

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

УДК 553:04

<https://doi.org/10.25587/2587-8751-2025-1-5-14>

Научная оригинальная статья

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И КАЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ВОЛОДИН КАМЕНЬ»

А.К. Алванян^{1*}, К.А. Алванян¹, С.Н. Тагильцев²¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь, Россия² Уральский государственный горный университет,
Екатеринбург, Россия
*alv-anton@yandex.ru

Аннотация

В статье приведены отрасли промышленности, где песок является незаменимым сырьем. Приведены сведения о месторождениях в регионе. Целью работы является определение физических свойств и качественной характеристики полезной толщи. Подробно рассмотрены геологическое строение и гидрогеологические условия месторождения «Володин камень». Произведена оценка сложности геологического строения карьерного поля. Описана полезная залежь, вскрышные и подстилающие породы. Качественная характеристика полезного ископаемого дана по результатам геологоразведочных работ. Оценка качества песка выполнена по требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ». Выполнены и приведены результаты определений гранулометрического состава, истинной плотности, коэффициента фильтрации, угла естественного откоса, потенциальной реакционной способности. По размерам, невыдержанной мощности полезной толщи и качеству сырья, месторождение отнесено ко 2 группе. Проведена радиационно-гигиеническая оценка с целью определения пригодности природного песка для промышленного освоения. Был проведен непрерывный гамма-каротаж скважин с точечной регистрацией (через 1 м) с помощью прибора СРП-68-01 № 373. Радиоактивность пород месторождения «Володин камень» изменяется от 5,0 до 7,0 мкр/час (норма 48 мкр/час), что значительно меньше требованиям по НРБ 99/2009 СанПин 2.6.1.2523-09, следовательно, относится к 1 классу строительных материалов, и они могут применяться в строительстве без ограничений. По месторождению качество природного песка удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» и он может использоваться для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Ключевые слова: геологоразведка, полезные ископаемые, месторождение, песок, физические свойства, модуль крупности, угол естественного откоса, коэффициент фильтрации, радиационно-гигиеническая оценка, Пермский край

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки

Для цитирования: Алванян А.К., Алванян К.А., Тагильцев С.Н. Физические свойства и качественная характеристика песков месторождения «Володин камень». *Вестник СВФУ*. 2025; (2):5-14. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-5-14

PHYSICAL PROPERTIES AND QUALITATIVE CHARACTERISTICS OF SANDS FROM THE VOLODIN KAMEN DEPOSIT

Anton K. Alvanian^{1*}, Karine A. Alvanian¹, Sergey N. Tagiltsev²

¹Perm State National Research University, Perm, Russia

²Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

*alv-anton@yandex.ru

Abstract

The article presents the industries where sand is an indispensable raw material. Information about the deposits in the region is provided. The purpose of the work is to determine the physical properties and qualitative characteristics of the useful strata. The geological structure and hydrogeological conditions of the Volodin Kamen deposit are considered in detail. The complexity of the geological structure of the quarry field is assessed. The useful deposit, overburden and underlying rocks are described. The qualitative characteristics of the mineral are given based on the results of geological exploration. The quality of sand is assessed according to the requirements of GOST 8736-2014 "Sand for Construction Work". The results of determining the granulometric composition, true density, filtration coefficient, angle of repose, and potential reactivity are performed and presented. According to the size, unsustained thickness of the useful strata and the quality of raw materials, the deposit is assigned to group 2. A radiation and hygienic assessment was carried out to determine the suitability of natural sand for industrial development. Continuous gamma logging of wells with point registration (every 1 m) was carried out using the SRP-68-01 No. 373 device. The radioactivity of the rocks of the Volodin Kamen deposit varies from 5.0 to 7.0 $\mu\text{R}/\text{hour}$ (the norm is 48 $\mu\text{R}/\text{hour}$), which is significantly less than the requirements of NRB 99/2009 SanPiN 2.6.1.2523-09, therefore it belongs to class 1 of building materials, and they can be used in construction without restrictions. According to the deposit, the quality of natural sand meets the requirements of GOST 8736-2014 "Sand for construction work" and it can be used for the construction of foundations and coatings of highways.

Keywords: geological exploration, minerals, deposit, sand, physical properties, fineness modulus, angle of repose, filtration coefficient, Radiation and hygienic assessment, Perm region

Funding. No funding was received for writing this manuscript

For citation: Alvanian A.K., Alvanian K.A., Tagiltsev S.N. Physical properties and qualitative characteristics of sands from the Volodin Kamen deposit. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences*. 2025; (2):5–14 (in Russian) DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-5-14

Введение

Месторождения песка служат источником сырья в разных отраслях промышленности. Песок является одним из главных материалов в строительной и промышленной индустрии: входит в состав бетона, железобетона, асфальтобетона, используется для приготовления раствора для кирпичной кладки, при отделочных работах, используется для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог, является неотъемлемой частью стекольной промышленности. Определение качества сырья, физических свойств является актуальной задачей, так как потребность в материале только растет.

Генетически пески могут быть различного генезиса. Аллювиальные пески являются наиболее однородными и выдержанными по качеству [1].

Согласно «Справке...» [2] в Пермском крае числятся 78 месторождений строительных песков. Добыча в 2019 г. производилась на 18 месторождениях и составила 1961 тыс.м³.

Месторождение Володин камень находится в Усольском районе Пермского края, на правом берегу р. Яйвы, в 10 км южнее г. Березники, в 500 м юго-западнее д. Володин Камень, в 100 м восточнее р. Волим.

Материалы и методы

Для достижения обозначенной цели работы был проведен анализ геолого-разведочных работ и дана оценка качества песка согласно ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» [3].

Обсуждение результатов

Геологическое строение месторождения. В геологическом строении района принимают участие отложения пермской и четвертичной систем (рисунок 1).



Рис. 1. Карта четвертичных отложений

(выкопировка с карты кайнозойских отложений масштаба 1:200000. М.И. Денисов, 1980 г.)

Fig. 1. Map of Quaternary deposits

(Extract from the map of Cenozoic deposits at a scale of 1:200000. M.I. Denisov, 1980)

Пермская система. Отложения пермской системы представлены уфимским ярусом – P_{iu} , соликамским и шешминским горизонтами. *Солика́мский горизонт* – P_{sl} . Развиг к северу и востоку от территории месторождения. Нижняя часть соликамского горизонта сложена преимущественно глинистыми сульфатизированными породами, верхняя – преимущественно карбонатными. *Шешминский горизонт* – $P_{lšš}$. Отложения шешминского горизонта характеризуются большой пестротой литологического состава и фациальной изменчивостью по площади и в вертикальном направлении. Наряду с преимущественным развитием песчано-глинистых красноцветных отложений присутствуют серые известковистые глины и песчаники, пестрые и серые мергели, серые известняки, а также конгломераты.

Четвертичная система Q. Отложения четвертичного возраста представлены различными генетическими типами осадков. *Среднечетвертичные отложения.* В разрезе среднечетвертичных отложений выделяются: днепровский, одинцовский и московский горизонты. К днепровскому горизонту относятся отложения максимального (днепровского) оледенения,

представленные флювиогляциальными отложениями. Флювиогляциальные отложения наиболее широко развиты в западной площади, покрывая сплошным плащом водораздельные пространства и склоны долин. Пески почти чисто кварцевые, что исключает возможность их происхождения за счет эрозирования и переноса полимиктовых песчаников перми. Мощность флювиогляциальных отложений колеблется от 3 до 7 м, достигая на отдельных участках 16 м. Литологически отложения представлены преимущественно кварцевыми песками мелко- и среднезернистыми, часто глинистыми, светло желтого, буровато-желтого и, реже, серого цветов. Пески хорошо отсортированы, зерна окатаны. К одицовскому, московскому горизонтам отнесен аллювий третьей надпойменной террасы. В долине р. Камы третья надпойменная терраса зачастую эрозирована и не несет аллювия. В основании слоя обычно лежат галечники, состоящие из гальки кварцита, кварцито-песчаников. Выше залегают глины бурые, желто-серые с частыми прослойками и линзами бурого и серого, мелкозернистого кварцевого песка. Мощность аллювия до 12 м.

Верхнечетвертичные отложения. К микулинскому и ханмейскому горизонтам отнесены отложения второй надпойменной террасы. В восточной части района терраса как правило аккумулятивная. Верхние террасы слагают глины лёссовидного облика (суглинки), мелко – тонкозернистые пески значительной мощности. Ниже слой синевато-серых глин и песков с галькой кварца, кремня и кварцита. Самая нижняя часть террасы сложена гравием, галькой и песком с валунами. Мощность отложений колеблется от 11,0 до 22,0 м.

Делювиально-субазральные отложения ханмейского и полярно-уральского горизонта представлены алевритистыми и песчанистыми, лёссовидными, красно-коричневыми, очень плотными глинами и суглинками. На водораздельных пространствах этот горизонт подстилается желтовато-серыми и желтовато-бурыми глинами, часто с галькой кварца и кремня в нижней части. Эти глины отнесены к покровным отложениям московского горизонта. Мощность отложений от 1 до 13 м.

Аллювиальные отложения I надпойменной террасы, каргинского, полярного горизонта. Осадки пойменной фации, слагающие верхнюю часть террасы, имеют небольшую мощность (до 3-4 м) и представлены обычно песчанистыми глинами или глинистыми песками. В глинах наблюдаются песчанистые прослойки, а в песках глинистые. Мощность отложений I надпойменной террасы изменяется в широких пределах от 1-2 до 15-20 м в долине р. Камы.

Верхнечетвертичные, современные отложения. Эоловые отложения этого возраста распространены, в основном, в северной и в центральной части района и представляют собой продукт переработки флювиогляциальных и, реже, аллювиальных отложений. Они протягиваются полосой вдоль р. Камы и Вишеры. Мощность эоловых отложений 0,5-5 м.

Голоцен. Современные отложения. Аллювий пойменных террас и русел. Отложения, слагающие высокую (4-х метровую) и низкую (1,5-метровую) поймы, являются наиболее широко распространенными аллювиальными отложениями района. Для высокой поймы характерно преобладание глинистых осадков.

На поверхности высокой поймы в большинстве случаев имеется почвенный горизонт. Она часто зарастает лесостепной растительностью. Аллювий отложений низкой поймы и русла более выдержан и представлен песками, реже галечниками. Мощность современных аллювиальных отложений изменяется от нескольких метров в бассейнах малых рек до 20 м в бассейне р. Камы.

Гидрогеологические условия месторождения. По схеме гидрогеологического районирования площадь месторождения находится в области трещинных и карстовых вод Соликамской впадины, входящей в провинцию подземных вод Предуралья прогиба. Распространены грунтовые воды аллювиальных отложений [4].

Гидрогеологическое строение месторождения простое. Здесь выделяются два типа вод: поверхностные и подземные. Поверхностные воды представлены рекой Яйвой, которая протекает

с северной стороны месторождения. С западной стороны месторождения низкая заболоченная пойма р. Волим. Питаются мелкие реки и болота за счет талых вод и атмосферных осадков. Уровень воды в них выше, чем в р. Каме.

Месторождение обводнено в разной степени. Грунтовые воды аллювия в процессе бурения геологоразведочных скважин в зависимости от геоморфологических условий вскрыты на глубинах 0,0 – 3,2 м.

Гидрогеологические исследования на месторождении заключались в наблюдениях за уровнем грунтовых вод в разведочных скважинах. Подземные воды встречены во всех скважинах, их питание идет за счет атмосферных осадков, многочисленных озер и вод рек Камы, Яйвы, Волим.

Полученные результаты были использованы для построения на геологических разрезах прогнозного уровня грунтовых вод по всему месторождению. Сопоставляя высотные отметки рельефа с положением зеркала грунтовых вод, видно, что полезная толща обводнена и является водовмещающей аллювиального водоносного горизонта, приуроченного к пойме рек Камы и Яйвы. Водоупором данного горизонта служат подстилающие шешминские аргиллиты.

Оценка сложности геологического строения карьерного поля. Месторождение представляет собой залежь песка изометричной формы. Геоморфологически залежь приурочена к I надпойменной террасе р. Яйвы с абсолютными отметками +109-111 м.

В геологическом строении месторождения принимают участие аллювий I надпойменной террасы р. Яйвы.

Площадь месторождения вытянута с юго-запада на северо-восток, длина от 720 м до 970 м, в среднем 850 м; ширина от 420 до 740 м, в среднем 600 м.

Полезная толща представлена песком. Песок коричневый, серовато-коричневый, мелко-, тонкозернистый, слабо глинистый, с глубиной отмечается присутствие единичной гальки. Мощность полезной толщи изменяется от 7,7 до 16,2 м, в среднем составляет 10,3 м.

Вскрышные породы представлены почвенно-растительным слоем, встречается торф темно-коричневого, черного цвета. Мощность вскрышных пород от 0,1 до 1,5 м, в среднем 0,5 м.

Подстилают полезную толщу супесь и суглинки коричневого, серого цвета, плотные, глина коричневая, вязкая. Вскрытая мощность от 0,1 до 2,1 м. В отдельных скважинах под слоем песка встречены глинистые песчано-гравийные отложения в виде отдельных линз, незначительной мощностью от 0,2 м до 0,8 м. Пример литологического разреза приведен по линии 4 и представлен на рисунке 2.

Месторождение обводнено в разной степени. Грунтовые воды встречены во всех скважинах на глубине от 0,0 м до 3,2 м.

Качественная характеристика полезного ископаемого дается по результатам лабораторных испытаний проб песка, выполненных лабораторией кафедры инженерной геологии и охраны недр ФГАОУ ПГНИУ.

По размерам, невыдержанной мощности полезной толщи и качеству сырья, месторождение в соответствии с «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., 2007» [5] отнесено ко 2 группе.

Характеристика полезного ископаемого. Качественная характеристика дается по результатам геологоразведочных работ, проведенных на месторождении в 2023 г [6]. Оценка качества песка выполнена на основании технического задания по основным оценочным параметрам.

Гранулометрический состав. Процент содержания гравия в песке незначительный, в среднем по месторождению +5 мм – 0,1 %, +10 мм – 0,0 % (таблица 1). Содержание пылеватых и глинистых частиц в песке по скважинам колеблется в пределах от 1,2 до 7,7 %. В среднем по месторождению содержание пылеватых и глинистых примесей составляет 3,6 % (таблица 2).

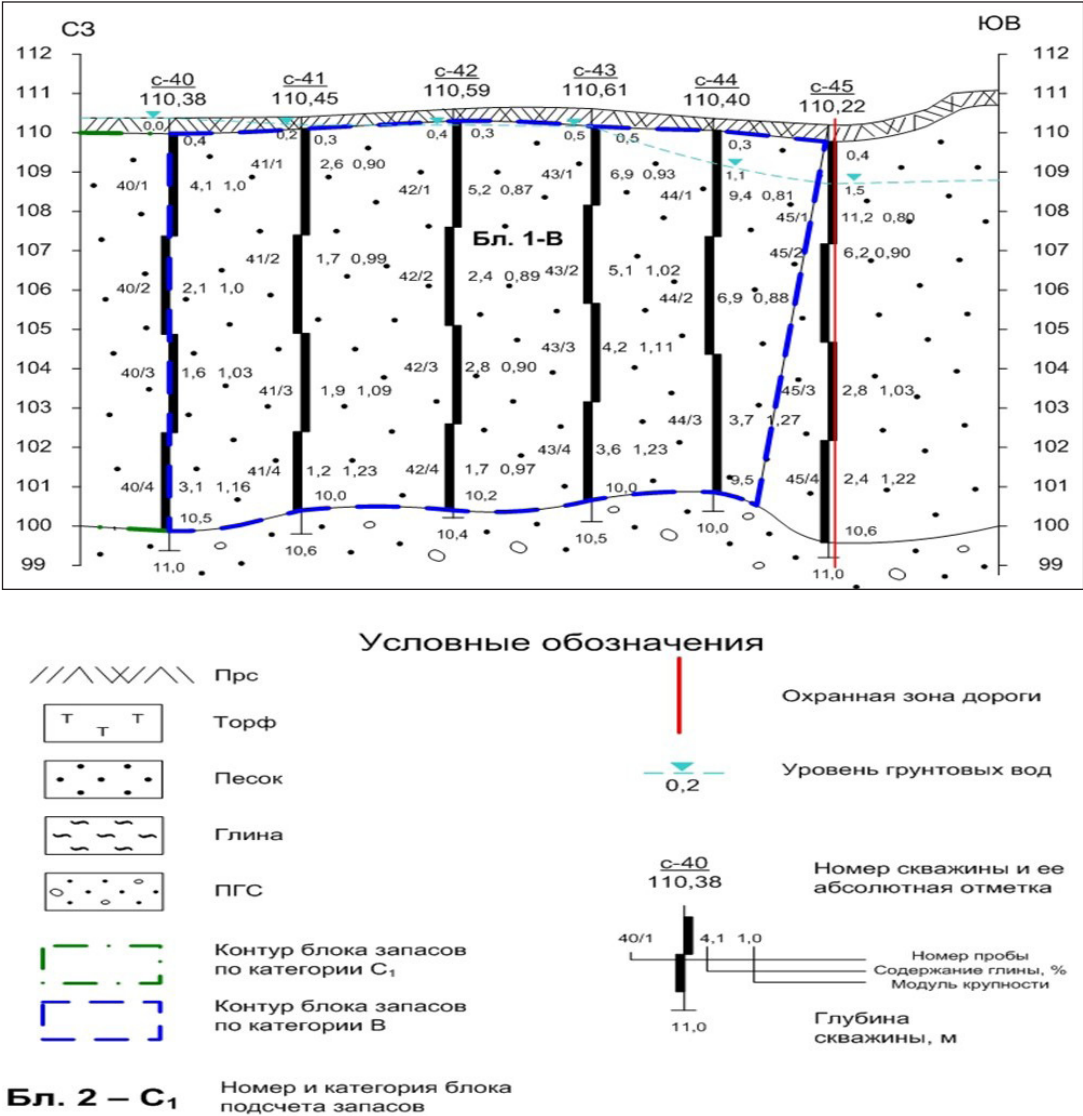


Рис. 2. Литологический разрез месторождения по линии 4 (по А.К. Алванян)

Fig. 2. Lithological section of the deposit along line 4 (according to A.K. Alvanyan)

Таблица 1

Среднее содержание гравия в песчаном слое фракций +5 мм, +10 мм по месторождению

Table 1

Average gravel content in the sand layer of fractions +5 mm, +10 mm by deposit

Номер блока	В том числе по фракциям, от – до/среднее			
	кол-во проб	+10 мм	кол-во проб	+5 мм
1-В	10	0,0-0,5/0,0	36	0,0-0,2/0,1
2-С ₁	3	0,0-0,5/0,0	29	0,0-0,4/0,1
по месторождению В+С ₁	13	0,0-0,5/0,0	65	0,0-0,4/0,1

Таблица 2

Среднее содержание песка и глинистых примесей по месторождению

Table 2

Average content of sand and clay impurities in the deposit

Номер блока	Средневзвешенное содержание, %			
	песок		глина	
	от – до	среднее	от – до	среднее
1-В	92,3-98,8	96,0	1,2-7,7	4,0
2-С ₁	93,5-97,8	96,7	1,2-6,5	3,3
по месторождению В+С ₁	92,3-98,8	96,4	1,2-7,7	3,6

По зерновому составу – модулю крупности и полному остатку на сите 0,63 мм – пески природного слоя, согласно требованиям ГОСТ 8736-2014, относятся к группе очень мелких и тонких песков II класса. Модуль крупности изменяется от 0,82 – 1,27, средний 1,03; полный остаток на сите 0,63 мм – от 0,4 до 3,0, средний – 1,3 %. Результаты гранулометрического анализа показывают, что основным порообразующим зерном является фракция 0,16 мм – от 72,6 % до 93,1 %, среднее 82,4 % (таблица 3).

Плотность истинная 2,64-2,67 г/см³, в среднем 2,65 г/см³.

Коэффициент фильтрации песков в рыхлом состоянии 9,1 – 14,2 м/сутки, в уплотненном состоянии 0,0921- 0,7660 м/сутки.

Угол естественного откоса песков в сухом состоянии от 28°38' до 34°33', в водонасыщенном от 20°22' до 32°39'.

Потенциальная реакционная способность песка определена химическим методом. Исследованиями установлено, что пески нереакционноспособные, содержание растворимого кремнезема от 8,0 до 14,5 ммоль/л, в среднем 11,4 ммоль/л.

По содержанию органических примесей окраска природных песков месторождения светлее и темнее эталона. Органические примеси, придающие раствору гидроксида натрия окраску, соответствующую цвету эталона или темнее, этого цвета – по ГОСТ использование песка, не отвечающего этому требованию, допускается только после получения положительных результатов испытаний песка в бетоне или растворе на характеристики долговечности.

По петрографическому составу пески кварцево-кремнистые.

По месторождению качество природного песка удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» и он может использоваться для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Радиационно-гигиеническая оценка проведена в ноябре-декабре 2016 г. с целью определения пригодности природного песка для промышленного освоения. Был проведен непрерывный гамма-каротаж скважин с точечной регистрацией (через 1 м) с помощью прибора СРП-68-01 № 373, имеющего сертификат о калибровке.

Каротажные работы проведены в 20 скважинах. Уровень радиологического фона для песка 5,0-8,0 мкр/ч. При прослушивании керна в скважинах радиоактивных аномалий не выявлено. Проведенными исследованиями установлено, что природные пески характеризуются низкой интенсивностью излучения. Радиоактивность песков изменяется от 5,0 до 7,0 мкр/час (норма 48 мкр/час), что значительно меньше требованиям по НРБ 99/2009 СанПин 2.6.1.2523-09 [7]. Радиоактивность пород месторождения «Володин камень» относится к I классу строительных материалов и они могут применяться в строительстве без ограничений.

Таблица 3

Гранулометрический состав и физические свойства природного песка по месторождению

Table 3

Granulometric composition and physical properties of natural sand by deposit

Требования к зерновому составу Наименование месторождения, проявления	Гранулометрический состав песков, % Полные остатки на ситах с размерами отверстий в мм от – до среди.					Прочод через сито 0,16 мм, от – до сред.	Содерж. пылеватых и гли- нистых частиц, % от – до средн.	Модуль крупности, от – до средн.	Насыпная плотность, кг/м³	Плотность истинная, г/см³	Содерж. аморфных раз- новидностей диоксида кремня, м.моль/л	Коэффициент фильтра- ции, м/сут.	Угол естественного откоса	
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16								в сухом состо- янии	в водонасы- щенном со- стоянии
ГОСТ 8736-2014														
- очень мелкий			до 10			20	5	1,0-1,5		2,0-2,8				
- тонкий			не норм.			не норм.	10	0,7-1,0						
Бл. 1-В	0,0-0,2	0,0-0,4	0,4-2,2	9,8-31,5	72,6-93,1	6,9-27,4	1,2-7,7	0,82-1,27	1211- 1433	2,64- 2,67		0,63	33°39'	30°10'
	0,1	0,2	1,1	17,8	81,8	18,2	4,0	1,01	1339	2,65		0,66	36°11'	30°53'
Бл. 2-С ₁	0,0-0,3	0,0-0,7	0,4-3,0	12,0-32,8	75,3-92,7	7,3-24,7	1,2-6,0	0,90-1,27	1211- 1467	2,64- 2,66	8,0	0,63	33°38'	29°50'
	0,1	0,3	1,5	20,2	83,1	17,1	3,2	1,05	1355	2,65				
По м-нию	0,0-0,3	0,0-0,7	0,4-3,0	9,8-32,8	72,6-93,1	6,9-27,4	1,2-7,7	0,82-1,27	1211- 1467	2,64- 2,67	8,0-14,5	0,007-	33°38'	20°06'
	0,1	0,2	1,3	19,0	82,4	17,6	3,6	1,03	1347	2,65	11,4	0,82	36°59'	30°53'

Заключение

Месторождение представляет собой залежь песка изометричной формы. Песок коричнево-серо-коричневый, мелко-, тонкозернистый, слабо глинистый, с глубиной с единичными включениями гальки. Мощность полезной толщи изменяется от 7,7 до 16,2 м, в среднем составляет 10,3 м.

Месторождение обводнено в разной степени. Грунтовые воды встречены во всех скважинах на глубине от 0,0 м до 3,2 м.

По размерам, невыдержанной мощности полезной толщи и качеству сырья, месторождение отнесено ко 2 группе. Проведена радиационно-гигиеническая оценка с целью определения пригодности природного песка для промышленного освоения. Месторождение относится к 1 классу строительных материалов, и они могут применяться в строительстве без ограничений. По месторождению качество природного песка удовлетворяет требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ» и он может использоваться для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог.

Литература

1. Ибламинов Р.Г., Алванян А.К. *Региональная минералогия общераспространенных полезных ископаемых (на примере Пермского края)*: монография, Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2018:120 с.
2. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Пермского края на 15.03.2021 г. ФГБУ «ВСЕГЕИ» в рамках выполнения Государственного задания Федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-00
3. ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».
4. Л.А. Шимановский, И.А. Шимановская Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Пермское книжное издательство, 1973:198 с.
5. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Песок и гравий. – М.: ФУГП ГКЗ, 2007. – 29 с.
6. Алванян А.К. Отчет о проведенных геологоразведочных работах на песок и песчано-гравийную смесь на месторождении «Володин камень» в Усольском районе Пермского края, ООО «УралГеоПроект», 2023 г.
7. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009»

References

1. Iblaminov R.G., Alvanyan A.K. Regional minerageny of common minerals: the case of Perm Krai: monograph. Perm: Perm State National Research University, 2018: 120 (in Russian).
2. Report on the state and prospects of using raw material base of Perm Krai as of 15 March 2021. "VSEGEI" under the state commission from the Federal Agency for Subsoil Use of 14 January 2021 No. 049-00016-21-00 (in Russian).
3. GOST 8736-2014 "Sand for construction works. Technical conditions" (in Russian).
4. Shimanovsky L.A., Shimanovskaya I.A. Fresh underground waters of the Perm region. Perm: Perm Publ., 1973: 198 (in Russian).
5. Methodical recommendations for the application of the Classification of reserves of deposits and forecast resources of solid minerals. Sand and gravel. Moscow; 2007 (in Russian).
6. Alvanyan A.K. Report on the geological exploration work carried out for sand and sand-gravel mixture at the Volodin Kamen deposit in the Usolsky district of the Perm region. Perm: UralGeoProyekt, 2023 (in Russian).
7. SanPiN 2.6.1.2523-09 "Radiation Safety Standards NRB-99/2009" (in Russian).

Об авторах

АЛВАНЯН Антон Каранетович – к.г.-м.н., доц. каф. Инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация

E-mail: alv-anton@yandex.ru

АЛВАНЯН Карине Антоновна – к.г.-м.н., доц. каф. Инженерной геологии и охраны недр Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, Российская Федерация, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7813-4779>

E-mail: karinealvanyan@yandex.ru

ТАГИЛЬЦЕВ Сергей Николаевич – д.т.н., проф. каф. Гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии, Уральского государственного горного университета, г. Екатеринбург, Российская Федерация, ResearcherID: D-8994-2014, Scopus Author ID: 6506180352

E-mail: tagiltsev@k66.ru

About the authors

Anton K. ALVANIAN – Cand. Sci (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State National Research University, Bukirev str. 15, 614000, Perm, RF

E-mail: alv-anton@yandex.ru

Karine A. ALVANIAN – Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Engineering Geology and Subsoil Protection, Perm State National Research University, Bukirev str. 15, 614000, Perm, RF. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7813-4779>

E-mail: karinealvanyan@yandex.ru

Sergey N. TAGILTSEV – Dr. Sci. (Engineering), Professor, Department of Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology, Ural State Mining University, Kuibysheva St., 30, 620144, Yekaterinburg, RF. ResearcherID: D-8994-2014, Scopus Author ID: 6506180352

E-mail: tagiltsev@k66.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Authors' contribution

All authors made equivalent contributions to the publication

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Корреспондент автор имеет право и полномочия выступать от имени всех авторов по этому исследованию

Conflict of interests

The authors declare that there is no conflict of interest. Corresponding author has the right and authority to speak on behalf of all authors on this study

Поступила в редакцию / Submitted 13.05.2025

Принята к публикации / Accepted 27.05.25