

## ГЕОЛОГИЯ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.062.2:624.131.232:666.5(571.621)

### НЕТРАДИЦИОННОЕ ПРИРОДНОЕ СЫРЬЁ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАРФОРА

М.В. Горюхин

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: goruhin@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0445-583X>

*Накопленные человечеством знания о строении вещества позволяют предсказывать возможные области использования отдельных видов минерального сырья или же целенаправленно подбирать сырьё и материалы для создания продукта с заданными свойствами. Данный подход позволяет подобрать замену редким или даже дефицитным видам минерального сырья для производства той или иной продукции. Посредством анализа литературных данных и источников, сравнительного анализа химического состава лёссовидных пород Среднеамурской низменности и одного из рецептов белого фарфора для изготовления лабораторной посуды установлена высокая степень их схожести, в связи с чем предлагается рассматривать лёссовидные суглинки как один из видов фарфорового камня. Вместе с тем, имеются и отличия – повышенное содержание в лёссовидном суглинке красящих оксидов:  $TiO_2$  в два раза и  $Fe_2O_3$  более чем в 10 раз; пониженное содержание  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  на 6-7%; содержание  $CaO$  и  $MgO$  в два раза выше, чем в фарфоре;  $Na_2O$  в 1,7 меньше, а  $K_2O$  в 3,4 больше, чем в фарфоре. Если оценивать лёссовидные суглинки как разновидность фарфорового камня, то по суммарному содержанию щелочей ( $Na_2O+K_2O$ ) породы щелочные (более 3%). Калиевый модуль ( $K_2O/Na_2O$ ) равен 1,54 – т.е. породы калинатровые и по данному показателю пригодны для изготовления фарфора. Таким образом, делается вывод о потенциальной применимости лёссовидных пород для использования их в качестве корректирующего сырья при производстве керамических масс, в том числе для грубой строительной керамики, цветного фарфора и фарфороподобной продукции при соответствующей корректировке химического и гранулометрического составов, вместе с тем для уточнения реализуемости предложенных вариантов использования лёссовидных пород необходимо провести дополнительные производственные и технологические испытания.*

**Ключевые слова:** лёссовидный суглинок, керамика, фарфор, Еврейская автономная область.

**Образец цитирования:** Горюхин М.В. Нетрадиционное природное сырьё для производства фарфора // Региональные проблемы. 2023. Т. 26, № 3. С. 66–71. DOI: 10.31433/2618-9593-2023-26-3-66-71.

#### Введение

В связи с истощением или исчерпанием традиционных месторождений полезных ископаемых, а также повышением внимания к экологической тематике повышается актуальность ресурсосбережения, рационального использования природных ресурсов, эффективности их использования и снижения энергозатрат. Всё более активно вовлекаются в экономический оборот имеющиеся природные ресурсы, имеющие широкое распространение, но практически не используемые [11].

Минеральное сырьё имеет множество направлений использования. Благодаря накопленным знаниям в области строения вещества и его влияния на физические свойства мы способны не только раскрывать свойства природных материалов, но и получать новые, искусственные материалы с заданными свойствами. Это создаёт условия для использования дешёвого, низкосортного минерального сырья, а также позволяет вовлекать в оборот вторичные ресурсы, в том числе образующиеся при добыче и обогащении полезных ис-

копаемых, экономя дефицитное сырьё, энергию и снижая общие затраты.

Существует несколько подходов по использованию бедного (некондиционного) минерального сырья и улучшения его химического состава и технологических свойств [3, 10, 12, 13]:

- Замена части дефицитного сырья отходами, в том числе промышленными и твёрдыми коммунальными, например, использование золы от сжигания отходов сахарного производства (багассы) для замены части исходного минерального сырья.
- Комбинирование различных видов природного некондиционного минерального сырья, модифицирование бедного сырья с помощью отходов добычи и обогащения или промышленными отходами.
- Комбинирование промышленных отходов, в том числе добычи и обогащения.

Наиболее распространённым является первый и отчасти второй способ, наименее всего последний – третий. Такие подходы позволяют полнее использовать имеющиеся ресурсную базу, применяя вместо дорогого и дефицитного сырья более доступное и дешёвое, или же полностью перейти на местное сырьё. Так, на основе низкосортного минерального сырья, в том числе отходов горнодобывающей промышленности, создаются различные строительные материалы – кирпич и керамические блоки, керамическая плитка, фарфор и фаянс хозяйственно-бытового назначения и др. [5, 10].

Подобные подходы позволяют пересмотреть отношение к широко распространённым на территории Среднеамурской низменности лёссовидным суглинкам для поиска потенциально возможных направлений их использования.

#### **Объект и методы исследований**

Среднеамурская низменность – обширная аккумулятивная равнина – протягивается в северо-восточном направлении, центральная её часть занята обширной поймой р. Амур. Площадь Среднеамурской низменности составляет около 92,3 тыс. км<sup>2</sup>. На российскую часть низменности приходится 59,7% ее площади, китайскую – 40,3%.

Низменность занимает впадину между хребтом Сихотэ-Алинь на востоке, Хингано-Буринским на северо-западе и Восточно-Маньчжурскими горами на юге. Протяжённость составляет 670 км, ширина 100–200 км. Поверхность плоская, заболоченная, с абсолютными отметками 40–80 м; местами поднимаются островные кряжи

низкогорного облика (хребет Даур, хребты Большие Чурки, Ульдура и Вандан) и конусы потухших вулканов. Низменность сложена речными, озёрными и болотными отложениями. Суммарная мощность кайнозойских отложений Среднеамурской впадины местами превышает 1500 м, из которых на долю четвертичных осадков приходится от 5 до 80, реже более 100 м, среди этих пород выделяются [2, 3, 8]:

1. Стратиграфо-генетический комплекс верхнеплейстоценовых и голоценовых аллювиальных отложений террас и пойм ( $aQ_{III+II}$ ) – комплекс распространён в долинах всех рек депрессии. Чаще всего отложения этого комплекса залегают на плиоценовых крупнообломочных породах, песках и не имеют с ними чёткой литологической границы.
2. Стратиграфо-генетический комплекс плейстоценовых эоловых отложений ( $LvQp$ ) – отложения этого комплекса занимают доминирующее положение в Среднеамурской впадине и представлены в основном глинистыми грунтами – пылеватыми суглинками и глинами. Мощность комплекса не превышает 50 м.
3. Стратиграфо-генетический комплекс плейстоценовых полигенетических отложений – ( $LnQp$ ) – формирование полигенетического комплекса связано с осаждением эоловой пыли при активном участии процессов и отложений склонового ряда (коллювиальных, делювиальных, пролювиальных, солифлюкционных, аллювиальных, элювиальных и других, в том числе парагенетических). Максимальная мощность полигенетических отложений комплекса 49 м.

Лёссы и лёссовидные суглинки как Европейской, так и азиатской части России содержат 50–70% кварца, 10–20% калий-натриевых полевых шпатов, 5–10% минералов класса карбонатов; характеризуются рядом специфических признаков: палевой, желто-палевой, буровато-палевой окраской, однородным пылевато-суглинистым гранулометрическим составом с преобладанием фракции крупной пыли (диаметром от 0,05 до 0,01 мм) [7]. Сравнительный анализ химического состава всех лёссовидных пород Среднеамурской низменности схожий и колеблется в незначительных пределах (табл.) по [3].

В работе использованы следующие методы: анализ литературных данных и источников, сравнительный анализ химического состава лёссовидных пород Среднеамурской низменности и одного из рецептов белого фарфора для изготовления ла-

## Chemical composition of the Middle Amur lowland loess-like rocks

	Эоловые деградированные лёссы (LvQp)	Полигенетические (LaQp)		Аллювиальные (aQIII-H)
		водораздельные	склоновые	
SiO <sub>2</sub>	65,2	61,8	63,5	66,6
TiO <sub>2</sub>	0,89	1,07	0,95	0,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,8	17,8	16,4	15,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,27	7,03	5,79	3,73
MgO	1,06	1,11	1,18	1,21
CaO	0,76	0,68	0,79	1,06
Na <sub>2</sub> O	1,68	0,77	1,43	2,14
K <sub>2</sub> O	2,59	2,27	2,64	2,7
K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	1,54	2,95	1,85	1,26
CaO/MgO	0,72	0,61	0,67	0,88
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,88	3,47	3,9	4,27

бораторной посуды с последующей оценкой возможного использования лёссовидных пород.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Породы комплекса эоловых отложений (LvQp) занимают доминирующее положение в Среднеамурской впадине. На лёссах и лёссовидных отложениях сформированы следующие типы почв – луговые дерново-глеевые глинистые, лугово-болотные дифференцированные суглинисто-глинистые, лесные дифференцированные суглинисто-глинистые и др., что делает их наиболее ценным видом почв для ведения сельского хозяйства. Многие из таких почвенных массивов распаханы и активно используются в сельском хозяйстве для выращивания пищевых, кормовых и технических культур [1].

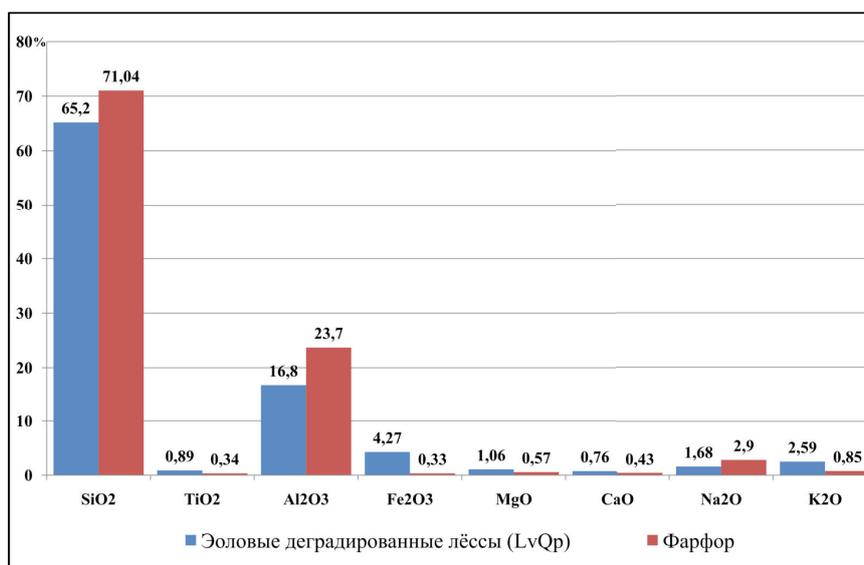
Извлекаемые при земляных работах из недр породы этого типа используются для подсыпки земельных участков, создания искусственного почвенно-растительного покрова в целях озеленения на территориях населённых пунктов.

В целом химический состав лёссовидных пород показывает высокую схожесть с химическим составом одного из рецептов белого фарфора для изготовления лабораторной посуды [6], однако имеются и некоторые отличия – повышенное содержание в лёссовидном суглинке красящих ок-

сидов: TiO<sub>2</sub> в два раза и Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> более чем в 10 раз; пониженное содержание SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> на 6–7%; содержание CaO и MgO в два раза выше, чем в фарфоре; Na<sub>2</sub>O в 1,7 меньше, а K<sub>2</sub>O в 3,4 больше, чем в фарфоре (рис). Следовательно, лёссовидные суглинки региона вполне можно рассматривать как одну из разновидностей фарфорового камня.

Фарфоровый камень – это гидротермально-изменённые, реже средние по химическому составу магматические породы: граниты, риолиты, дациты и их туфы. Тонкозернистость этих пород, низкие содержания красящих оксидов и благоприятный минеральный состав позволяют использовать их без обогащения в качестве основного или корректирующего компонента в составе фарфоровых масс [4, 9].

На территории ЕАО фарфоровое сырьё представлено проявлениями Малый Хинган и Бомбинское. Первое находится на территории Облученского района ЕАО в осевой части массива Малый Хинган и представлено вулканогенными породами кислого состава мелового возраста. Породы характеризуются малым содержанием красящих окислов. Второе расположено на территории Биробиджанского района, в 50 км южнее г. Биробиджана и представлено вторичными кварцитами с содержанием кварца до 70% и каолинита до 25–35% [4].



*Рис. Сравнительный химический состав лёссовых пород и фарфора*

*Fig. Comparative chemical composition of loess rocks and porcelain*

Если оценивать лёссовидные суглинки как разновидность «фарфорового камня», то по суммарному содержанию щелочей ( $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ ) породы щелочные (более 3%). Калиевый модуль ( $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ ) равен 1,54 – т.е. породы калинатровые и по данному показателю пригодны для изготовления фарфора (табл.) [9].

Исходя из особенностей химического состава широко распространённых эоловых отложений (LvQp) предлагаем рассмотреть следующие, потенциально возможные направления их использования:

- В качестве основного компонента и отощающей добавки для керамических масс, в том числе для изготовления грубой строительной керамики (кирпич, керамические блоки и др.).
- Как основа фарфоровых масс для производства технических, художественных и сувенирных изделий.

#### **Заключение**

Таким образом, сравнительный анализ химического состава лёссовидных суглинков и фарфора позволяет сделать вывод о потенциальной возможности изготовления на основе широко распространённых лёссовидных пород региона цветного фарфора и фарфороподобной-продукции, а также в качестве отощающей добавки керамических масс, в том числе для изготовления грубой строительной керамики. Вместе с тем для уточнения реализуемости предложенных вариантов

использования лёссовидных пород необходимо провести дополнительные производственные и технологические испытания.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. География Еврейской автономной области: общий обзор / отв. ред. Е.Я. Фрисман. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. 408 с.
2. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 2 Природные ресурсы и региональное природопользование. Владивосток: Дальнаука, 2010. 560 с.
3. Иволгин А.Я. Составление инженерно-геологической карты Средне-Амурской впадины в масштабе 1:500 000: отчет. Кн. 2. Хабаровск, 2000. 167 с.
4. Месторождения неметаллических полезных ископаемых Еврейской автономной области: справочник / А.А. Врублевский, А.А. Кузин, Б.О. Иванюк, М.Б. Иванюк. Хабаровск; Биробиджан: Приамурское географическое общество, 2000. 208 с.
5. Оборина М.А. Использование волластонита и диопсидита южного Прибайкалья в массах хозяйственного фарфора и фаянса: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Томск, 1998. 19 с.
6. Правдин П.В. Лабораторные приборы и оборудование из стекла и фарфора: справ. изд. М.: Химия, 1988. 164 с.
7. Самойлова Е.М. Почвообразующие породы. М.: МГУ, 1991. 176 с.

8. Словарь современных географических названий / под ред. В.М. Котлякова. Екатеринбург: У-Фактория, 2006. 832 с.
9. Урал – новая геологическая провинция фарфорового камня: препринт. Свердловск: УИЦ АН СССР, 1987. 56 с.
10. Faria K.C.P., Holanda J.N.F. Incorporation of sugarcane bagasse ash waste as an alternative raw material for red ceramic // *Cerâmica*. 2013. N 59. P. 473–480.
11. Junkes J.A., Prates P.B., Hotza D., Segadães A.M. Combining mineral and clay-based wastes to produce porcelain-like ceramics: An exploratory study // *Applied Clay Science*. 2012. N 69. P. 50–57.
12. Peter W. Scott, John M. Eyre, David J. Harrison and Andrew J. Bloodworth Markets for industrial mineral products from mining waste // *Geological Society, London, Special Publications*. 2005. N 250. P. 47–59.
13. Siddiqui A.R., Pal M., Bhattacharya D., Das S.K. Iron and steel slag: an alternative source of raw materials for porcelain ceramics // *Global NEST Journal*. 2014. Vol. 16, N 4. P. 587–596.
14. Swapan Kumar Das, Jiten Ghosh, Ashok Kumar Mandal, Nar Singh, Surajit Gupta Iron Ore Tailoring: A Waste Material used in Ceramic Tile Compositions as Alternative Source of Raw Materials // *Transactions of the Indian ceramic society*. 2012. Vol. 71, N 1. P. 21–24.
5. Oborina M.A. The use of wollastonite and diopside of the Southern Baikal region in the masses of household porcelain and faience. Extended Abstract of Cand. Sci. (technical) Dissertation. Tomsk, 1998. 19 p. (In Russ.).
6. Pravdin P.V. *Laboratornye pribory i oborudovanie iz stekla i farfora: sprav. izd.* (Laboratory devices and equipment made of glass and porcelain: reference edition). Moscow: Khimiya Publ., 1988. 164 p. (In Russ.).
7. Samoylova E.M. *Pochvoobrazuyushchie porody* (Soil-forming rocks). Moscow: MSU, 1991. 176 p. (In Russ.).
8. *Slovar' sovremennykh geograficheskikh nazvaniy* (Dictionary of modern geographical names), V.M. Kotlyakov Ed. Yekaterinburg: U-Factoriya Publ., 2006. 832 p. (In Russ.).
9. *Ural – novaya geologicheskaya provintsiya farforovogo kamnya: preprint* (Ural – a new geological province of porcelain stone: preprint). Sverdlovsk: USC of the USSR Academy of Sciences, 1987. 56 p. (In Russ.).
10. Faria K.C.P., Holanda J.N.F. Incorporation of sugarcane bagasse ash waste as an alternative raw material for red ceramic. *Cerâmica*, 2013, no. 59, pp. 473–480.
11. Junkes J.A., Prates P.B., Hotza D., Segadães A.M. Combining mineral and clay-based wastes to produce porcelain-like ceramics: An exploratory study. *Applied Clay Science*, 2012, no. 69, pp. 50–57.
12. Peter W. Scott, John M. Eyre, David J. Harrison and Andrew J. Bloodworth Markets for industrial mineral products from mining waste. *Geological Society, London, Special Publications*, 2005, no. 250, pp. 47–59.
13. Siddiqui A.R., Pal M., Bhattacharya D., Das S.K. Iron and steel slag: an alternative source of raw materials for porcelain ceramics. *Global NEST Journal*, 2014, vol. 16, no. 4, pp. 587–596.
14. Swapan Kumar Das, Jiten Ghosh, Ashok Kumar Mandal, Nar Singh, Surajit Gupta Iron Ore Tailoring: A Waste Material used in Ceramic Tile Compositions as Alternative Source of Raw Materials. *Transactions of the Indian ceramic society*, 2012, vol. 71, no. 1, pp. 21–24.

REFERENCES:

1. *Geografiya Evreiskoi avtonomnoi oblasti: obshchii obzor* (Geography of the Jewish Autonomous Region: a general overview), E.Ya. Frisman Ed. Birobidzhan: ICARP FEB RAS, 2018. 408 p. (In Russ.).
2. *Geosistemy Dal'nego Vostoka Rossii na rubezhe XX–XXI vekov. T. 2 Prirodnye resursy i regional'noe prirodopol'zovanie* (Geosystems of the Russian Far East at the turn of the XX–XXI centuries. Vol. 2 Natural resources and regional environmental management). Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2010. 560 p. (In Russ.).
3. Ivolgin A.Ya. *Drawing up an engineering-geological map of the Middle Amur depression on a scale of 1:500 000: report. Book 2*. Khabarovsk, 2000. 167 p.
4. *Mestorozhdeniya nemetallicheskih poleznykh iskopaemykh Evreiskoi avtonomnoi oblasti: spravochnik* (Deposits of non-metallic minerals

## NON-TRADITIONAL NATURAL RAW MATERIALS FOR THE MANUFACTURE OF PORCELAIN

M.V. Goryukhin

*The accumulated knowledge about the structure of a substance makes it possible to control its properties, including the purposeful selection of raw materials and materials for its creation, and vice versa, based on the natural or artificial material composition, predict its physical and chemical properties. This approach allows choosing a replacement for rare or even scarce types of mineral raw materials to produce a particular product. The analysis of literature data and sources, a comparative analysis of the Middle Amur Lowland loess-like rocks chemical composition, and one of the white porcelain recipes for the manufacture of laboratory glassware showed a high degree of their similarity. In this connection, it is proposed to consider loess-like loams as one of the porcelain stone types. At the same time, there are some differences – an increased content of coloring oxides in loess-like loam:  $TiO_2$  twice and  $Fe_2O_3$  more than 10 times; reduced content of  $SiO_2$  and  $Al_2O_3$  by 6–7%; the content of  $CaO$  and  $MgO$  is twice as high as in porcelain;  $Na_2O$  is 1,7 less, and  $K_2O$  is 3.4 more than in porcelain. Evaluating loess-like loams as a kind of porcelain stone, we can conclude that the rocks are alkaline according to the total content of alkalis ( $Na_2O + K_2O$ ) - more than 3%. Potassium module ( $K_2O/Na_2O$ ) is 1,54 – i.e. the rocks are suitable for the manufacture of porcelain. Thus, loess-like rocks are potentially applicable to use them as a corrective raw material in the production of ceramic masses, including coarse building ceramics, colored porcelain and porcelain-like products, with appropriate adjustment of chemical and granulometric compositions. At the same time, in order to clarify the proposed loess-like rocks options feasibility, it is necessary to conduct additional manufacture and technological tests.*

**Keywords:** loess-like loam, ceramics, porcelain, Jewish Autonomous Region.

**Reference:** Goryukhin M.V. Non-traditional natural raw materials for the manufacture of porcelain products. *Regional'nye problemy*, 2023, vol. 26, no. 3, pp. 66–71. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2023-26-3-66-71.

*Поступила в редакцию 27.04.2023*

*Принята к публикации 19.09.2023*