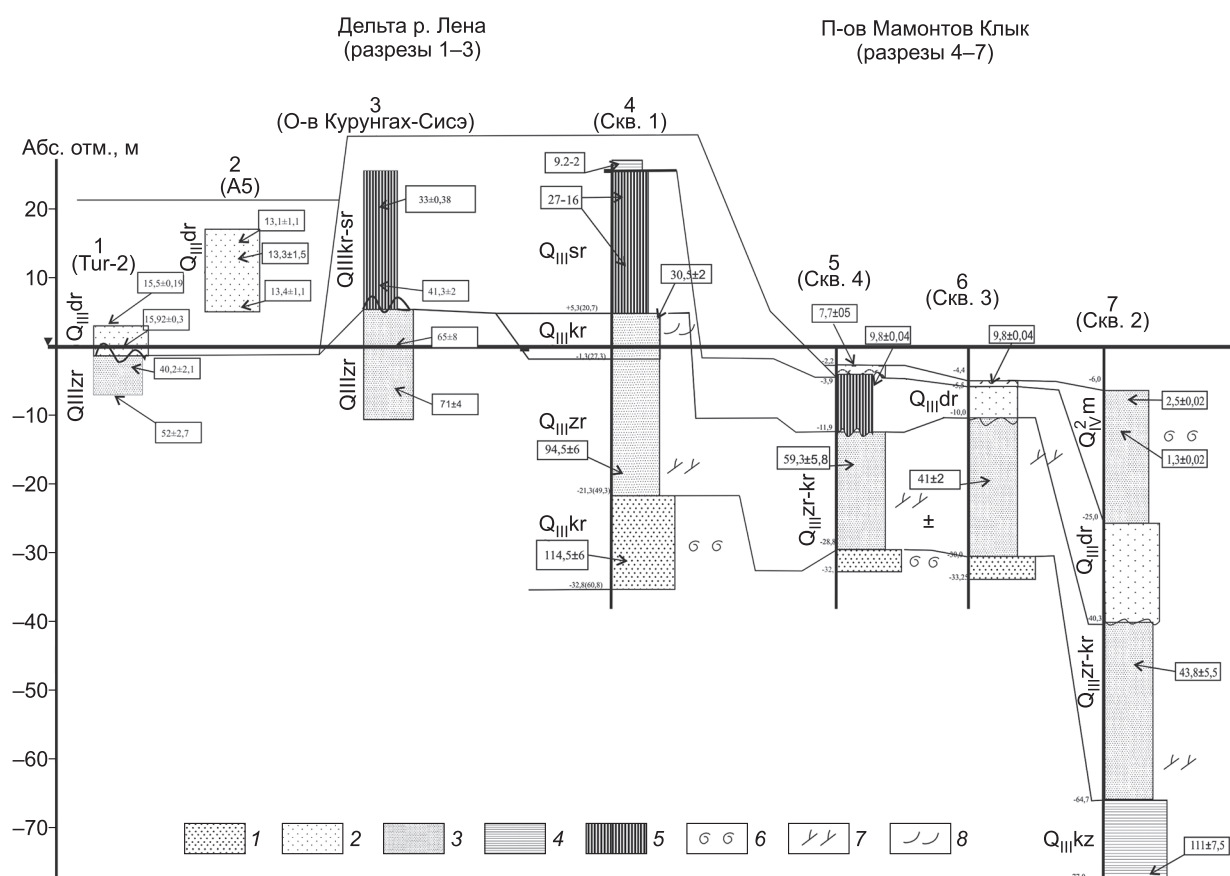


Рис. 3. Схема сопоставления четвертичных отложений дельты р. Лена и побережья и мелководного шельфа п-ва Мамонтов Клык.

Схема построена на основании работ: [12] (разрез 2, о. Арга-Муора-Сисэ в дельте Лены), [13] (разрезы 4–7), [11, 14, 15], (разрезы 1, 3 на берегу Оленекской протоки). 1 – пески разноразмерные гравийные; 2 – пески мелкозернистые средне сортированные; 3 – пески мелкозернистые хорошо сортированные; 4 – алевроиты и алевроиты песчаные; 5 – ледовый комплекс; 6 – раковины двустворок и их фрагменты; 7 – растительный детрит; 8 – косая слоистость. Местоположение разрезов показано на рис. 1.

Fig. 3. Comparison scheme of the Lena Delta Quaternary deposits and the coast and shallow shelf of the Mammoth Fang Peninsula.

The scheme is based on [12] (section 2, Arga-Muora-Sise Island in the Lena Delta), [13] (sections 4–7), [11, 14, 15] (sections 1, 3 on the banks of the Olenek canal). 1 – variegated gravel sands; 2 – fine-grained sands medium sorted; 3 – fine-grained sands well sorted; 4 – siltstone and silty sandstone; 5 – Ice Complex; 6 – bivalve shells and fragments thereof; 7 – plant detritus; 8 – oblique layering. The location of the sections is shown in Fig. 1.

тые, нередко изолированные, поля песчаных образований в долине нижнего течения р. Лена. Одно из таких полей представлено гигантской (180×21 км) валообразной “террасой-баром”, сложенной тукуланной свитой [18]. В эту свиту первооткрыватели включили как перевеянные голоценовые пески, имеющие здесь фрагментарное распространение и небольшую мощность, так и подстилающие их отложения потоков. Поверхность полей распространения свиты осложнена системами линейно ориентированных форм.

Среди них наиболее выразительны линейные гряды, развивающиеся поперек гигантской ряби, которая весьма характерна для следов катастрофических потоков [3, с. 38].

Максимальные отметки рассматриваемого вала (бара) – около 190 м, минимальные отметки смежных с ним понижений около 130 м. Высотные перепады между отдельными грядами и разделяющими их депрессиями – 5–10 м. Основным элементом бара являются протяженные 30–50-километровые линейные гряды с простираением око-

ло 135°, сформированные вдоль предполагаемых водных потоков. В этом же направлении ориентированы и прямолинейные границы ограничения бара. Эти гряды наложены на гигантскую рябь, простирающуюся 220–230°. Приведенные данные указывают на гидрогенное происхождение форм и основное направление потоков: с северо-запада на юго-восток. В.В. Колпаков [18, с. 35] отмечает, что тукуланная свита залегает на неровном (перепады высот ложа достигают 100 м), плохо разработанном коренном ложе с «грядами эрозионных останцов и глубокими желобами, углубленными ниже уровня современных рек. Минимальная известная высота ложа составляет 45 м». Это также подтверждает гидрогенное происхождение осадков свиты. Тукуланная свита делится на две пачки: алевроитовую (17 м) и песчаную (54 м). Для самой верхней части разреза (голоценовой), вероятно эоловой, части установлен спектр лесного типа: 92–94,6 % – древесные (преимущественно сосна), 3,6–3,7 % травы и кустарнички, 1,8–3,7 % – споры. Для подстилающей части разреза характерны комплексы со значительно меньшим участием древесных форм.

Погребенные накопления отложений мегафлада включают мощные (десятки метров) разнообразных по составу слоёв суглинков, песков и галечников. Наибольшее распространение этих образований наблюдается в центральной части Таймырской низменности, где был определен абсолютный возраст детрита раковин моллюсков [19].

Дилювиально-аккумулятивные образования, залегающие на низких гипсометрических уровнях, в том числе и ниже уровня моря, установлены на побережье бухты Кожевникова Хатангского залива. Здесь они были вскрыты скважиной в устье р. Тигян, впадающей в бухту Кожевникова. Отметка устья скважины 5 м. Разрез [20] представлен (сверху вниз): 0–13 м – «морские» тонкодисперсные отложения (литология не охарактеризована) верхнего отдела четвертичной системы. В ближайших разрезах в Таймырской депрессии, где их мощность достигает десятков метров, – это глинистые пески, суглинки с линзовидными скоплениями гальки, крупнозернистого песка, иногда угольной крошки (явные следы переотложения). Породы включают многочисленные остатки двустворок, диатом, морских губок и разнообразный комплекс спор и пыльцы [19], указывающий на переотложение (!); 13–69 м – «перемытая морена» серые средне-крупнозер-

нистые кварцевые пески с чешуйками слюды и скоплениями сажисто-углистого материала. Среди песков отмечаются несколько прослоев, до 1 м, песчанистых глин и алевроитов; 69–83 м – галечники с крупнозернистым песком. Ниже залегают меловые отложения.

Аналогичные по составу отложения были вскрыты и южнее, в долинах левых притоков р. Б. Куонамка (р. Старая). Как следует из представленных разрезов (рис. 4), рассматриваемый генетический подтип представлен: в верхней части тонкослоистыми илистыми суглинками с прослоями песков и галечников; в нижней части галечниками (галька доломитов, известняков, кварцитов хорошей и отличной окатанности, залегающим на цоколе коренных отложений).

По составу, стратиграфическому положению и палинологической характеристике вскрытая толща близка тукуланной свите.

Палинокомплекс толщи характеризуется бедным составом СПК и примерно равным соотношением спор и пыльцы. Встречена переотложенная мезозойская пыльца.

Дилювиально-аккумулятивные образования третьего вида образуют покровы мощностью от первых до 10–12 м на невысоких водоразделах 100–200 м. На северном борту Северо-Сибирской низменности они залегают на терригенных полускальных породах, слагающих хребты Чекановского и Прончищева, а на южном лежат, преимущественно, на карбонатных породах, слагающих склоны Анабарского плато. Формы рельефа площадей распространения разнообразны. Наибольшим распространением пользуются линейные грядово-лощинные формы. Гряды сложены плохо сортированным суглинистым и песчано-дресвяным материалом. В ложинах между грядами располагаются вытянутые озера. Междоузельные пространства заболочены и сложены суглинками и торфом. Нередко отмечаются чешуевидные гряды, обращенные выпуклыми сторонами по направлению предполагаемого течения (в южных румбах). На плоских поверхностях водоразделов отмечаются озера, вероятно, имеющие эвразийское происхождение. Нередки узкие параллельные щелевидные долины. В южной части района в бассейне р. Оленек в долине р. Куойка распространены трапезиевидные долины широким (около 5 км дном) и обрывистыми бортами высотой 50–100 м – каньоны прямолинейной формы.

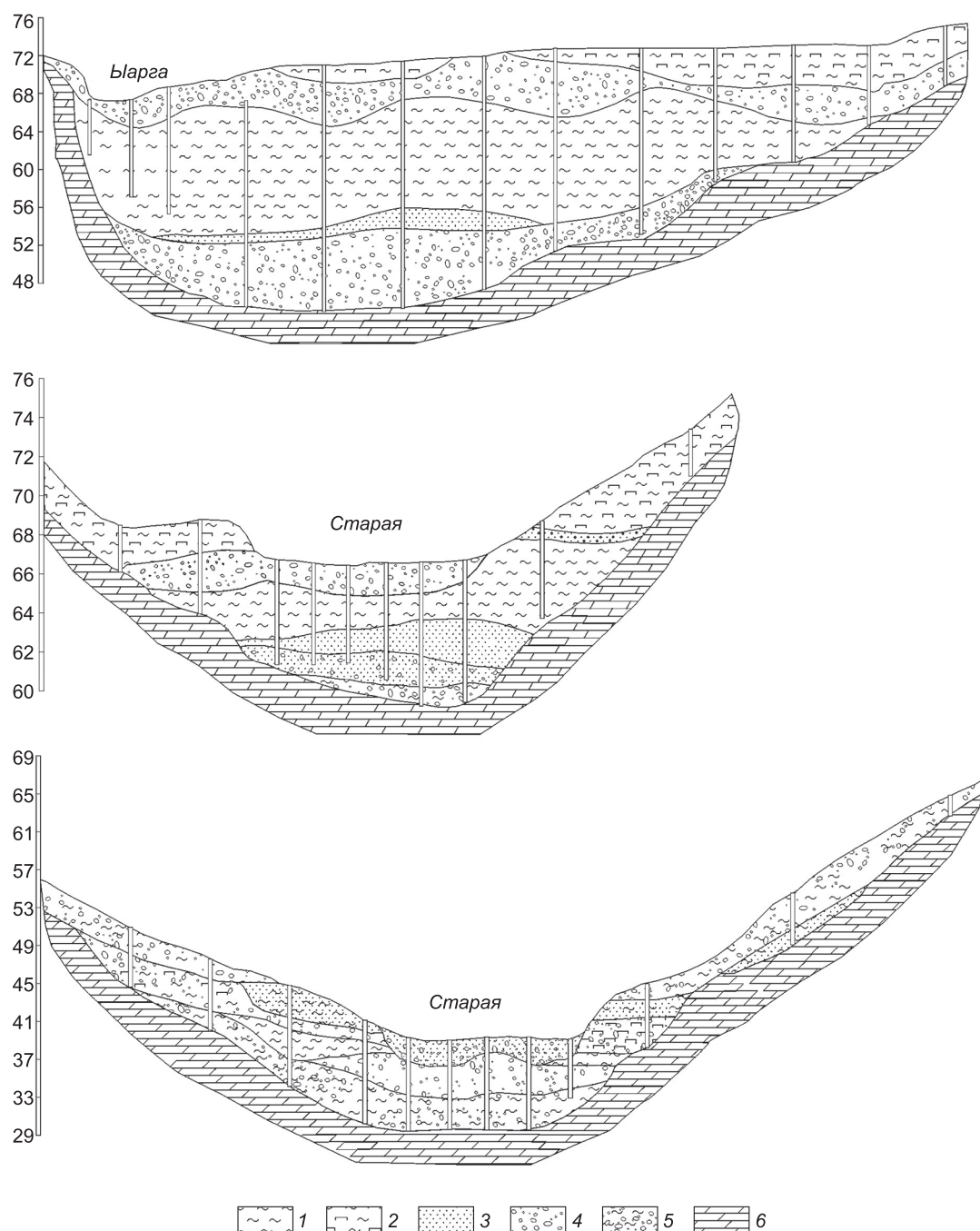


Рис. 4. Отложения второго генетического вида дилuvia, вскрытые на левых притоках р. Б. Куонамка [21].

1 – алевроиты; 2 – глинистые алевроиты; 3 – пески; 4 – галечники с песчаным заполнителем; 5 – галечники с суглинистым заполнителем и щебнем; 6 – коренные породы: доломиты, известняки. Местоположение профилей показано на рис. 1 (точка 8).

Fig. 4. Deposits of the second genetic type of diluvium, discovered on the left tributaries of the river. B. Kuonamka [19].

1 – aleurites; 2 – clay silts; 3 – sands; 4 – pebbles with sand aggregate; 5 – pebbles with loamy aggregate and crushed stone; 6 – bedrock: dolomites, limestones. The location of the profiles is shown in Fig. 1 (point 8).

Рассматриваемые отложения часто выделяют-ся [22] как аллювиальные плиоцен-позднечет-вертичные образования, или как «водораздель-

ные галечники», и как плиоцен-верхнечет-вертичная эйкская свита [23]. В работе [23] было высказано предположение об отсутствии связей

этих толщ с современной гидросетью и подчеркивалось, что данные «образования рассматриваются большинством исследователей как отложения кратковременных, но значительных потоков, размывавших палеоген-неогеновую кору выветривания».

Рассматриваемый вид отложений, распространенный на водоразделах правых притоков р. Анабар [24], сложенный галечниками, песками, суглинками, илами, В.В. Куницкий [25] относил к «покровным образованиям» и объяснял их происхождение «грандиозными разливами полых вод».

Литологически сходные отложения отмечаются и на более низких гипсометрических уровнях, относящихся к третьей и второй надпойменным террасам. На этих уровнях аналоги свиты представляют собой генетически сложное образование, сформировавшееся в результате переработки отложений потоков современными геологическими процессами [24].

Обсуждение результатов и выводы

Рассмотренные формы, определенным образом ориентированные, образуют ансамбль, объединенный особенностями состава рельефообразующих отложений, временем формирования и, вероятно, общими причинами формирования. Они не находят объяснения в рамках основных моделей формирования приустьевой области р. Лена: аллювиальной и морской, и существующих объяснений происхождения ориентированных форм рельефа.

1. *Аллювиальная гипотеза* является господствующей в объяснении происхождения рассмотренных выше форм и отложений приустьевой области р. Лена. Этой, традиционной точки зрения придерживается один из ведущих исследователей побережья восточно-арктических морей М.Н. Григорьев [26, 27]. По его мнению, в этой области развиты отложения трех речных террас дельты р. Лена: пойма и первая терраса голоценового возраста (абс. высота 1–12 м); вторая, песчаная (о. Аргаа-Муора-Сисэ), терраса сартанского возраста (абс. высота 20–25 м); третья терраса, сложенная ледовым комплексом позднелайстотенового возраста (абс. высота 30–55 м).

Имеющиеся материалы показывают, что только пойма и первая надпойменная террасы являются речными образованиями.

Отложения, традиционно относимые к песчаной второй надпойменной террасе, по формам

рельефа и условиям залегания не являются аллювиальными речными. Наблюдаемые формы на о. Аргаа-Мора-Сисе имеют радиально-концентрическую структуру с линейными радиальными положительными и отрицательными формами, не связанными с ветвящимися протоками дельты р. Лена. Поверхность этой «террасы» характеризуется валлообразным рельефом с перепадами по высоте около 30 м, что противоречит принадлежности к единой речной террасе. Песчаный дилувиальный содержит незначительные количества органического углерода, что резко отличает его от речных отложений р. Лена, где известны высокие содержания органики (не менее 3–5 %) по всему разрезу и скопления торфа.

Отложения ледового комплекса, которые называют «третью террасу» дельты, по мнению современных исследователей, не относятся к речным и являются полигенетическим [27, 28]. По нашему мнению, это мелководные озерные отложения. Песчаные дилувиально-аккумулятивные образования контактируют с ледовым комплексом по поверхности размыва, четко видимой в плане и разрезе. Простирающие границы размыва в плане идентично простирающим линейным элементам в дилувиально-аккумулятивных образованиях о. Аргаа-Муора-Сисэ. Дилувиальные толщи являются по отношению к ледовому комплексу «вложенными» образованиями, отделенными от него перерывом в осадконакоплении длительностью десятки тысяч лет.

2. *Морская гипотеза* происхождения песчаных осадков, выделяемых нами как дилувиально-аккумулятивные, в настоящее время развивается Д.Ю. Большиновым [11, 19]. По его мнению, основанному на обнаружении в некоторых слоях аналогов толщи, расположенных на низких гипсометрических уровнях морских диатомей, эти отложения должны относиться к морским или лагунным. С этим предположением также нельзя согласиться, поскольку толщина песков является, за исключением нескольких прослоев, пресноводной. Однако, эпизодическое участие в формировании дилувиально-аккумулятивных образований морских вод представляется весьма вероятным, за счет периодического высокого подъема уровня приледникового озера и смешения пресных вод с морскими.

3. *Ориентированные формы рельефа.* В литературе из таких форм рассматриваются преимущественно озера. Существуют две гипотезы формирования озер – термокарстовая и флювиальная.

Термокарстовое происхождение приписывается как озерам, распространенным на ледовом комплексе («третья терраса»), так и на песках дилювиально-аккумулятивного происхождения. В отношении озер на поверхности ледового комплекса можно согласиться с тем, что значительная роль в их образовании принадлежит процессу вытаявания в голоцене сингенетических льдов. Сингенетические льды составляют в этом комплексе не менее 50 % (и до 80 %) объема осадков. Однако заложение озерных котловин произошло до голоцена, поскольку на дне озер вскрываются раннеголоценовые осадки. На песчаном комплексе сколько-нибудь значительные термокарстовые процессы, даже в голоцене, маловероятны. Дело в том, что весовая влажность дилювиально-аккумулятивных образований составляет до 20–25 %, что практически исключает образование обширных и глубоких термокарстовых котловин. Ледяные жилы, проникающие в толщу с поверхности на глубину нескольких метров, имеют эпигенетическое происхождение и голоценовый возраст. Не выдерживает критики и вероятное надразломное происхождение озерных котловин. Обычно тектоногенные формы, главным образом разломы, имеют значительные размеры (десятки и сотни километров по простиранию). Наблюдаемые же щелевидные провалы в центре некоторых озер изолированы, ограничиваются берегами озерных котловин и имеют размеры сотни метров.

Щелевидные провалы днищ озер связаны, скорее всего, с дилювиально-эрозионными, а овальные глубокие озерные котловины – с дилювиально-эвразийскими процессами. Мелководные полки по берегам озер можно связать с абразивной деятельностью, а в ледовом комплексе – и с термокарстом в голоцене.

Дилювиально-аккумулятивные формы придельтовой области р. Лена граничат на побережье моря с формами краевых частей шельфового ледника: небольшими полями ледниковых отложений, площадями экзарации, полями друмлинов, ложбин выпаживания, сквозных долин, гляциотектонических образований (см. рис. 1). Такое соседство является дополнительным аргументом в пользу генетической связи ледниковых и дилювиальных форм и образования тех и других в ходе разрушения шельфового ледника.

Вторая разновидность дилювиально-аккумулятивных образований – это типичные отложения потоков с характерными грядовыми форма-

ми, осложненные гигантской рябью течений – типичным следов катастрофических потоков. О большой скорости и мощности потоков указывают глубоко расчлененная форма ложа и грубо-обломочные образования, лежащие в основании толщи.

Водораздельные покровы (третья разновидность дилювия) связаны с высоким подъемом вод катастрофических потоков (до 200 м) и перетолжением ранее накопившегося здесь осадочного материала

Абсолютный возраст толщ укладывается в рамки 15–11 т. л. н. Относительный возраст выделенных разновидностей дилювия определяется приближенно: вначале – эрозионного ложа дилювиальных образований, затем первого и второго и, в заключение, дилювиально-аккумулятивные образования третьей разновидности.

Судя по абсолютному возрасту осадков и наблюдаемым палинокомплексам, максимум гидрогенной катастрофы на нашей территории приходится на время около 13 т. л. н.

В качестве наиболее вероятной причины таких потоков, вслед за М.Г. Гроссвальдом [3–5], выбрана гипотеза существования в позднем плейстоцене шельфового ледника, который был разрушен на рубеже позднего неоплейстоцена и голоцена. Этот процесс носил катастрофический характер и сопровождался повышением уровня приледникового пресноводного бассейна, выходу на поверхность подледных вод, катастрофическими потоками на прилегающей суше и шельфе, дилювиально-эрозионными процессами и формированием нескольких разновидностей дилювиально-аккумулятивных образований.

Литература

1. Rudoy A.N. Glacier-Dammed lakes and geological work of glacial superfloods in the Late Pleistocene, Southern Siberia, Altai Mountains // *Quaternary International*. 2002. Vol. 87/1. P. 119–140. DOI: 10.1016/S1040-6182(01)00066-0.
2. Grosswald M.G., Rudoy A.N. Quaternary Glacier-Dammed lakes in the Mountains of Siberia // *Polar Geography*. 1996. Vol. 20, Iss. 3. P. 180–198.
3. Гроссвальд М.Г. Евразийские гидросферные катастрофы и оледенения Арктики. М.: Научный мир, 1999. 120 с.
4. Гроссвальд М.Г. Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // *Материалы гляциологических исследований*. 2009. № 106. С. 11–149.
5. Grosswald M.G., Hughes T.J. The Russian component of an Arctic Ice Sheet during the Last Glacial Maxi-

- mum // Quaternary Science Reviews. 2002. Vol. 21(1–3). P. 121–146. DOI: 10.1016/S0277-3791(01)00078-6.
6. Baker V.R. High-energy megafloods: planetary settings and sedimentary dynamics. Flood and megaflood processes and deposits: recent and ancient examples // Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol. 2002. P. 3–15. DOI: 10.1002/9781444304299.ch1.
7. Гросвальд М.Г., Спектор В.Б. Следы покровного оледенения в районе п. Тикси // Материалы гляциологических исследований. 1990. № 68. С. 115–116.
8. Grosswald M.G., Spektor V.B. The glacial relief of the Tiksi region (West shore of Buor-Khaya Inlet, Northern Yakutia) // Polar Geography and Geology. 1993. Vol. 17(2). P. 154–166. DOI: 10.1080/10889379309377513.
9. Дятлова И.Н. О максимальном продвижении на юг позднеплейстоценового ледникового покрова Карского моря // Материалы гляциологических исследований. 1986. Вып. 55. С. 154–157.
10. Андреева С.М., Исаева Л.Л. Динамика ледникового покрова северо-востока Средне-Сибирского плоскогорья в позднем плейстоцене // Материалы гляциологических исследований. 1988. Вып. 61. С. 112–118.
11. Большаков Д.Ю., Макаров А.С., Шнайдер В., Штоф Г. Происхождение и развитие дельты реки Лены. СПб.: ААНИИ, 2013. 268 с.
12. Schwamborn J.G. Late Quaternary sedimentation history of the Lena delta. Berichte zur Polar- und Meeresforschung (Reports on Polar and Marine Research). Bremerhaven: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 2004. No. 471. P. 102.
13. Winterfeld M., Schirrmeister L., Grigoriev M.N., Kunitsky V.V., Andreev A., Murray A., Overduin P.P. Coastal permafrost landscape development since the Late Pleistocene in the western Laptev Sea, Siberia // Boreas. 2011. Vol. 40. P. 1111–1122. DOI: 10.1017/j.1502-3885.2011.00203.x.
14. Schirrmeister L., Grosse G., Schnelle M., Fuchs M., Krbetschek M., Ulrich M., Kunitsky V., Grigoriev M., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Babiš O., Klimova I., Bobrov A., Wetterich S., Schwamborn G. Late Quaternary paleoenvironmental records from the western Lena Delta, Arctic Siberia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2011. No. 299. P. 175–196. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.10.045.
15. Spielhagen R. F., Erlenkeuser H., Siebert C. History of freshwater runoff across the Laptev Sea (Arctic) during the last deglaciation // Global and Planetary Change. 2005. No. 48(1–3). P. 187–207. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2004.12.013.
16. Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы Земли. М.: Научный мир, 2009. 632 с.
17. Анисимов М.А., Басилян А.Э., Никольский П.А. Плейстоценовое оледенение Новосибирских островов – сомнений больше нет // Новости МПГ 2007/2008. Информационный бюллетень. 2008. № 12. С. 7–9.
18. Колпаков В.В., Биджиев Р.А., Белова А.П. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Нижнеленская. Листы Q-51-IX. X. Объяснительная записка. Москва, 1970.
19. Большаков Д.Ю. Пассивное оледенение Арктики и Антарктиды. СПб.: ААНИИ, 2006. 295 с.
20. Марков Ф.Г. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1000000. Лист S-48,49 (Нордвик). Объяснительная записка. М.: Аэрогеология, 1956.
21. Васильева М.Н. Геологическая карта СССР, масштаб 1:200000, серия Анабарская, лист R-49-XI, XII. Объяснительная записка. Л.: Аэрогеология, 1973.
22. Геология СССР. Том XVIII. Западная часть Якутской АССР. Приложения (цв. карты и вкладки на 7 листах). М.: Недра, 1970. 535 с.
23. Галабала Р.О. Происхождение и возраст эйкских отложений // Тр. ВАГТ. 1962. Вып. 8.
24. Геологическая карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1:1500000 / Л.Н. Ковалев / Госкомитет Республики Саха (Якутия) по геологии и недропользованию. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2006.
25. Куницкий В.В. О криогенном строении покровных образований Анабаро-Оленекского плато // Материалы III Международной конференции по мерзлотоведению. Новосибирск: Наука СО, 1978. С. 87–95.
26. Григорьев М.Н. Криоморфогенез устьевой области р. Лены: Дис. ... канд. геогр. наук. Якутск: ИМЗ СО РАН, 1993. 174 с.
27. Григорьев М.Н. Криоморфогенез и литодинамика прибрежно-шельфовой зоны морей Восточной Сибири: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. Якутск: ИМЗ СО РАН, 2008. 44 с.
28. Алексеев М.Н. Некоторые особенности плейстоценового осадконакопления в Лено-Колымской зоне побережья Арктического бассейна // Северный Ледовитый океан и его побережье в кайнозое. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. С. 480–484.

Поступила в редакцию 11.03.2021

Принята к публикации 23.04.2021

Об авторах

СПЕКТОР Владимир Борисович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, Россия,
<http://orcid.org/0000-0002-4734-2396>, C-7242-2019, vbspector@mpi.ysn.ru;

ШЕСТАКОВА Алена Алексеевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 677010, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-0648-0362>, Y-9063-2018, aashest@mail.ru;

ТОРГОВКИН Ярослав Ильич, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоинформационных систем (ГИС) и картографирования криолитозоны; 677010, Россия, Якутск, ул. Мерзлотная, 36, <http://orcid.org/0000-0002-7146-0798>, AAD-2134-2019, JIT57@mail.ru.

Информация для цитирования

Спектор В.Б., Шестакова А.А., Торговкин Я.И. Новые генетические типы форм рельефа и отложений прибрежной части западного сектора моря Лаптевых и дельты р. Лена // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021, Т. 26, № 2. С. 81–93. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-2-5>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-2-5

New genetic types of landforms and deposits of the coastal part of the western sector of the Laptev Sea and the Lena River Delta

V.B. Spektor, A.A. Shestakova*, Y.I. Torgovkin

P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

**aashest@mail.ru*

Abstract. *The aim of the study is to clarify the origin and age of the oriented landforms and components of the Quaternary deposits of the western segment, which are widespread on the southern coast of the western segment of the Laptev Sea. The objectives of the study are: 1 – to establish the distribution of oriented landforms and their typification; 2 – to determine the composition of sediments composing oriented landforms; 3 – to establish the genesis of the identified forms and their constituent deposits; 4 – to establish the age of the identified forms and their constituent deposits; 5 – to establish the reasons for the formation of oriented forms. The main methods used in the investigation are: 1. Deciphering high-resolution satellite images of SAS Planet - ESPI ArcGIS Landsat package; 2. Generalization of the published materials on geomorphology and Quaternary sediments when working on the basic project of the P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS «Regularities of the development of coastal and underwater permafrost in the Laptev and East Siberian Seas»; 3. Field route studies carried out by V.B. Spektor during different years in the mouth area of the Lena River; on the western coast of the Laptev Sea during the implementation of scientific programs of the P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, as well as joint research with the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences (headed by M.G. Grosswald) and Stockholm University (Professor Karlen Vibjorn). As a result of the studies, it was established that the territory of the coast of the Laptev and East Siberian Seas is a scabland - a geomorphological landscape created by a hydrospheric catastrophe. The hydrospheric catastrophe (megaflood) probably occurred as a result of the emergence of a glacial dammed lake from the shores. The lake had been formed in the Pleistocene in front of the ice shelf, which played the role of a dam. The sediments of the catastrophic flows (diluvium) include areas of overcompensated sedimentation – sandy formations on the high islands of the Lena river delta, the lower part of the Tukulannaya suite, which is widespread in the flat areas of Central Siberia, watershed cover sandy loams, loams and sands with pebbles. The areas of scabland development are the territories of the distribution of parallel troughs, oriented ridges, giant ripples, large structurally organized landforms. In the area of the Tiksi Bay, the distribution of marginal formations of the ice shelf was established: glacial deposits, exaration fields, drumlins, gouging troughs, through valleys, and glaciotectionic moraines.*

Key words: scabland, diluvium, megaflood, floodstream, Quaternary deposits, geomorphic processes, Arctic Yakutia.

Acknowledgements. The work was conducted as part of the RFBR-funded project “Mapping of Permafrost Parameters within the Layer of Annual Temperature Variations in the eastern Russian Arctic” (Project No. 17-05-41079_pzo_a).

References

1. Rudoy A.N. Glacier-Dammed lakes and geological work of glacial superfloods in the Late Pleistocene, Southern Siberia, Altai Mountains // *Quaternary International*. 2002. Vol. 87/1. P. 119–140. DOI: 10.1016/S1040-6182(01)00066-0.
2. Grosswald M.G., Rudoy A.N. Quaternary Glacier-Dammed lakes in the Mountains of Siberia // *Polar Geography*. 1996. Vol. 20, Iss. 3. P. 180–198.
3. Grosswald M.G. Yevraziyskiye gidrosfernyye katastrofy i oledeneniya Arktiki. M.: Nauchnyi Mir, 1999. 120 p.
4. Grosswald M.G. Oledeneniye Russkogo Severa i Severo-Vostoka v epokhu poslednego velikogo pokholodaniya // *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. 2009. No. 106. P. 11–149.
5. Grosswald M.G., Hughes T.J. The Russian component of an Arctic Ice Sheet during the Last Glacial Maximum // *Quaternary Science Reviews*. 2002. Vol. 21(1–3). P. 121–146. DOI: 10.1016/S0277-3791(01)00078-6.
6. Baker V.R. High-energy megafloods: planetary settings and sedimentary dynamics. Flood and megaflood processes and deposits: recent and ancient examples // *Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.* 2002. P. 3–15. DOI: 10.1002/9781444304299.ch1.
7. Grosswald M.G., Spektor V.B. Sledy pokrovnogo oledeneniya v rayone p. Tiksi // *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. 1990. No. 68. P. 115–116.
8. Grosswald M.G., Spektor V.B. The glacial relief of the Tiksi region (West shore of Buor-Khaya Inlet, Northern Yakutia) // *Polar Geography and Geology*. 1993. Vol. 17(2). P. 154–166. DOI: 10.1080/10889379309377513.
9. Dyatlova I.N. O maksimal'nom prodvizhenii na yug pozdnepleystotsenovogo lednikovogo pokrova Karskogo morya // *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. 1986. Iss. 55. P. 154–157.
10. Andreyeva S.M., Isayeva L.L. Dinamika lednikovogo pokrova severo-vostoka Sredne-Sibirskogo ploskogor'ya v pozdnem pleystotsene // *Materialy Glyatsiologicheskikh Issledovaniy*. 1988. Iss. 61. P. 112–118.
11. Bol'shiyanov D.Yu., Makarov A.S., Shnayder V., Shtof G. Proiskhozhdeniye i razvitiye del'ty reki Leny. SPb.: AANII, 2013. 268 p.
12. Schwamborn J.G. Late Quaternary sedimentation history of the Lena delta. Berichte zur Polar- und Meeresforschung (Reports on Polar and Marine Research). Bremerhaven: Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, 2004. No. 471. P. 102.
13. Winterfeld M., Schirrmeister L., Grigoriev M.N., Kunitsky V.V., Andreev A., Murray A., Overduin P.P. Coastal permafrost landscape development since the Late Pleistocene in the western Laptev Sea, Siberia // *Boreas*. 2011. Vol. 10.1111/j.1502-3885.2011.00203.x.
14. Schirrmeister L., Grosse G., Schnelle M., Fuchs M., Krbetschek M., Ulrich M., Kunitsky V., Grigoriev M., Andreev A., Kienast F., Meyer H., Babiy O., Klimova I., Bobrov A., Wetterich S., Schwamborn G. Late Quaternary paleoenvironmental records from the western Lena Delta, Arctic Siberia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2011. No. 299. P. 175–196. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.10.045.
15. Spielhagen R. F., Erlenkeuser H., Siebert C. History of freshwater runoff across the Laptev Sea (Arctic) during the last deglaciation // *Global and Planetary Change*. 2005. No. 48(1–3). P. 187–207. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2004.12.013.
16. Ferronskiy V.I., Polyakov V.A. Izotopiya gidrosfery Zemli. M.: Nauchnyy mir, 2009. 632 p.
17. Anisimov M.A., Basilyan A.E., Nikol'skiy P.A. Pleystotsenovoye oledeneniye Novosibirskikh ostrovov – somneniy bol'she net // *Novosti MPG 2007/2008. Informatsionnyy byulleten'*. 2008. No. 12. P. 7–9.
18. Kolpakov V.V., Bidzhiyev R.A., Belova A.P. Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Nizhnelenskaya. Listy Q-51-IX. X. Ob'yasnitel'naya zapiska. Moskva, 1970.
19. Bol'shiyanov D.Yu. Passivnoye oledeneniye Arktiki i Antarktidy. SPb.: AANII, 2006. 295 p.
20. Markov F.G. Gosudarstvennaya Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:1000000. List S-48,49 (Nordvik). Ob'yasnitel'naya zapiska. M.: Aerogeologiya, 1956.
21. Vasil'yeva M.N. Geologicheskaya karta SSSR, masshtab 1:200000, seriya Anabarskaya, list R-49-XI, XII. Ob'yasnitel'naya zapiska. L.: Aerogeologiya, 1973.
22. Geologiya SSSR. Tom XVIII. Zapadnaya chast' Yakutskoy ASSR. Prilozheniya (tsv. karty i vkladki na 7 listakh). M.: Nedra, 1970. 535 p.
23. Galabala R.O. Proiskhozhdeniye i vozrast eykskikh otlozheniy // *Tr. VAGT*. 1962. Vyp. 8.
24. Geologicheskaya karta Respubliki Sakha (Yakutiya). Masshtab 1:1500000 / L.N. Kovalev / Goskomitet Respubliki Sakha (Yakutiya) po geologii i nedropol'zovaniyu. SPb.: Kartfabrika VSEGEI, 2006.
25. Kunitskiy V.V. O kriogennom stroyenii pokrovykh obrazovaniy Anabaro-Olenekskogo plato // *Materialy III Mezhdunarodnoy konferentsii po merzlotovedeniyu*. Novosibirsk: Nauka SO, 1978. P. 87–95.
26. Grigor'yev M.N. Kriomorfogenez ust'yevoy oblasti r. Leny: Diss. ... kand. geogr. nauk. Yakutsk: IMZ SO RAN, 1993. 174 p.
27. Grigor'yev M.N. Kriomorfogenez i litodinamika pribrezhno-shel'fovoy zony morey Vostochnoy Sibiri:

НОВЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ФОРМ РЕЛЬЕФА И ОТЛОЖЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЧАСТИ

Avtoref. diss. ... d-ra geogr. nauk. Yakutsk: IMZ SO RAN, 2008. 44 p.

28. *Alekseev M.N.* Nekotoryye osobennosti pleystotsenovogo osadkonakopleniya v Leno-Kolymskoy zone

poberezh'ya Arkticheskogo basseyna // Severnyy Ledovityy okean i yego poberezh'ye v kaynozoye. L.: Gidrometeoizdat, 1970. P. 480–484.

About the authors

SPEKTOR Vladimir Borisovich, Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Principal Researcher; P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya St., Yakutsk 677010, Russia,

<http://orcid.org/0000-0002-4734-2396>, C-7242-2019, vbspektor@mpi.ysn.ru, vspektor@mail.ru;

SHESTAKOVA Alyona Alexeevna, Cand. Sci. (Geography), senior researcher; P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya st., Yakutsk, 677010, Russia,

<http://orcid.org/0000-0002-0648-0362>, Y-9063-2018, aashest@mail.ru;

TORGOVKIN Yaroslav Ilyich, Cand. Sci. (Geography), head of the laboratory, P.I. Melnikov Permafrost Institute SB RAS, 36 Merzlotnaya st., Yakutsk 677010, Russia,

<http://orcid.org/0000-0002-7146-0798>, AAD-2134-2019, JIT57@mail.ru.

Citation

Spektor V.B., Shestakova A.A., Torgovkin Y.I. New genetic types of landforms and deposits of the coastal part of the western sector of the Laptev Sea and the Lena River Delta // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021, Vol. 26, No. 2. P. 81–93. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-2-5>