

## Глаукониты из нижнеэоценовых отложений юго-запада Приволжской моноклинали и потенциал их использования (Волгоградская область)

И. И. Никулин<sup>✉</sup>

ООО «НН ТС», Гражданский пр., 11, 195220, Санкт-Петербург, Российская Федерация

### Аннотация

**Введение:** В результате выполнения геологоразведочных работ получен новый керновый материал по осадочному чехлу юго-западной части Приволжской моноклинали. Кровля нижнеэоценовых отложений характеризуется горизонтом со значительным количеством глауконита. Протяженная полоса распространения глауконита в палеогеновых отложениях Воронежской антеклизы и Приволжской моноклинали с учетом сведений о его внутрискелетных и кристаллохимических особенностях расширяет познания о геологической истории рассматриваемого региона.

**Методика:** Детально изучен керновый материал в интервалах развития песчано-алевритовых отложений с глауконитом. Проведены: петрографический и гранулометрический анализы, оптическая микроскопия, рентгенографический анализ и сканирующая электронная микроскопия с локальным геохимическим микроанализом.

**Результаты и обсуждение:** Глауконит представлен глобулями и угловатыми зёрнами, часто с трещинами синерезиса. По данным рентгенографического анализа неполных монофракций минерала помимо основных гидрослюдистых рефлексов обнаруживаются следы каолинита и смектита. Выводы: Рассмотренный минерал тяготеет к образованиям мелководно-морских фаций и имеет явно аутигенный генезис. Характерные черты этого горизонта по каротажным данным позволяют эти данные использовать в дальнейших геологоразведочных работах. Повышенные содержания глауконита в ипрских рыхлых отложениях и их выдержанные мощности позволяют рекомендовать как ценное минеральное сырьё – бесхлорное калийное удобрение.

**Ключевые слова:** глауконит, кварцевые алевриты, палеоген, ипрский ярус, царицынская свита, рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, Приволжская моноклинали, Волгоградская область

**Для цитирования:** Никулин И.И. Глаукониты из нижнеэоценовых отложений юго-запада Приволжской моноклинали и потенциал их использования (Волгоградская область) // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2022. №3. С. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2022/3/29-40>

### Введение

Район исследования территориально расположен на юго-востоке Европейской части России, в южной части Котельниковского района Волгоградской области и приурочен к юго-западной части Приволжской моноклинали (ПМ) в пределах номенклатурного листа L-38-II (рис. 1). В осадочном чехле Русской платформы моноклинали выделяется в верхнем

структурном этаже, являясь продолжением юго-восточного погружения Воронежского кристаллического массива между Хоперской моноклиналью и Прикаспийской синеклизой [1]. Здесь кристаллический фундамент перекрыт разновозрастными отложениями до 1000 и более метров. Изучением палеогеновых отложений, впервые здесь выделенных как надмеловые (П.Б. Иноходцева (1783), И. П. Фалька

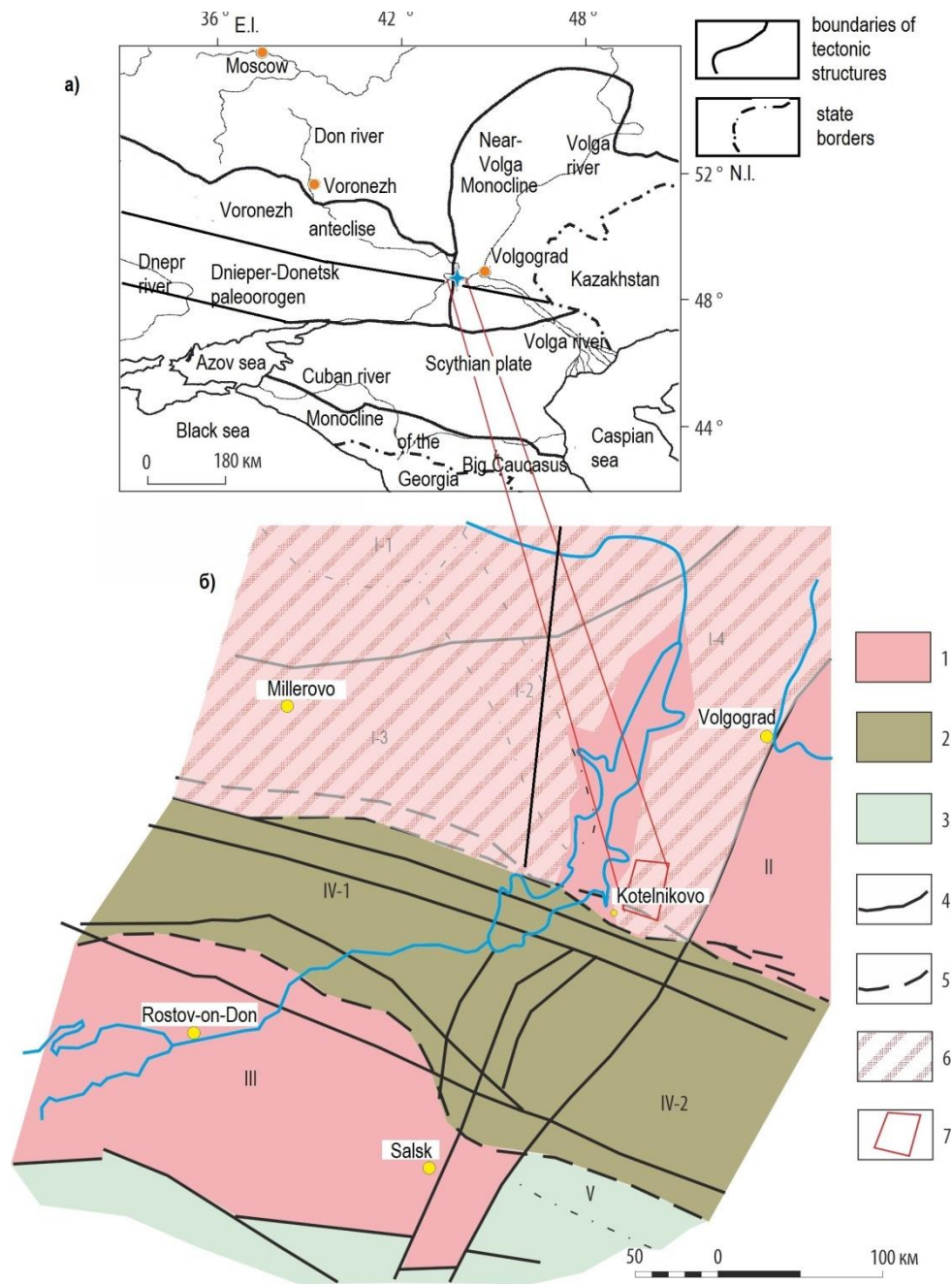


Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Никулин Иван Иванович, e-mail: [iinikulin@gmail.com](mailto:iinikulin@gmail.com)

(1785), В. Ф. Зуева (1787), И. А. Гюльденштедта (1791)), а затем – третичные, продолжается уже более полутора столетий [2]. Первыми исследователями (Р. И. Мурчисон, А. Гельмерсен, Н. Д. Борисьяк) были заложены основы их стратиграфического расчленения на ярусы. В

90-е годы разработана современная стратиграфическая основа для проведения ГК-200 и ГК-1000/3. Составлены легенды Нижневолжской (С. И. Застрожнов, А. С. Застрожнов) серии листов м-ба 1:200 000, Скифской (Греков И. И., Снежко В. А. и др.) и третьего поколения



**Рис. 1.** Схема распространения глауконитовых отложений на юго-западе Приволжской моноклинали на тектонической основе [13] с дополнениями: 1 – Воронежский кристаллический массив: I-1 – Павловский выступ, I-2 – Задонский выступ, I-3 – Воронежская антеклиза, I-4 – Приволжская моноклинали, II – Карасальская зона дислокаций, III – Ростовский свод, Скифская эпипалеозойская платформа: IV-1 – Донецкий кряж, IV-2 – кряж Карпинского, V – Манычско-Гудилковский прогиб; 2 – Днепровско-Донецкий палеороген; 3 – Центрально-Кавказский массив (Альпийские складчатые сооружения Большого Кавказа); 4 – разломы; 5 – надвиги; 6 – площадь распространения ипрских отложений; 7 – границы участка исследований.

**[Fig. 1.** Scheme of distribution of glauconite deposits on the south-west of Volga monocline on a tectonic basis [13] with additions: 1 - Voronezh crystalline massif: I-1 - Pavlovsk ledge, I-2 - Zadonsk ledge, I-3 - Voronezh anteclise, I-4 - Volga monocline, II - Karasal dislocation zone, III - Rostov dome, Scythian epipaleozoic platform: IV-1 - Donetsk ridge, IV-2 - Karpinsky ridge, V - Manych-Gudilovsky trough; 2 - Dnieper-Donetsk orogen; 3 - Central Caucasian massif (Alpine folded structures of the Greater Caucasus); 4 - faults; 5 - thrusts; 6 - area of distribution of Ypresian deposits; 7 - boundaries of the study area.]

Восточно-Европейской (С. М. Шик, Е. А. Гаврюшова) серий листов м-ба 1:1000 000. В 2001 году коллективом авторов Воронежского госуниверситета выполнена работа по изучению осадочного чехла в пределах Воронежской антеклизы (ВА), в итоге чего составлены 52 фациальные карты в авторском варианте в исходном масштабе 1:500 000 [2]. На основе фациального анализа представлен прогноз на различные, в том числе и нетрадиционные, виды минерального сырья. Так выяснено, что в течение палеогенового периода на южную часть ВА неоднократно трансгрессировало море. Тектонические структуры разных порядков обусловили пестроту фациальных обстановок. Тектонические движения определяли конфигурацию береговой линии, рельеф подводного ложа, гидродинамические режимы бассейнов осадконакопления. В настоящее время отложения палеогена слагают водораздельные пространства запада и юга ВА, где сохранились от размывов реками и их притоками в неоген-четвертичное время, переходя затем в выдержанный слой на территории пологозалегающей ПМ.

Представленные ниже результаты исследования опираются на исследование кернового материала из скважин, пробуренных при проведении геологоразведочных работ в 2006-2010 годах [3]. Новые данные должны дополнить геологическую и стратиграфическую информацию к легенде Брянско-Воронежской серии листов. Выявление новых особенностей распространения палеогеновых отложений по латерали позволит расширить познание истории развития южной окраины Русской платформы. Оценка значения минеральных ассоциаций в рамках каждого стратиграфического интервала позволят прогнозировать различные полезные ископаемые для организации поисковых работ.

#### Краткая геологическая характеристика

Район исследования входит в зону сочленения четырех тектонических структур – ВА, Прикаспийской синеклизы, Скифской плиты и Днепровско-Донецкого палеоорогена. ПМ по сути является пологой частью Преддонецкой моноклинали [4]. Здесь первая характеризуется минимальной мощностью (в среднем до 350 м), отсутствием в разрезе отложений юры и значительной части нижнего мела (до апта, включительно). Она погружается в сторону Прикаспийской синеклизы и кряжа Карпинского, образуя общую поверхность с Карасальской и Цимлянкой моноклиналями [5]. Нижнеэоценовые отложения выделены на юго-восточном склоне ВА, в ее зоне сочленения со Скифской плитой, ПМ и Днепровско-Донецким палеоорогеном. Палеогеновые морские преимущественно терригенные отложения залегают на размытой поверхности гремячинской толщи нижнего маастрихта и перекрываются неогеновыми образованиями. Стратификация отложений проведена в 2009 году по заказу ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», в основном, в соответствии с унифицированной стратиграфической схемой па-

леогена Поволжского и Прикаспийского региона с использованием схем соседних регионов юга Европейской России, утвержденных Бюро МСК в январе 2000 г. [6].

В составе палеогеновой системы выделяются все три отдела: палеоцен, эоцен и олигоцен, подразделяемые на более дробные местные и региональные подразделения [7]. Палеоценовые отложения установлены в объеме датского, зеландского и танетского ярусов, которые в Волгоградском Поволжье сложены породами сызранской (дат-зеландий), саратовский и камышинский (танет) свитами. При этом дат-зеландский интервал в скважине №13 представлен комплексом отложений, резко контрастирующим с кремнисто-терригенными некарбонатными образованиями сызранской свиты ПМ, но полностью отвечает ейской свите восточно-приазовской части Большого Донбасса [8]. Эоцен установлен в скв. 13 в составе ипрского (нижний подотдел), лютетского и бартонского (средний подотдел) и приабонского (верхний подотдел) ярусов. Приабонские отложения в скв. 22 не обнаружены (уничтожены ергенинским размывом), что затем нами подтверждено в обнажении пройденного по этому интервалу строящегося скипового ствола.

Ипрский ярус в районе исследования сложен породами пролейской и царицынской свит (рис. 2). К *пролейской свите* ( $P_{2pr}$ ) мощностью до 45 м относится толща песчано-алевритовых пород в инт. 260–215 м скв. 13 и 248–212 скв. 22, с размывом залегающих на камышинских отложениях. В ее нижней части прослеживается пачка мощностью 10 м разнозернистых глауконитовых сильно глинистых, слюдяных биотурбированных песков, содержащих прослой (0,1 м) алевритов темно-зеленых песчаных глауконитово-кварцевых с кремнистым цементом. Выше, в инт. 250–243 м скв. 13 следуют алевриты серые с зеленоватым оттенком глинистые кварцево-глауконитовые с прослоем (0,5 м) алевритов темно-серых с обломками пеллеципод и редкими гастроподами. Заканчивается разрез свиты (243–215 м) песками зеленоватосерыми тонкозернистыми глауконитово-кварцевыми, слабо глинистыми и слюдяными с прослоем (0,1 м) светло-серого кварцитовидного песчаника. Ранне-среднеипрский возраст свиты установлен по комплексу диноцист, включающему слои с *Deflandrea oebisfeldensis*, *Carpatella* sp. A. (ранний эоцен) и слои с *Charlesdownia columna* (средний ипр) [5].

*Царицынская свита* ( $P_{2cr}$ ) начинается с прослоя грубозернистого песка на глубине 215 м (скв. 13), вверх по разрезу переходящего в пески серые и зеленовато-серые мелко-тонкозернистые кварцево-глауконитовые глинистые сильно биотурбированные. Кровля свиты фиксируется на глубине 201,6 м. В интервале 207,2–201,6 м выделена ассоциация диноцист (зона *Wetzelia pachyderma/eocaenica* (*Dracodinium pachydermum*)), свидетельствующая о позднеипрском возрасте царицынской свиты [5]. В царицынской свите нижнего эоцена обнаружен комплекс радиолярий

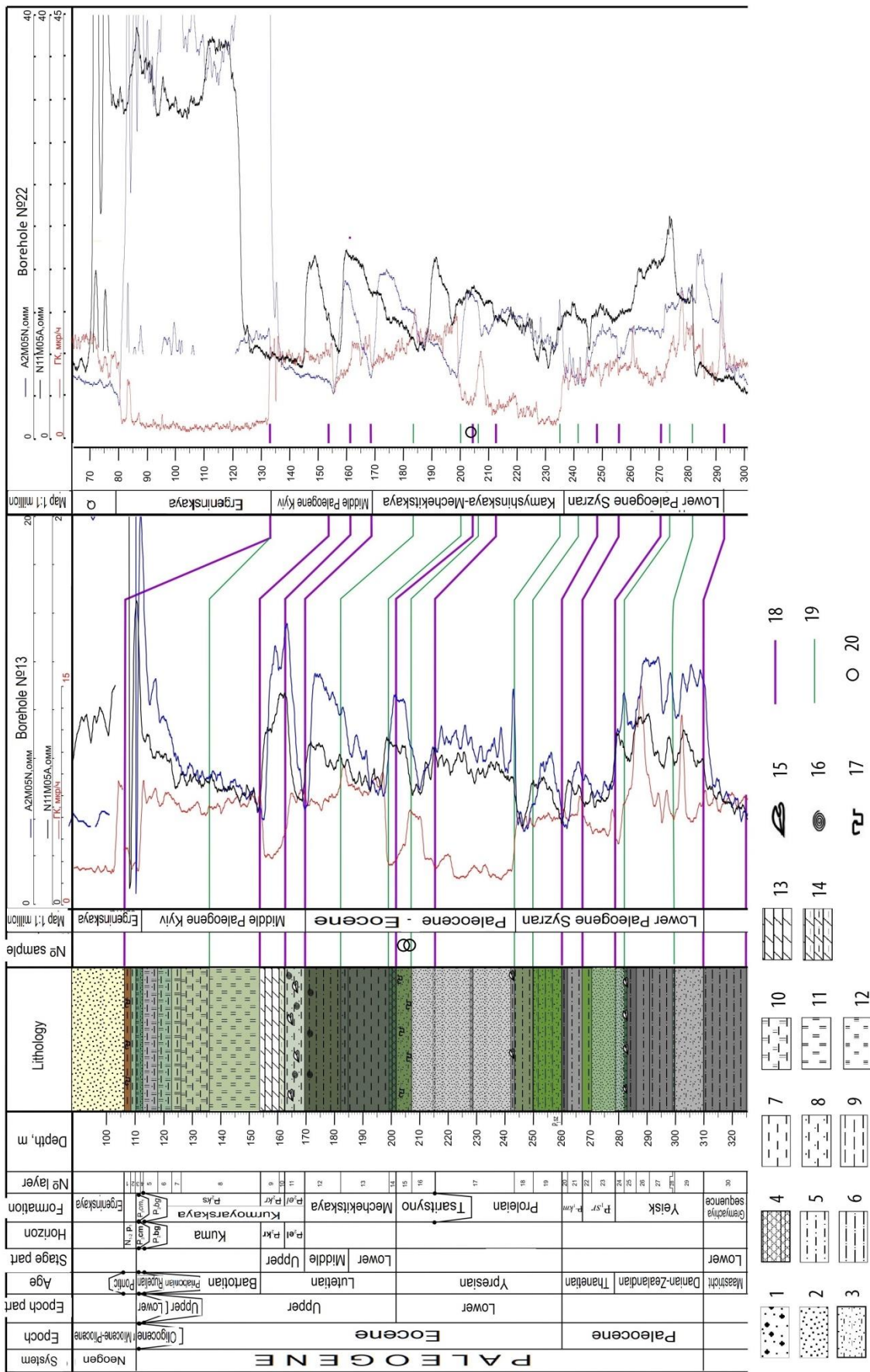


Рис. 2. Литологические колонки скважин, пункты их опробования по (А. С. Застрожнову, 2009) с дополнениями. Литологический состав: 1 – гравелиты, 2 – пески, 3 – пески глинистые, 4 – песчаники, 5 алевриты, 6 – алевриты, 7 – глины, 8 – глины алевроитовые, 9 – аргиллиты, 10 – глины диагоммиты, 11 – мергели, 12 – мергели алевроитовые. Места находок ископаемых остатков: 15 – малакофауна, 16 – нуммулиты, 17 – биотурбация, 18 – стратиграфические подразделения, 19 – литологические разности. 20 – пункты опробования.

[Fig. 2. Lithological columns of wells, points of their sampling according to (A. S. Zastrozhnov, 2009) with additions. Lithological composition: 1 – gravelstones, 2 – sands, 3 – clay sands, 4 – sandstones, 5 – silts, 6 – siltstones, 7 – clays, 8 – silty clays, 9 – mudstones, 10 – diatomaceous clays, 11 – diatomites, 12 – flasks, 13 – marls, 14 – silty marls. Fossil sites: 15 – malacofauna, 16 – nummulites, 17 – bioturbation. Correlation lines: 18 – stratigraphic units, 19 – lithological differences. 20 – testing points.]

зоны *Heliodiscus inca*, а в верхах царичинской - низах мечеткинской свит – комплекс зоны *Vuryella clinata* – *V. longa* [9].

Среднеэоценовые отложения представлены мечеткинским, елшанским, керестинским и кумским горизонтами и одноименными свитами. Три последних горизонта слагают курмоярскую серию. Мечеткинская свита (Р<sub>1</sub>м<sub>с</sub>) с разрывом залегает на царичинской и начинается в скв. 13 базальным горизонтом, сложенным песчаниками темными, зеленовато-серыми, средне-крупнозернистыми, глинистыми, слюдистыми (инт. 199–201,6 м).

#### Методы и объекты исследования

Исследовались 4 образца по 250 грамм из керна скважин №13 и №22, а также 7 крупнообъемных проб (до 15 кг) из скипового (на схеме – Ск) и клетевого (на схеме – Кл) стволов строящегося ГОКа (рис. 3). Клетевые и скиповые стволы по проекту должны были пересечь галогенную толщу кунгурского яруса перми на глубине 1080 м.

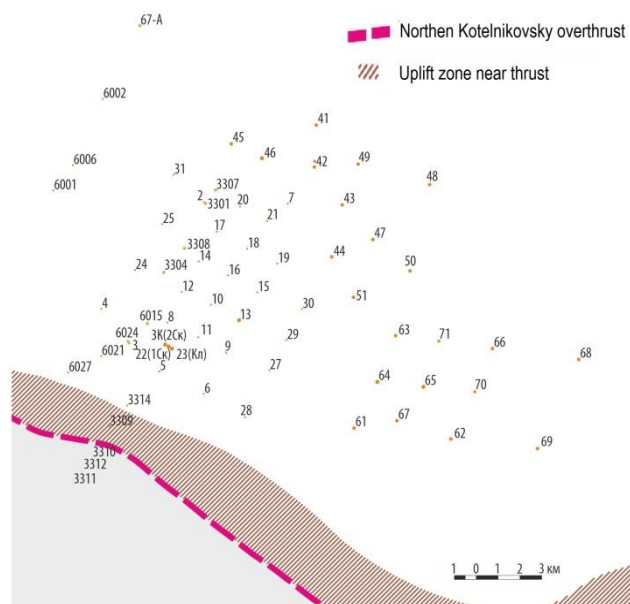


Рис. 3. Карта фактического материала. Точки – номера скважин.  
[Fig. 3. Map of the actual material. Points are borewell numbers.]

Гранулометрический анализ проводился путем разделения проб на 13 фракций и отмучивания фракции мельче 0,005 по методике автора [10]. Выделенные фракции исследовались под бинокляром и микроскопом в иммерсионных жидкостях. Мономинеральная фракция для рентгенофазового анализа выбиралась под бинокляром, но с некоторой долей допущения присутствия других минералов.

Для рентгенофазового анализа готовились препараты мельче 0,005 мм с их сухим измельчением до оптимального размера примерно 50 мкм в пробе, чтобы получить достаточное количество кристаллитов и обеспечить случайную ориентацию. Помол образцов осуществлялся в агатовой ступке. Далее пробы с этиловым спиртом наносились на кремниевую подложку с «нулевым фоном».

Регистрация рентгенограмм осуществлялась на дифрактометре ARL X'tra (Швейцария). ARL X'tra представляет собой полноразмерный порошковый дифрактометр  $\theta$ - $\theta$  геометрии с радиусом гониометра 260 мм и источником – узкофокусной трубкой мощностью 2200 Вт (Cu аноды). В приборе использован энергодисперсионный твердотельный детектор с охладителем Пельтье, позволяющий исключить пассивные элементы (бета-фильтры/монокроматоры) из оптической схемы прибора за счет программного отделения К $\beta$  и флуоресцентного излучения. Инструментальное разрешение прибора составляет  $0.04^\circ 2\theta$ .

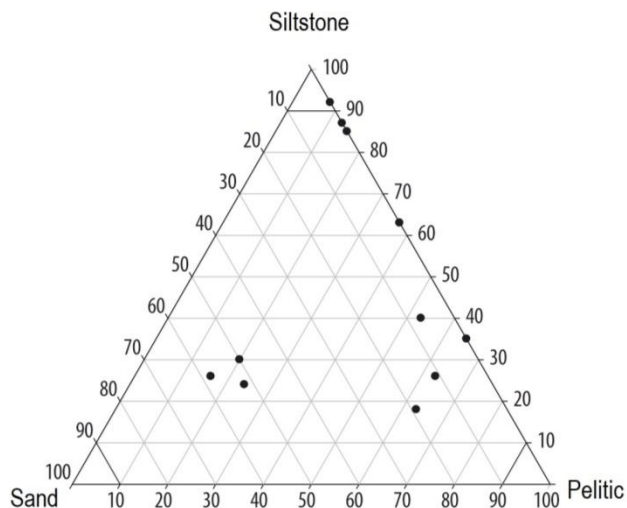
Для качественного фазового анализа использовали базу данных ICDD PDF-2. Анализ проводили в ручном режиме и/или с использованием ПО Oxford Crystallographica. Количественный рентгенофазовый анализ по методу Ритвельда проводили с использованием ПО Siroquant Sietronics Pty Ltd.

Локальные исследования глауконитов (микроразовые исследования) проведены в препаратах выделенной глауконитовой фракции, зафиксированной в полированной шашке эпоксидной смолы, на сканирующем электронном микроскопе Jeol JSM-6480LV (Япония) с энерго-дисперсионным INCA Energy-350 и кристалл-дифракционным INCA Wave-500 (Oxford Instrument Ltd., Великобритания) спектрометрами.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Отложения царичинской свиты характеризуются пологим залеганием с мощностями от 33 м (скв. 29) до 84 (скв. 5), в среднем 62–74 м, ранее описываемые как нерасчлененные палеоцен-эоцена (мечеткинско-камышинской свита, Р<sub>1-2</sub>), сопоставимы с таковыми сальной свиты [11]. Возраст алевритов этой свиты определен по радиоляриям палеогенового возраста [5]. Они представлены преимущественно алевритами светло-серыми и зеленовато-серыми, среднезернистыми с линзами крупнозернистых песков, а также чередованием мелкозернистых алевритов и песков, глин, слабосцементированных алевролитов (рис. 4).

Встреченные линзы песков глинисто-алевоитических отличаются слабой сортированностью терригенного кварцевого материала (до 80-90 %), неравномерной плотностью, рыхлостью, комковатой текстурой. Полевых шпатов 8,1–3,4%, глауконита – 4,7–9,5%. Присутствует небольшое количество иллита (5–10%), обволакивающего обломочные зерна кварца.



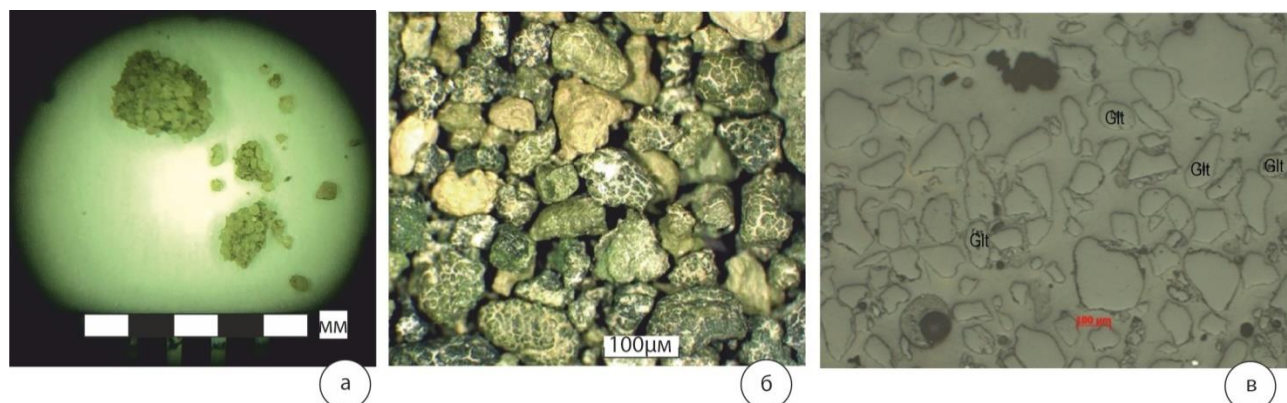
**Рис. 4.** Гранулометрический состав отложений парицынской свиты юго-запада Приволжской моноклинали.

[Fig. 4. Granulometric composition of the deposits of the Tsarytsynskaya Formation in the south-west of the Volga monocline.]

Алевриты слабоглинистые, глинистые и сильноглинистые, глауконитово-кварцевые зеленовато-серые, тонкозернистые, довольно плотные, но несце-

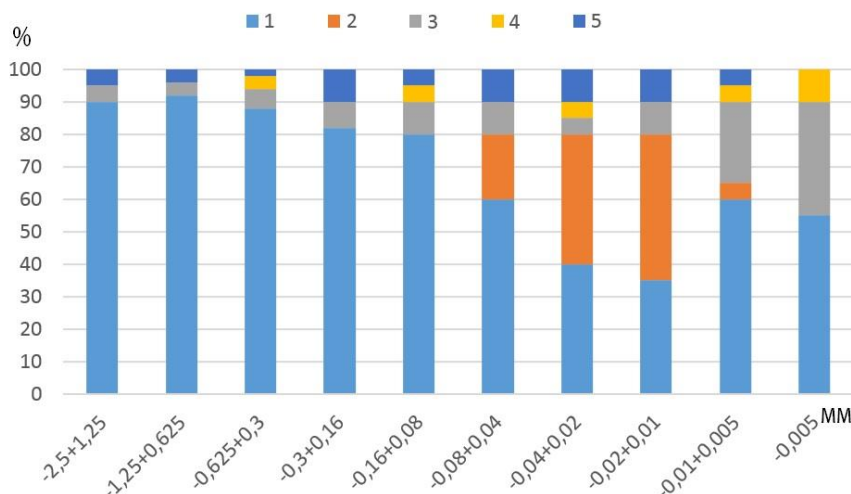
ментированные, с комковатой агрегатностью (рис. 5а). Значительно присутствие комковатых агрегатов глинистого, кремнисто-глинистого состава (до 25,8%). Полевые шпаты составляют 6,8–8,2%, глауконит – 11,2–20,5%. Роль цемента в алевролитах выполняет тонкодисперсная фракция монтмориллонит-гидрослюдистого состава, пигментированная органическим (сапропелит-гуминовым) веществом с вкрапленностью пирита, углистых частиц, углефицированных и пиритизированных растительных остатков. Алевриты по гранулометрии делятся на алевритовые (5–51%), крупноалевритовые (7,2–67,2%) и пелитовые (15,5–37,6%) фракции (рис. 6). Пелитовая фракция представлена преимущественно кварцем (36,5–52,5%) и глауконитом (10,4–44,5%).

Глина сильноалевритистая, песчанисто-алевритистая и алеврито-песчаная зеленовато-серая, тонкодисперсная, плотная, не известковая, линзовидно-слоистая за счет неравномерного пятнисто-прожилково-линзовидного распределения глинистого и алевритового материала. Минеральный состав породы: глинистое вещество (45–50%), кварц (20–25%), глауконит (15–20%), пирит (5–6%), полевые шпаты (3–5%), слюда (1–2%), углистое вещество (1–2%).



**Рис. 5.** Микроскопическое изображение под бинокуляром комковатой агрегатности (а), зерен глауконита (б) и BSEM-изображение породы с глауконитом в отраженных электронах в полированной шашке (в), обр. КС-204.

[Fig. 5. Binocular microscopic image of lumpy aggregation (a), glauconite grains (b) and BSEM image of glauconite rock in reflected electrons in a polished checker (c), sample KS-204.]



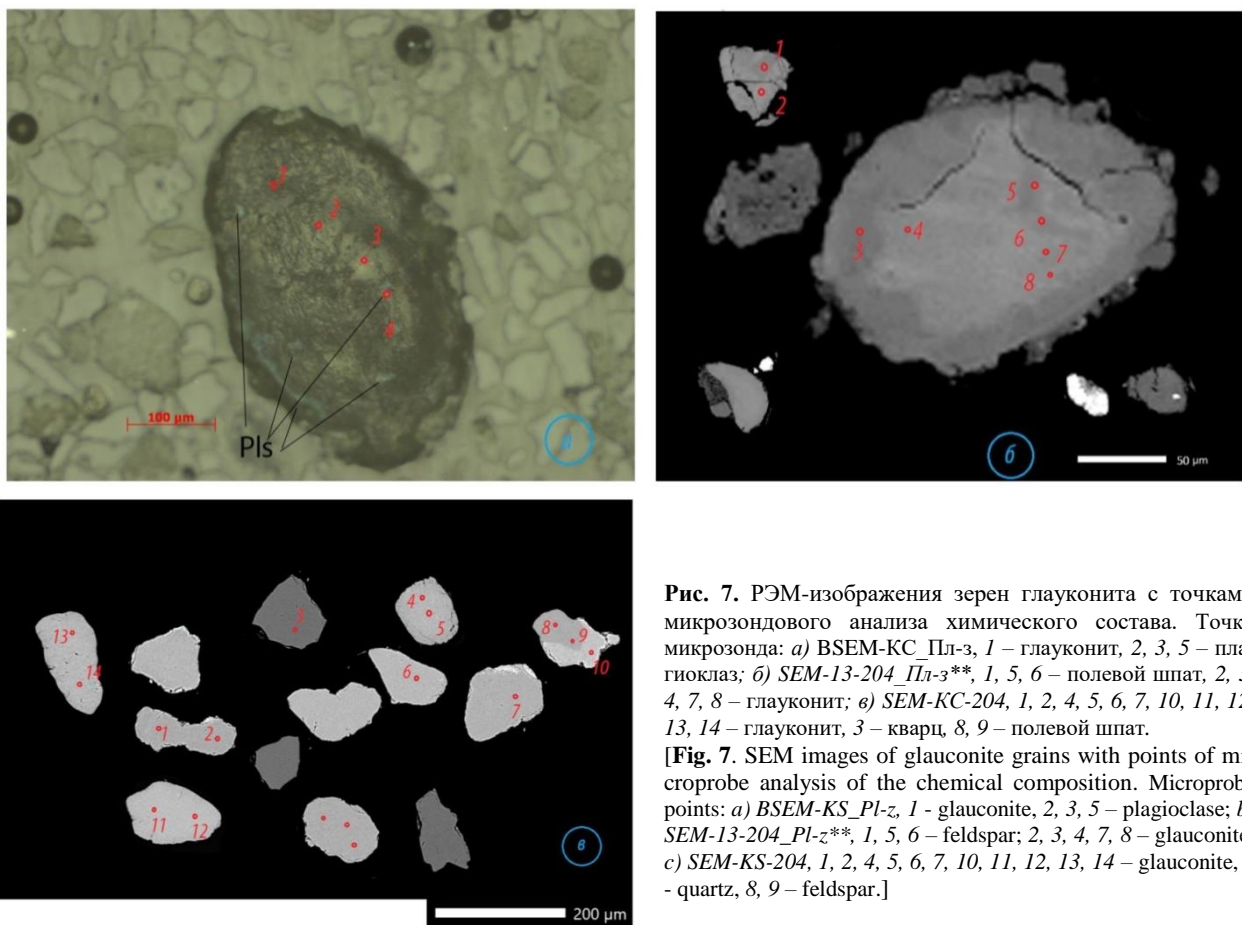
**Рис. 6.** Минеральный состав во фракциях (обр. КС-204): 1 – кварц, 2 – глауконит, 3 – иллит, 4 – монтмориллонит, 5 – слюды.

[Fig. 6. Mineral composition in fractions (sample KS-204): 1 - quartz, 2 - glauconite, 3 - illite, 4 - montmorillonite, 5 - mica.]

Объект нашего исследования – глауконит наиболее распространен во фракции 0,04–0,12 мм, достигая в ней 45%. Зерна представляют собой типичные глобулы, у которых округлая, овальная, каплевидная и полуугловатая формы (см. рис. 6б). У гладкой, бугорчатой, почковидной поверхности зерен стеклянный блеск. Под биноклем по окраске глауконит делится на темно-зеленый и светло-фишашковый; при этом, визуальнo предполагается, что светлая разновидность является более мелкой.

Химический состав глауконитов царицынской свиты на площади исследования не варьирует и схож во всех пробах (табл. 1). Некоторые зерна глауконита имеют зональность, связанную с некоторой вариацией калия и алюминия (рис. 7б, точки 3 и 4). В иных зернах присутствуют минеральные включения, отвеча-

ющие по составу плагиоклазу (рис. 7а). Также среди минеральных микровключений по данным РЭМ обнаружены кварц, иллит и минералы, близкие по составу к адуляру, лабрадору и санидину. Последние имеют размеры, меньшие диаметра пучка приставки РЭМ микроанализатора, поэтому их состав приблизительно. Содержания калия в глауконитах варьируют в узких пределах 7,2–7,7, увеличиваясь по содержанию ближе к центральной части зерен. Повышенные значения оксида алюминия (более 10%) связывается с наличием смектитовой фазы, что подтверждается при насыщении образцов глицерином (рис. 8). Здесь предполагается примесь монтмориллонита по корреляции калия, положительной с железом и отрицательной с кремнием и алюминием.



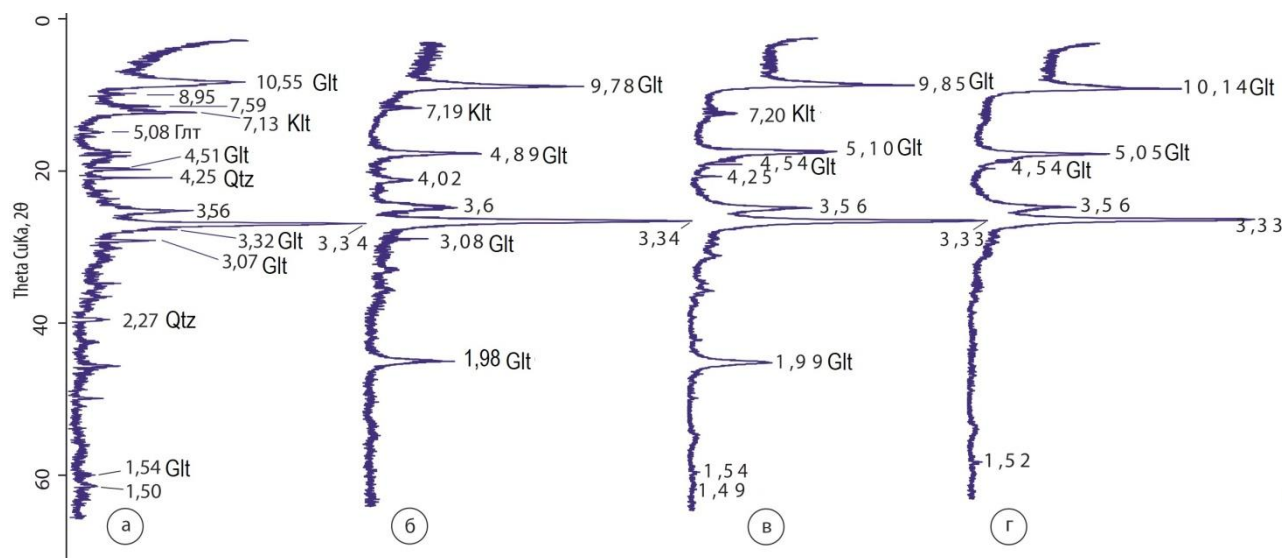
**Рис. 7.** РЭМ-изображения зерен глауконита с точками микрзондового анализа химического состава. Точки микрзонда: а) BSEM-KC\_Pл-z, 1 – глауконит, 2, 3, 5 – плагиоклаз; б) SEM-13-204\_Pл-z\*\*, 1, 5, 6 – полевого шпата, 2, 3, 4, 7, 8 – глауконит; в) SEM-KC-204, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14 – глауконит, 3 – кварц, 8, 9 – полевого шпата.  
[Fig. 7. SEM images of glauconite grains with points of microprobe analysis of the chemical composition. Microprobe points: a) BSEM-KS\_Pл-z, 1 - glauconite, 2, 3, 5 - plagioclase; b) SEM-13-204\_Pл-z\*\*, 1, 5, 6 - feldspar; 2, 3, 4, 7, 8 - glauconite; c) SEM-KS-204, 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14 - glauconite, 3 - quartz, 8, 9 - feldspar.]

Таблица 1. Химический состав глауконитов и их включений царицынской свиты  
[Table 1. Chemical composition of glauconites and their inclusions from the Tsaritsyno Formation]

	KC-204	CC1-205,1	13-206	13-204,9	22-204,4	22-205	KC_Pл-z*	13-204_Pл-z**	22_Pл-z***
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ обр.	21	5	7	7	9	5	5	3	2
SiO <sub>2</sub>	58,4	58,2	57,6	58,6	58,3	58,1	64,4	53,1	65,7
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,7	8,9	8,4	8,4	8,6	8,8	17,7	29,8	18,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(общ.)</sub>	19,2	19,0	19,5	19,6	19,1	18,9	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MgO	4,2	4,6	4,7	3,9	4,1	4,5	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	0,10	0,04	0,04	0,02	0,16	0,09	-	-	-
CaO	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	0,7	-	12,5	-
Na <sub>2</sub> O	0,01	0,05	0,01	0,05	0,02	0,03	0,05	3,8	2,9
K <sub>2</sub> O	7,7	7,6	7,6	7,6	7,3	7,2	16,9	-	12,9

Примечание. Минералы, близкие по составу к: \* - адуляру, \*\* - лабрадору, \*\*\* - санидину.  
Note: Minerals similar in composition to: \* - adular, \*\* - labrador, \*\*\* - sanidine.



**Рис. 8.** Рентгенограммы глауконитовой фракции: *a* – в воздушно-сухом (естественном), *б* – растертом (частично ориентированном), *в* – насыщенном глицерином и *г* – прокаленном до 550°C состояниях, обр. КС-204. *Глт* – глауконит, *Клт* – каолинит, *Квц* – кварц.

[Fig. 8. X-ray patterns of the glauconite fraction: *a* – in air-dry (natural), *b* – ground (partially oriented), *c* – saturated with glycerol and *d* – calcined to 550°C, sample. KS-204. *Glt* – glauconite, *Klt* – kaolinite, *Qtz* – quartz.]

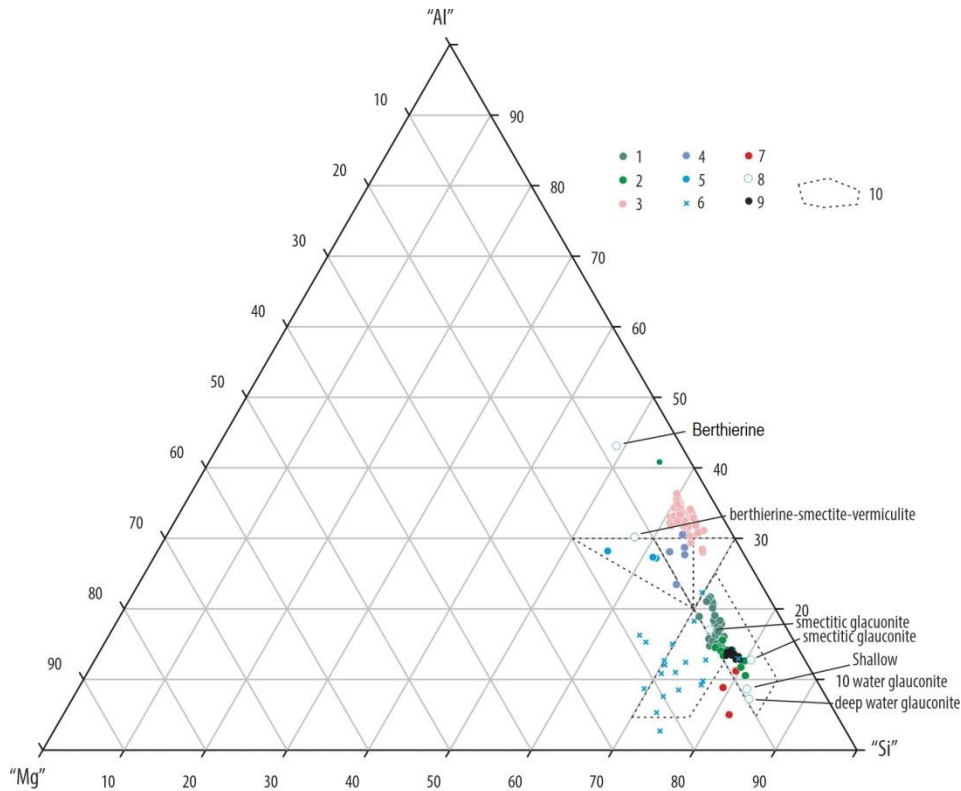
На рентгенограммах почти мономинеральной фракции глауконит идентифицируется по базальным рефлексам  $d_{001}$  от 10,28 до 10,55 Å, а также 5,08 и 3,32 Å. Наиболее интенсивные небазальные рефлексы  $hkl$ ,  $d_{020} \approx 4,51$ ,  $d_{003} \approx 3,32$ ,  $d_{112} \approx 3,07$ ,  $d_{132} \approx 2,45$  Å. Соотношение  $hkl$  (001) к (020) указывает на хорошую окристаллизованность глауконита [12], что также подтверждается сильными рефлексами (112), свидетельствующими о хорошо упорядоченной кристаллической структуре. Асимметричная форма  $d_{001}$  соответствует толщине структурного пакета минерала, включающего 2:1 слой и межслоевой промежуток. Слабое отражение с  $d_{060} = 1,50$  Å относится к смешанослойной фазе в составе глауконитовых глобул, а соседний  $d_{060} = 1,54$  Å глауконитовый – представлен еще с меньшей интенсивностью.

При насыщении глицерином первые основные рефлексы более 10,55 Å не проявляются (рис. 8в), а после прокаливании в течение 5 минут при температуре 550°C они смещаются до 10,08–10,01 Å (рис.

8г), что указывает на смешанослойное образование в составе глауконитовых глобул. Это согласуется с общим мнением, что все темно-зеленые глаукониты содержат некоторое количество разбухающей фазы, но не смесь слоистых силикатов в одной глобуле.

По своим структурным характеристикам исследованные в этой работе образцы глауконита обоих окрасок относятся к семейству гидрослюд. По авторской методике кристаллохимической дискриминации слоистых силикатов изученные глаукониты занимают промежуточный эволюционный ряд между условно железистыми и алюминиевыми разновидностями гидрослюд (рис. 9). Здесь же видно их тяготение к наличию смектитовых фаз. Но общий тренд особенности кристаллизации силикатов в контексте кристаллохимической эволюции очевиден, что крайними членами минеральных преобразований в морском бассейне являются высококалийевые глаукониты – бертьерины.





**Рис. 9.** Кристаллохимические особенности верхнеипрских глауконитов и иных минералов, сингенетичных глауконитам из других регионов по [13]: 1 – глаукониты (Bansal, 2018), 32 анализа; 2 – глаукониты (Симакова, 2020), 9 анализов; 3 – железистые иллиты (Bandopadhyay, 2007), 73 анализа; 4 – Al-глаукониты-сколиты (Бушарина, 2002), 5 анализов; 5 – одиниты (Harding-Nash, 2014), 3 анализа; 6 – нонтрониты (Дир, 1966; Додатко, 1969; Дриц и Коссовская, 1990; Никулин, 2008; Chi Ma, 1998), 19 анализов; 7 – селадонит (Дорфман, 1965), 3 анализа; 8 – глаукониты и бертьерины из энциклопедии, 6 анализов [14]; 9 – верхнеипрские глаукониты Приволжской моноклинали, 54 анализа; 10 – поля ковариаций дисперсии.

[Fig. 9. Crystal chemical features of Upper Ypresian glauconites and other minerals syngenetic to glauconites from other regions according to [13]: 1 – glauconites (Bansal, 2018), 32 analyses; 2 – glauconites (Simakova, 2020), 9 analyses; 3 – ferruginous illites (Bandopadhyay, 2007), 73 analyses; 4 – Al-glaucconites-scolites (Busharina, 2002), 5 analyses; 5 – odinites (Harding-Nash, 2014), 3 analyses; 6 – nontronites (Dir, 1966; Dodatko, 1969; Drits and Kossovskaya, 1990; Nikulin, 2008; Chi Ma, 1998), 19 analyses; 7 – celadonite (Dorfman, 1965), 3 analyses; 8 – glauconites and berthierines from the encyclopedia, 6 analyzes [14]; 9 – Upper Ypresian glauconites of Volga monocline, 54 analyses; 10 – dispersion covariance fields.]

### Заклучение

Сопоставленный нами горизонт отложений с глауконитом по каротажным данным соседних скважин позволяет проследить его на всем участке исследования – более 370 км<sup>2</sup>. Отсутствие признаков выклинивания горизонта на периферии участка дают все основания предполагать его наличие и за его пределами. Отложения ипрского яруса во многих скважинах по гамма-каротажу (ГК) отчетливо подразделяются на две части: верхнюю существенно глинистую с более высокими значениями ГК и нижнюю существенно песчанистую с относительно пониженными значениями ГК. Возможно, это отражает разделение на мечеткинскую и камышинскую свиты, которые выделены в других районах ПМ. Для нижней части интервала характерен сложный и непостоянный состав, что не позволяет во многих скважинах точно определить нижнюю границу этого подразделения.

В палеогеновых отложениях и, в особенности, в эоцене глауконит широко распространен на всех континентах, а в пределах изучаемой площади относящи-

еся к терригенно-(глинисто)-кварцевой формации [15]. Выдержанная мощность, рыхлое состояние отложений и небольшие глубины их залегания позволяют рассматривать выявленный глауконитовый горизонт в ипрских отложениях как бесхлорное калийное удобрение с большим катионным потенциалом применительно к засушливым регионам. Таковым регионом является сама Волгоградская область, где это глауконитовое сырье может значительно изменить плодородный потенциал сильно засушливых, запесоченных полей.

Осуществление добычи возможно без разработки карьером, а с помощью современного метода – скважинной гидродобычи в полуавтоматическом режиме добычи [16].

### Выводы

1. Исследованный фрагмент разреза с глауконитом (визуальное содержание составляет 4,7–9,5%) отвечает отложениям царицынской свиты верхнего ипра. В юго-западной части ПМ она представлена мелковод-

ными морскими алевритами среднезернистыми мощностью 31 м с линзами крупнозернистых песков, биотурбированными.

2. Детальное комплексное изучение монофракций глауконита, извлеченных из алевритов и песчаных линз, позволило установить особенности его химического состава и структуры. Основная масса зерен глауконита имеет размеры от 0,04 до 0,12 мм с типично глобулярной формой, которые рассеяны трещинами синерезиса. Глаукониты принципиально разделяются на две окраски – темно-зеленую и светло-фиолетовую. Рентгеновский фазовый анализ показал, что это диоктаэдрический минерал с неструктурными примесями других фаз, схожих с плагиоклазами.

3. Равномерно распространение охарактеризованных верхнеипрских отложений на более, чем сотню километров, и вариации кристаллохимического состава глауконитов являются новым источником информации для дальнейших палеогеографических построений.

4. Благоприятное залегание и физико-химические особенности глауконитовых алевритов определяют их как перспективное бесхлорное калийное удобрение для местных засушливых редкозасеиваемых полей.

#### Благодарности

Автор благодарит А. В. Жабина (ВГУ, г. Воронеж) за частично выполненные рентгенофазовые исследования и интересные пожелания по материалам статьи и А. А. Самсонова (МГУ, г. Москва) за исследования глауконитов под электронным микроскопом.

*Конфликт интересов:* Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Габриэлян А.Г., Граблин Е.А., Розанов Л.Н., Салов Ю.А. Тектоническая схема Волгоградской области // *Геология нефти и газа*. 1962. № 2. С. 18–22.
2. Савко А.Д., Мануковский С.В., Мизин А.И., Бурькин В.Н., Бартенев В.К., Огороков В.А., Бабкин В.Ф. Литология и фации донегеновых отложений Воронежской антеклизы. Труды научно-исследовательского института геологии: Воронеж, Изд-во Воронеж. гос. ун-та. Вып. 3. 2001. С. 1–201.
3. Романов В.Л., Кацемба С.Н., Свидзинский С.А. и др. Отчет о результатах разведки Гремячинского месторождения калийных солей в Волгоградской области в 2006–2010 годах. М.: ООО «ГеолХимПроект», 2010. 389 л.
4. Зайцев А. В., Лихачев В. А., Федоренко Е. Н. и др. Легенда Донецкой серии листов Государственной геологической карты РФ масштаба 1:200 000. Ростов-на-Дону: ТГФ, 1999.
5. Застрожных А.С., Застрожных С.И., Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Застрожная О.И., Запорожец Н.И. Стратиграфо-палеонтологическое обеспечение расчленения надсолевой части разреза скважин №№ 13, 22 Гремячинской площади. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 95 с.
6. Легенда Воронежской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Москва, 1999.
7. Греков И.И., Лаврищев В.А. Платформенный юрско-эоценовый структурный этаж // *Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист L38 – Пятигорск. Объяснительная записка*. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. С. 127–143 с.
8. Александрова Г.Н., Беньямовский В.Н., Запорожец Н.И., Застрожных А.С., Застрожных С.И., Табачникова И.П., Орешкина Т.В., Закревская Е.Ю. Палеоген юго-запада Волгоградской области (скв. 13, Гремячинская площадь). Статья 1. Биостратиграфия // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2011. Т. 19. № 3. С. 70–95.
9. Саркисова Э.В. Новые данные об эоценовых радиолариях нижневолжской нефтегазоносной области // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. 2009. Т. 4. № 1. С. 1–15.
10. Никулин И.И. Экспресс-приемы выделения тонкодисперсных минералов из цемента осадочных пород // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*. 2010. № 1. С. 286–292.
11. Лаврищев В.А., Греков И.И., Семенов В.М., Ермаков В.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист L-38 – Пятигорск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2011. 420 с.
12. Amorosi A., Sammartino I., Tateo F. Evolution patterns of glaucony maturity: a mineralogical and geochemical approach // *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 2007. Vol. 54. P. 1364–1374.
13. Никулин И.И. Кристаллохимические зависимости слоистых силикатов. *Глины, глинистые минералы и слоистые материалы*, посвященного 90-летию со дня рождения Б.Б. Звягина: материалы совещания. М.: ИГЕМ РАН, 2011. С. 36–37.
14. Huggett J.M, Minerals: Glauconites and Green Clays // *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, Elsevier*. 2013. 01. No. 13 DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.02893-1.
15. Николаева И.В. Минералы группы глауконита в осадочных формациях. Труды института геологии и геофизики: Новосибирск, Наука. Вып. 328. 1977. 322 с.
16. Никулин И.И. Стратегия реализации минерально-сырьевой базы минеральных удобрений // *Проблемы образования, поисков, разведки и разработки месторождений минеральных удобрений. Научно-литературный альманах. Серия: "Смирновский сборник – 2020" / Под ред. В.И. Старостина*. Москва, 2020. С. 10–42.

## Lower Eocene glauconite deposits of the south west of the Volga monocline and the potential for their use (Volgograd region)

I. I. Nikulin<sup>✉</sup>

LLC "NN TS", Grazhdansky pr., 11, 195220, St. Petersburg, Russian Federation

### Abstract

**Introduction:** As a result of geological exploration, a new core material was obtained from the sedimentary cover of the south-western part of the Volga monocline. The top of the Lower Eocene deposits is characterized by a horizon with a significant amount of glauconite. An extended band of glauconite distribution in the Paleogene deposits of the Voronezh antecline and the Volga monocline, together with information about its intrastructural and crystal-chemical features, expands knowledge about the geological history of the considered region. **Methodology:** The core material was studied in detail in the intervals of development of sandy-aleuritic deposits with glauconite. Petrographic and granulometric analyses, optical microscopy, X-ray analysis and scanning electron microscopy with local geochemical microanalysis were performed.

**Results and discussion:** Glauconite is represented by globules and angular grains, often with syneresis cracks. Mineral inclusions could be visualized in the form of xenoliths, and also as nuclei of development of glauconite along them as pseudomorphs on electron microscopic images. According to X-ray analysis of incomplete monofractions of the mineral, in addition to the main hydromicaceous reflections, traces of kaolinite and smectite could be detected.

**Conclusions:** The considered mineral tends to form shallow marine facies and has a clearly authigenic genesis, the formation of which occurred in unique local conditions. The characteristic features of this horizon according to geophysical logging data allow using the obtained results in further exploration work. The increased content of glauconite in Ypresian loose deposits and their sustained thickness allow to recommend them a chlorine-free potassium fertilizer, which can be used as valuable mineral raw material.

**Keywords:** glauconite, quartz siltstones, Paleogene, Ypresian, Tsaritsynskaya suite, X-ray diffraction analysis, scanning electron microscopy, Volga monocline, Volgograd region.

**For citation:** Nikulin I. I. Lower Eocene glauconite deposits of the south west of the Volga monocline and the potential for their use (Volgograd region). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2022, no. 3, pp. 29–40. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2022/3/29-40>

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

### REFERENCES

1. Gabrielyan A.G., Grablin K.A., Rozanov L.N., Salov Yu.A. Tektonicheskaja shema Volgogradskoj oblasti [Tectonic scheme of the Volgograd region]. *Geologija nefii i gaza* [Geology of oil and gas], 1962, no. 2, pp. 18–22. (In Russ.)
2. Savko A.D., Manukovsky S.V., Mizin A.I., Burykin V.N.,

Bartenev V.K., Okorokov V.A., Babkin V.F. Litologija i facii doneogenovyh otlozhenij Voronezhskoj anteklizy [Lithology and facies of pre-Neogene deposits of the Voronezh antecline]. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta Geologii* [The work of the Research Institute of Geology], Voronezh, VSU Publ., vol. 3, 2001, pp. 1–201. (In Russ.)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

<sup>✉</sup> Ivan I. Nikulin, e-mail: [iinikulin@gmail.com](mailto:iinikulin@gmail.com)

3. Romanov V.L., Katsemba S.N., Svidzinsky S.A. Otchet o rezultatah razvedki Gremjachinskogo mestorozhdenija kalijnyh solej v Volgogradskoj oblasti v 2006-2010 godah [Report on the results of exploration of the Gremyachinsky potash deposit in the Volgograd region in 2006-2010]. Moscow: GeolKhimProekt LLC, 2010. 389 p. (In Russ.)
4. Zaitsev A.V., Likhachev V.A., Fedorenko E.N., et al. Legenda Doneckoj serii listov Gosudarstvennoj geologicheskoy karty RF masshtaba 1 : 200 000 [Legend of the Donetsk series of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 200 000]. Rostov-on-Don, THF, 1999. (In Russ.)
5. Zastrozhnov A.S., Zastrozhnov S.I., Aleksandrova G.N., Benyamovskii V.N., Zastrozhnova O.I., Zaporozhets N.I. Stratigrafo-paleontologicheskoe obespechenie raschleneniya nadsolevoj chasti razreza skvazhin №№ 13, 22 Gremjachinskoj ploshhadi [Stratigraphic and paleontological support for the division of the post-salt part of the section of boreholes No. 13, 22 of the Gremyachinskaya area]. Saint-Petersburg: VSEGEI, 2009. 95 p. (In Russ.)
6. Legenda Voronezhskoj serii listov Gosudarstvennoj geologicheskoy karty Rossijskoj Federacii masshtaba 1:200 000 (izdanie vtoroje) [Legend of the Voronezh series of sheets of the State Geological Map of the Russian Federation at a scale of 1:200,000 (second edition)]. Moscow, 1999. (In Russ.)
7. Grekov I.I., Lavrishchev V.A. Platformennyj jursko-jeocenovyj strukturnyj jetazh [Platform Jurassic-Eocene structural level]. *Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie) Serija Skifskaja. List L38 – Pjatigorsk. Ob#jasnitel'naja zapiska.* [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 1,000,000 (third generation). Scythian series. Sheet L38 - Pyatigorsk. Explanatory note]. Saint-Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 2011, pp. 127–143. (In Russ.)
8. Aleksandrova G.N., Beniamovsky V.N., Zaporozhets N.I., Zastrozhnov A.S., Zastrozhnov S.I., Tabachnikova I.P., Oreshkina T.V., Zakrevskaya E.Yu. Paleogen jugo-zapada Volgogradskoj oblasti (skv. 13, Gremjachinskaja ploshhad'). Stat'ja 1. Biostratigrafija [Paleogene of the southwest of the Volgograd region (borehole 13, Gremyachinskaya area). Article 1. Biostratigraphy]. *Stratigrafija. Geologicheskaja korreljacija.* [Stratigraphy. geological correlation], 2011. vol. 19, no. 3, pp. 70–95. (In Russ.)
9. Sarkisova E.V. Novye dannye ob jeocenovyh radioljarijah nizhnevolzhskoj neftegazonosnoj oblasti [New data on the Eocene radiolarians of the Lower Volga oil and gas region]. *Neftegazovaja geologija. Teorija i praktika* [Neftegazovaya geologiya. Theory and practice], 2009, vol. 4, no. 1, pp. 1–15. (In Russ.)
10. Nikulin I.I. Jekspress-priemy vydelenija tonkodispersnyh mineralov iz cementa osadochnyh porod [Express receptions of allocation of fine-grained minerals from sedimentary rocks]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya – Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2010, no. 1, pp. 286–292. (In Russ.)
11. Lavrishchev V.A., Grekov I.I., Semenov V.M., Ermakov V.A. and others. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii masshtaba 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Skifskaja. List L-38 – Pjatigorsk. Ob#jasnitel'naja zapiska. [State Geological Map of the Russian Federation, scale 1 : 1,000,000 (third generation). Scythian series. Sheet L-38 – Pyatigorsk. Explanatory note]. Saint-Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 2011. 420 p. (In Russ.)
12. Amorosi A., Sammartino I., Tateo F. Evolution patterns of glaucony maturity: a mineralogical and geochemical approach. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 2007, vol. 54, pp. 1364–1374.
13. Nikulin I.I. Kristallohimicheskie zavisimosti sloistyh silikatov [Crystal-chemical dependences of layered silicates]. *Gliny, glinistyje mineraly i sloistyje materialy posvjashhennogo 90-letiju so dnja rozhdenija B.B. Zvjagina. 2-e izdanie: materialy soveshhanija* [Clays, clay minerals and layered materials", dedicated to the 90th anniversary of the birth of B.B. Zvyagin. Abstracts of the meeting, 2nd edition: materials of the meeting]. Moscow, IGE M RAS Publ., 2011. pp. 36–37. (In Russ.)
14. Huggett J.M. Minerals: Glauconites and Green Clays. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier, 2013, 01. no. 13. DOI: 10.1016/B978-0-12-409548-9.02893-1.
15. Nikolaeva I.V. Minerals of the glauconite group in sedimentary formations [Mineraly gruppy glaukonita v osadochnyh formacijah]. *Trudy instituta geologii i geofiziki.* [Proceedings of the Institute of Geology and Geophysics]. Novosibirsk, Nauka publ., 1977, vol. 328, 322 p. (In Russ.)
16. Nikulin I.I. Strategija realizacii mineral'no-syr'evoj bazy mineral'nyh udobrenij [Strategy for the implementation of the mineral resource base of mineral fertilizers]. In Starostin V.I. (eds.) *Problemy obrazovaniya, poiskov, razvedki i razrabotki mestorozhdenij mineral'nyh udobrenij. Nauchno-literaturnyj al'manah. Ser. "Smirnovskij sbornik – 2020".* [Problems of formation, prospecting, exploration and development of mineral fertilizer deposits. Scientific and literary almanac. Series "Smirnovsky collection – 2020"]. Moscow, 2020, pp. 10–42. (In Russ.)

Никulin Иван Иванович – д. г.-м. н., старший менеджер,  
ООО «НН ТС», Санкт-Петербург, Российская Федерация;  
E-mail: iinikulin@gmail.com;  
ORCID 0000-0002-1134-6248

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Ivan I. Nikulin – Dr. Sci. (Geol. and Mineral.), senior manager,  
“NN TS” LLC, Grazhdanskiy prospect, 11, Saint-Petersburg,  
195220, Russia. E-mail: iinikulin@gmail.com  
ORCID 0000-0002-1134-6248

Author have read and approved the final manuscript.