УДК 691.3
DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-822-3-37-40

С.М. АКБЕРОВА, канд. техн. наук (sev10@rambler.ru)
Азербайджанский архитектурно-строительный университет (AZ 1073, г. Баку, ул. Айны Султановой, 11)

Физико-химические методы исследований материалов для производства бетона и железобетона

В современном строительстве для монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений используют практически только цементные бетоны, приготовленные, как правило, на природных каменных заполнителях из плотных горных пород. Одним из широко распространенных и относительно дешевых местных материалов, используемых для изготовления бетона, является песчано-гравийная смесь. Рассматривается вопрос использования местных материалов Азербайджана для получения бетона и железобетона. Приведены свойства фонолита (Ярдымлинский р-н), латита (Лерикский р-н), магнетита (Дашкесанский р-н) и алунита (Дашкесанский р-н) для производства бетона и железобетона.

Ключевые слова: дифракционный спектр, кристаллическая структура, минерал, дифракционные пики, бетон, заполнитель, фонолит, ларит, магнетит, алунит.

Для цитирования: Акберова С.М. Физико-химические методы исследований материалов для производства бетона и железобетона // *Строительные материалы.* 2024. № 3. С. 37–40. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-822-3-37-40

S.M. AKBEROVA, Candidate of Sciences (Engineering) (sev10@rambler.ru)
Azerbaijan University of Architecture and Construction (11 Ayna Sultanova Street, Baku, 1073, AZ)

Physico-Chemical Methods for Studying Materials for the Production of Concrete and Reinforced Concrete

In modern construction, almost only cement concretes are used for monolithic concrete and reinforced concrete structures and facilities, prepared, as a rule, on natural stone aggregates from dense rocks. One of the widespread and relatively cheap local materials used for the manufacture of concrete is a sand-gravel mixture. The issue of using local materials of Azerbaijan to produce concrete and reinforced concrete is being considered. The properties of monolith (Yardymli district), latite (Lerik district), magnetite (Dashkesan district) and alunite (Dashkesan district) for the production of concrete and reinforced concrete are given.

Keywords: diffraction spectrum, crystal structure, mineral, diffraction peaks, concrete, filler, phonolite, larite, magnetite, alunite.

For citation: Akberova S.M. Physico-chemical methods for studying materials for the production of concrete and reinforced concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2024. No. 3, pp. 37–40. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2024-822-3-37-40

Бетон и железобетон, особенно монолитный, пригодны для возведения качественного и долговечного индивидуального жилья как в городских, так и в сельских условиях. При этом для их изготовления можно использовать местные материалы и отходы производства [1, 2]. При производстве бетонных и железобетонных конструкций большое значение имеет обеспечение количества и качества заполнителей [3]. Низкое качество заполнителей требует перерасхода цемента для обеспечения заданной прочности бетона [4]. Известно, что качественная характеристика строительных материалов зависит не только от их химического и минералогического состава, но и от структуры: количественного содержания отдельных компонентов, величины межфазной поверхности, дисперсности частиц в объеме и на плоскости, однородности и характера их распределения, формы частиц [5]. Общими предпосылками к широкому использованию бетона являются практически неисчерпаемые запасы исходных материалов для вяжущих и заполнителей, экологическая рациональность использования в качестве сырья для цемента и заполнителей отходов промышленности, сравнительная простота технологии изготовления и т. д. Научно-технический прогресс в строительстве обусловливает постоянное совершенствование выпускаемых, разработку и внедрение новых, более эффективных бетонных и железобетонных изделий [6–7]. В современном строительстве для монолитных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений используют практически только цементные бетоны, приготовленные, как правило, на природных каменных заполнителях из плотных горных пород [5].

Методы исследований

Исследованы свойства местных материалов Азербайджана для производства бетона и железобетона. Фазовый анализ проводили методом РФА на рентгеновском дифрактометре D8ADVANCE (Bruker). Для проведения рентгеноструктурных исследований из этих монокристаллов были приготовлены порошковые образцы для анализа методом РФА со следующими параметрами: 40 кВ, 40 мА, Cu Kα-излучение (λ = 1,5406 Å) [8–10].

Результаты исследований

Рентгеновские дифракционные спектры, характеризующие кристаллическую структуру магнетита, взятого с территории Дашкесанского района (Дашкесанское железорудное месторождение), при-

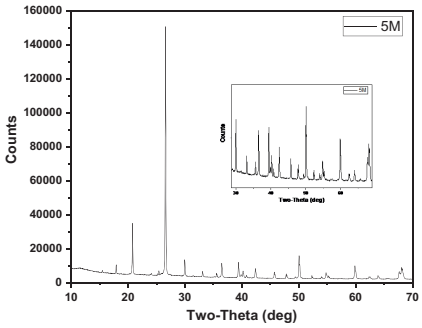

Рис. 1. Кристаллическая структура магнетита, взятого с территории Дашкесанского р-на

Fig. 1. The crystal structure of magnetite taken from the territory of Dashkasan district (Dashkasansky)

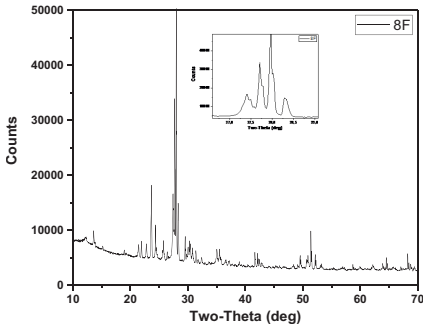

Рис. 2. Кристаллическая структура фонолита, взятого из Ярдымлинского р-на

Fig.2. The crystal structure of the phonolite taken from the Yardymli district

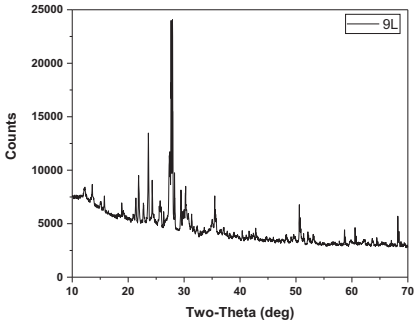

Рис. 3. Кристаллическая структура латита из Лерикского р-на

Fig. 3. The crystal structure of latite from the Lerik region

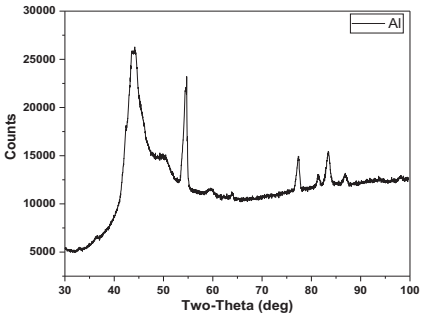

Рис. 4. Дифракционный спектр минерала алунита

Fig. 4. Diffraction spectrum of the alunite mineral

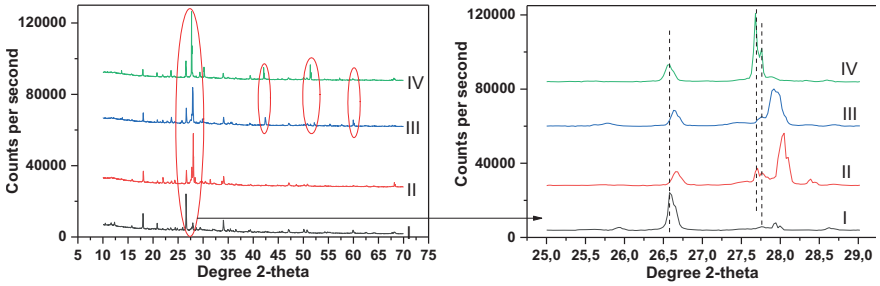

Рис. 5. Спектр дифракции, полученный от смеси магнетита, песка, цемента и воды

Fig. 5. Diffraction spectrum obtained from a mixture of magnetite, sand, cement and water

ведены на рис. 1. Из спектров дифракции было получено, что кристаллическая структура соединения магнетита имеет симметрию пространственной группы Fd3m(F41/d32/m), что соответствует результатам предыдущих исследований [11]. Известно, что при современных молекулярно-динамических методах расчета процент оксидов, присутствующих в кристаллической структуре магнетита, изменяется следующим образом: FeO – 31,03%; Fe_2O_3 – 68,97%; Fe – 72,36%; O – 27,64%. В отличие от теоретических расчетов в представленной на рисунке кристаллической структуре магнетита можно обнаружить следы оксидов Al, Ni, Mg, Si, Ti, Zn, Cr, V и других элементов.

В ряде научных исследований отмечается, что механизм образования титана и других компонентов в магнетите зависит от внешних факторов, особенно от температуры [12]. Раннемагматические магнетики характеризуются высоким содержанием хрома. По сравнению с рудными магнитами и ранними магнитами наблюдаются более высокие концентрации хрома и ванадия. Из полученных дифракционных спектров следует, что с увеличением концентрации оксидов хрома, титана и ванадия фон спектров меняется (в диапазоне $2\theta=30–70^{o}$ в дифракционных спектрах). Все перечисленные факторы соответствуют наблюдению пиков слабой интенсивности в дифракционном спектре кристаллической структуры. Помимо того, что это необычная порода, фонолит различается по промежуточному химическому составу от кислот до оксидов (смесь мелкозернистого и крупнозернистого). Нередко в научной литературе за его эквивалент принимается сиенит. Название «фонолит» происходит от древнегреческого слова, означающего «звучащий камень», и имеет широкий спектр применения. На рис. 2 показан спектр кристаллической рентгеновской дифракции минерала фонолита (в районе с. Чаюзю Ярдымлинского р-на). Известно, что он состоит из разного количества оксидов элементов Na и K (N_xO/K_xO=2–2,6). При этом выявлено изменение оксида SiO_2 в пределах 47–52,5%, наличие внутренней кристаллизации в виде AlSiOx.

Следы перечисленных выше минералов и оксидов обнаруживаются в пиках, отмеченных мелкими ступеньками в данном дифракционном спектре. Показано сравнение фона всех полученных спектров, и оно согласуется с пиками, характеризующими силикаты в научной литературе [13–16]. Основной состав латитов состоит из плагиоклаза, моноклинного пироксена, калиево-натриевого полевого шпата, редких амфиболов, биотита, минералов оливина. Существуют различные пропорции вулканизированного стекла в стеклянных разновидностях. В некоторых источниках упоминаются небольшие количества минералов, таких как магнетит, апатит и в основном орторомбический пироксен, кварц и минералы титанита. На рис. 3 представлен спектр рентгеновской дифракции кристаллов минерала латитов (в районе поселка Нейсли Лерикского р-на), взятых с территории Лерикского р-на.

Для латитов характерен широкий диапазон распределения состава вмещающих породообразующих оксидов. Среди латитов по соотношению Na_2O/K_2O наблюдается только калиево-натриевый ряд Na_2O/K_2O=0,4–4. В спектрах рентгеновской дифракции максимумы, не принадлежащие минералу латиту, наблюдались в интервале 2θ=20–40°. В результате анализа установлено, что эти максимумы соответствуют пикам минералов SiO_2 и $AlSiO_2$.

На рис. 4 представлен дифракционный спектр минерала алунита. Алунитовые руды наиболее широко используются для алюминиевой промышленности и представляют большой интерес в строительной технологии. Поскольку в их состав входят оксид алюминия, сернистый ангидрид и щелочи, возможна и комплексная переработка алунитов с извлечением из них всех полезных компонентов. Минералогически алунит в основном представляет собой сульфат алюминия и калия ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al(OH)_6$), который также может содержать натрий. Алуниты образовались под влиянием природных сульфатных вод на силикаты. Азербайджан является одной из стран, где больше всего добываются алунитовые минералы.

В дифракционных спектрах наблюдали алюминий, сульфат калия, оксид алюминия, ангидрид серы и щелочь. На рис. 5 показаны дифракционные спектры бетонных образцов. Спектр I – бетонные образцы на основе магнетита, песка, цемента и воды; в спектре II бетон на основе латита, песка, цемента и воды; в спектре III образец на основе фонолита, песка, цемента и воды, а спектр IV получен из смеси обычного гравия, песка, цемента и воды.

В дифракционных спектрах составов смеси не наблюдаются дифракционные пики, соответствующие гидроксильным группам. В нормальных условиях и при комнатной температуре определены значения параметров решетки соединений: a=5.6930(2) Å и c=14.151(4) Å. При анализе параметров решетки структурного фазового перехода не произошло, наблюдалось только увеличение значений параметров решетки. Из спектров дифракции видно, что, несмотря на наличие новых добавок, значения параметров решетки увеличиваются с большей скоростью, после определенных значений скорость увеличения значений параметров решетки стабилизируется. Было обнаружено, что это вызывает уширение пиков и образование фона. В рентгенодифракционных спектрах процент аморфизации определяли методом полного интеграла площади фона. Из полученных результатов следует, что кристаллы полностью не аморфизировались и сохранилось 39% кристаллической структуры.

Заключение

Представлен фазово-структурный анализ фонолита (Ярдымлинский р-н), латита (Лерикский р-н), магнетита (Дашкесанский р-н) и алунита (Дашкесанский р-н) – материалов, отобранных для производства бетона и железобетона из различных регионов Азербайджана. Установлено, что кристаллическая структура магнетита, взятого с территории Дашкесанского р-на, формируется в гексагональной фазе в пространственной группе симметрии Fd3m(F41m), а процентное содержание свободного железа и оксидов в кристаллической структуре магнетита составляет FeO – 31,03%; Fe_2O_3 – 68,97%; Fe – 72,36%; O – 27,64%. Структурный анализ минерала фонолита, добытого в Ярдымлинском р-не, показывает, что основная часть минерала состоит из оксидов Na и K (N_xO/K_xO=2–2,6). В одной и той же кристаллической структуре обнаружена фаза $AlSiO_x$ и кристаллизованные центры (47–52,5%) SiO_2. Соотношение Na_2O/K_2O в кристаллической структуре латитов колеблется в пределах Na_2O/K_2O=0,4–4, в отличие от минерала фонолита. Хотя алунитовые руды широко используются в алюминиевой промышленности, структурный анализ определил наличие в минерале оксида алюминия, диоксида серы и щелочных оксидов ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al(OH)_6$). Поэтому его можно использовать в качестве компонента для производства бетона и железобетона. Сравнительный анализ структурного анализа показывает, что выделенные полезные ископаемые имеют высокую перспективность для производства бетона и железобетона.

Список литературы / References

1. Сапачева Л.В. Актуальные проблемы строительного материаловедения и пути их решения // *Строительные материалы*. 2019. № 1. С. 83–85. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-83-85
1. Sapacheva L.V. Actual problems of construction materials science and ways to solve them. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 1, pp. 83–85. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-767-1-2-83-85
2. Толыпина Н.М. К вопросу о взаимодействии цементной матрицы с заполнителями // *Современные наукоемкие технологии*. 2016. № 6. С. 81–85.
2. Tolypina N.M. On the interaction of the cement matrix with aggregates. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2016. No. 6, pp. 81–85. (In Russian).
3. Фишер Х.Б., Второв Б.Б., Бурьянов А.Ф. Исследование влияния многокомпонентных активаторов твердения на свойства природного ангидрита // *Строительные материалы*. 2023. № 1. С. 63–68. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-810-1-2-63-68
3. Fisher H.B., Vtorov B.B., Buryanov A.F. Study of the influence of multicomponent hardening activators on the properties of natural anhydrite. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2023. No. 1, pp. 63–68. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2023-810-1-2-63-68
4. Строкова В.В. Малые архитектурные формы: состав и свойства бетона для их изготовления // *Вестник*

Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 8–31.
4. Strokova V.V. Small architectural forms: composition and properties of concrete for their manufacture. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova*. 2021. No. 11, pp. 8–31. (In Russian).
5. Акберова С.М., Гахраманов С.Г., Курбанова Р.А. Самоуплотняющийся бетон на основе материалов Азербайджана // *Строительные материалы*. 2022. № 7. С. 10–15. DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-804-7-10-15
5. Akberova S.M., Gakhramanov S.G., Kurbanova R.A. Self-sealing concrete based on Azerbaijani materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2022. No. 7, pp. 10–15. (In Russian). DOI: https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-804-7-10-15
6. Mirzayev M.N., Donkov A.A., Popov E.A., Demir E., Jabarov S.H., Chkhartishvili L.S., Adeojo S.A., Doroshkevich A.S., Sidorin A.A., Asadov A.G., Thabethe T.T., Khandaker M.U., Alamri S., Osman H., Trukhanov A.V., Trukhanov S.V. Modeling and X-ray analysis of defect nanoclusters formation in B_4C under ion irradiation. *Nanomaterials*. 2022. No. 12 (15), pp. 2644. https://doi.org/10.3390/nano12152644
7. Ablay G.J., Carroll M.R., Palmer, M.R., Marti J., Sparks, R.S.J. Basanite-phonolite lineages of the teide-pico viejo volcanic complex. *Journal of Petrology*. 1998. No. 39, pp. 905–909. https://doi.org/10.1093/petroj/39.5.905
8. Mirzayev M.N., Mehdiyeva R.N., Melikova S.Z., Jabarov S.H., Thabethe T.T., Biira S., Kurbanov M.A., Tiep N.V. Formation of color centers and concentration of defects in boron carbide irradiated at low gamma radiation doses. *Journal of the Korean Physical Society*. 2019. No. 74 (4), pp. 363–367. DOI: 10.3938/jkps.74.363
9. Asgerov E.B., Ismailov D.I., Mehdiyeva R.N., Jabarov S.H., Mirzayev M.N., Kerimova E.M., Dang N.T. Differential-Thermal and X-Ray Analysis of $TlFeS_2$ and $TlFeSe_2$ Chalcogenides. *Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. 2018. No. 12 (4), pp. 688–691. DOI: 10.1134/S1027451018040043
10. Mirzayev M.N. Simultaneous measurements of heat flow rate and thermal properties of nano boron trioxide under neutron irradiation at the low and high temperature. *Vacuum*. 2020. No. 173, pp. 109–162. https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2019.10916
11. Demir E., Gledenov Y.M., Tuğrul A.B., Mirzayev M.N., Islamov A.Kh., Turchenko V.A., Yılmaz O., Büyük B., Sansarbayar E., Öveçoğlu M.L. Structural and morphological studies under small-angle neutron scattering of tungsten alloys. *Moscow University Physics Bulletin*. 2019. No. 74, pp. 509–513. https://doi.org/10.3103/S0027134919050059
12. Ferdinando B., Cristian B., Marco P. Nomenclature and classification of the spinel supergroup. *European Journal of Mineralogy*. 2019. No. 31 (1), pp. 183–192. https://doi.org/10.1127/ejm/2019/0031-2788
13. Azimova S.R., Abdullayev N.M., Aliyev Y.I., Mirzayev M.N., Skuratov V.A., Mutali A.K., Jabarov S.H. Study on the thermodynamic behavior of Sb-Te binary systems with swift heavy-ions irradiation at the high temperatures. *Journal of the Korean Physical Society*. 2020. No. 77, pp. 240–246. https://doi.org/10.3938/jkps.77.240
14. Hashimov R.F., Mikailzade F.A., Trukhanov S.V., Lyadov N.M., Vakhitov I.R., Trukhanov A.V., Mirzayev M.N. Structure and thermal analysis of $Ba_{0.5}La_{0.5}MnO_3$ polycrystalline powder. *International Journal of Modern Physics B*. 2019. No. 33 (22), pp. 1950244. DOI: 10.1142/S0217979219502448
15. Belichko D.R., Konstantinova T.E., Volkova G.K., Mirzayev M.N., Maletsky A.V., Burkhovetskiy V.V., Doroskevich A.S., Mita C., Mardare D.M., Janiska B., Nabiyev A.A., Lyubchyk A.I., Tatarinova A.A., Popov E. Effects of YSZ ceramics doping with silica and alumina on its structure and properties. *Materials Chemistry and Physics*. 2022. No. 287, pp. 126237. https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2022.126237