



Оригинальная статья / Original article

УДК 552.5

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-66-76>

Состав проб песка юго-западных и центральных районов Прибайкалья

© Е.А. Гусева^a, М.В. Константинова^b^{a,b}Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Резюме: Целью данного исследования являлось минералогическое изучение проб песка, отобранных на юго-западном побережье оз. Байкал вблизи некоторых населенных пунктов и в п. Хужир, для определения ряда его характеристик, позволяющих сделать вывод о возможности применения песка для нужд пищевой промышленности и пищевой инженерии. Для определения гранулометрического состава песка был использован метод ситового анализа, предполагающий разделение сыпучей смеси на отдельные фракции посредством вибрации с использованием комплекта сит, определение массы каждой фракции и процентного соотношения фракций в исследуемом веществе. Рентгеноструктурный анализ проб песка, произведенный при помощи дифрактометра Bruker D8 Advance, позволил определить фазовый состав вещества и выделить в образцах преобладающие структуры. По результатам проведенного рентгенографического анализа определена кристаллическая структура составляющих минералов. Установлено, что минералогический состав в наибольшей степени представлен кварцем – в разных пробах его доля составляла от 40 до 60 %. Альбит и анортоклаз в данных пробах присутствуют в количестве от 15 до 30 %. Незначительную долю в каждой пробе представляют минералы диккит и индиалит – менее 5 %. В песке, взятом на исследование в п. Ангасолка, около 9 % составляет антофиллит. Результаты ситового анализа после соответствующей обработки показали следующее. Большинство проб по зерновому составу достаточно однородны, в каждой пробе имеется преобладающая фракция. Исключение представляет проба песка из г. Слюдянки, в которой наблюдается большой разброс размеров частиц. Песок отобранных проб может быть классифицирован как озерный или озерно-ледниковый. Кристаллохимический состав достаточно разнообразен. Установлено, что основной составляющей песков являются кварц и полевошпат, присутствует небольшое количество других минералов. Результаты определения гранулометрического состава свидетельствуют о том, что для песка с побережья вблизи г. Слюдянки характерен большой разброс размеров частиц, в остальных пробах сыпучего материала имеется преобладающая фракция. Для целевого использования в пищевой отрасли наиболее подходящим является песок г. Байкальска, поскольку в пробе преобладает фракция среднего размера.

Ключевые слова: песок, минеральное сырье, минералогический состав, генезис, гранулометрия

Информация о статье: Дата поступления 14 ноября 2019 г.; дата принятия к печати 11 декабря 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 марта 2020 г.

Для цитирования: Гусева Е.А., Константинова М.В. Состав проб песка юго-западных и центральных районов Прибайкалья. *Науки о Земле и недропользование*. 2020. Т. 43. № 1. С. 66–76. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-66-76>

Composition of sand samples from southwest and central areas of Transbaikalia

© Elena A. Guseva^a, Marina V. Konstantinova^b^{a,b}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract: A study of the characteristics of the sand samples from the southwest shore of Lake Baikal has been carried out, with the purpose to find out the possibility of using the sand for the needs of the food industry. To determine the granulometric composition of the sand, a sieve analysis method has been applied, i.e. the separation of the granular mixture fractions using a set of sieves, with the further determination of the mass of each fraction and their percentage in the test substance. The sieving has been carried out by means of vibration. The X-ray analysis of the sand samples has used a Bruker D8 Advance diffractometer. The method allows determining the parameters of the crystal lattices, analyzing the phase composition of the test substance, and identifying the prevailing structures in the sample. Based on the x-ray analysis results, the crystal structure of the mineral components has been determined. The study has shown the following mineralogical composition of the sand. The prevailing mineral is quartz, its content varying from 40 to 60 percent; the content of albite and anorthoclase is 15 to 30 percent,



and a small fraction is represented by dikkite and andalusite (less than 5 percent). In the sand samples taken in the settlement of Angasolka, about 9 percent is represented by antophyllite. The processed results of the sieve analysis show the following. Most samples have been found to be quite homogeneous in terms of their grain composition, each sample having a predominant fraction, with the exception of the sample taken in the town of Slyudyanka, in which the particle size varies significantly. The studied sand samples can be classified as lacustrine or lake-glacial, their crystal-chemical composition being quite diverse. The study shows that the main components in the sand composition are quartz and feldspar, with a small content of other minerals being present. The granulometric analysis results show that the sand samples taken at the lakeshore in the vicinity of Slyudyanka are characterized by a large dispersion of the particle sizes, while other samples of the bulk material contain a predominant fraction. The sand from the Baikalsk area is most suitable for use in the food industry as it contains middle size fractions.

Keywords: sand, mineral raw materials, mineralogical composition, genesis, granulometry

Information about the article: Received November 14, 2019; accepted for publication December 11, 2019; available online March 30, 2020.

For citation: Guseva EA, Konstantinova MV. Composition of sand samples from southwest and central areas of Transbaikalia. *Earth sciences and subsoil use*. 2020;43(1):66–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2020-43-1-66-76>

Введение

В различных источниках [1–4] подробно описано широкое применение песка в строительной сфере. Область применения песка постоянно расширяется благодаря его качествам и природным свойствам, вследствие чего он находит свое применение в различных сферах деятельности человека. Многогранность использования обусловлена его физическими и химическими свойствами, которые в свою очередь находятся в тесной связи с происхождением этой горной породы, с ее составом.

Вызывает интерес вопрос о возможности применения песка для нужд пищевой промышленности и пищевой инженерии. Чтобы ориентироваться в этой области, необходимо представлять, какие существуют разновидности песка, какими свойствами он обладает. Важно выделить те характеристики песка, которые позволили бы шире применять этот материал для разных целей в пищевой отрасли и, возможно, позволят предложить новое нетрадиционное его применение.

Материал и методы исследования

Объектом исследования были выбраны песочные пробы, отобранные на юго-западном побережье оз. Байкал, вблизи водной полосы у некоторых населенных пунктов, а также на о. Ольхон.

На карте (рис. 1) метками обозначены места, в которых был взят материал

для дальнейшей работы, а именно: г. Слюдянка, г. Байкальск, п. Ангасолка, падь Обутеиха, п. Хужир.

Каждая из отобранных проб имела достаточно однородную структуру, однако они заметно различались по внешнему виду и цвету, размеру зерен и форме частиц, блеску, наличию посторонних примесей.

Исследование песков производилось в различных направлениях, получен обширный экспериментальный материал [5–7].

В данной работе в качестве предмета исследования были выделены минералогический состав песка и его гранулометрический состав. Для исследования использовались методы ситового и рентгеноструктурного анализов.

Ситовой анализ. В настоящее время существует достаточно большое количество методов определения гранулометрического состава сыпучих материалов. Гранулометрический анализ подразумевает разделение сыпучей смеси на отдельные фракции, определение массы каждой фракции и их процентного соотношения в исследуемом веществе. В данной работе был использован метод ситового анализа. Для этого использовали стандартный комплект из семи сит. Метод предполагает рассев сыпучей пробы посредством вибрации, которая создается при помощи вибпривода.

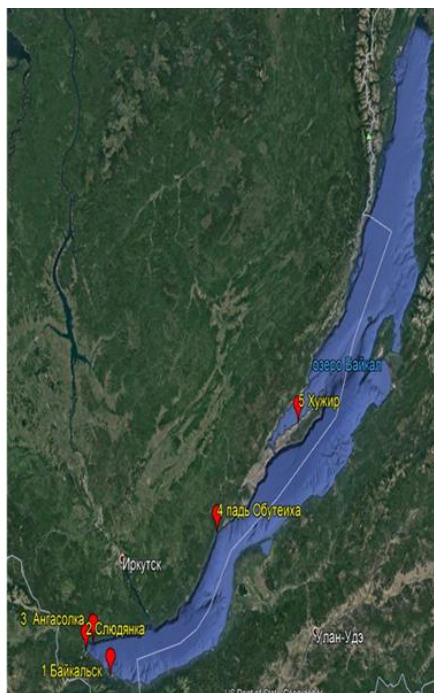


Рис. 1. Месторасположение точек отбора проб песка

Fig. 1. Location of the sampling sites

Масса каждой пробы песка равнялась 200 г. Взвешивание песка производилось на электронных весах «ОКБ Веста», которые показывают массу с точностью до третьего знака после запятой.

Диаметр отверстий сит составлял 2; 1; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063; менее 0,063 мм.

Сита смонтированы в колонну в порядке увеличения отверстий снизу вверх.

По завершении рассева взвешиванием определяли массу каждой фракции песка, которая задержалась на определенном сите, и рассчитывали ее долю.

Результаты проведенного исследования были обработаны соответствующим образом и представлены в виде графического материала на рис. 2.

Рентгеноструктурный анализ. Рентгеноструктурный анализ в настоящее время широко применяется как метод исследования строения вещества с использованием рентгеновских лучей с целью определения параметров кристаллических решеток и структуры, определения фазового состава исследуемого вещества, анализа преобладающих структур в образце [8]. Данный метод признан одним из основных при определении структуры кристаллов, составляющих их соединений [9]. Он наиболее информативен и дает наиболее точную картину, при этом не разрушает и не искажает вещество. Рентгенография позволяет провести как качественный, так и количественный анализ составляющих частей вещества.

В предлагаемой работе был произведен рентгеноструктурный анализ проб песка при помощи дифрактометра Bruker D8 Advance, который позволяет получить достаточно точные экспериментальные данные.

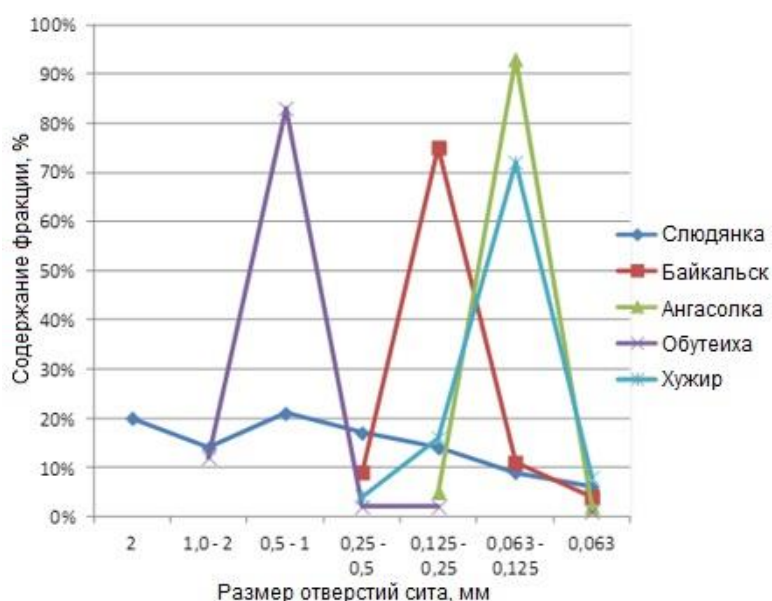


Рис. 2. Гранулометрический состав проб песка

Fig. 2. Granulometric composition of the sand samples



Образцы для исследования готовили следующим образом. Небольшое количество песка смешивали со связующим материалом, в качестве которого брали вазелин. Пробу помещали в рентгеновскую кювету, поверхность пробы ровняли, сверху пробу фиксировали стеклянной пластиной для обеспечения параллельности краю кюветы.

При проведении исследований прибор настраивался на оптимальный режим, фиксировался дифракционный спектр исследуемого материала. Регистрация рентгенограмм производилась в автоматическом режиме с помощью регистрационного устройства. Полученные результаты в виде дифрактограмм расшифровывали и обрабатывали при помощи программы Toras 3.0. Это позволило оценить кристаллохимический состав изученных проб.

Результаты исследования и их обсуждение

Пески и песчанки наряду с глинами являются одними из наиболее распространенных типов осадочных пород оболочки планеты. Они занимают обширную часть поверхности Земли, встречаются повсеместно, используются человеком с древних времен.

Песок – это рыхлая обломочная горная порода, состоящая из округлых и угловатых обломков различных минералов и горных пород размером от 0,1 до 2 мм. По преобладающему размеру зерен подразделяется на мелкозернистый (от 0,1–0,25 мм), среднезернистый (0,25–0,5 мм), крупнозернистый (>0,5 мм); по минералогическому составу – на моно- и полиминеральный. Иногда имеет примеси пылеватых и глинистых частиц, при содержании их более 10 % переходит в супесь. Чаще всего образуется при измельчении (дроблении, истирании, размалывании) более крупных обломков горных пород, реже – в результате роста минеральных зерен¹. Искусственный

песок получают путем дробления природных и синтезированных минералов.

В работе [10] определяют песок как рыхлый, несцементированный зернистый материал, зерна или каркасообразующие элементы которого по своим размерам должны соответствовать градациям, принятым для песков. Размеры песчинок ограничены пределами 0,0625–2 мм в диаметре, на самом деле предел колебаний размеров зерен более значителен.

По минеральному составу наиболее распространенным является кварцевый, глауконито-кварцевый, полевошпатово-кварцевый и слюдястый песок. В песке могут присутствовать и ценные минералы: золото, платина, алмаз, сапфир, рубин, циркон, рутил, титанит, ильменит (такие месторождения называются россыпями).

Таким образом, песок различается по размерам и форме зерен, своему минеральному составу, количеству и качеству примесей, способу и месту образования и местонахождения. По происхождению можно также выделить природный и искусственный песок.

Песок представляет собой непрерывно воспроизводимое минеральное сырье. Количество песка на планете постепенно увеличивается по причине дезинтеграции горных пород, эти естественные процессы постоянны и необратимы.

Традиционное использование песка – в сфере промышленного, гражданского и дорожного строительства, в металлургии, стекольной промышленности [11, 12]. Это предполагает огромные объемы его добычи, что не может не отражаться на окружающей среде. Нерегулируемая грабительская разработка месторождений песка приводит к пагубным последствиям [13, 14]. Происходят необратимые изменения ландшафта, оскудение животного и растительного мира, нарушение баланса биосферы.

¹ Песок // География. Современная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: https://gufo.me/dict/geography_modernenc/песок (29.04.2019).



Ухудшаются экологическая обстановка и условия проживания населения, вплоть до возникновения опасных эпидемий. Хищнический подход к добыче песка провоцирует экономические войны за возможность обладания этим важным минеральным ресурсом, что зачастую приводит к социальной нестабильности [15, 16].

Свойства песка продолжают вызывать интерес и являться объектами изучения до настоящего времени [17, 18]. Многие характеристики песка зависят в первую очередь от его минерального и гранулометрического составов. С точки зрения использования этого материала в пищевой отрасли представляют интерес конкретные характеристики. Так, пористость, фильтрующая и поглощающая способность, насыпная плотность определяют объем и эффективность работы фильтрующего оборудования, предназначенного для очистки технологических жидкостей. Насыпная (объемная) плотность, теплоемкость и теплопроводность определяют габариты и показатели работы устройств, предназначенных для аккумуляции тепла.

В настоящее время существует достаточно много подходов, которые позволяют классифицировать месторождения песков по их происхождению² [19]. В нашей работе рассмотрим классифика-

цию песков, предложенную в трудах П.И. Фадеева [20–22]. Данная классификация предусматривает тесную связь генезиса песков с процессами, которые протекают в результате выветривания земной поверхности. Под выветриванием понимают разрушение горных пород в результате протекания экзогенных и эндогенных процессов. В зависимости от факторов, приводящих к образованию песка, различают физическое (механическое) выветривание, происходящее в результате разницы температур, действия воды и воздуха, таяния льда, движения ветра, приводящее к разрушению минералов и дроблению пород с образованием обломков разной крупности, а также химическое выветривание, происходящее в результате реакции минералов и воды, пара и газов, приводящее к изменению химического состава, вследствие чего могут образовываться новые минералы. В природе все процессы зачастую протекают одновременно. Такой подход к классификации песков отражен в таблице.

Следующим за процессом выветривания этапом является процесс денудации, который представляет собой удаление и перемещение частиц, образовавшихся вследствие выветривания. Перенос частиц осуществляется благодаря силам природы: воды, ветра и льда. Во время

Генетическая классификация видов песков [21] Genetic classification of the sand types [21]

Процесс			Генетический тип песков	Разновидность песков
Выветривание			Элювиальные	–
Денудация	Деятельность воды	Дождевой и талой	Делювиальные, пролювиальные	–
		Речной	Аллювиальные	Русловые, дельтовые, пойменные
		Ледниковой	Водно-ледниковые	Флювио-гляциальные, озовокамовые
		Озерной морской	Озерные, морские	Прибрежные, глубинные
	Деятельность льда		Ледниковые (моренные)	–
	Деятельность ветра		Эоловые	Дюнные, барханные, бугристо-кучевые

² Грунтоведение: учеб. для вузов / ред. Е.М. Сергеев. М.: Изд-во МГУ, 1983. 392 с.



перемещения частиц водой, ледниками, ветром возникают сортированные обломочные породы, именно к таким и относят пески.

Генетический тип предполагает определенную совокупность сходных признаков [16]. Самыми распространенными песками являются аллювиальные, ледниковые (моренные), водно-ледниковые, морские, эоловые, элювиальные и делювиальные пески.

Пески по происхождению подразделяют на следующие группы: озерные, морские, речные, ветровые, овражные (карьерные)³ [23, 24]. Кроме рассмотренной выше классификации песков по происхождению в литературных источниках описана классификация по местам их залегания.

Таким образом, песок отобранных проб можно классифицировать как озерный или озерно-ледниковый, что хорошо согласуется с результатами схожих исследований [25]. В то же время в литературе встречается описание песков по происхождению озерно-ледниковых (район Тункинской долины) и эоловых (Северо-западное побережье о. Ольхон) [26, 27].

Пробы песка заметно различались по внешнему виду, что позволяет предположить его разный состав и происхождение.

Проба, взятая в г. Слюдянке, имеет коричневый цвет темных и светлых оттенков, неоднородна по составу, отличается размерами зерен – встречаются достаточно крупные зерна. Проба, взятая в г. Байкальске, однородная, с примерно одинаковыми некрупными зернами ровного светло-коричневого цвета. Проба, взятая в п. Ангасолка, имеет серо-коричневый цвет с темными вкраплениями, внешне частицы примерно равные по размеру. Проба из пади Обутеиха имеет округлые зерна средней крупности

разной цветовой гаммы, в которой присутствуют черный, белый, коричневый цвета. Проба, отобранная в п. Хужир, имеет мелкие зерна темно-коричневого цвета с черными составляющими.

Минералогический состав песков определяется составом исходных горных пород, условиями их разрушения, переноса и переотложения продуктов разрушения⁴. Обработанные данные результатов проведенного рентгенографического анализа проб песка представлены ниже:

– падь Обутеиха: кварц (SiO_2) – 56,39 %; альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – 23,18 %; анортотлаз ($(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$) – 15,37 %; дикиит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – 1,39 %; индиалит ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) – 3,67 %;

– г. Байкальск: кварц (SiO_2) – 59,29 %; альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – 16,02 %; анортотлаз ($(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$) – 23,61 %; дикиит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – 2,29 %; индиалит ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) – 1,79 %;

– п. Ангасолка: кварц (SiO_2) – 23,23 %; альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – 27,73 %; анортотлаз ($(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$) – 36,17 %; дикиит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – 1,58 %; индиалит ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) – 2,52 %; антофиллит ($(\text{Mg},\text{Fe})_7(\text{OH})_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}]$) – 8,75 %;

– п. Хужир: кварц (SiO_2) – 35,81 %; альбит ($\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$) – 29,92 %; анортотлаз ($(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$) – 31,78 %; дикиит ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) – 0,7 %; индиалит ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) – 2,74 %.

Анализ полученных данных показывает, что минералогический состав в наибольшей степени представлен кварцем. Данный минерал преобладает в пробах, отобранных в пади Обутеиха и г. Байкальске, его доля составляет около 60 %. В пробе п. Хужир кварц также является наибольшей составляющей – около 40 %. Для кристаллов кварца характерно поперечное удлинение, блеск и различный цвет, но чаще он имеет молочно-белые или серые окраски. Альбит и анортотлаз в данных пробах составляют от 15

³ Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Специальная инженерная геология: учеб. для вузов. Л.: Недра, 1978. 496 с.

⁴ Кауричев И.С., Панов Н.П., Розов Н.Н., Стратонович М.В., Фокин А.Д. Почвоведение: учеб. для вузов. М.: Агропромиздат, 1989. 722 с.



до 30 %. Эти минералы относятся к полевым шпатам, которые также распространены и часто встречаются в полевых условиях. Зерна у них окатанной формы с неметаллическим блеском. Незначительную долю в каждой пробе исследуемого материала представляют минералы диккит и индиалит, они составляют менее 5 %. В песке, взятом на исследование в п. Ангасолка, около 9 % составляющей минеральной характеристики присущ антофиллит – минерал ромбической формы, чаще всего коричневого цвета с металлическим блеском.

Таким образом, кристаллохимический состав исследуемых нами песков достаточно разнообразен, но в своем большинстве пески состоят из кристаллов кварца и полевого шпата, процент вторичных минералов минимален, что хорошо согласуется с литературными данными. Отмечается, что минералогический состав песков в основном полевошпатово-кварцевый (30 и 60 % соответственно)⁵. Это прослеживается и в полученных нами данных: кварц по результатам рентгеноструктурного анализа является преобладающей составляющей в пробах исследуемого материала.

Визуальная оценка изученных проб песка показала, что взятая в г. Слюдянке проба имеет разный размер зерен: встречаются крупные зерна и мелкие частицы, присутствующие примерно в равных пропорциях. Остальные пробы, взятые в г. Байкальске, п. Ангасолка, пади Обутеиха и на о. Ольхон в п. Хужир, характеризуются более однородным размером частиц средней крупности ближе к мелкому, примерно одинаковых по величине.

Был проведен ситовой анализ для определения гранулометрического состава сухого материала. В результате исследования получены данные, которые после математической обработки представлены в виде графика зависимости процентного содержания каждой фракции песка от размера отверстия соответствующего сита (см. рис. 2).

После анализа полученных данных установлено следующее. В пробе из г. Слюдянки более 40 % принадлежит фракциям 0,5–1 и 2 мм. 17 % – фракции, в которой размер зерен соответствует ячейки сита, равной 0,25–0,5 мм, и по 14 % – фракциям размерами 1–2 и 0,125–0,25 мм. Таким образом, в данной пробе песка наблюдается большой разброс размеров частиц. Остальные пробы сыпучего материала по зерновому составу более однородны, в каждой пробе имеется преобладающая фракция. В песке г. Байкальска преобладающей является мелкая фракция, которая соответствует ячейки сита, равной 0,125–0,25 мм – ее доля составляет 75 %. В песке, взятом на исследование в пади Обутеиха, размер песчинок в основном варьирует в пределах 0,5–1 мм – доля этой фракции составляет 83 %, что позволяет рассматривать этот материал как среднезернистый. Мелкозернистый или тонкий песок является основным в пробах из п. Ангасолка и Хужир. В этих пробах преобладают фракции песка, равные ячейкам сита от 0,063–0,125 мм – данная фракция составляет 72 % песка из Хужира и 93 % песка из Ангасолки, что делает ее самой однородной по сравнению с другими.

Гранулометрический состав определяет ценность и сферу использования сырья. Для пищевой промышленности наиболее приемлемым будет среднефракционный песок из г. Байкальска.

Заключение

На основе вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Песок проб, отобранных в различных точках юго-западных прибрежных районов оз. Байкал, можно классифицировать преимущественно как озерный.

2. Кристаллохимический состав исследуемых нами песков достаточно разнообразен. По результатам рентгеноструктурного анализа установлено, что в своем большинстве пески состоят из кристаллов кварца и полевого шпата,

⁵ Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учеб. пособие. М.: КДУ, 2008. 543 с.



процент вторичных минералов минимален, что хорошо согласуется с литературными данными.

3. Данные гранулометрического состава, полученные ситовым анализом, свидетельствуют о том, что в основном пробы сыпучего материала достаточно однородные, в каждой пробе имеется

преобладающая фракция. Исключение представляет песок с побережья вблизи г. Слюдянки, для которого характерен большой разброс размеров частиц.

4. Для целей пищевой отрасли наиболее подходящим является песок г. Байкальска.

Библиографический список

1. Морозов Н.М., Боровских И.В., Галеев А.Ф. Влияние вида песка на свойства мелкозернистого бетона // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 4 (38). С. 370–375.
2. Баженов Ю.М., Харченко А.М. Безусадочные мелкозернистые бетоны с использованием некондиционных песков // Научно-технический вестник Поволжья. 2012. № 5. С. 86–88.
3. Kondratiev V.V., Karlina A.I., Guseva E.A., Konstantinova M.V., Kleshnin A.A. Processing and application of ultra disperse wastes of silicon production in construction // IOP Conference: International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. P. 042068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/3/032068>
4. Kondratiev V.V., Karlina A.I., Guseva E.A., Konstantinova M.V., Gorovoy V.O. Structure of enriched ultradisperse wastes of silicon production and concretes modified by them // IOP Conference: International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies. Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 463. P. 042064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/4/042064>
5. Быкова Т.Ю. Кристаллохимические характеристики песков озера Байкал // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов: материалы IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. уч. Иркутск, 2019. С. 125–127.
6. Гусева Е.А., Шнырова А.А. Определение физических свойств песков озера Байкал // Молодежный вестник Иркутского государственного технического университета [Электронный ресурс]. 2019. Т. 9. № 3. С. 11–13. URL: <http://mvestnik.istu.irk.ru/journals/2019/03/articles/02> (29.04.2019).
7. Яковлева А.А., Гусева Е.А., До В.Т. Поглоительные свойства песков рекреационных зон юго-западного побережья Байкала по отношению к некоторым агентам // Биотехнология в интересах экологии и экономики Сибири и Дальнего Востока: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. Улан-Удэ, 2018. С. 94–100.
8. Васильев Е.К., Нахмансон М.М. Качественный рентгенофазовый анализ. Новосибирск: Наука, 1986. 199 с.
9. Кристаллохимия и структурная минералогия: сб. стат. / отв. ред. В.А. Франк-Каменецкий. Л.: Наука, 1979. 132 с.
10. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 535 с.
11. Al-Harthy A.S., Abdel Halim M., Taha R., Al-Jabri K.S. The properties of concrete made with fine dune sand // Construction and Building Materials. 2007. Vol. 21. P. 1803–1808. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.053>
12. Chen Y. Construction: limit China's sand mining // Nature. 2017. Vol. 550. P. 457. <https://doi.org/10.1038/550457c>
13. Gelabert P. Environmental effects of sand extraction practices in Puerto Rico // Managing beach resources in the smaller Caribbean Islands. Mayaguez, 1997. P. 63–68.
14. Bayram A., Önsöy H. Sand and gravel mining impact on the surface water quality: a case study from the city of Tirebolu (Giresun Province, NE Turkey) // Environmental Earth Science. 2015. Vol. 73. P. 1997–2011. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3549-2>
15. Brunier G., Anthony E.J., Goichot M., Provansal M., Dussouillez P. Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: the marked impact of river-bed mining and implications for delta destabilization // Geomorphology. 2014. Vol. 224. P. 177–191. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.009>
16. Khan S., Sugie A. Sand mining and its social impacts on local society in rural Bangladesh: a case study of a village in Tangail District // Journal of Urban and Regional Studies on Contemporary India. 2015. Vol. 2. No. 1. P. 1–11.
17. Гусева Е.А., Константинова М.В. Гранулометрический состав песка проб с юго-западного побережья Байкала // Молодежный вестник Иркутского государственного технического университета [Электронный ресурс]. 2019. Т. 9. № 2. С. 7–10. URL: <http://mvestnik.istu.irk.ru/journals/2019/02/articles/01> (29.04.2019).
18. Потемкина Т.Г., Потемкин В.Л., Гусева Е.А. Устьевые области рек озера Байкал // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2014. № 9 (92). С. 185–192.
19. Шванов В.Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.



20. Фадеев П.И. К обоснованию номенклатуры, терминологии и систематизации песчаных образований // Инженерная геология. 1985. № 4. С. 12–23.

21. Фадеев П.И. Вопросы терминологии и классификации песчаных пород // Вопросы инженерной геологии и грунтоведения / ред. Г.С. Золотарев [и др.]. Вып. 3. М.: Изд-во МГУ, 1973. С. 112–177.

22. Фадеев П.И. К вопросу о пространственной изменчивости гранулометрического состава песчаных пород // Вестник Московского университета. Геология. 1979. № 5. С. 53–59.

23. Иконин С.В., Леденев В.В. Исследование свойств песчаных грунтов // Исследование инженерно-геологических свойств грунтов для

целей строительства / науч. ред. В.Ф. Разоренов. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1982. С. 28–37.

24. Смоляницкий Л.А., Курилович А.Э. Дискретная классификация песков. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. 5 с.

25. Кононов Е.Е. О происхождении песчаных толщ Северного Прибайкалья // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2009. № 4 (40). С. 23–27.

26. Тайсаев Т.Т. Эоловые процессы в Приольхонье и на о. Ольхон (Западное Забайкалье) // Доклады Академии наук СССР. 1982. Т. 265. № 4. С. 948–951.

27. Выркин В.Б. Эоловое рельефообразование в Прибайкалье и Забайкалье // География и природные ресурсы. 2010. № 3. С. 25–32.

References

1. Morozov NM, Borovskich IV, Galeev AF. The influence of sand on properties of fine-grained concrete. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta* = News of the Kazan State University of Architecture and Engineering. 2016;4:370–375. (In Russ.)

2. Bazhenov JuM, Kharchenko AI. Dimensional stability of fine-grained concrete with unconditioned sands. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya* = Scientific and Technical Volga region Bulletin. 2012;5:86–88. (In Russ.)

3. Kondratiev VV, Karlina AI, Guseva EA, Konstantinova MV, Kleshnin AA. Processing and application of ultra disperse wastes of silicon production in construction. *IOP Conference: International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies*. Series: Materials Science and Engineering. 2018;463:042068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/3/032068>

4. Kondratiev VV, Karlina AI, Guseva EA, Konstantinova MV, Gorovoy VO. Structure of enriched ultradisperse wastes of silicon production and concretes modified by them. *IOP Conference: International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern technologies*. Series: Materials Science and Engineering. 2018;463:042064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/4/042064>

5. Bykova TYu. Crystal-chemical characteristics of the sands of Lake Baikal. In: *Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki uglevodorodnykh i mineral'nykh resursov: materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* = Prospects of the processing technology for hydrocarbon and mineral resources: Proceedings of the 9th All-Russian Scientific-and-practical Conference with International Participation. Irkutsk; 2019. p.125–127. (In Russ.)

6. Guseva EA, Shnyrova AA. Determination of physical properties of Lake Baikal sands. *Molodezhnyi vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = ISTU Bulletin of Youth. 2019;9(3):11–13. Available from:

<http://mvestnik.istu.irk.ru/journals/2019/03/articles/02> [Accessed 29th April 2019]. (In Russ.)

7. Yakovleva AA, Guseva EA, Do VT. The sands absorption properties of the recreational zones of the south-western coast of Lake Baikal in relation to some agent. In: *Biotehnologiya v interesakh ekologii i ekonomiki Sibiri i Dal'nego Vostoka: materialy V Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* = Biotechnology for the benefit of ecology and economy of Siberia and The Far East of Russia: Proceedings of the 5th All-Russian Scientific-and-practical Conference. Ulan-Ude; 2018. p.94–100. (In Russ.)

8. Vasil'ev EK, Nakhmanson MM. *Qualitative X-ray phase analysis*. Novosibirsk: Nauka; 1986. 199 p. (In Russ.)

9. Frank-Kamenetskii VA. *Crystal chemistry and structural mineralogy*. Leningrad: Nauka; 1979. 132 p. (In Russ.)

10. Pettijohn F, Potter P, Siver R. *Sand and sandstone*. Moscow: Mir; 1976. 535 p. (In Russ.)

11. Al-Harthy AS, Abdel Halim M, Taha R, Al-Jabri KS. The properties of concrete made with fine dune sand. *Construction and Building Materials*. 2007;21:1803–1808. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.053>

12. Chen Y. Construction: limit China's sand mining. *Nature*. 2017;550:457. <https://doi.org/10.1038/550457c>

13. Gelabert P. Environmental effects of sand extraction practices in Puerto Rico. In: *Managing beach resources in the smaller Caribbean Islands*. Mayaguez; 1997. p.63–68.

14. Bayram A, Önsoy H. Sand and gravel mining impact on the surface water quality: a case study from the city of Tirebolu (Giresun Province, NE Turkey). *Environmental Earth Science*. 2015;73:1997–2011. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3549-2>

15. Brunier G, Anthony EJ, Goichot M, Provansal M, Dussouillez P. Recent morphological changes in the Mekong and Bassac river channels, Mekong delta: the marked impact of river-bed mining and implications for delta



destabilization. *Geomorphology*. 2014;224:177–191. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.07.009>

16. Khan S, Sugie A. Sand mining and its social impacts on local society in rural Bangladesh: a case study of a village in Tangail District. *Journal of Urban and Regional Studies on Contemporary India*. 2015;2(1):1–11.

17. Guseva EA, Konstantinova MV. Particle size of sand samples from the south-western coast of Lake Baikal. *Molodezhnyi vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = ISTU Bulletin of Youth. 2019;9(2):7–10. Available from: <http://mvestnik.istu.irk.ru/journals/2019/02/articles/01> [Accessed 29th April 2019]. (In Russ.)

18. Potemkina TG, Potemkin VL, Guseva EA. Lake Baikal estuary areas. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2014;9:185–192. (In Russ.)

19. Shvanov VN. *Sand rocks and methods of their study*. Leningrad: Nedra; 1969. 248 p. (In Russ.)

20. Fadeev PI. On substantiation of the range, terminology and systematization of sand formations. *Inzhenernaya geologiya*. 1985;4:12–23. (In Russ.)

21. Fadeev PI. On terminology and classification of sand rocks. In: Zolotarev GS, et al. (eds.). *Voprosy inzhenernoi geologii i gruntovedeniya* = Engineering geology and soil studies. Iss. 3. Moscow:

Moscow State University; 1973. p.112–177. (In Russ.)

22. Fadeev PI. On spatial variability of sand rocks' granulometric composition. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Geologiya*. 1979;5:53–59. (In Russ.)

23. Ikonin SV, Ledenev VV. Investigation of sandy soil properties. In: Razorenov VF (eds.). *Issledovanie inzhenerno-geologicheskikh svoystv gruntov dlya tselei stroitel'stva* = Research of engineering-geological properties of soils for construction purposes. Voronezh: Voronezh State University; 1982. p.28–37. (In Russ.)

24. Smolyanitskii LA, Kurilovich AE. *Discrete classification of sands*. Voronezh: Voronezh State University; 1990. 5 p. (In Russ.)

25. Kononov EE. On the origin of sandy depths of the Northern Transbaikalia. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2009;4:23–27. (In Russ.)

26. Taisaev TT. Atmogenic processes in the Olkhon area (West Transbaikalia). *Doklady Akademii nauk SSSR*. 1982;265(4):948–951. (In Russ.)

27. Vyrkin VB. Atmogenic relief formation in Transbaikalia. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2010;3:25–32. (In Russ.)

Критерии авторства / Authorship criteria

Гусева Е.А., Константинова М.В. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Elena A. Guseva, Marina V. Konstantinova are the authors of the article, hold equal copyright and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Сведения об авторах / Information about the authors



Гусева Елена Александровна,

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,

✉ e-mail: el.guseva@rambler.ru

Elena A. Guseva,

Cand. Sci. (Eng.), Docent,
Associate Professor, Department of Engineering Technologies and Materials,
Institute of Aircraft Construction, Mechanical Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,

✉ e-mail: el.guseva@rambler.ru

**Константинова Марина Витальевна,**

кандидат химических наук, доцент,
доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов,
Институт авиамашиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
e-mail: mavikonst@mail.ru

Marina V. Konstantinova,

Cand. Sci. (Chem.), Docent,
Associate Professor, Department of Engineering Technologies and Materials,
Institute of Aircraft Construction, Mechanical Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia,
e-mail: mavikonst@mail.ru