

**ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ/GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6>

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУКИСВУМЧОРР (ХИБИНЫ. КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)**

Научная статья

**Кирьяк С.К.<sup>1,\*</sup>, Рассказов А.А.<sup>2</sup>, Карелина Е.В.<sup>3</sup>, Кабанов С.С.<sup>4</sup>, Абдуллаев Е.А.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0008-2553-796X;

<sup>4</sup> ORCID : 0009-0001-1439-7366;

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (kiryak.semen[at]yandex.ru)

**Аннотация**

Песчано-гравийные породы месторождений Хибинского массива приурочены к залежам позднечетвертичных водно-ледниковых отложений, где ярким примером этого является водно-ледниковая терраса в долине р. Кукисюк, формирование которой связано с проточными ледниками озерами в период дегляциации территории. Геологический разрез террасы отличается выдержаным залеганием и большой площадью продуктивной лимногенной толщи, отсутствием моренного чехла, что определяет большой промышленный потенциал этого месторождения. Были определены основные особенности горно-геологических условий, в которых находятся песчано-гравийные породы месторождения, на примере карьера Кукисвумчорр. Полученные результаты позволили выбрать наиболее рациональную организационно-технологическую схему отработки песчано-гравийных пород карьера. Кроме того, установлена высокая изменчивость основных качественных показателей гравийно-песчаных пород в геологическом разрезе карьера. Также уточнены литогенетические особенности и состав пород: преобладание песков и алевритов, часто с тонкой ленточной слоистостью, почти полное отсутствие глинистых разностей, включений органики и дропстоунов, широкое развитие в песчаных отложениях волнистых и косоволнистых текстур со смещением слойков в одном направлении. Данные особенности показывают, что накопление продуктивных толщ происходило в неглубоких олиготрофных озерных бассейнах с активными и выдержаными по направлению донными течениями, что указывает на непосредственную связь этих бассейнов с ледниками. В разрезе озерных отложений также выявлены структуры разжижения осадков, градационная слоистость и грунтовые жилы, указывающие на сейсмотектоническую и криогенную активность при раннем литогенезе. На базе анализа о распределении состава материала, особенностях залегания, относительном содержании в разрезах разных частей карьера песчаного и гравийно-галечного-валунного материала предложена вытекающая из этого специфика технологии добычи и обогащения. Детальное исследование литологических характеристик, состава, строения, текстурных особенностей пород и технологических параметров разработки месторождения изученного карьера позволяют предложить технологические схемы наиболее эффективного использования ресурсного потенциала водно-ледниковых отложений в качестве источника строительных материалов и обосновать принципы прогноза новых месторождений строительного сырья смежных регионов.

**Ключевые слова:** условия формирования песчано-гравийных пород, флювиогляциальные и лимногляциальные отложения, литогенетические особенности, технология разработки месторождений строительных материалов, Балтийский щит, горный массив Хибины, Кольский полуостров.

**CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT OF SAND-AND-GRAVEL DEPOSITS AT THE KUKISVUMCHORR DEPOSIT (KHIBINY MOUNTAINS, KOLA PENINSULA)**

Research article

**Kiryak S.<sup>1,\*</sup>, Rasskazov A.A.<sup>2</sup>, Karelina Y.V.<sup>3</sup>, Kabanov S.S.<sup>4</sup>, Abdullaev Y.A.<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> ORCID : 0009-0008-2553-796X;

<sup>4</sup> ORCID : 0009-0001-1439-7366;

<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup> Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

\* Corresponding author (kiryak.semen[at]yandex.ru)

**Abstract**

The sand-and-gravel rocks of the Khibiny Massif deposits are confined to late quaternary glacial deposits, a striking example of which is the glacial terrace in the Kukisyok River valley, whose formation is associated with glacial lakes during the deglaciation of the territory. The geological section of the terrace is characterised by a consistent stratification and a large area of productive limnic strata, as well as the absence of moraine debris, which determines the great industrial potential of this deposit. The main features of the mountain-geological conditions in which the sand-and-gravel rocks of the deposit are located were determined using the example of the Kukisvumchorr quarry. The obtained results made it possible to select the most rational organisational and technological scheme for the development of the sand-and-gravel rocks of the quarry. In addition, high variability of the main quality indicators of gravel and sandy rocks in the geological section of the quarry was established. The lithogenetic traits and composition of the rocks were also clarified: the predominance of sands and silt, often with fine banded layering, the almost complete absence of clayey varieties, inclusions of organic matter and dropstones, and the widespread development of wavy and oblique textures in sandy deposits with layers shifted in one direction. These features indicate that productive strata accumulated in shallow oligotrophic lake basins with active and sustained bottom currents,

suggesting a direct connection between these basins and glaciers. The lake sediment section also shows sediment liquefaction structures, gradational layering, and soil veins, indicating seismotectonic and cryogenic activity during early lithogenesis. Based on the analysis of the distribution of material composition, the characteristics of its occurrence, and the relative content of sand, gravel, pebble, and boulder material in the sections of different parts of the quarry, a specific technology for extraction and enrichment has been suggested. A detailed study of the lithological characteristics, composition, structure, textural features of rocks and technological parameters of the deposit development of the investigated quarry allow to propose technological schemes for the most effective use of the resource potential of water-glacial deposits as a source of building materials and to substantiate the principles of forecasting new deposits of building raw materials in adjacent regions.

**Keywords:** conditions for the development of sand-and-gravel rocks, fluvioglacial and limnoglacial deposits, lithogenetic features, technology for the development of building material deposits, the Baltic Shield, the Khibiny mountain range, the Kola Peninsula.

## Введение

Песчано-гравийная смесь — сыпучий стройматериал, состоящий из двух ключевых компонентов в различных пропорциях: песка и гравия с небольшим содержанием пылевато-глинистых частиц. Точное соотношение зависит как от генетических особенностей разрабатываемой залежи стройматериала, так и от технологии добычи и обогащения полезных компонентов в соответствии с техническими требованиями к их составу.

Изучением и описанием четвертичных отложений Кольского полуострова занимались следующие учёные: В. Рамзай, А.А. Полканов, Е.С. Фёдоров, П.Б. Риппак, Л.В. Введенский, Б.М. Куплетский, А.Е. Ферсман.

Огромный вклад в изучение условий формирования песчаных отложений и четвертичной геологии внесла М.А. Лаврова — с монографией «Четвертичная геология Кольского полуострова», А.А. Никонов внес большой вклад в изучение четвертичной геологии и палеогеографии Кольского полуострова [1]; В.Я. Евзеров — установил основные закономерности формирования и размещения месторождения полезных ископаемых, приуроченных к рыхлому покрову, оценил ресурсы строительных материалов и разработал критерии поисков [2], [3].

Анализ пионерных работ геологов показывает, что они способствуют изучению четвертичных отложений Кольского полуострова и заложили основы для дальнейших исследований и стали важным вкладом в развитие четвертичной геологии. Детальные описания и классификации осадочных пород, а также реконструкции палеоклиматических условий предоставили ценные данные для понимания геологической истории и минеральных ресурсов региона.

На современном этапе можно выделить следующих ученых и их работы: Г.С. Ананьев [4], А.А. Рассказов [5], Е.С. Горбатов [6], С.Ф. Колесников [7] и др.

В районе г. Кировска Мурманской области находится один из перспективных карьеров — объект нашего изучения. Месторождение приурочено к нагорной террасе сложенной верхнечетвертичными породами флювиогляциального комплекса, представленного (снизу вверх) от супесей и песков различной зернистости до валунно-гравийно-песчаных отложений. Полезной толщей являются гравийно-песчаные породы и мелкозернистые пески, подстилающие — основная морена, супеси и тонкозернистые пылеватые пески, вскрыша — гравийно-песчаные отложения загрязненные органическими примесями и окислами железа. Основные показатели компонентов полезной толщи: сырье для бетона — средняя мощность полезной толщи 8,36 м, вскрыши — 0,3 м; содержание (%) в горной массе валунов 4%, гравия 43%, песка 53%, песок крупнозернистый, модуль крупности 2,8; содержит 5,8% фракции — 0,16 мм, 1,9% глинистых частиц, полный остаток на сите 0,63 мм — 50,7%; марки гравия Др-12, 16; «И-II, III», «F-50»; песок и гравий пригодны для бетона: сырье для строительных растворов — средняя мощность полезной толщи 4,6 м; содержание гравия 21%, песка 79%, песок мелкозернистый, модуль крупности 1,9; содержит 17,4% частиц не менее 0,16 мм, глинистых частиц — 3,9%, полный остаток на сите 0,63 мм — 28,3%; сырье для планировочных работ — средняя мощность 3,8 м, содержание гравия 9%, песка 91%, песок тонкозернистый, модуль крупности 1,2; содержит 33,4% частиц менее 0,16 мм, 7,5% глинистых частиц, 12,7% частиц фракции +0,63 мм. Гидрогеологические условия благоприятные: грунтовые воды залегают ниже полезной толщи. Месторождение разрабатывается, годовая добыча 100–120 тыс.м<sup>3</sup>. ПГС месторождения в основном используется в качестве строительства бетона и обратных засыпок.

На основе вышеприведенных данных можно сделать небольшой анализ: в изученном месторождении Кукисумчорр наблюдается небольшая мощность вскрышной толщи и низкое содержание глинистых частиц, а также большое количество грубообломочного материала.

На основе проанализированных данных карты, было установлено, что месторождения Хибинского массива приурочены к ледниковым типам отложений Валдайского оледенения (см. рис. 1). К ним относятся супеси и суглинки (в меньшей степени пески и глины) со щебнем и валунами с линзами и прослойками песков и глин.

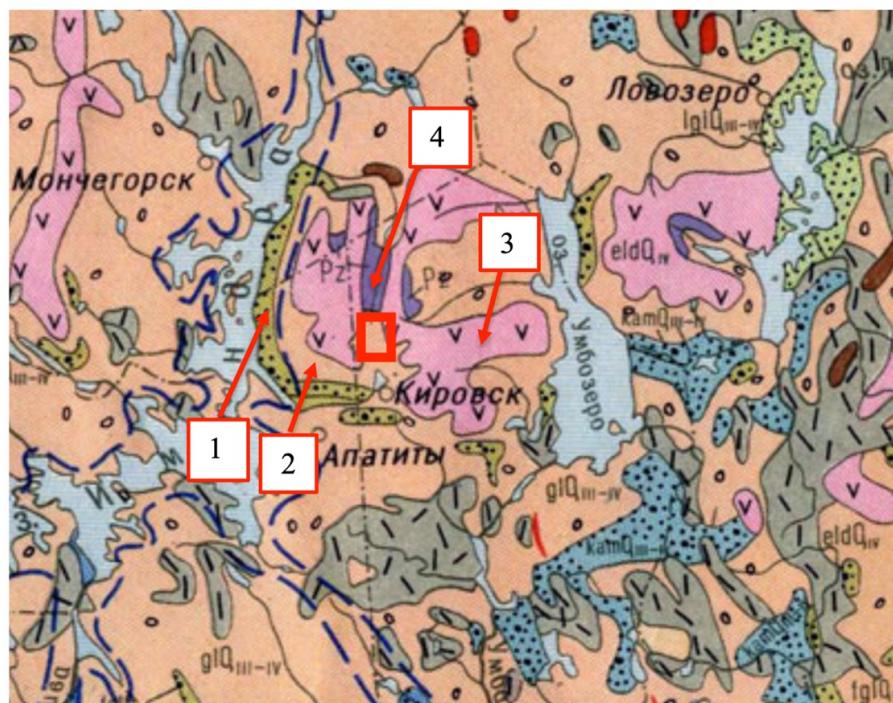


Рисунок 1 - Участок схематической карты четвертичных отложений исследуемой части Хибинского массива и область исследования:

1 – флювиогляциальные отложения; 2 – ледниковые отложения; 3 – элювиально-делювиальные отложения; 4 – породы дочетвертичного возраста

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.1>

Примечание: по ист. [9]; масштаб карты 1:2000000

На приведенной ниже схеме (см. рис. 2) видно, что разрез «Кукисвумчорр» вскрывает флювиогляциальную дельту с преобладанием нефелиновых сиенитов в грубообломочной фракции (признак местного источника материала) по данным автора.

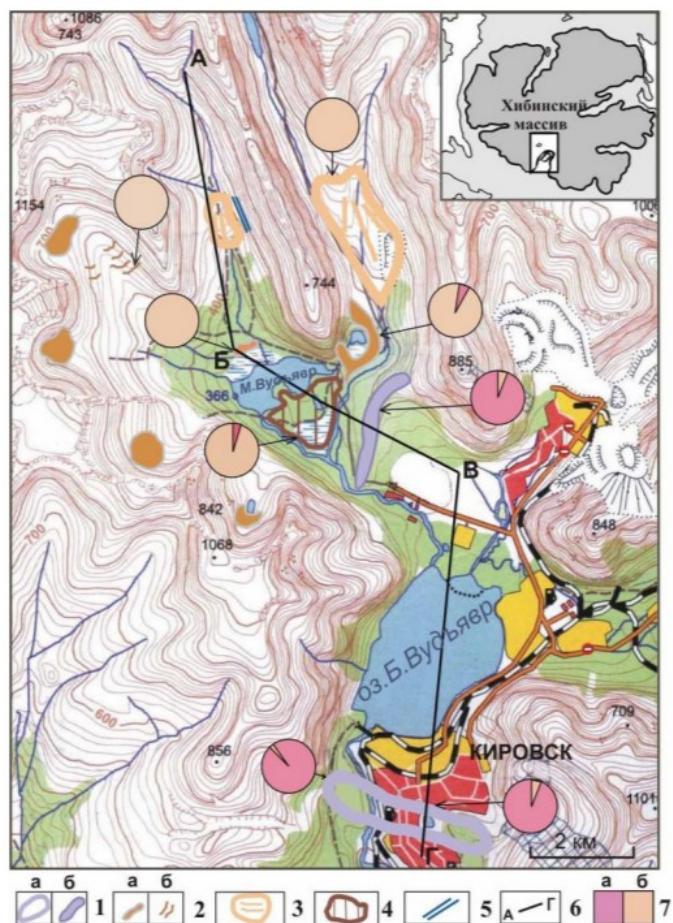


Рисунок 2 - Схема распространения покровного и горного оледенений в южной части Хибин:

краевые образования покровного ледника: 1 – напорно-насыпная (а) и напорная (б) морены; образования горных ледников и приледникового озера: 2 – конечные и каровые морены (а) и морены Де-Геера (б); 3 – флювиогляциальные дельты; 4 – заняры; 5 – береговые линии приледникового озера; 6 – линия профиля; 7 – содержание обломков кислых и основных пород (а) и нефелиновых сиенитов Хибинского массива (б) в галечной фракции

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.2>

Примечание: по ист. [3]

Песчано-гравийную смесь относят в категорию осадочных горных пород, формирование которой происходит за счет процессов выветривания коренных пород скальных массивов, транспортировки обломочных компонентов геологическими агентами и осадконакопления, в результате которых рыхлый материал концентрируются в геологических телах (слоях, линзах) и становятся залежами, которые могут быть подземными (обычно, неглубокого залегания), так и подводными (донные осадки современных водоемов).

Залежи строительных материалов, главном образом, песков и гравия, очень часто формируются в современных озерных обстановках, однако их промышленно значимые месторождения, как правило, связаны со слаболитифицированными комплексами древних (для строительных песков — чаще четвертичных) озер (см. рис. 3). Пески озерного происхождения по сравнению с континентальными песками аллювиального и флювиогляциального генезиса отличаются средней и хорошей сортировкой песчаной фракции, но присутствием заметного количества загрязняющих алевритовых и глинистых частиц, а также органики. Однако в условиях преобладания физического выветривания коренных пород в нивальном климате позднего плейстоцена (дезинтеграция кристаллических пород завершалась здесь образованием пылеватых частиц размером крупнее 0.001 мм), содержание загрязняющих коллоидных глинистых частиц в обломочном материале остается незначительным из-за неразвитости процессов химического выветривания, что характерно для Балтийского щита, что является благоприятным условием для формирования месторождений строительного песка [8].

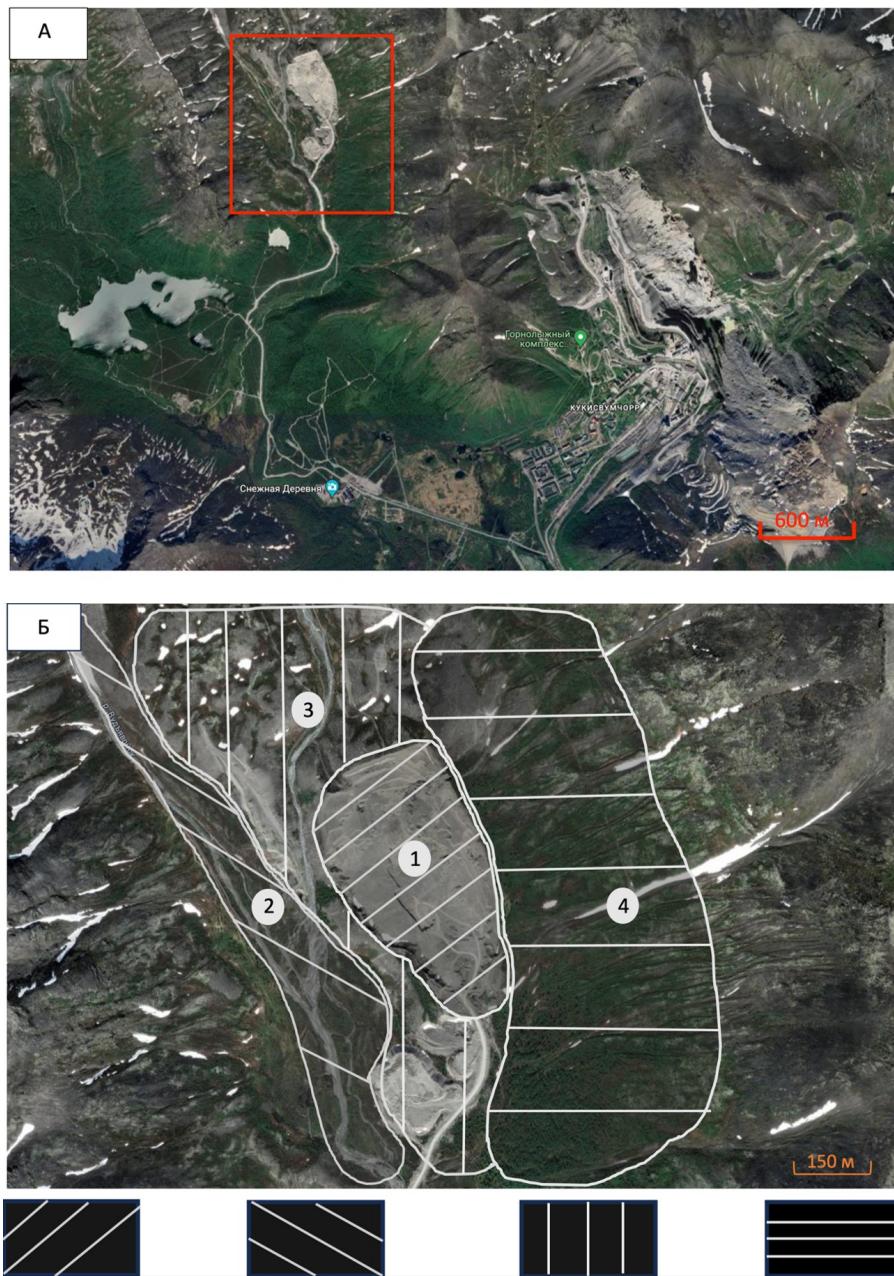


Рисунок 3 - Космоснимок карьера с областью исследования:  
 а – общий план; б – геоморфологическая схема; геоморфологические элементы: 1 – карьер; 2 – склон долины; 3 – поверхность террасы (она продолжается еще и севернее карьера); 4 – коренной склон г. Кукисвумчорр  
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.3>

Озерные пески, в отличие от морских, не содержат глауконита, однако их минералогические составы сильно различаются и во многом определяются тектоническим режимом территории в период осадконакопления, что определяет непостоянство их гранулометрического и минералогического состава и большие вариации их областей практического использования.

Пески озерного генезиса обладают хорошими качествами не только для изготовления строительных смесей, грубой керамики, цемента, заполнителей бетонов, других силикатных строительных материалов (строительные пески массового использования), но и формовочных материалов в литейном производстве, сырья для производства фарфоро-фаянсовой керамики, динасовых оgneупоров и стекла (кварцевые пески узкого назначения).

Вскрытые в карьерных разрезах изученного района Балтийского щита, озерные отложения представлены распространенным типом образований, отвечающих малым проточным внутриледниковым водоемам, обломочный материал в которых накапливался на коротком расстоянии от коренных источников, что определяет непостоянство его состава, низкую степень минералогической зрелости. Поэтому полимиктовые пески четвертичных комплексов Балтийского щита, как правило, имеют сравнительно низкое содержание кварца и высокое железа, что делает их перспективными только в качестве сырья для массового использования в строительных целях. Содержание кварца в четвертичных песках Балтийского щита может варьироваться и зависит от конкретных условий и особенностей породы [9].

Цель работы — изучить условия формирования песчано-гравийных пород карьера Кукисвумчорр, распределение состава материала, особенности залегания, относительное содержание в разрезах разных частей карьера песчаного и гравийно-галечного-валунного материала. Установить, в каких частях карьера и из каких уровней может извлекаться только песок, в каких песчано-гравийная смесь (ПГС), в каких еще и валунный материал для дробления и производства щебня.

### 1.1. Материалы и методы исследований

Основными изученными материалами послужили космоснимки, при помощи которых были выбраны перспективные карьерные обнажения для изучения особенностей условий формирования песчано-гравийных пород. Путем анализа космических снимков, крупномасштабных геологических карт и маршрутной съемки составлена схема распространения отложений, вскрытых карьером Кукисвумчорр (см. рис. 4).

### Основные результаты

Размер изучаемого карьера 300×800 м. Абсолютная высота элементов вскрытой карьером террасы: бровки — 440–450 м, тылового шва — 460 м.

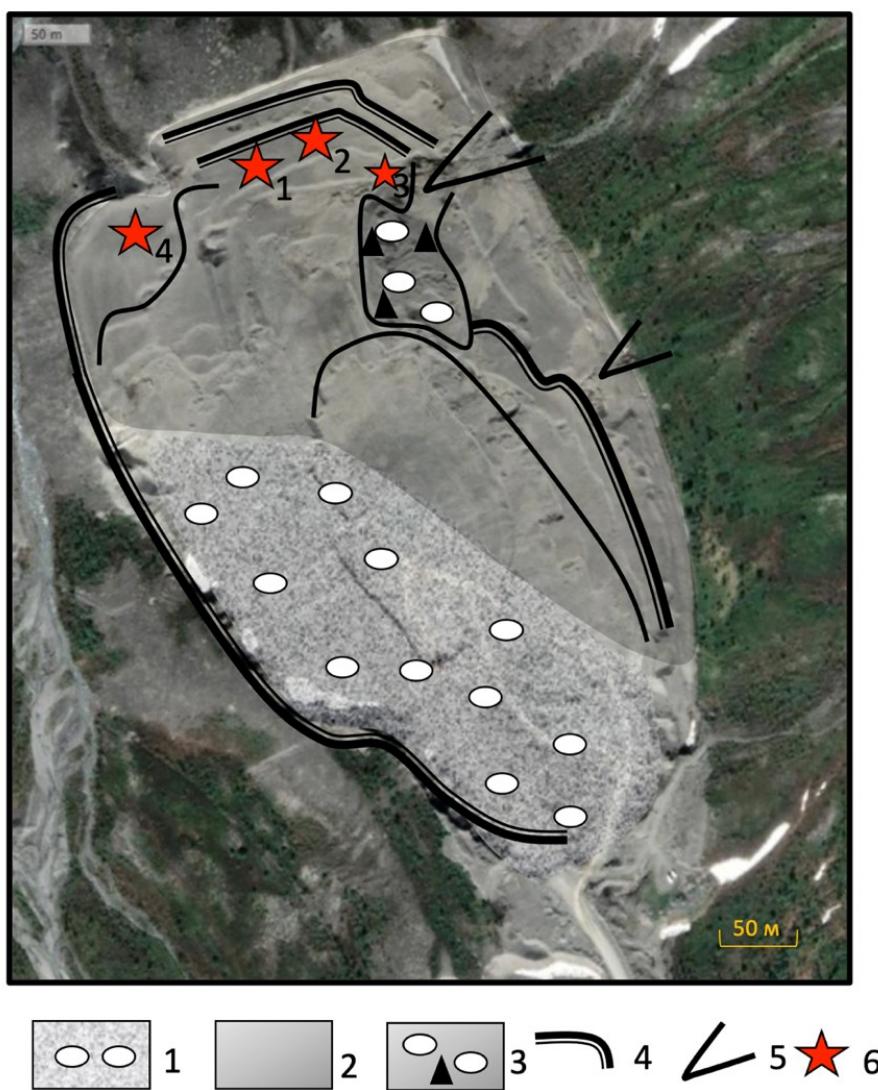


Рисунок 4 - Схема распространения отложений, вскрытых карьером Кукисвумчорр:

1 – гравийно-галечно-валунный материал (сырье для производства ПГС и щебня); 2 – песок с подчиненными прослойями алеврита и гравия (песчаное строительное сырье); 3 – поверхностные гравийно-валунно-глыбовые отложения конуса выноса современного селевого потока (затрудняют разработку залежей песка в его северо-восточной части); 4 – борта карьера; 5 – промоины в борту карьера; 6 – участки детальной съемки четвертичных отложений

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.4>

Ниже предоставлены несколько фотографий расчисток, точки участков их местоположения расставлены на рисунке 4. Под каждой фотографией приведено небольшое краткое описание строения и состава отложений (см. рис. 5, 6, 7, 8).

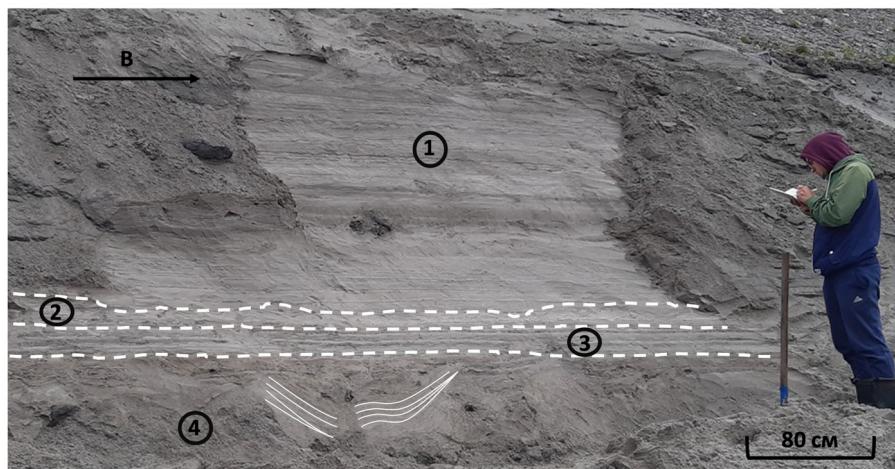


Рисунок 5 - Горизонтально-слоистые озерные пески с дропстоуном, с прослойями ленточных глин в основании, залегающие на нарушенных грубозернистых песках  
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.5>

Примечание: участок точки 1

Можно выделить 4 крупных структурных единиц обнажения(сверху вниз):

- Пачка 1 — крупно-среднезернистый песок с прослойами серого алеврита (1–2 см) и дропстоуном. Слои песка мощностью 5–10 см отличаются градационной слоистостью с плавным погружением обломочного материала от кровли к подошве слоя, что указывает на многократные разгрузки в озерный бассейн мутьевых потоков.
- Слой 2 — крупнозернистый светло-серый песок с косоволнистой, местами линзовидной слоистостью, мощностью 10 см.
- Пачка 3 — переслаивание алеврита, тонких лент глин и мелкозернистого песка с мелкими конволюциями на границах слойков, мощность слойков 1–3 см.
- Толща 4 — неслоистый гравелистый песок с включениями щебня и гальки, выступающие части границы которого заполнены слоистыми песками в виде структуры облекания мощностью 0,5 м и латеральной протяженностью 1 м. Мощность слойков песка увеличивается от края к центру этой структуры. Общая мощность обнажения 2,4 метра.

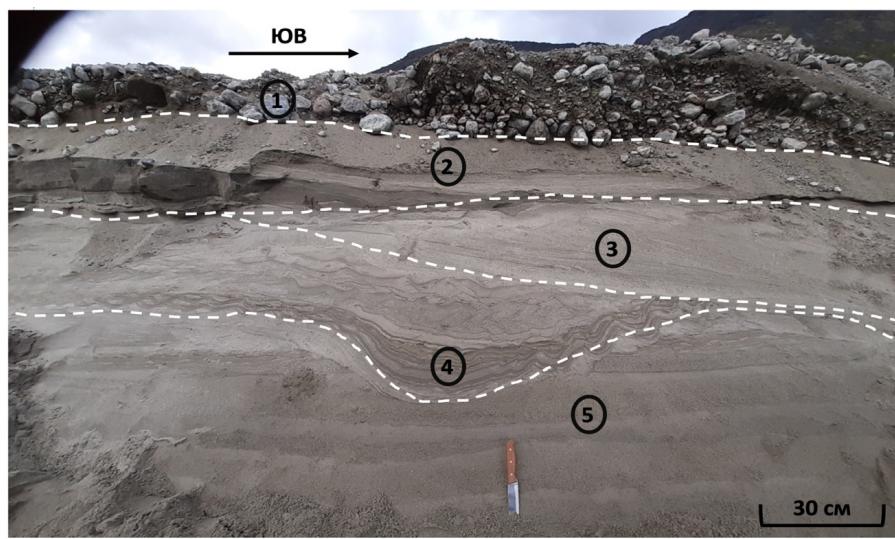


Рисунок 6 - Детали строения толщи озерных песков с градационной слоистостью и структурного облекания в кровле  
 DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.6>

Примечание: участок точки 2

Слой 1 — хорошо окатанные гравийно-галечные отложения, с песчаным заполнителем.  
 Слой 2 — песок средне-крупнозернистый с прослойем алеврита.

Слой 3 — крупнозернистый песок с косой слоистостью. Слой выклинивается с востока на запад.

Пачка и линза 4 — переслаивание алеврита и глин мощностью в центре 10 см и 5 см с края линзы, подстилающими песком с наклонной облекающей (западный край линзы) и косоволнистой (восточный край) слоистостью. Толща в западном направлении переходит в слой алевритов с волнистой слоистостью, а с противоположной стороны срезана слоем 3.

Толща 5 — серый крупно-среднезернистый песок с нормальной градационной горизонтальной слоистостью (аналог пачки 1 на участке точки 1) с мощностью слоев 5–10 см, в кровлю которого врезана с несогласием структура облекания — линза 4.

Общая мощность обнажения 0,9 м.

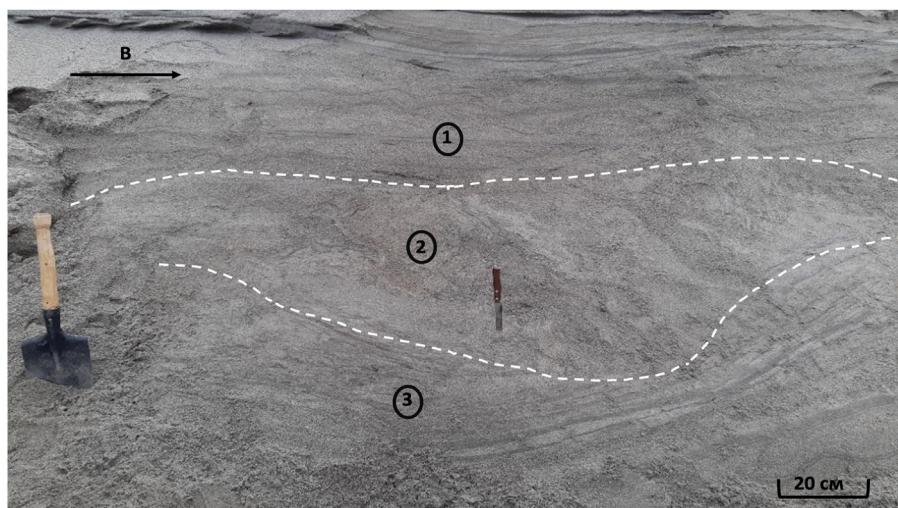


Рисунок 7 - Пески с нормальной и нарушенной слоистостью

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.7>

Примечание: участок точки 3

Слой 1 — крупнозернистый песок с горизонтальной и пологоволнистой слоистостью.

Толща 2 — песок средне-крупнозернистый с нарушенной слоистостью в виде структур перемешивания в результате процессов оползания и (или) разжижения.

Пачка 3 — средне-крупнозернистый песок с прослойми мелкозернистого и алеврита, с наклонной слоистостью.

Общая мощность обнажения 1,4 м.

К западу от участка точки 1 в верхней части разреза отмечены косослоистые водно-ледниковые гравийно-галечные отложения (см. рис. 7), фациальной замещающиеся по латерали озерными песками.



Рисунок 8 - Косослоистые гравийно-галечники с валунами

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.159.6.8>

Примечание: участок точки 4

## Интерпретация

На основе полученных литологических материалов может быть проведена интерпретация условий формирования песчано-гравийных отложений изученного месторождения. Высокая мощность и односторонность косой слоистости валунных галечников и гравелистых песков в песчано-гравийном карьере, представленные на рисунке 8, указывают на две характерные особенности динамики среды осадконакопления — высокую скорость течения и ее выдержанность по направлению, отмеченную нами ранее. Вынос обломочного материала происходил широким фронтом, что позволяет рассматривать отложения, слагающие верхнюю часть террасы, в качестве фаций мощного руслового потока в зоне его разгрузки (например, при впадении в приледниковые озера), действующего достаточно короткое время, поскольку этим потоком была сформирована лишь одна косослоистая серия. Привлекает внимание пологий наклон слоек косослоистой серии, выдержанный в пределах 10–20°. Примечательно, что по этому показателю отложения рассматриваемой флювиогляциальной террасы находятся ближе к морским фациям (10–25°), чем к аллювиальным (20–30°) [10]. Возможным источником сильного водного потока мог быть катастрофический сброс вод озера.

Полученные материалы на новом этапе исследований также указывают на большую роль в поступлении обломочного материала в озерный бассейн мутьевых потоков, которые могут быть признаком как пульсационного (паводкового) гидрологического режима, так и повышенной сейсмотектонической активности в регионе, что также подтверждают отмеченные конволютные деформационные структуры на литологических границах.

Эти особенности показывают, что накопление продуктивных толщ происходило в неглубоких олиготрофных озерных бассейнах с активными и выдержаными по направлению донными течениями, что указывает на непосредственную связь этих бассейнов с ледниками. Наклонная облекающая слоистость часто присутствует в озерных отложениях этого типа, что связано со сложным рельефом в период осадконакопления.

Формирование террасы сложенной сверху флювиогляциальными, а снизу озерно-ледниковыми отложениями происходило под воздействием различных факторов, включая изменения гидрологических и связанных с ними осадочных процессов. Сначала образовались лимногляциальные отложения в озерных условиях, а затем с увеличением скоростей водных потоков — флювиогляциальные отложения в проточных обстановках. Флювиогляциальные отложения обычно состоят из песка, гравия и камней, а лимногляциальные — из песка, алеврита.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что важнейшая особенность Кукисумчорского гравийно-песчаного месторождения — высокая изменчивость их основных качественных показателей. При этом наибольшее значение для установления параметров технологических комплексов добычи и переработки гравийно-песчаных пород имеет изменчивость содержания гравия и валунов, которая оказывает влияние на:

– Выбор рационального диапазона отклонений от среднего содержания гравия и валунов в сырье, поставляемом на дробильно-сортировочный завод из карьера (этот параметр определяет уровень резервирования производительности перерабатывающего и добычного комплексов оборудования).

– Выбор способа усреднения содержания гравия и валунов в карьере и параметров технологических комплексов добычных работ.

– Достоверность геологической информации, что, в свою очередь, определяет плотность геологоразведочной сети.

– Выбор направления развития фронта горных работ.

– Выбор параметров выемочных блоков.

## Заключение

В изученном карьере можно выделить две части: юго-западная — преимущественно с грубообломочным материалом (гравийно-галечно-валунный материал), используемый для производства ПГС и щебня. Северо-восточная часть — преимущественно песчаные отложения, они используются только в строительстве, но и по причине низкого содержания кварцевого материала (по данным В.Я. Евзерова [3], в образовании изученных отложений преобладает местный обломочный материал из щелочных нефелиновых сиенитов Хибинского массива, практически лишенный кварца) малопригодны для использования в силикатной промышленности при производстве фарфоро-фаянсовой керамики, динасовых огнеупоров и стекла. Песчаные отложения добываются механическими средствами, а именно: с помощью землеройных машин и землеройно-транспортных машин.

По причине присутствия в песчано-гравийном материале как тонкозернистого алевритового материала, так и валунного, целесообразно использовать дополнительную обработку этого материала (промывка и просеивание), что позволит увеличить области использования ПГС (например, производство бетона). Валунный материал перспективен для использования в качестве сырья для производства щебня (путем отделения песка и алеврита просеиванием и измельчением) для его использования в строительстве и ремонте асфальта.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что песок Кукисумчорского месторождения извлекают в северо-восточной части карьера, гравийно-галечно-валунный материал — в юго-западной части карьера, а наиболее продуктивными зонами добычи ПГС служат области фациального перехода песчаных отложений в грубообломочные отложения, расположенные на границе двух выделенных зон карьера.

## Конфликт интересов

Не указан.

## Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

## Conflict of Interest

None declared.

## Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

## Список литературы / References

1. Никонов А.А. О стратиграфии морен и оледенениях в западной части Кольского полуострова / А.А. Никонов // Вопросы геоморфологии и геологии осадочного покрова Кольского полуострова. — Апатиты: Изд. КолФАН, 1960. — С. 121–135.
2. Евзеров В.Я. Минерагения рыхлого покрова северовосточной части Балтийского щита / В.Я. Евзеров. — Мурманск: МГТУ, 2014. — 255 с.
3. Евзеров В.Я. Геология четвертичных отложений Кольского региона / В.Я. Евзеров. — Мурманск: МГТУ, 2016. — 210 с.
4. Ананьев Г.С. Условия рельефообразования / Г.С. Ананьев // Кольский полуостров / Под ред. Т.М. Красовской. — Смоленск: Универсум, 1998. — С. 30–39.
5. Рассказов А.А. Лимногеология и эволюция озерного литогенеза / А.А. Рассказов, Е.С. Горбатов. — Москва: ИФЗ РАН, 2019. — 192 с.
6. Горбатов Е.С. Новейшие дислокации коренных пород и рыхлых отложений южного склона Хибин (Кольский полуостров) / Е.С. Горбатов, С.Ф. Колесников, А.А. Варданян [и др.] // Вопросы инженерной сейсмологии. — 2024. — Т. 51. — № 1. — С. 66–80.
7. Рассказов А.А. Литогенетические особенности песчано-гравийных месторождений Хибинского массива / А.А. Рассказов, Е.С. Горбатов, С.К. Кирьяк [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — Екатеринбург, 2024. — Т. 139. — № 1. — С. 1–12.
8. Корженков А.М. Особенности генезиса конвульций в озерных комплексах регионов со сравнительно низкой (Балтийский щит) и высокой (Тянь-Шань) палеосейсмической активностью / А.М. Корженков, Е.С. Горбатов, С.Ф. Колесников // Геология и геофизика. — 2022. — Т. 63. — № 5. — С. 709–728.
9. Кarta четвертичных отложений. — URL: <https://kolamap.ru/img/1971/img/06.html> (дата обращения: 02.06.2025).
10. Горбатов Е.С. Структуры нарушенной слоистости в поздненеоплейстоценовых отложениях Хибинского массива (Кольский полуостров) / Е.С. Горбатов, С.Ф. Колесников, А.А. Сорокин // Геология и геофизика. — 2019. — Т. 60. — № 5. — С. 699–717.

## Список литературы на английском языке / References in English

1. Nikonov A.A. O stratigrafii moren i oledenenijah v zapadnoj chasti Kol'skogo poluostrova [On stratigraphy of the morain and glaciations in the western part of the Kola peninsula] / A.A. Nikonov // Voprosy geomorfologii i geologii osadochnogo pokrova Kol'skogo poluostrova [Questions of geomorphology and geology of sediment cover of the Kola peninsula]. — Apatity: Publishing House. KolFAN, 1960. — P. 121–135. [in Russian]
2. Evzerov V.Ja. Mineragenija ryhlogo pokrova severovostochnoj chasti Baltijskogo shhita [Mineralization of the north-easterly part of the Baltic shield] / V.Ja. Evzerov. — Murmansk: MSTU, 2014. — 255 p. [in Russian]
3. Evzerov V.Ja. Geologija chetvertichnyh otlozhenij Kol'skogo regiona [Quaternary deposits geology of the Kola region] / V.Ja. Evzerov. — Murmansk: MSTU, 2016. — 210 p. [in Russian]
4. Anan'ev G.S. Uslovija rel'efoobrazovaniija [Conditions of relief formation] / G.S. Anan'ev // Kol'skij poluostrov [Kola peninsula] / Ed. by T.M. Krasovska. — Smolensk: Universum, 1998. — P. 30–39. [in Russian]
5. Rasskazov A.A. Limnogeologija i jevoljuciija ozernogo litogeneza [Limnogeology and evolution of lake litogenesis] / A.A. Rasskazov, E.S. Gorbatov. — Moscow: IFZ RAS, 2019. — 192 p. [in Russian]
6. Gorbatov E.S. Novejshie dislokacii korennyyh porod i ryhlyh otlozhenij juzhnogo sklona Hibern (Kol'skij poluostrov) [Latest dislocation of the indigenous rocks and loose sediments of the southern slope of Hibern (Kola Peninsula)] / E.S. Gorbatov, S.F. Kolesnikov, A.A. Vardanjan [et al.] // Voprosy inzhenernoj sejsmologii [Engineering seismology issues]. — 2024. — Vol. 51. — № 1. — P. 66–80. [in Russian]
7. Rasskazov A.A. Litogeneticheskie osobennosti peschano-gravijnyh mestorozhdenij Hibinskogo massiva [Litogenetic features of sand-and-gravel deposits of the Khibinsky Massif] / A.A. Rasskazov, E.S. Gorbatov, S.K. Kir'jak [et al.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — Yekaterinburg, 2024. — Vol. 139. — № 1. — P. 1–12. [in Russian]
8. Korzhenkov A.M. Osobennosti genezisa konvoljucij v ozernyh kompleksah regionov so sravnitel'no nizkoj (Baltijskij shshit) i vysokoj (Tjan'-Shan') paleosejsmicheskoy aktivnost'ju [Features of the genesis of convolutions in lake complexes of regions with relatively low (Baltic Shield) and high (Tien-Shan) palaeoseismical activity] / A.M. Korzhenkov, E.S. Gorbatov, S.F. Kolesnikov // Geologija i geofizika [Geology and geophysics]. — 2022. — Vol. 63. — № 5. — P. 709–728. [in Russian]
9. Karta chetvertichnyh otlozhenij [Quaternary map]. — URL: <https://kolamap.ru/img/1971/img/06.html> (accessed: 02.06.2025). [in Russian]
10. Gorbatov E.S. Struktury narushennoj sloistosti v pozdneneopleistocenovyh otlozhenijah Hibinskogo massiva (Kol'skij poluostrov) [Structure of the broken stratification in late Paleolithic deposits of the Khibinsky Massif (Kola Peninsula)] / E.S.

Gorbatov, S.F. Kolesnikov, A.A. Sorokin // Geologija i geofizika [Geology and Geophysics]. — 2019. — Vol. 60. — № 5. — P. 699–717. [in Russian]