

Оценка ресурсного потенциала месторождений строительных песков на территории, прилегающей к г. Воронеж

©2025 А. А. Нестеренко✉, Н. А. Корабельников, А. А. Валяльщиков

*Воронежский государственный университет,
Университетская пл. 1, 394018 Воронеж, Российская федерация*

Аннотация

Введение: на территории Воронежской агломерации наблюдается дефицит средних и крупных природных строительных песков в необогащённом виде, которые используются для приготовления бетонов высоких марок или для отсыпки рабочего основания автомобильных дорог. На основании собранных данных выявлены наиболее перспективные участки полезного ископаемого в природном виде, а также проанализирована возможность обогащения песков мелких и очень мелких.

Методика: использованы материалы поисково-разведочных работ и инженерно-геологических изысканий, проведенных ООО «Акма-Универсал». На основе выборки (3254 пробы) рассчитан и проанализирован модуль крупности песков, построены графики его распределения для каждого типа отложений. Параллельно проведен анализ возможности обогащения песков до средних и крупных.

Результаты и обсуждение: добыча строительного песка осуществляется на месторождениях, разрабатывающих флювиогляциальные и аллювиальные отложения неоплейстоцена. Для песков этих подразделений плотности распределения, вероятности модуля крупности (M_k) находятся в диапазоне от 1 до 2. Оценена возможность обогащения сырья последовательным удалением мелких фракций. Оптимальным источником необогащенного песка являются аптские пески, характеризующиеся средним и крупным модулем крупности, что соответствует необходимым параметрам без дополнительной обработки.

Выводы: исследование показало, что в пределах Воронежской агломерации пески большинства разрабатываемых месторождений характеризуется низким качеством сырья – по M_k очень мелкие и мелкие. Пески, которые относятся к категории средних и крупных можно получить при помощи отмывки мелких фракций или использовать аптский песок нижнего мела.

Ключевые слова: песок строительный, модуль крупности, четвертичные отложения.

Для цитирования: Нестеренко А. А., Корабельников Н. А. Валяльщиков А. А. Оценка ресурсного потенциала месторождений строительных песков на территории, прилегающей к г. Воронеж // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2025. № 3. С. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/3/76–85>

Введение

На территории Воронежской агломерации наблюдается дефицит средних и крупных природных строительных песков в необогащённом виде, которые используются для приготовления бетонов высоких марок или для отсыпки рабочего основания автомобильных дорог. На большинстве месторождений

разрабатывается мелкозернистый песок.

Чаще всего встречаются пески с модулем крупности около 1.5, что соответствует классу мелких и очень мелких песков. Средние и крупные фракции представлены значительно реже. Хотя такие пески широко востребованы в строительстве благодаря своим физико-механическим свойствам. Например, в производстве



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Нестеренко Анна Алексеевна, e-mail: nesterenko-nyura@mail.ru

бетона, так как крупные и средние пески повышают прочность и устойчивость бетонных конструкций. Благодаря крупным зернам увеличивается плотность заполнителя, уменьшается пористость и улучшается сцепление цемента с песком, что повышает эксплуатационные характеристики бетона. Изготовление строительных растворов требует использования среднего и крупного песка при штукатурных, кладочных и отделочных работах. Раствор с крупными песчинками обладает лучшей адгезией и прочностью сцепления с поверхностями, что снижает вероятность появления трещин и отслаиваний. Средние и крупные фракции незаменимы при устройстве оснований дорог и аэродромов. Их укладывают в рабочих слоях покрытий, обеспечивая фильтрацию и отвод поверхностной воды для предотвращения морозного пучения полотна. Крупный и средний песок применяют также в дренажных системах.

Таким образом, основные преимущества использования средних и крупных песков заключаются в трех факторах:

- повышенная прочность и износостойкость конструкций;
- уменьшение морозной пучинистости дорожного

полотна;

- экономичность в расходовании вяжущих компонентов в растворах.

Коллективом авторов была поставлена задача – провести анализ гранулометрического состава строительных песков по показателю модуля крупности.

Для анализа использованы результаты лабораторных определений гранулометрического анализа песков, полученных при проведении поисково-разведочных работ и инженерно-геологических изысканий, осуществленных ООО «Акма-Универсал», начиная с 2012 г. В результате получилась достаточно объемная выборка для статистического анализа гранулометрического состава песков по основным геологическим подразделениям четвертичных отложений, которые разрабатываются в окрестностях г. Воронеж.

Методика

На территории, прилегающей к г. Воронеж (рис. 1), добыча строительного песка осуществляется на месторождениях, разрабатывающих *нижнеленоплейстоценовые флювиогляциальные отложения, среднеленоплейстоценовые аллювиальные отложения или верхнеленоплейстоценовые аллювиальные отложения* (рис. 2).

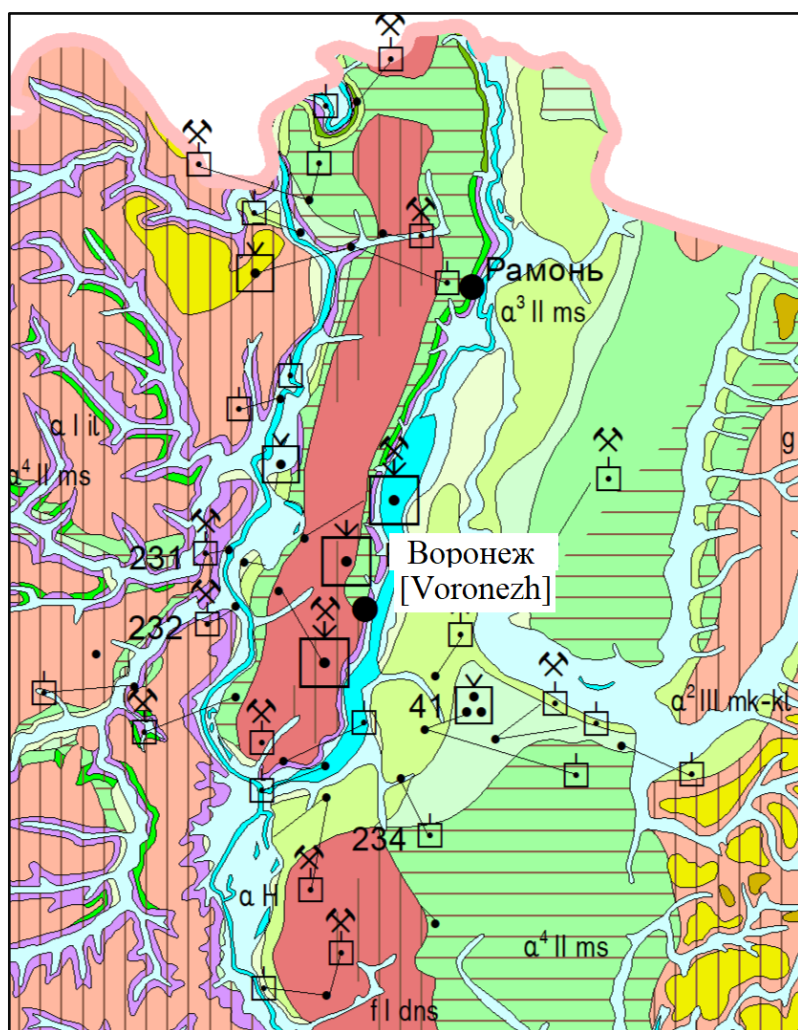


Рис. 1. Фрагмент Геологической карты четвертичных отложений Воронежской области, Красенков Р.В., Глушков Б.В., 2003 г., с нанесенными месторождениями строительных песков.

[Fig. 1. Fragment of the Geological map of Quaternary deposits of the Voronezh region, Krasnenkov R.V., Glushkov B.V., 2003, with deposits of construction sands.]

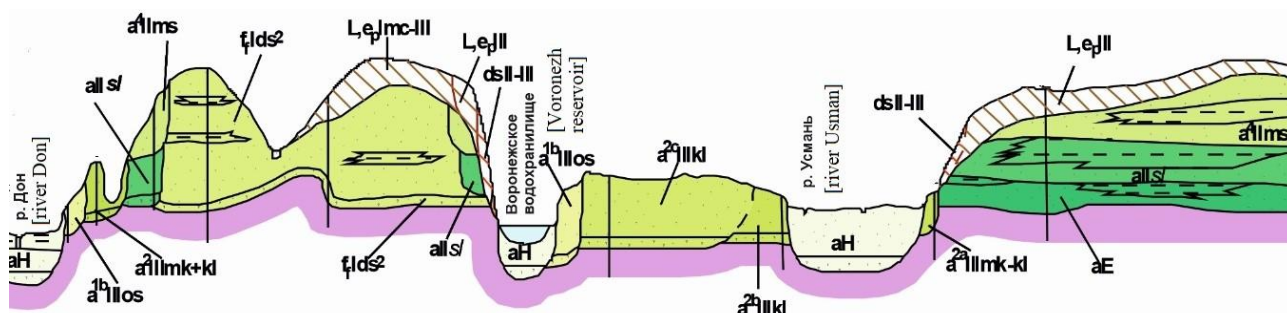


Рис. 2. Фрагмент геологического разреза четвертичных образований (материалы геологического доизучения территории листа М-37-IV, Радьков В.М. 1998 г).

[**Fig. 2.** Fragment of a geological section of Quaternary formations (materials from the geological study of the territory of sheet M-37-IV, Radkov V.M. 1998).]

1. Нижненеоплейстоценовые флювиогляциальные отложения (*f l ds*) или потоковый флювиогляциал Воронежской гряды (*f^{pc} l ds*) [1]. В пределах городской Воронежской агломерации представляет собой мощную толщу флювиогляциальных пород, слагающих так называемую Воронежскую гряду шириной от 5 до 12 км, протягивающейся по междуречью Дона и Воронежа и южнее. Залегают эти отложения на размытой поверхности плиоцена и перекрыты лессово-почвенными образованиями, а в присклоновых частях рек –

аллювием четвертой надпойменной террасы или стрелицкой свиты (см. рис. 2). Мощность отложений достигает 72 м, в среднем составляя 40–50 м.

Потоковый флювиогляциал сложен песками разнозернистыми, горизонтально- и косослоистыми, с валунно-галечным базальным горизонтом, с редкими линзами бурых суглинков и серых глин. Строение толщи флювиогляциальных отложений хорошо иллюстрирует инженерно-геологический разрез участка в центральной части г. Воронежа (рис. 3).

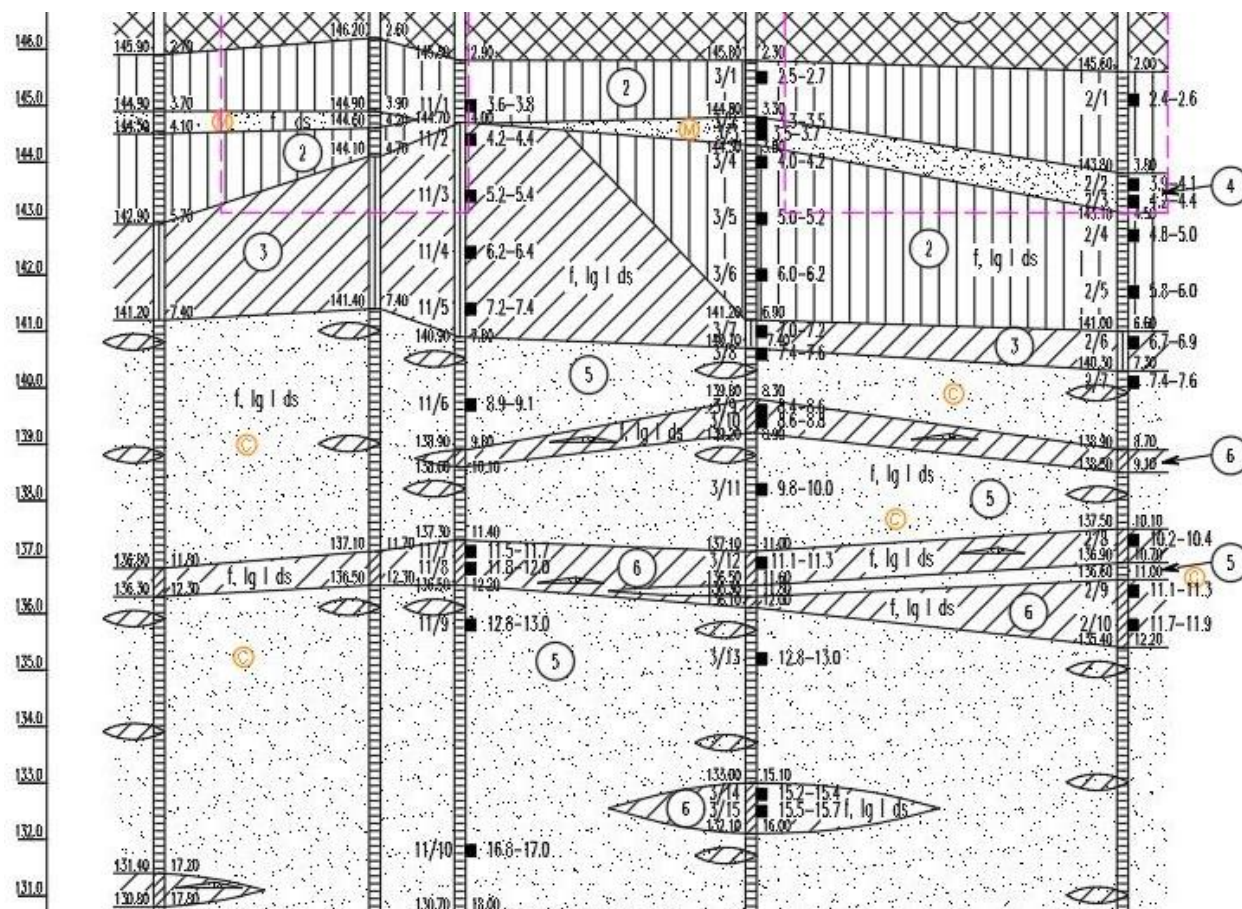


Рис. 3. Строение толщи флювиогляциальных отложений (фрагмент инженерно-геологического разреза, центральная часть г. Воронежа).

[Fig. 3. Structure of the thickness of fluvio-glacial deposits (fragment of an engineering-geological section, central part of Voronezh).]

2. Среднеплейстоценовые аллювиальные отложения ($a II$). В районе Воронежа это отложения 3 и 4 надпойменных террас московского горизонта ($a^{3-4} II ms$) и подстилающий их аллювий стрелицкой свиты лихвинского горизонта ($a II sl$).

Отложения стрелецкой свиты залегают на нижне-четвертичных образованиях, редко на неогене. В нижней своей части они сложены разнотерными песками, в верхней части преимущественно глинистые.

Аллювий московского горизонта перекрывает отложения лихвинского и донского горизонтов, местами (3-я терраса) на породах девона и эоплейстоцена.

Аллювий сложен мелкозернистыми песками с подчиненными прослоями суглинков и является ярким примером перегляциального аллювия (рис. 4).

3. Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложения 1-ой и 2-й надпойменных террас ($a^{1-2} III$) развиты в виде узких полос в долине Дона, Воронежа и их притоков. Отложения аллювиальных террас сверху не перекрыты другими отложениями кроме почвенно-растительного слоя. Пески преимущественно мелкие глинистые с подчиненными прослоями суглинков. Средняя и нижняя часть отложений обводнены (рис. 5).

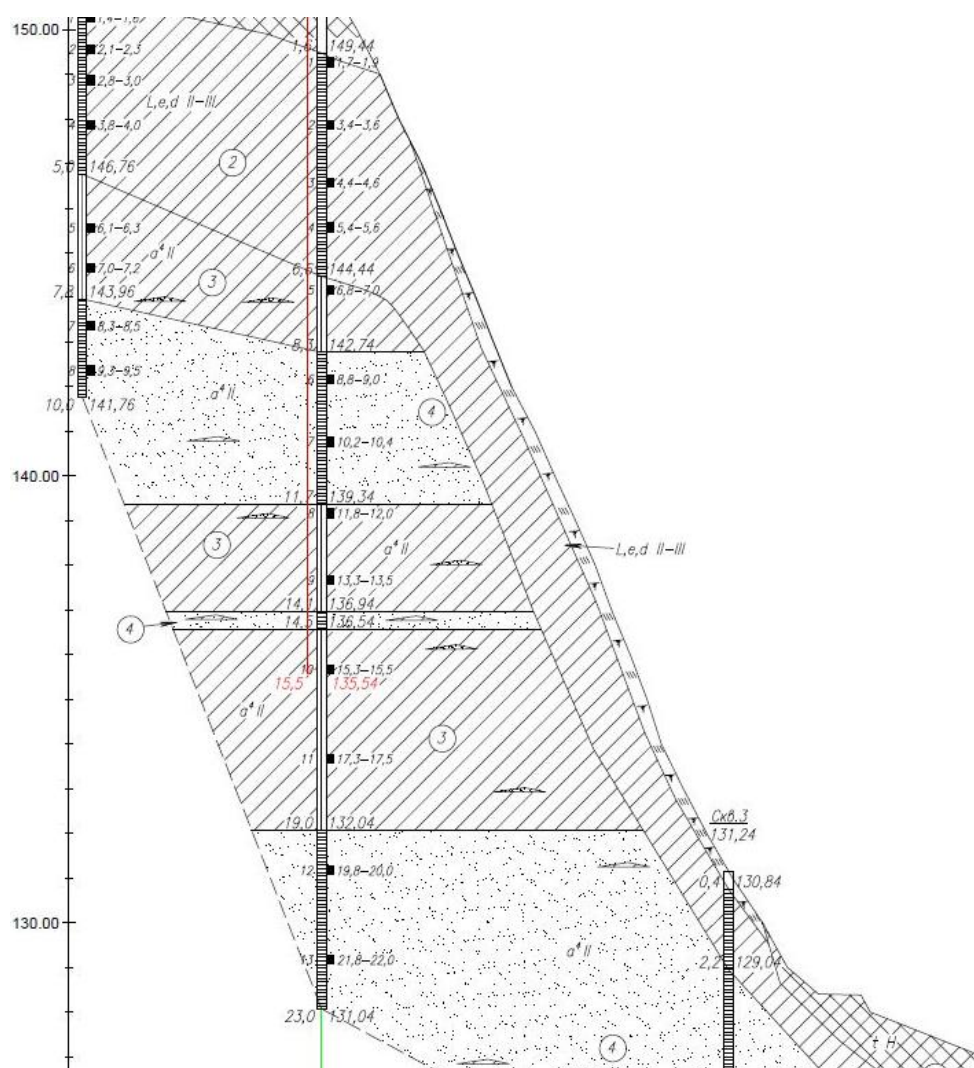


Рис. 4. Среднеплейстоценовые аллювиальные отложение (фрагмент инженерно-геологического разреза, правый борт долины р. Воронеж в центральной части г. Воронеж).

[Fig. 4. Middle Neopleistocene alluvial deposits (fragment of an engineering-geological section, right side of the Voronezh River valley in the central part of Voronezh).]

Условия залегания перечисленных отложений характеризуются следующими особенностями.

Флювиогляциальные отложения почти повсеместно перекрыты покровными отложениями, а в верхней части разреза этих образований присутствуют многочисленные прослои суглинков. Отложения Воро-

нежского оза полностью сдrenированы.

Среднеплейстоценовый аллювий имеет перегляциальный генезис, поэтому в нем присутствуют значительные прослои глинистых грунтов. Аллювий повсеместно перекрыт покровно-делювиальными отложениями. Глубина залегания грунтовых вод 12–20 м.

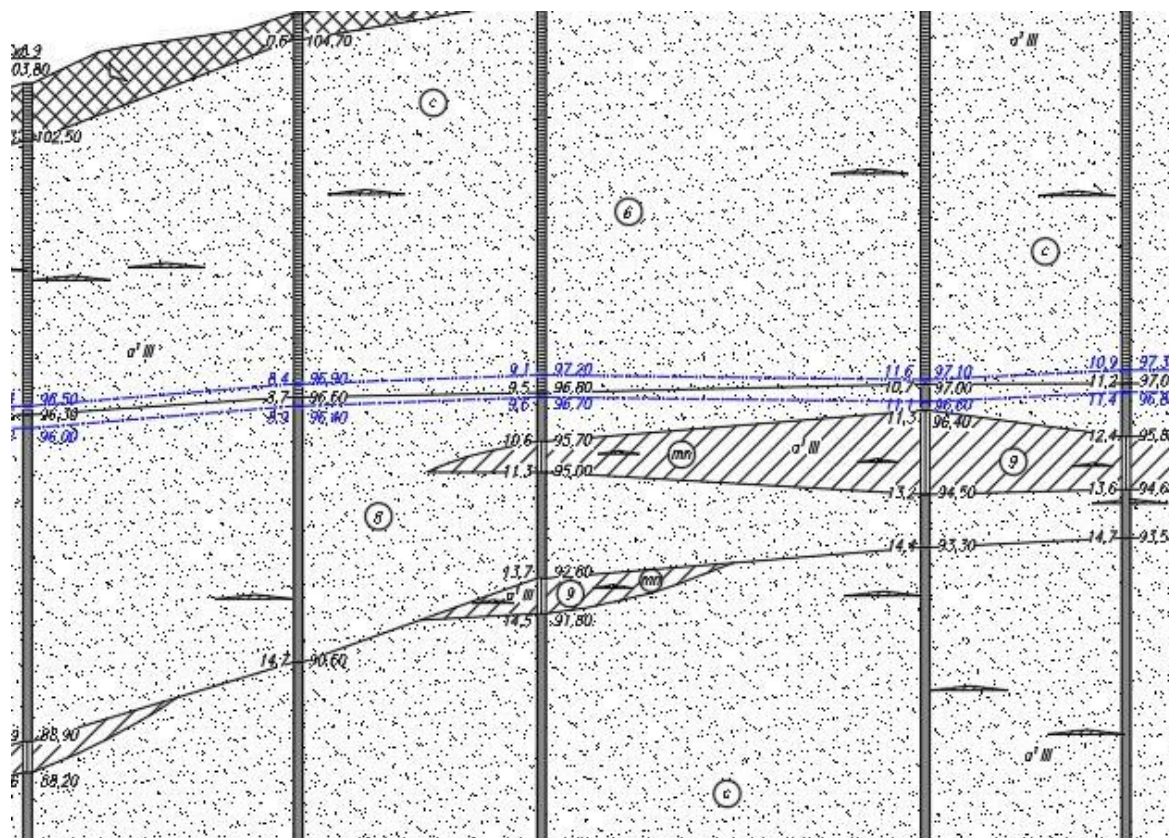


Рис. 5. Верхнеплейстоценовые аллювиальные отложение 1-ой и 2-ой надпойменных террас (фрагмент инженерно-геологического разреза, берег р. Воронеж).

[Fig. 5. Upper Neopleistocene alluvial deposits of the 1st and 2nd floodplain terraces (fragment of an engineering-geological section, bank of the Voronezh River).]

Верхнеплейстоценовый аллювий преимущественно почти нигде не перекрыт другими образованиями. Прослойки суглинков играют второстепенную роль. Глубина залегания грунтовых вод от первых метров (вблизи Воронежского водохранилища) до 10 м в пределах 2-ой надпойменной террасы [2]. Описание отложений террас приведено по материалам геологического доизучения листа М-37-IV.

Территория изучения простирается с севера на юг от границы Воронежской области до Нововоронежа включительно, с запада на восток от р.п. Хохольский до села Новая Усмань (см рис. 2).

При проведении инженерно-геологических изысканий гранулометрический состав песка определяется по «ГОСТ 25100.2020 Грунты. Классификация»[3], в котором размеры фракций не совпадают с размерами фракций по «ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ»[4]. Поэтому содержание фракций, определенных по ГОСТ 25100.2020 при проведении инженерно-геологических изысканий, были пересчитаны в соответствии с градациями ГОСТ 8736-2014. Совместно с результатами определения гранулометрического состава, полученных при геологическом изучении месторождений строительных песков, получена выборка, состоящая из 3254 строк.

Как уже отмечалось, для оценки качества песка одним из основных параметров является интегральный

показатель зернового состава – модуль крупности (M_k). Именно этот показатель был использован для статистического анализа полученной выборки.

Выборка значений модуля крупности была разделена по охарактеризованным ранее геологическим подразделениям. Для исключения влияния на числовые параметры распределения аномальных значений по каждой из этих выборок было проведено их исключение по правилу трех сигм. То есть были исключены значения, которые отличаются от среднего на плюс/минус три стандартных отклонения. После этого были определены основные статистические показатели выборок: минимум, максимум, среднее и стандартное отклонения, и построены гистограммы плотности распределения вероятности значений модуля крупности песков.

Обсуждение результатов

В результате обработки данных инженерно-геологических изысканий и поисково-разведочных работ получена достаточно объемная выборка, которая состоит из 3254 значений модуля крупности. Основные статистические параметры значений модуля крупности, после исключения аномальных значений по правилу трех сигм, по каждому из выделенных стратиграфо-генетических комплексов отложений, приведены в таблице 1.

Табл. 1. Основные статистические параметры значений модуля крупности (M_K)
[Table 1. Main statistical parameters of the values of the fineness modulus (M_K)

Наименование стратиграфо-генетического комплекса [Name of the stratigraphic-genetic complex]	Минимум [minimum]	Максимум [maximum]	Среднее [average]	Стандартное отклонение [Standard deviation]
Нижнеоплейстоценовые флювиогляциальные отложения ($f I ds$) [Lower Neopleistocene fluvioglacial deposits]	0.39	2.54	1.49	0.34
Среднеоплейстоценовые аллювиальные отложения ($a^{3-4} II$) [Middle Neopleistocene alluvial deposits]	0.48	2.77	1.51	0.41
Верхнеоплейстоценовые аллювиальные отложения ($a^{1-2} III$) [Upper Neopleistocene alluvial deposits]	0.25	2.33	1.37	0.32
В целом по выборке [As a whole for the sample]	0.37	2.54	1.45	0.35

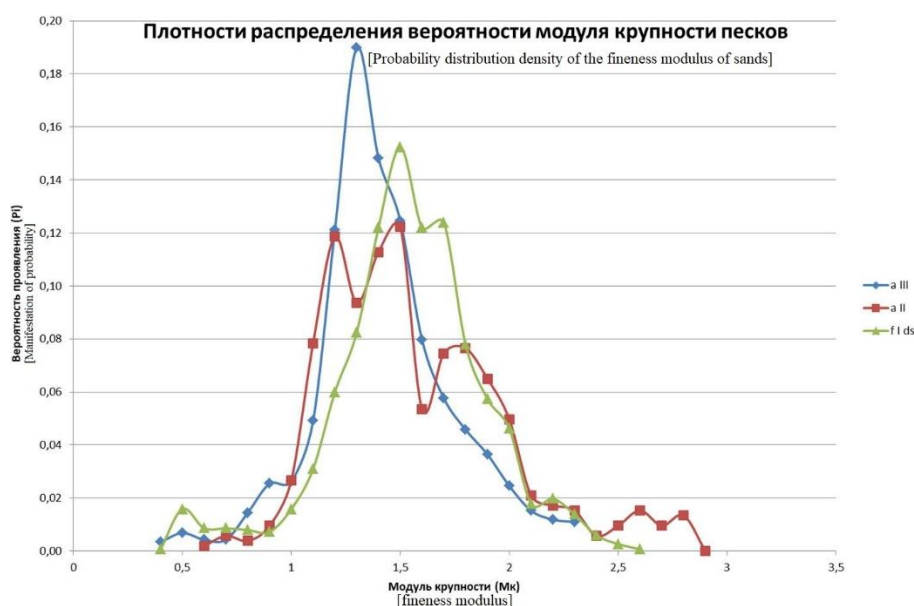


Рис. 6. Графики плотности распределения вероятности M_K .
[Fig. 6. Graphs of the probability distribution density M_K .]

Средние значения модуля крупности песков по каждому стратиграфо-генетическому комплексу отложений довольно близки и соответствуют согласно ГОСТ 8736-2024 «Песок для строительных работ» пескам *очень мелким* или близким к *мелким* пескам. На графике плотности распределения вероятности M_K (рис. 6) хорошо видно, что основная масса значений M_K находится в диапазоне от 1.0 до 2.0, то есть это пески преимущественно очень мелкие и мелкие. Соответственно, крупных и средних песков в изучаемых отложениях очень мало (около 10–15%).

Распределение значений модуля крупности *верхнеоплейстоценовых аллювиальных песков (a III)* одно-модальное со значительным положительным эксцессом, то есть значения довольно плотно расположены относительно среднего (1.37), стандартное отклонение (S) минимальное по сравнению с другими комплексами песков. Можно сделать вывод, что качественный состав этих песков относительно выдержанный.

График распределения модуля крупности *среднеоплейстоценовых аллювиальных песков (a II)* полимодальный, то есть выборка неоднородна. Выделяются

группы очень мелких, мелких и средних песков. Также выделяется довольно большое количество крупных песков с модулем крупности от 2.5 до 3.0. Такую изменчивость качественного состава песков можно объяснить, скорее всего, перегляциальным генезисом и наличием в объединённых разрезах базальных горизонтов московского и стрелецкого аллювия.

Нижнеоплейстоценовые флювиогляциальные пески (f I ds) более однородны и более крупные по своему составу - среднее значение модуля крупности (1.51) соответствует песку мелкому.

Как уже было отмечено, в строительной отрасли востребованы пески более крупного зернового состава - средние и крупные. Исходя из этого, была проанализирована возможность обогащения песков с помощью последовательного удаления мелких фракций, например, при помощи гидравлических классификаторов с горизонтальным или вертикальным потоком.

При исключении из среднестатистических значений зернового состава фракции менее 0.16 мм модуль крупности песков повышается до значений 1.78–1.87, при этом процентный выход обогащенных песков

составит около 80 % (табл. 2).

При последовательном исключении фракций меньше 0.16 мм и 0.315 мм значения модуля крупности повышаются до 2.30–2.73, что соответствует песку среднему и крупному [4]. Процент выхода обогащенного песка – около 50 % (табл. 3). Следует заметить, что при гидравлической классификации из песка полностью удаляется пылевая и глинистая фракция, соответственно, коэффициенты фильтрации таких песков становятся значительно больше 0.5 м/сут. (требования СП 34.13330.2021 «Автомобиль-

ные дороги») и полностью соответствуют требованиям для рабочего слоя автомобильных дорог, а в некоторых случаях и для аэродромного строительства. При гидравлической классификации песок становится более однородным, что весьма благоприятно для приготовления бетона и штукатурных смесей.

В природном сложении строительные пески, которые доступны для добычи открытым способом вблизи Воронежской агломерации – это, преимущественно, четвертичные аллювиальные и флювиогляциальные отложения, по своему зерновому составу - мелкие и очень мелкие.

Табл. 2. Расчет возможного обогащения песка при отмывке фракций < 0.16 мм
[Table 2. Calculation of possible enrichment of sand when washing fractions < 0.16 mm]

	Частные остатки по ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ [Private residues according to GOST 8736-2014 Sand for construction works]							Процент выхода [Output percentage]
	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	< 0.16	Mk	
Верхнеоплесточеновые аллювиальные отложения (а III) [Upper Neopleistocene alluvial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.42	1.57	9.66	34.58	30.95	22.49	1.37	
После обогащения [After enrichment]	0.54	2.04	12.51	44.80	40.10	0.00	1.78	77
Среднеоплесточеновые аллювиальные отложения (а II) [Middle Neopleistocene alluvial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.67	2.66	12.89	34.21	30.42	18.76	1.51	
После обогащения [After enrichment]	0.83	3.29	15.95	42.31	37.62	0.00	1.87	81
Нижнеоплесточеновые флювиогляциальные отложения (f I ds) [Lower Neopleistocene fluvioglacial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.24	2.16	13.19	35.2	28.71	19.85	1.49	
После обогащения [After enrichment]	0.30	2.71	16.52	44.50	35.97	0.00	1.87	80

Табл. 3. Расчет возможного обогащения песка при отмывке фракций < 0.315 мм
[Table 3. Calculation of possible enrichment of sand when washing fractions < 0.315 mm]

	Частные остатки по ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ [Private residues according to GOST 8736-2014 Sand for construction works]							Процент выхода [Output percentage]
	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	< 0.16	Mk	
Верхнеоплесточеновые аллювиальные отложения (а III) [Upper Neopleistocene alluvial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.42	1.57	9.66	34.58	30.95	22.49	1.37	
После обогащения [After enrichment]	0.91	3.40	20.89	74.80	0.00	0.00	2.30	46
Среднеоплесточеновые аллювиальные отложения (а II) [Middle Neopleistocene alluvial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.67	2.66	12.89	34.21	30.42	18.76	1.51	
После обогащения [After enrichment]	1.32	5.27	25.57	67.84	0.00	0.00	2.40	50
Нижнеоплесточеновые флювиогляциальные отложения (f I ds) [Lower Neopleistocene fluvioglacial deposits]								
Среднее по выборке [Sample average]	0.24	2.16	13.19	35.2	28.71	19.85	1.49	
После обогащения [After enrichment]	0.46	4.23	25.81	69.50	37.21	0.00	2.73	51

А есть ли близ Воронежа природные пески с более крупным зерновым составом и доступные для добычи открытым способом? Да, такие пески имеют место быть – это пески аптского яруса нижнего мела (K_{1a}). Это так называемые подглинянные пески, которые относятся к криушанской свите аптского яруса. Пески залегают под огнеупорными глинами девичьей свиты. Пески от светло-серых и темно-серых до желтовато-серых и рыжевато-бурых, разномерные, при преобладании средне- и мелкозернистых, плохо сортированные, кварцевые, с прослоями более грубозернистых песков [5]. Модуль крупности редко соответствует крупному, но в основной своей массе классифицируется как средний. Например, аптские пески, разведанные на месторождениях вблизи Воронежа, имеют следующие значения модуля крупности: Белый колодец ($M_k-1.89$), Стрелецкое ($M_k-2.05$), Песчановский ($M_k-2.05$) [6].

Эти пески доступны для разработки открытым способом на правобережье Дона, в нижних частях бортов долин рек Девица, Ведуга и Трещевка, где они перекрыты аллювиальными террасами различного уровня или делювиальными образованиями.

Заключение

В пределах Воронежской агломерации пески, доступные для разработки открытым способом, – это, преимущественно, пески верхне-среднеолейстоценовых аллювиальных и нижнеолейстоценовых флювиогляциальных отложений.

Статистический анализ, значительной по объему выборки (3254), результатов определения гранулометрического состава песков, перечисленных геологических образований, показывает относительно низкое качество исходного сырья. Основная группа песков в выборке (до 90 %) – это пески очень мелкие и мелкие, модуль крупности (M_k) от 1.0 до 2.0.

Анализ возможного обогащения песка с помощью

гидравлических классификаторов показывает, что исключение фракции менее 0.16 мм повышает модуль крупности до уровня мелких песков (1.78–1.87), при этом сохраняя высокий выход продукта ~ 80%. Последующее удаление фракций менее 0.315 мм приводит к формированию песков первого класса средней и крупной групп, с выходом обогащенного песка ~ 50 %.

Пески в природном залегании со значениями модуля крупности, соответствующего средним и крупным пескам, вблизи г. Воронеж – это отложения аптского яруса нижнего мела (K_{1a}), которые доступны для отработки открытым способом в нижних частях долин рек Девица, Ведуга, Трещевка.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карта четвертичных отложений: М-37-III (Касторное). Государственная геологическая карта Российской Федерации. Издание второе. Карта четвертичных образований. Воронежская серия, масштаб: 1:200000, серия: Воронежская. Ред. Г. В. Холмовой. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2016 г.
2. Глушков Б. В., Холмовой Г. В. Плейстоцен и голоцен Воронежской области. Труды научно-исследовательского института геологии: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. Вып. 104. 2019. 204 с.
3. ГОСТ 25.100.2020 Грунты. Классификация. М.: Стандартинформ, 2020. 37 с.
4. ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015. 7 с.
5. Савко А. Д. Геология Воронежской антеклизы. Труды научно-исследовательского института геологии: Изд-во Воронеж. гос. ун-та. Вып. 12. 2002. 165 с.
6. Нестеренко А. А. Перспективы выявления месторождений бетонных песков в пределах Воронежской агломерации. *Гидрогеологические, инженерно-геологические и геоэкологические исследования: материалы конференции*. Воронеж: «Научная книга», 2025. 55 с.

Assessment of the resource potential of construction sand deposits in the territory adjacent to the city of Voronezh

©2025 A. A. Nesterenko✉, N. A. Korabelnikov, A. A. Valyalshchikov

*Voronezh State University, 1 Universitetskaya pl.,
394018, Voronezh, Russian Federation*

Abstract

Introduction: in the territory of the Voronezh agglomeration there is a shortage of medium and coarse natural construction sands in unenriched form, which are used to prepare high-grade concrete or to fill the working base of highways. Based on the collected data, the most promising areas of the mineral in its natural form were identified, and the possibility of enriching fine and very fine sands was analyzed;

Methodology: the materials of prospecting and exploration works and engineering-geological surveys conducted by Akma-Universal LLC were used. Based on the sample (3254 samples), the fineness modulus of sands was calculated and analyzed, and graphs of its distribution for each type of deposits were constructed. In parallel, an analysis of the possibility of enriching sands to medium and large ones was conducted;

Results and discussion: construction sand is mined at deposits developing fluvioglacial and alluvial Neopleistocene deposits. For sands of these units, the probability distribution densities of MK are in the range from 1 to 2. The possibility of enriching the raw material by successive removal of small fractions has been estimated. The optimal source of unenriched sand is Aptian sands, characterized by medium and large fineness modulus, which corresponds to the required parameters without additional processing;

Conclusion: the study showed that within the Voronezh agglomeration, the sands of most of the developed deposits are characterized by low quality of raw materials - according to MK, very fine and fine. Sands that belong to the category of medium and large can be obtained by washing small fractions or using Aptian sand of the Lower Cretaceous.

Keywords: construction sand, fineness modulus, quaternary deposits.

For citation: Nesterenko A. A., Korabelnikov N. A., Valyalshchikov A. A. Assessment of the resource potential of construction sand deposits in the territory adjacent to the city of Voronezh // *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2025, no. 3, pp. 76–85. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2025/3/76–85>

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. *Karta chetvertichnykh otlozhenij: M-37-III (Kastornoe). Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Izdanie vtoroe. Karta chetvertichnykh obrazovanij. Voronezhskaja serija, masshtab: 1:200000, serija: Voronezhskaja* [Map of Quaternary deposits: M-37-III (Kastornoye). State Geological Map of the Russian Federation. Second edition. Map of Quaternary formations. Voronezh series, scale: 1:200000, series: Voronezh]. Ed. G. V. Kholmovoy, Voronezh, VSU publ., 2016. (In Russ.)
2. Glushkov B. V., Holmvoj G. V. Plejstocen i golocen Voronezhskoj oblasti [Pleistocene and Holocene of the Voronezh Region]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta Geologii* [The work of the Research Institute of Geology], Voronezh, VSU publ., vol. 104, 2019, 204 p. (In Russ.)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Anna A. Nesterenko, e-mail: nesterenko-nyura@mail.ru

3. GOST 25.100.2020 *Grunty. Klassifikacija* [GOST 25.100.2020 Soils. Classification]. Moscow, Standartinform publ., 2020, 37 p. (In Russ.)
4. GOST 8736-2014 *Pesok dlja stroitel'nyh rabot. Tehnicheskie uslovija* [GOST 8736-2014 Sand for construction works. Specifications]. - M.: Standartinform, Moscow, Standartinform publ., 2015, 37 p. (In Russ.)
5. Savko A. D. Geologija Voronezhskoj anteklizy [Geology of the Voronezh antecline]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta Geologii* [The work of the Research Institute of Geology], Voronezh, VSU publ., vol. 12, 2002, 165 p. (In Russ.)
6. Nesterenko A. A. Perspektivy vyjavlenija mestorozhdenij betonnyh peskov v predelah Voronezhskoj aglomeracii [Prospects for identifying deposits of concrete sand within the Voronezh agglomeration]. *Gidrogeologicheskie, inženerno-geologicheskie i geojekologicheskie issledovanija: materialy konferencii* [Hydrogeological, geotechnical and geoecological studies: coll. art. All-Russian scientific and practical conference]. Voronezh, Scientific Book publ., 2025, 55 p. (In Russ.)

Нестеренко Анна Алексеевна, инженер ООО «Акма-Универсал», Воронеж, Российская федерация;
e-mail: nesterenko-nyura@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2859-6686>
Корабельников Николай Анатольевич, директор ООО «Акма-Универсал»; ст. преподаватель, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская федерация;
e-mail: korabel_na@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2289-0230>
Валяльщикова Алексей Александрович, к.г.н., Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; e-mail: 770vaa@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3787-4655>
Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Anna A. Nesterenko, Eengineer of Akma-Universal LLC, Voronezh, Russian Federation; e-mail: nesterenko-nyura@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2859-6686>
Nikolay A. Korabelnikov, Director of LLC "Akma-Universal"; Senior Lecturer, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; e-mail: korabel_na@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2289-0230>
Aleksey A. Valyalshchikov, PhD in Geography, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation;
e-mail: 770vaa@mail.ru;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3787-4655>.
All authors have read and approved the final manuscript.