

**ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ/GEOLOGY,
PROSPECTING AND EXPLORATION OF SOLID MINERALS, MINERALOGY**

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70>

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ НОВОМОСКОВСКОГО ГИПСОВОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ: РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ И ХАРАКТЕРА ИЗОПАХИТ**

Научная статья

Чемоданов Д.Ю.^{1,*}, Бугина В.М.²

¹ ORCID : 0009-0008-1824-3656;

² ORCID : 0000-0001-6492-6628;

^{1,2} Российский университет дружбы народов имени Патрика Лумумбы, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (1142240250[at]pfur.ru)

Аннотация

В статье представлены результаты комплексного исследования геохимических и структурных особенностей Новомосковского гипсового месторождения, имеющего важное промышленное значение для гипсовой промышленности России. Актуальность работы обусловлена растущим спросом на гипсовое сырье в условиях развития строительной отрасли и необходимостью оптимизации разработки существующих месторождений.

Целью исследования является реконструкция условий формирования месторождения на основе анализа распределения примесей и мощностей гипсовой толщи. В работе использованы данные многолетних геологоразведочных работ, включающие результаты изучения 174 скважин и 1821 пробы.

В ходе исследования установлено, что месторождение сформировалось в условиях мелководного морского бассейна фаменского возраста. Выделены три основные фацальные зоны: центральная с относительно спокойной гидродинамической обстановкой (накопление чистого гипса), восточная мелководная (примеси глинистого материала) и западная с более активным привносом терригенного материала.

Проведен анализ распределения основных компонентов: SiO₂, Al₂O₃, MgO, SO₃ и CaSO₄·2H₂O, выявлены закономерности их пространственного распределения. Установлена тесная связь между геохимическими аномалиями и палеорельефом дна бассейна. Определены критерии фацальной зональности, позволяющие прогнозировать качество сырья.

Практическая значимость работы заключается в разработке критериев оценки качества гипса и выявлении перспективных участков для промышленной разработки. Полученные результаты могут быть использованы при поиске новых месторождений гипса в аналогичных геологических условиях.

Ключевые слова: месторождение гипса, геохимические аномалии, фацальная зональность, палеорельеф, седиментация, гипсовая промышленность, геологоразведка.

**GEOCHEMICAL AND STRUCTURAL TRAITS OF THE NOVOMOSKOVSKOE GYPSUM DEPOSIT:
RECONSTRUCTION OF DEVELOPMENT CONDITIONS BASED ON ANALYSIS OF IMPURITY
DISTRIBUTION AND ISOPACH CHARACTERISTICS**

Research article

Chemodanov D.Y.^{1,*}, Bugina V.M.²

¹ ORCID : 0009-0008-1824-3656;

² ORCID : 0000-0001-6492-6628;

^{1,2} Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (1142240250[at]pfur.ru)

Abstract

The article presents the results of a complex study of the geochemical and structural features of the Novomoskovskoe gypsum deposit, which is of significant industrial importance for the Russian gypsum industry. The relevance of this work is due to the growing demand for gypsum raw materials in the context of the development of the construction industry and the necessity to optimize the development of existing deposits.

The aim of the study is to reconstruct the conditions of the deposit development based on the analysis of the distribution of impurities and the thickness of the gypsum layer. The research uses data from many years of geological exploration, including the results of studies of 174 wells and 1,821 samples.

The study established that the deposit was formed in the conditions of a Famennian Age shallow sea basin. Three main facies zones were identified: the central zone with a relatively calm hydrodynamic environment (accumulation of pure gypsum), the eastern shallow-water zone (impurities of clayey material) and the western zone with a more active influx of terrigenous material.

An analysis of the distribution of the main components: SiO₂, Al₂O₃, MgO, SO₃ and CaSO₄·2H₂O was carried out, and patterns in their spatial distribution were identified. A close relationship between geochemical anomalies and the paleorelief of the basin floor was established. Criteria for facies zoning were defined, allowing the quality of raw materials to be predicted.

The practical significance of the work lies in the development of criteria for assessing the quality of gypsum and identifying promising areas for industrial development. The obtained results can be used in the search for new gypsum deposits in similar geological conditions.

Keywords: gypsum deposit, geochemical anomalies, facies zoning, palaeorelief, sedimentation, gypsum industry, geological exploration.

Введение

Гипс как стратегически важный минерально-сырьевой ресурс занимает ключевое место в современной промышленности благодаря своей универсальности, экологической безопасности и низкой себестоимости добычи. Гипс — дигидрат сульфата кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, — типичный осадочный минерал, самый распространенный кристаллогидрат из природных сульфатов, который широко используется в строительстве, цементной, фармакологической промышленности. Огнестойкость является важным преимуществом при использовании гипса в строительстве зданий, так как является противопожарным конструкционным материалом [9, С. 119]. Рост спроса на экологичные материалы уже сегодня формирует новые вызовы: по прогнозам Ассоциации производителей гипса, к 2030 году потребление гипсокартона в России достигнет 320 млн м²/год, что требует увеличения добычи сырья на 25–30%.

Россия имеет значительные объемы сырья (примерно половину мировых запасов), часть месторождений которого находится пока в неразработанном виде. Объем добычи может стимулироваться:

- внутренним потреблением, которое зависит от строительной отрасли, и которое на 99% обеспечено собственной добычей;

- внешним потреблением, которое зависит от импортно-экспортной политики.

Основным потребителем гипса является строительная отрасль. С начала пандемии в РФ увеличился запрос на строительные материалы. На протяжении последних трех лет в России наблюдается как спад, так и подъем производства гипса. В 2021 году в России было произведено 10 941,2 тыс. т гипса, что на 12,6% больше объема производства предыдущего года. Экспорт гипса из России на мировой рынок имеет потенциал к росту, при этом основными регионами экспорта выступают страны ближнего зарубежья. Преимущественные положительные моменты роста, прежде всего, связаны с более привлекательной стоимостью оценкой емкости мирового рынка гипса [11, С. 31].

Особую остроту проблеме придаёт географическая неравномерность распределения гипсонасных бассейнов. Более 80% разведанных запасов сосредоточено в Европейской части России, где Новомосковское месторождение исторически играет роль ключевого поставщика высокосортного гипса (содержание $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > 85\%$). В Тульской области, где расположен данный объект, гипсовая промышленность обеспечивает до 15% налоговых поступлений в региональный бюджет, подчеркивая её социально-экономическую значимость. Однако интенсивная разработка месторождения, ведущаяся с середины XX века, требует не только доразведки глубоких горизонтов, но и разработки новых прогнозно-поисковых критериев для выявления аналогичных объектов в пределах Тульско-Рязанского гипсонасного бассейна.

По условиям образования выделяют несколько основных типов месторождений гипса: осадочные, метасоматические и выветривания. Широкое признание объяснения происхождения осадочных месторождений получила эвапоритовая теория, согласно которой гипсоангидритовые толщи образовались в результате испарения вод внутриконтинентальных морских бассейнов, бессточных морских лагун или заливов, богатых сульфатными солями [4, С. 4].

Новомосковское гипсовое месторождение, приуроченное к кудеяровским слоям верхнего девона, исследуется с целью реконструкции палеоусловий его формирования через интеграцию геохимических и структурных данных. Впервые проведён комплексный анализ пространственного распределения примесей (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO) и нерастворимого остатка, выявивший зональность гипсообразования. Установлено, что содержания SiO_2 ($> 4.5\%$) и Al_2O_3 (до 1,5%) в западной части месторождения маркируют прибрежную зону палеобассейна с активным привносом обломочного материала, тогда как в восточной части прослеживается зона мелководья — гипс с примесью глинистого материала (SiO_2 до 6%, Al_2O_3 до 4,5%), мощности снижаются до 10–15 м, что связано с участками размыва упинского, малевского и верхней части озерско-хованского горизонта [5, С. 130]. Минимальные значения нерастворимого остатка (менее 2%) в центральном секторе соответствуют зоне накопления химически чистого гипса. Карты изопахит позволили уточнить стратиграфическую модель: максимальная мощность гипса (23–28 м) приурочена к синклинальным прогибам Урванского участка. Выявлена корреляция между геохимическими аномалиями и палеорельефом: например, утонение пластов на востоке совпадает с ростом SiO_2 и связано с поднятием кристаллического фундамента.

Инновационным аспектом работы является интеграция традиционных методов геологоразведки с геохимическим моделированием, что позволяет реконструировать палеообстановки формирования гипсонасных толщ и прогнозировать зоны с максимальной концентрацией сырья. Полученные данные особенно актуальны в свете ужесточения экологических стандартов: локализация залежей с минимальным содержанием токсичных примесей (например, тяжёлых металлов в глинистых прослоях) напрямую влияет на рентабельность и безопасность добычи.

Научная новизна работы заключается в установлении критерии фациальной зональности и доказательстве тектонического контроля накопления гипса, что расширяет понимание седиментации верхнедевонских эвапоритов Восточно-Европейской платформы. Практическая значимость результатов связана с оптимизацией разведки: выделение зон с минимальным нерастворимым остатком позволяет прогнозировать участки высококачественного гипса, а модель тектонических прогибов — локализовать перспективные площади.

Таким образом, изучение геологических факторов формирования Новомосковского месторождения не только способствует решению фундаментальных вопросов литогенеза эвапоритов, но и создаёт научную основу для устойчивого развития гипсовой отрасли в условиях исчерпания легкодоступных ресурсов.

Геологическая характеристика месторождения

Новомосковское гипсовое месторождение, расположенное в Тульской области, является уникальным объектом для изучения эвапоритовых формаций Восточно-Европейской платформы. Приуроченное к озерскому горизонту верхнефаменского яруса девонской системы, месторождение сформировалось в условиях мелководного эпиконтинентального бассейна, занимавшего обширные территории современного Подмосковья в позднедевонскую эпоху. В строении района Новомосковского месторождения гипса принимают участие породы девонского, каменноугольного, мезозойского и четвертичного возраста, являющиеся частью осадочного чехла Восточно-Европейской платформы [1, С. 4]. Палеогеографические реконструкции указывают на расположение бассейна в аридной климатической зоне, где интенсивное испарение способствовало накоплению гипса мощностью до 28 м. Stratigraphический разрез месторождения демонстрирует выраженную цикличность, отражающую смену фаций от открыто-морских до лагунных, что подтверждается чередованием гипса, доломитов и глинистых прослоев (рис. 1).

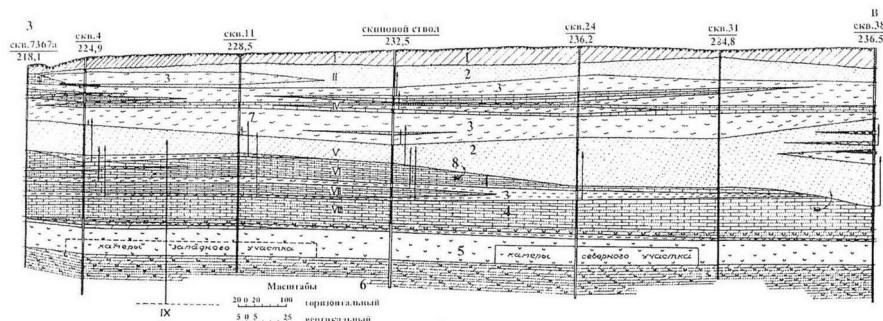


Рисунок 1 - Геологический разрез района Новомосковского месторождения через склоновой ствол:
1 – суглинки, 2 – пески мелкозернистые, 3 – глины плотные, 4 – известняки трещиноватые, 5 – промышленная
часть гипсовой залежи, 6 – доломиты с прослойями гипса, 7 – уровень подземных вод, 8 – взаимосвязь водоносных
горизонтов, I-IX – номера водоносных горизонтов

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.1>

Примечание: на основе источника [1, С. 5]

В разрезе выделяются три структурно-вещественных комплекса. Подстилающие породы нижнего и среднего девона ложатся либо на кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы, либо подстилаются осадочными комплексами венда и нижнего палеозоя. Представлены преимущественно песчаниками, глинами с прослойями доломитов и алевролитами, залегающими на глубине 150–170 м [1, С. 4].

Верхнедевонские отложения представлены франским и фаменским ярусами. Отложения франского яруса согласно залегают на подстилающих отложениях. По составу песчано-глинистые, в верхних частях глинисто-карбонатные. Нижнее-среднефаменские отложения представлены чередованием в основном карбонатных пород — известняки, реже доломиты, с преобладанием первых в нижней части (табл. 1). Продуктивная гипсонасная толща приурочена к отложениям средней части озерского горизонта фаменского яруса (D₃oz2), мощностью 9–28 м. Сложена ритмичными пачками гипса (60–70%), доломита (15–20%) и глин (10–15%). Среди гипсов доминируют три генетических типа: а) селенит (15% разреза) — волокнистый гипс с параллельно-шестоватой текстурой, формировавшийся в глубоководных

зонах бассейна (глубина >15 м) [6, С. 68]. Линзовидные тела селенита мощностью до 1,5 м содержат включения пирита и органического вещества, что указывает на восстановительные условия седиментации [5, С. 130]; б) зернистый гипс (60%) — массивные пласти с включениями доломита (3–8%) и кварца (1–2%). Гранулометрический анализ показал преобладание фракции 0,5–3 мм (75% объема), а пористость достигает 12%, что связано с периодическим взмучиванием осадка в прибрежных зонах. Наличие косой слоистости и градационной сортировки свидетельствует о влиянии придонных течений; в) массивный гипс (25%) — плотные прослои с содержанием $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ до 92%, образованные в гиперсалинных лагунах. В ядрах гипсовых розеток обнаружены реликты ангидрита, что подтверждает их вторичное происхождение в результате гидратации на ранних стадиях диагенеза.

Таблица 1 - Сводная стратиграфическая колонка района Новомосковского месторождения гипса
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.2>

Эра	Сис- тема	От- дел	Ярус	Гори- зонт	Ин- декс	Колонка	Мощ- ность	Характеристика
М е з о з о й	Мело- вая	Ниж- ний	Аптский		Kiap		до 10 м	Пески желтовато-бурые, тонко-мелкозернистые, кварцевые
	Юрская	Сред- ний	Келло- вейс- кий		Jcsv		5-10 м	Глина желтовато-серая, тонкослоистая
П а л е о з о й	К а м е н н о у г о л ь н а я	Н и ж н ий	В и з е й с к и й	Алексин- ский	Cial		1-14,7 м	Известняки светло-серые, в различной степени трещиноватые, мелкозернистые, местами окжелезненные
				Тульский	Citl		31-55 м	Известняк темно-серый, микрозернистый, трещиноватый, с отпечатками фауны.
			Б о б ри - ко в с к и й	Бобри- ковский	Cbb		0,4-21 м	Глина светло-серая, жирная, с пиритизированной флорой.
				Турней- ский	Cipr		0,8-17,7 м	Песок желтовато-серый, мелкозернистый, кварцевый, местами слоистый.
				Малевс- кий	Ciml		0,5-7,5 м	Углисто-глинистый комплекс
	Д е в о н с к а я	В е р х н ий	Ф а м е н с к и й	Хованский	Dzhv		8,5-30,6 м	Известняк крепкий, массивный, в нижней части с прослойками глин голубовато-серых
				Озерский	Dzoz		30-56 м	Доломиты с прослойками гипса и глин Переслаивание гипса, ангидрита и «угледоломитов»
			Ф а н т и ч ес к и й		Dzoz		До 50 м	Доломиты, местами загипсованные
				Фран- ский	Difr-fm1.2			Известняки, реже доломиты Песчано-глинистые отложения с прослойками известняков, ангидритов
				Ниж- ний и сред- ний	D1-2		До 300 м	Песчаники, алевролиты, глины с прослойками доломитов, в верхней части с прослойками гипса, ангидрита, галита.

Примечание: на основе источника [1, С. 6]

Перекрывающие отложения верхней части озерского и хованского горизонта фаменского яруса представлены доломитами с прослойями гипса и глин, известняками с прослойями глин голубовато-серых (мощность до 30 м) (табл. 1). К трещиноватым известнякам приурочен «Заволжский» водоносный горизонт, имеющий повсеместное распространение. Верхним водоупором горизонта являются малевские глины, нижним — гипс большой мощности. Воды напорные. Мощность слоев колеблется от 8,5 до 30,6 м. Кровля размыта. Органические остатки, содержащиеся в них, скучны и специфичны: серпулы, однокамерные фораминиферы, харофиты, редкие остракоды и двустворки, а также очень редкие споры зоны *Retispora lepidophyta* [1, С. 4].

Месторождение расположено в пределах Новомосковского поднятия – структуры III порядка, осложняющей южный склон Московской синеклизы. Анализ карт изопахит, построенных по данным 174 скважин с применением алгоритма кригинга (программа Surfer), выявил отсутствие разрывных нарушений, что подтверждает первично-седиментационную природу аномалий мощности. Гипсонасная толща залегает моноклинально с падением пластов 2–3° на северо-запад, следуя общему наклону кристаллического фундамента [10, С. 23]. Максимальная мощность (28 м) приурочена к Урванскому тектоническому прогибу, сформированному за счет погружения фундамента на 15–20 м в позднедевонское время [2, С. 2]. На восточной периферии пласти утоняются до 9 м, что связано с поднятием фундамента, ограничивавшим аккумуляцию гипса. Субширотное простиранье (азимут 110–120°) контролировалось палеорельефом дна бассейна, где подводные возвышенности разделяли зоны седиментации.

Методы и принципы исследования

Для реконструкции условий формирования Новомосковского гипсового месторождения использован комплекс методов, объединяющий геохимический, структурный и седиментологический подходы. Основой работы послужили данные, полученные в ходе многолетних геологоразведочных работ, проведенных под руководством В.П. Петрова (Главгеология СССР); И.С. Козлова; НИИГидроспецгеология; ООО «КНАУФ ГИПС НОВОМОСКОВСК» в период с 1935 по 2020 гг. [2], [10]. В анализ включены результаты изучения 174 скважин, пробуренных на площади месторождения с шагом 200–500 м и 1821 пробы, отобранные по продуктивной гипсоносной толще в разные годы исследований. Методология объединила ретроспективный анализ архивных материалов с применением цифровых технологий обработки геопространственных данных.

В ходе проведения исследования использовались архивные материалы: отчеты первичной разведки 1935–1954 гг.; данные 797 проб по 52 скважинам с определением содержаний $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, SiO_2 , MgO , установлены первые зависимости чистоты гипса от глубины [10]; результаты детальной разведки Любовского участка и доразведки Урванского участка (1958–1968 гг.); данные 443 проб по 58 скважинам с рентгенофазовым анализом, выявившим доломит в гипсовом цементе ($\text{MgO} > 1,5\%$) [2]; результаты доразведки Новомосковского месторождения (1981–1984 гг.); данные 536 проб по 64 скважинам, подтвердившие аномалии мощности гипса (до 28 м) и связь с тектоническими прогибами.

Были применены картографические методы, включающие в себя построение карт изолиний содержаний SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , SO_3 и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (выполнено в Surfer 23 с использованием алгоритмов кригинга).

Для визуализации информации были построены карты изопахит гипсового пласта с выделением зон максимальной мощности (>20 м) в синклинальных складках и карты содержаний элементов с ранжированием по пороговым значениям: $\text{SiO}_2 > 4,5\%$ (терригенный привнос), $\text{MgO} > 1,5\%$ (гиперсалинные условия), $\text{SO}_3 < 42\%$ (ангидритизация).

Геохимический анализ стал ключевым инструментом для расшифровки условий формирования Новомосковского гипсового месторождения. Комплекс элементов (SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , SO_3 и $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) был выбран исходя из их диагностической роли в идентификации фациальных зон, солёности палеобассейна и постседиментационных преобразований.

Терригенный привнос и палеогеография. Содержания SiO_2 и Al_2O_3 , определенные методом рентгенофлуоресцентного анализа, служат индикаторами близости к палеобереговой линии. Аномалии Al_2O_3 коррелируют с глинистыми прослоями, фиксирующими периоды снижения солёности бассейна [5, С. 130].

Гиперсалиные условия и минеральный состав. Повышенные содержания MgO (>1,5%), выявленные рентгенофазовым анализом, прямо связаны с доломитовыми конкрециями $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ в гипсовом цементе.

Реконструкция палеорельефа производилась путем построения карты изопахит (рис. 2) и структурных разрезов (рис. 3, 4) с использованием глубин залегания продуктивной гипсоносной толщи по скважинам.

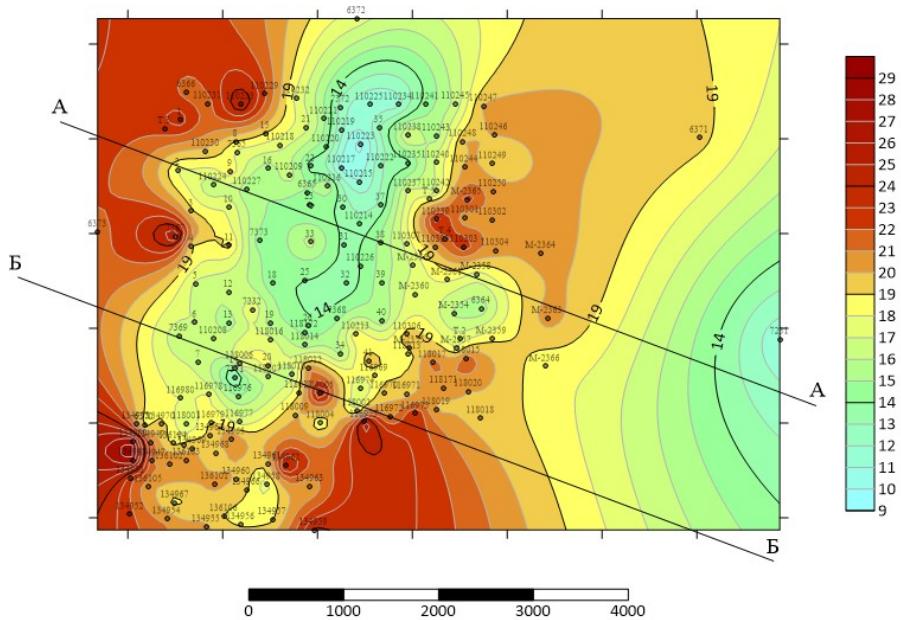


Рисунок 2 - Карта изопахит продуктивной толщи. Новомосковское месторождение гипса
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.3>

Примечание: разработан автором, 2025 год

Мощность гипсоносной толщи определялась методом построения карт изопахит (программа Surfer, алгоритм кригинга) на основе данных 174 скважин. Установлены следующие закономерности распределения мощностей:

Максимальная мощность (23–28 м) приурочена к центральной и западной частям месторождения. Промежуточная мощность (20 м) отмечается в переходной зоне. Минимальная мощность (8–10 м) характерна для восточной части.

Утонение промышленной толщи гипса может быть обусловлено следующими причинами. К началу осадконакопления гипса наблюдалась тенденция к поднятию. Утонения промышленной толщи гипса

корреспондируют с участками размыва утинского, малевского и верхней части озерско-хованского горизонта. Развитие доломитов приурочено к активному действию подземных вод. Наличие в стратиграфическом горизонте известняков указывает на возможность их доломитизации. В целом, участки утонения гипсовой толщи характеризуются сложной фациальной обстановкой.

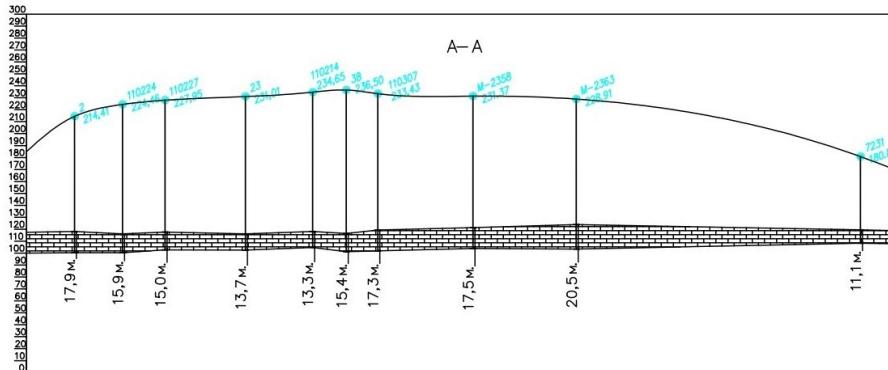


Рисунок 3 - Разрез по линии А-А с отображением мощности продуктивной толщи. Новомосковское месторождение гипса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.4>

Примечание: разработан автором, 2025 год

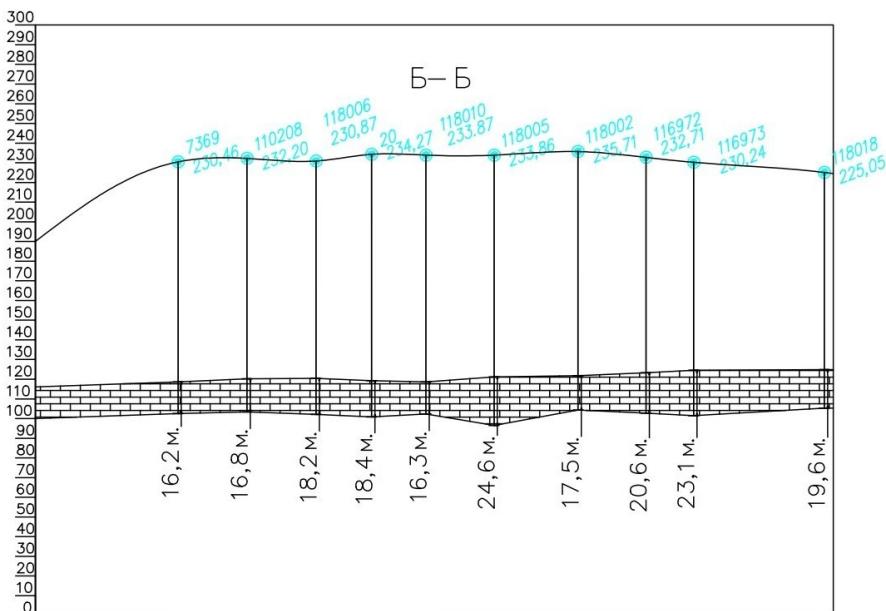


Рисунок 4 - Разрез по линии Б-Б. С отображением мощности продуктивной толщи. Новомосковское месторождение гипса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.5>

Примечание: разработан автором, 2025 год

Условные обозначения

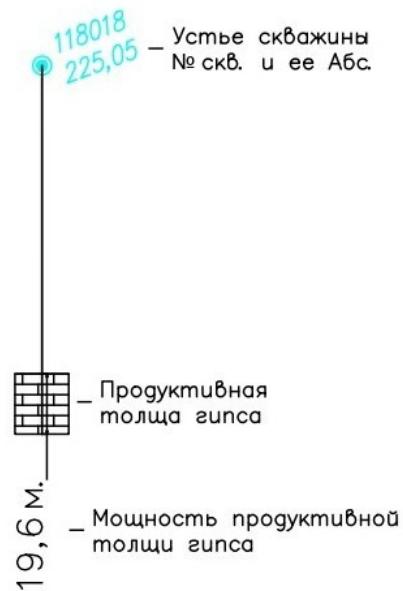


Рисунок 5 - Разрез по линии Б-Б. С отображением мощности продуктивной толщи. Новомосковское месторождение гипса

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.6>

Примечание: разработан автором, 2025 год

Пласти залегают моноклинально с падением 2–3° на северо-запад, следуя общему наклону фундамента. Субширотное простирание структур (азимут 110–120°) обусловлено особенностями палеорельефа дна бассейна.

Результаты исследования

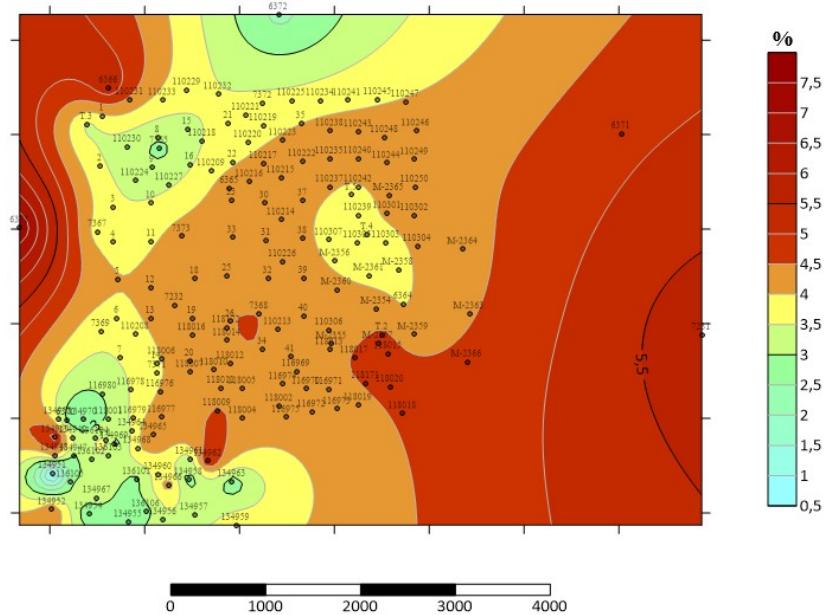


Рисунок 6 - Карта средних содержаний SiO₂ в продуктивной толще. Новомосковское месторождение гипса
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.7>

Примечание: разработан автором, 2025 год; масштаб – 1:100 000

Геохимические аномалии SiO₂ и Al₂O₃ являются маркерами терригенного влияния.

Зоны содержаний SiO₂>4,5% (рис. 6), локализованные в западной части месторождения, соответствуют терригенному привносу обломочного материала с бортов палеобассейна или из палеоречных систем. Также возможна близость древних дельт или зон размыва.

Зоны содержаний SiO₂<4,5% (рис. 6), локализованные в центральной части месторождения, могут указывать на смешение фаций — гипс накапливался в условиях, где хемогенное осаждение сочеталось с привносом песка или глин.

Зоны содержаний SiO₂>5,5% (рис. 6), локализованные в восточной части месторождения, могут указывать на зону мелководья — гипс с примесью глинистого материала.

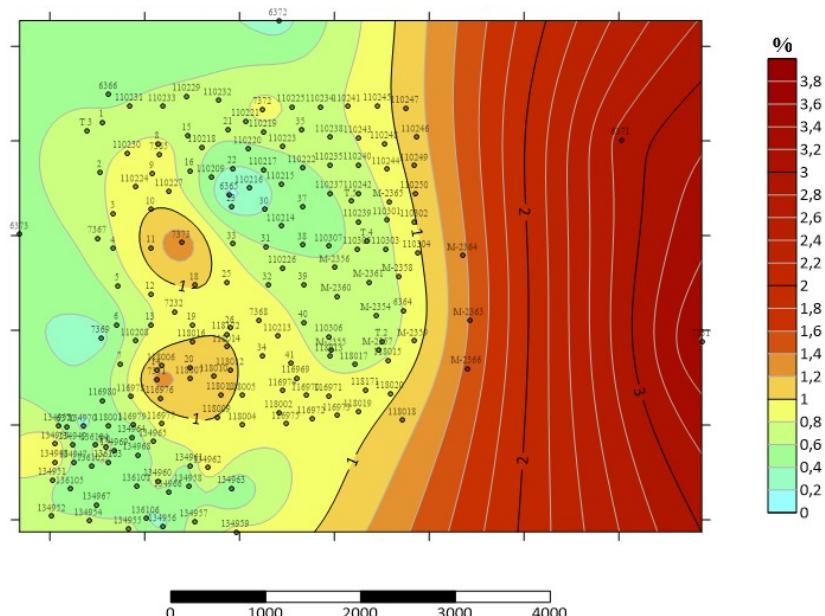


Рисунок 7 - Карта средних содержаний Al₂O₃ в продуктивной толще. Новомосковское месторождение гипса
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.8>

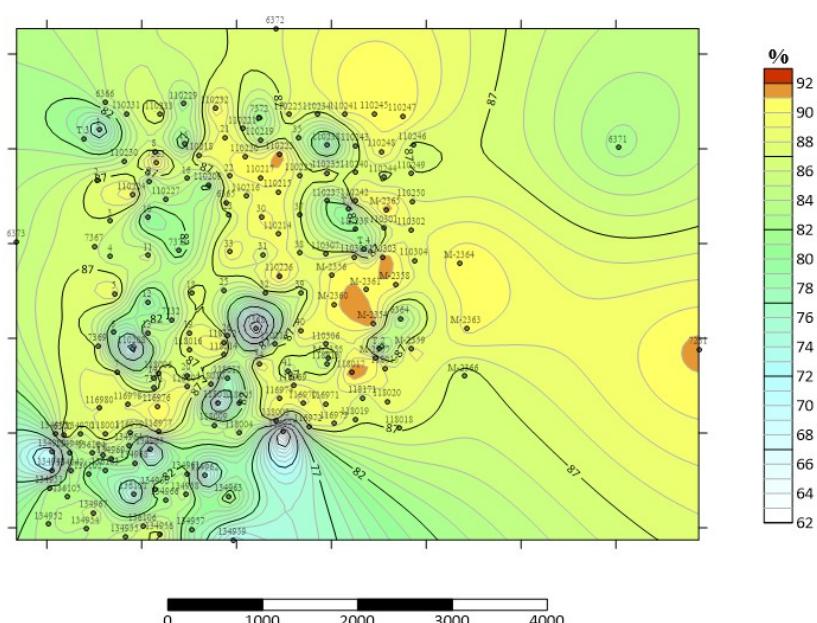
Примечание: разработан автором, 2025 год; масштаб – 1:100 000

Зоны содержаний Al_2O_3 до 1,5% (рис. 7), локализованные ближе к западной части могут свидетельствовать о преобладании зоны с активной гидродинамикой, где накапливались грубозернистые осадки (песчаные частицы с SiO_2), а тонкодисперсные глинистые частицы (Al_2O_3) выносились течениями.

Зоны содержаний $\text{Al}_2\text{O}_3 > 3,5\%$ (рис. 7), локализованные в восточной части также свидетельствует о зоне мелководья, обогащенной глинистым материалом.

Распределение аномалий SiO_2 (рис. 6) и Al_2O_3 (рис. 7) демонстрирует чёткую пространственную корреляцию. Повышенные содержания обоих элементов в восточной части месторождения согласуются с моделью терригенного привноса, где глинистый материал поступал как с бортов палеобассейна, так и из зон размыва. Гипсовая формация западной части формировалась в условиях прибрежной лагуны с активным привносом песка. Низкое содержание глин (Al_2O_3) подтверждает высокую энергию среды, характерную для зон волновой деятельности.

Это подтверждает, что оба параметра являются взаимодополняющими индикаторами фациальных условий и динамики палеобассейна.



условиях стабильного хемогенного осаждения, где доминировало испарение в аридном климате фаменского периода, а влияние терригенного материала было практически исключено.

Напротив, в восточных и западных периферийных зонах наблюдается обратная картина: снижение содержаний гипса до 70-65%. На востоке, в области мелководья, это связано с примесью глинистого материала (SiO_2 до 6%, Al_2O_3 до 4%). На западе, в прибрежных зонах палеобассейна, снижение содержание гипса обусловлено активным привносом обломочного материала и диагенетическими процессами — замещением гипса доломитом ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$).

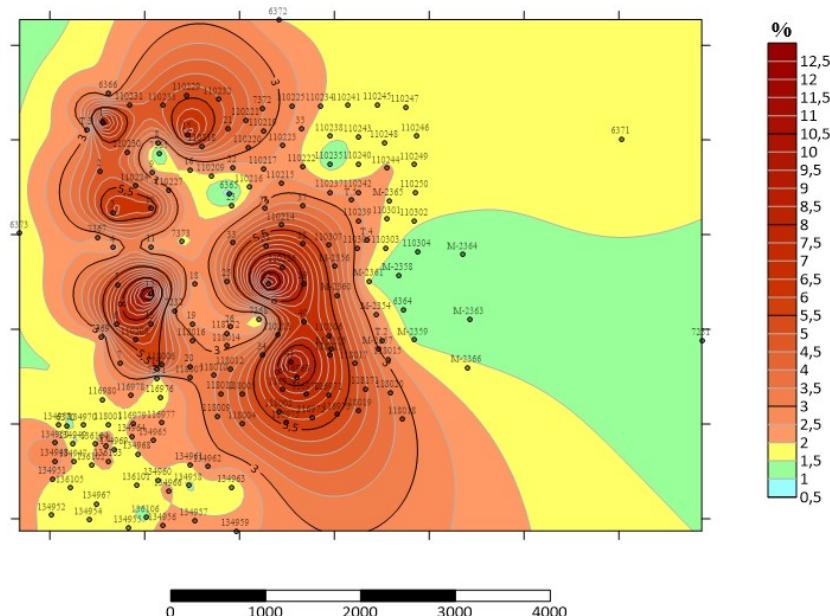


Рисунок 9 - Карта средних содержаний MgO в продуктивной толще. Новомосковское месторождение гипса
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.10>

Примечание: разработан автором, 2025 год; масштаб – 1:100 000

Распределение MgO является индикатором гиперсалинных условий. Участки с $\text{MgO} > 1,5\%$ (рис. 9) в западной части месторождения образуют кластеры, совпадающие с палеолагунными зонами. При анализе минерального состава продуктивной толщи были обнаружены доломитовые и ангидритовые прослои, которые являются индикаторами гиперсалинных условий. На примере современного аналога (залив Кара-Богаз-Гол) с высокой солоностью 25–300% происходило осадконакопление доломита [3, С. 266]. Отношение $\text{MgO}/\text{CaO} > 0,03$ указывает на вторичное доломитообразование, которое возможно только в условиях высокой солёности (>300‰).

В центральной части накопление гипса происходило в спокойной гидродинамической обстановке, подтверждаемой сохранностью игольчатых гипсовых кристаллов с параллельной текстурой и отсутствием волновой рапи, сочетаясь с периодическими изменениями солёности воды.

В восточной части преобладает мелководье, гипс с примесью глинистого материала (SiO_2 до 6%, Al_2O_3 до 4%). Мощности снижаются до 10–15 м, что связано с участками размыва утинского, малевского и верхней части озерско-хованского горизонта.

Обсуждение

Фациальная модель палеобассейна. Реконструкция позволила выделить три фациальные зоны. Центральная часть, с накоплением гипса в спокойной гидродинамической обстановке, состоит из чистого гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > 89\text{--}90\%$) мощностью до 28 м, минимальное терригенное влияние ($\text{SiO}_2 < 4,5\%$).

Восточные борта (мелководье) им соответствует гипс с примесью глинистого материала (SiO_2 до 6%, Al_2O_3 до 4%), а мощности снижаются до 10–15 м, что связано с поднятием фундамента.

Западная периферия представляет собой прибрежную зону палеобассейна с доломит-гипсовыми ассоциациями ($\text{MgO} > 1,5\%$, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ до 12%) и активным привносом обломочного материала, а испарительная седиментация проходила в условиях ограниченного водообмена (солёность 250–300‰).

Геохимические данные подтвердили, что формирование месторождения контролировалось седиментационными процессами (испарение, терригенный привнос). Выявленные закономерности позволяют прогнозировать зоны «чистого» гипса для промышленной отработки.

Присутствие глинистого материала (SiO_2 до 6%, Al_2O_3 до 4% в восточных блоках) указывает на близость суши. Мелководье подтверждается также микропалеонтологическими данными: редкие включения прибрежных остракод в глинах [8, С. 1260].

Чередование гипса и глин в разрезах отражает колебания уровня моря. Регрессивные фазы ($\text{Al}_2\text{O}_3 > 3\%$) сопровождались накоплением глинистого материала, тогда в трансгрессивные периоды формировались чистые гипсовые пласты ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > 89\%$).

Заключение

Новомосковское гипсовое месторождение сформировалось в фаменский период в условиях мелководного морского бассейна, где центральные зоны аккумулировали чистый гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} > 89\%$), а периферийные западные участки представляли прибрежную зону палеобассейна с активным привносом терригенного материала и солёностью 250–300‰. Ключевую роль в распределении вещества сыграл палеорельеф: восточные борта бассейна, сложенные животскими песчаниками, поставляли терригенный материал ($\text{SiO}_2 > 4.5\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 3\%$), формируя глинистые прослои в периоды регрессий. Напротив, в западной части накапливался гипс с доломитовыми конкрециями ($\text{MgO} > 1.5\%$), что подтверждается кластерами геохимических аномалий и коэффициентом $\text{MgO}/\text{CaO} > 0.03$. Палеорельеф предопределил гидродинамический режим бассейна, который, в свою очередь, контролировал распределение магния в осадочных отложениях, создавая условия для формирования характерной зональности в распределении гипса и доломитовых конкреций.

Практически значимые залежи месторождения сосредоточены в центральных зонах с минимальным нерастворимым остатком (<8%), тогда как залежи в периферийных областях требуют технологий обогащения для удаления доломитовых примесей.

Предложенная модель, объединяющая геохимические, структурные и седиментологические данные, подчёркивает уникальность Новомосковского месторождения. Здесь доминирует лагунный тип седиментации с цикличностью, отражающей климатические колебания (аридиновые/гумидные фазы). Выявленные закономерности, могут служить маркерами для поиска аналогичных объектов в регионе, оптимизируя ресурсную базу гипса.

Таким образом, исследование демонстрирует, что промышленная ценность месторождения определяется сложным взаимодействием седиментационных процессов, палеорельефа, что открывает новые перспективы для прогнозирования и разработки гипсонасных бассейнов.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Андреева Е.С., Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону Российская Федерация

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.11>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Andreeva E.S., Don State Technical University, Rostov-on-Don Russian Federation

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.163.70.11>

Список литературы / References

1. Бежикина Д.А. Условия формирования гипсонасной толщи верхнего фамена Новомосковского района (Тульская область) / Д.А. Бежикина. — Москва, 2018. — 84 с.
2. Богатырев О.В. Отчет о детальных разведочных работах на Сталиногорском месторождении гипса (Ключевский участок) / О.В. Богатырев. — Москва, 1954. — 150 с.
3. Гинзбург А.И. О динамике вод в заливе Кара-Богаз-Гол (спутниковая информация) / А.И. Гинзбург, А.Г. Костяной, Н.А. Шеремет // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2022. — Т. 19. — № 4. — С. 265–279.
4. Добмайер Э. Обоснование параметров камерно-столбовой системы разработки с механизированной выемкой гипсовых руд : дис. канд. техн. наук : 25.00.22 / Э. Добмайер. — Москва, 2003. — 220 с.
5. Жабин А.В. Морфологические особенности частиц гипса в зависимости от гидродинамических обстановок их образования / А. В. Жабин, О. Н. Кобылина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2023. — № 4. — С. 129–133.
6. Кобылина О.Н. Селенит в гипсонасных толщах Новомосковского месторождения гипса / О.Н. Кобылина // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. — 2011. — № 2. — С. 66–73.
7. Перекотий А.Н. Технологический регламент геологического обеспечения горных работ на шахте ООО «КНАУФ ГИПС НОВОМОСКОВСК» / А.Н. Перекотий, Е.С. Погромский. — Белгород, 2019. — 392 с.
8. Родионова Г.Д. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г.Д. Родионова, В.Т. Умнова, Л.И. Кононова [и др.]. — Москва, 1995. — С. 1225–1265.
9. Упорова Н.С. Фазообразование в гипсе при высоких температурах / Н.С. Упорова, Л.В. Леонова, Т.Я. Гуляева // Минералы: строение, свойства, методы исследования. — 2024. — № 14. — С. 119–125.
10. Яблоков В.С. Отчет о детальной разведке Ключевского участка Сталиногорского гипсового месторождения и общая оценка запасов гипса на южном крыле Подмосковного бассейна / В.С. Яблоков, А.Я. Двинов. — Тула, 1937. — 157 с.
11. Андреева О.Ю. Анализ драйверов развития рынков гипса России и Пермского края / О.Ю. Андреева, Г.Р. Суздалева // Вестник Академии знаний. — 2022. — № 49 (2). — С. 24–33.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Bezhikina D.A. Usloviya formirovaniya gipsonosnoj tolshchi verhnego famena Novomoskovskogo rajona (Tul'skaya oblast') [Conditions for the formation of the gypsum-bearing strata of the Upper Famennian in the Novomoskovsk region (Tula region)] / D.A. Bezhikina. — Moscow, 2018. — 84 p. [in Russian]
2. Bogatyrev O.V. Otchet o detal'nyh razvedochnyh rabotah na Stalinogorskem mestorozhdenii gipsa (Klyuchevskij uchastok) [Report on detailed exploration work at the Stalinogorsk gypsum deposit (Klyuchevsky section)] / O.V. Bogatyrev. — Moscow, 1954. — 150 p. [in Russian]
3. Ginzburg A.I. O dinamike vod v zalive Kara-Bogaz-Gol (sputnikovaya informaciya) [On the dynamics of waters in Kara-Bogaz-Gol Bay (satellite information)] / A.I. Ginzburg, A.G. Kostyanoy, N.A. Sheremet // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space]. — 2022. — Vol. 19. — № 4. — P. 265–279. [in Russian]
4. Dobmaier E. Obosnovanie parametrov kamerno-stolbovoj sistemy razrabotki s mekhanizirovannoj vyemkoj gipsovyh rud [Substantiation of parameters for chamber-pillar mining systems with mechanized extraction of gypsum ores] : dis. ... of PhD in Engineering : 25.00.22 / E. Dobmaier. — Moscow, 2003. — 220 p. [in Russian]
5. Zhabin A.V. Morfologicheskie osobennosti chastic gipsa v zavisimosti ot hidrodinamicheskikh obstanovok ih obrazovaniya [Morphological features of gypsum particles depending on hydrodynamic conditions of their formation] / A.V. Zhabin, O.N. Kobylina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology]. — 2023. — № 4. — P. 129–133. [in Russian]
6. Kobylina O.N. Selenit v gipsonosnyh tolshchah Novomoskovskogo mestorozhdeniya gipsa [Selenite in gypsum-bearing toltchi of the Novomoskovsk gypsum deposit] / O.N. Kobylina // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya [Bulletin of Voronezh State University. Series: Geology]. — 2011. — № 2. — P. 66–73. [in Russian]
7. Perekotiy A.N. Tekhnologicheskij reglament geologicheskogo obespecheniya gornyh rabot na shahte OOO "KNAUF GIPS NOVOMOSKOVSK" [Technological regulations for geological support of mining operations at the LLC "KNAUF GIPS NOVOMOSKOVSK" mine] / A.N. Perekotiy, E.S. Pogromskiy. — Belgorod, 2019. — 392 p. [in Russian]
8. Rodionova G.D. Devon Voronezhskoj anteklizy i Moskovskoj sineklizy [Devonian of the Voronezh anteclide and Moscow syneclide] / G.D. Rodionova, V.T. Umnova, L.I. Kononova [et al.]. — Moscow, 1995. — P. 1225–1265. [in Russian]
9. Uporova N.S. Fazoobrazovanie v gipse pri vysokih temperaturah [Phase formation in gypsum at high temperatures] / N.S. Uporova, L.V. Leonova, T.Ya. Gulyaeva // Mineraly: stroenie, svojstva, metody issledovaniya [Minerals: structure, properties, research methods]. — 2024. — № 14. — P. 119–125. [in Russian]
10. Yablokov V.S. Otchet o detal'noj razvedke Klyuchevskogo uchastka Stalinogorskogo gipsovogo mestorozhdeniya i obshchaya ocenka zapasov gipsa na yuzhnym kryle Podmoskovnogo bassejna [Report on detailed exploration of the Klyuchevsky section of the Stalinogorsk gypsum deposit and general assessment of gypsum reserves in the southern wing of the Moscow Basin] / V.S. Yablokov, A.Ya. Dvinov. — Tula, 1937. — 157 p. [in Russian]
11. Andreeva O.Yu. Analiz drajverov razvitiya rynkov gipsa Rossii i Permskogo kraja [Analysis of the drivers of gypsum market development in Russia and the Perm Krai] / O. Yu. Andreeva, G.R. Suzdaltseva // Vestnik Akademii znanij [Bulletin of the Academy of Knowledge]. — 2022. — № 49 (2). — P. 24–33. [in Russian]