

УДК 553.04,553.61

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЛАУКОНИТОВ РОССИИ: ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ, УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ

© 2022 г. П. Е. Белоусов^{а, *}, Н. М. Чупаленков^б, М. А. Рудмин^с, В. В. Крупская^{а, d}

^аИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН,
Старомонетный пер., 35, Москва, 119017 Россия

^бВсероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского,
Старомонетный пер., 31, Москва, 119017 Россия

^сТомский политехнический университет, просп. Ленина, 30, Томск, 634050 Россия

^dГеологический факультет Московского государственного университета,
Ленинские горы, 1, Москва, 119899 Россия

*e-mail: pitbl@mail.ru

Поступила в редакцию 10.03.2021 г.

После доработки 10.03.2021 г.

Принята к публикации 27.10.2021 г.

Статья посвящена анализу минерально-сырьевой базы глауконита России, рассмотрены геотектоническая и литолого-палеогеографическая позиции месторождений и крупных проявлений глауконита, условия их образования. На основании структурной позиции, возраста и пространственной локализации месторождений и проявлений, выделены глауконитовые провинции и определены наиболее перспективные территории для расширения минерально-сырьевой базы глауконитов РФ. Приведены сведения по запасам месторождений, степени их освоения и объемам добычи. Проведен краткий обзор основных стран-производителей и объемов добычи глауконита в мире. Дано описание геологического строения и качества сырья Каринского месторождения глауконита. Установлено, что в тектоническом плане месторождения и проявления глауконита на территории России приурочены к центральным частям плит и платформ, предгорным прогибам и складчатым областям; основная их часть установлена в верхнемеловой и палеогеновых отложениях, некоторые имеют позднеюрский или раннемеловой возраст. Прогнозные ресурсы глауконита на территории РФ составляют более 2.5 млрд т. К наиболее перспективным районам относятся территории Западной Сибири, а также Московской и Кировской области Европейской части России.

Ключевые слова: глауконит, природные сорбенты, индустриальное сырье, минерально-сырьевая база, калийные удобрения, глауконитовые провинции, Каринское месторождение.

DOI: 10.31857/S0024497X22020021

Глаукониты являются ценным минеральным сырьем, которое применяется в сельском хозяйстве (в роли калийных удобрений и пигментов) и промышленности (в роли сорбентов). По химическому составу глауконит представляет собой железистый аналог иллита [Ивановская и др., 2015]. С минералогической точки зрения, глауконит относится к группе слюд с дефицитом межслоя [Дриц, Коссовская, 1991]. Количество изоморфных замещений в его структуре меньше, чем в структуре слюд, но больше, чем в структуре смектитов. Высокий заряд тетраэдрических сеток и присутствие активных центров на базальных поверхностях минерала обеспечивают высокие показатели сорбционных свойств, что подтверждается результатами исследований по сорбции глауконитом Cs, Sr и других тяжелых металлов

[Belousov et al., 2019]. Способность к активной сорбции позволяет использовать глауконитовые пески при рекультивации загрязненных территорий и фильтрации промышленных вод [Дистанов и др., 1990; Mank, Melnyk, 2005; Franus, Bandura, 2014; Memedi et al., 2016; Vigdorovich et al., 2017]. Помимо использования в качестве сорбента, глауконит находит широкое применение в сельском хозяйстве как доступный и экологически чистый источник калия [Castro, Tourn, 2003; Franzosi et al., 2014; Karimi et al., 2012; Rudmin et al., 2016, 2017], а также в качестве сырья для производства минеральных пигментов. Стоит отметить, что существует множество доступных технологий обогащения, модификации и активации глауконита, позволяющих улучшить его природные полезные

показатели и придать ему особые свойства [Rudmin et al., 2019; Singla et al., 2020].

В России за последние несколько десятилетий использование глауконита в народном хозяйстве значительно сократилось и в настоящее время составляет всего 2 тыс. м³ в год. Для сравнения, среднегодовая добыча глауконита в Бразилии компанией Verde AgriTech (так называемые породы *verdete*) составляет более 94 тыс. м³ в год, в США – 94 тыс. м³, в Испании и Франции – 16 и 9 тыс. м³ соответственно.

Таким образом, становится ясно, что глауконит является перспективным и недооцененным в РФ сырьем для аграрного и промышленного секторов, а расширение минерально-сырьевой базы и поиски методов его модификации – актуальной задачей.

ЗАПАСЫ И ОБЪЕМЫ ДОБЫЧИ

Общие сведения

Несмотря на то, что ценные свойства глауконита известны уже более 100 лет, общие мировые ресурсы глауконита оценены весьма приблизительно. Крупные месторождения глауконита известны в России, США, Индии, Бельгии, Великобритании, Бразилии, Новой Зеландии, Австралии, Аргентине, Египте [Manning, 2010; Verma, 2018; Левченко, Тигунов, 2011]. Основными потребителями глауконита на мировом рынке являются предприятия сельскохозяйственного сектора США, Индии и Бразилии.

Одной из крупнейших компаний, использующей глауконит-содержащие породы в качестве сырья для производства калийных удобрений, является Verde AgriTech (Бразилия), которая поставляет свою продукцию на внутренний рынок и экспортирует в США. Средняя цена продукции в конце 2019 г. составила 57 \$ за тонну [Velo, 2019], что эквивалентно цене 139 \$ за тонну K₂O. Согласно данным компании, стоимость калийного удобрения на основе глауконита почти в 6 раз ниже, чем стоимость того же удобрения из KCl или K₂SO₄, при приблизительно одинаковой эффективности [http://verdepotash.com]. Сырье, которое используется компанией, является близким по составу породам Варваринского месторождения глауконита (Тургайский прогиб, Казахстан) [Rudmin et al., 2019]. В США добыча глауконитовых песков ведется в штатах Нью-Джерси, Делавэр и Мэриленд. Глаукониты приурочены к средней части Приатлантической низменности, сосредоточены в верхнемеловых и палеоценовых отложениях и в основном используются для повышения плодородия почв [Nesbitt, Tedrow, 2004]. Другим примером оценки и использования глауконита в качестве минерального сырья являются глауконитовые пески из

палеоценовых пластов Саламанка в Патагонии (Аргентина), которые изучались как возможные минеральные удобрения, альтернативные калийным солям [Franzosi et al., 2014]. В работе [Karimi et al., 2012] показано, что глауконитовые пески (2.2% K₂O) месторождения Маравеха (северо-восток Ирана) могут служить источником калия для сельскохозяйственных угодий в течение длительного времени.

Россия

Всего в России насчитывается более 50 месторождений и крупных проявлений глауконитовых песков и песчаников, которые широко распространены в Центральном, Приволжском, Южном, Уральском и Сибирском административных округах, а также отмечены в Ленинградской, Калининградской и Сахалинской областях, Республике Кабардино-Балкария и Камчатском крае (рис. 1, табл. 1). Общие прогнозные ресурсы составляют более 2.5 млрд т [Каратаев и др., 2019].

Согласно сложившейся практике, сведения о ресурсах глауконита нами приводятся в тоннах, а запасы глауконита – в м³.

На балансе РФ по состоянию на начало 2019 г. числятся только 5 месторождений глауконитов (табл. 2). Балансовые запасы категорий А + В + С₁ и С₂¹ составляют 15.5 и 5.0 млн м³ соответственно [Каратаев и др., 2019].

В пределах Центрального федерального округа расположено подготавливаемое к освоению Бондарское месторождение глауконитовых песков (Тамбовская обл.) с суммарными запасами категорий А + В + С₁ в 7.8 тыс. м³. В Южном федеральном округе числятся: разведываемое Абадзехское Левобережное месторождение глауконитовых песчаников (Республика Адыгея) с запасами категорий: А + В + С₁ – 1.5 тыс. м³, С₂ – 0.8 тыс. м³; месторождения глауконитовых песков из группы не переданных в освоение – Максимовское (Волгоградская обл.) и Журавское (Ростовская обл.) с запасами категорий А + В + С₁ 1.3 и 3.3 тыс. м³ соответственно. В Уральском федеральном округе расположено разрабатываемое в настоящее время Каринское месторождение глауконитовых песков (Челябинская обл.) с запасами категорий А + В + С₁ – 1.6 тыс. м³, добыча в 2017 и 2018 гг. здесь составила 2 и 1 тыс. м³ соответственно.

¹ Запасы разных категорий: А – детально разведанные; В – предварительно разведанные; С₁ – слабо разведанные; С₂ – предварительно оцененные.

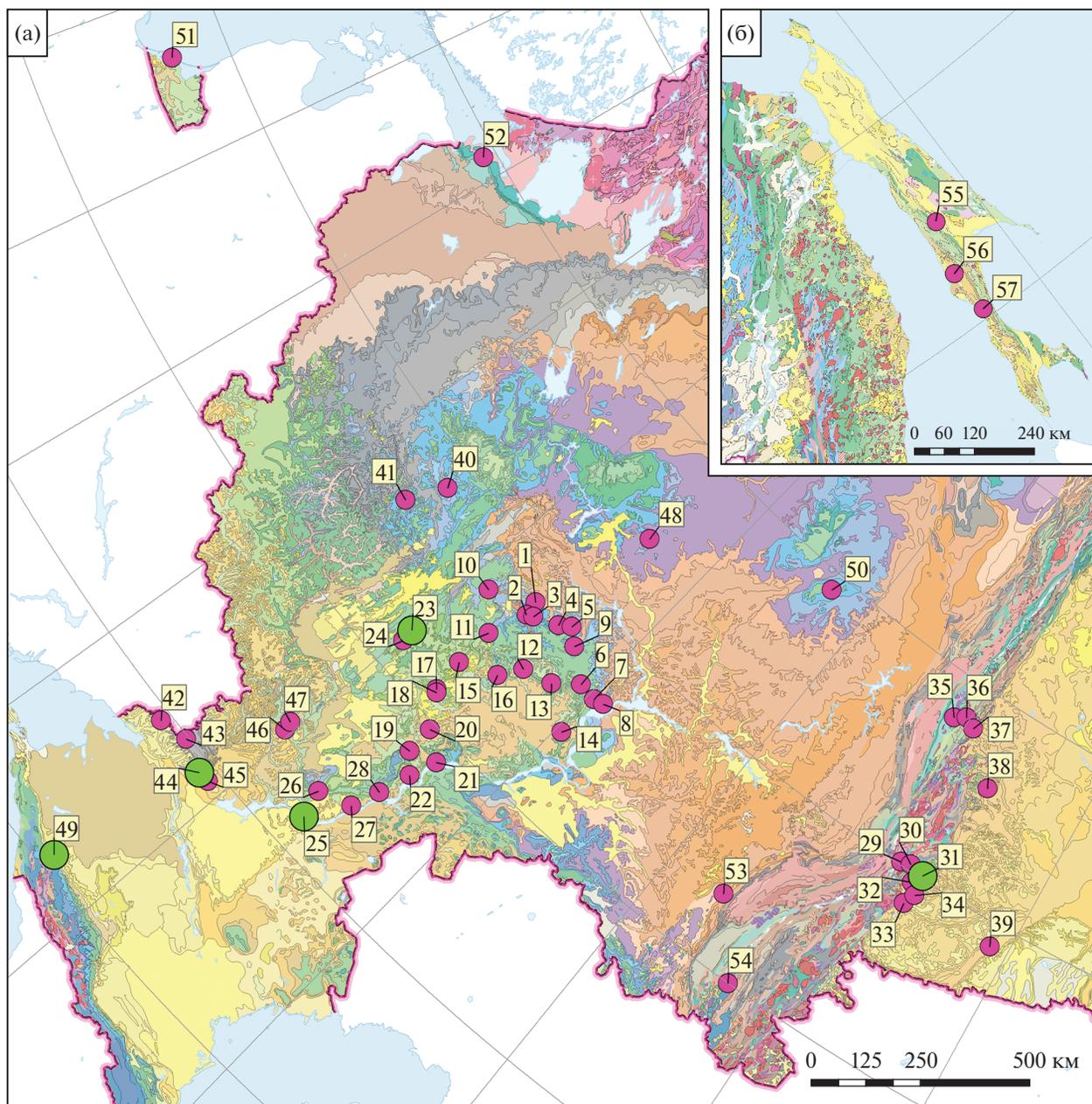


Рис. 1. Обзорная карта месторождений и проявлений глауконита на территории России (геологическая основа по [Петров, 2011]).

а – Центральная Россия, б – Сахалинская обл. Зелеными кружками показаны месторождения глауконита, числящиеся на балансе РФ. Наименования объектов см. табл. 1.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПОЗИЦИЯ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Условия образования глауконитовых толщ

Глауконит является аутигенным минералом, который образуется в морских обстановках осадконакопления, в пределах континентального шельфа на глубинах от 60 до 500 м и более [Николаева, 1977, 1981; Odin, Matter, 1981]. В древних морях глауконит мог формироваться как в отно-

сительно глубоководных условиях, так и на мелководье – в лагунах и устьях рек [El Albani et al., 2005; Banerjee et al., 2012, 2016]. Максимальная глубина моря, на которой происходит образование аутигенного глауконита достигает 2500 м, а в некоторых случаях и более, что соответствует континентальному склону [Morton et al., 1984]. Как было показано в работе [Banerjee et al., 2016], около 71% всех известных рудопроявлений глауконита сформировались в условиях морского

Таблица 1. Глауконитовые провинции Российской Федерации

Название месторождения, проявления	Субъект РФ (Республика, область)	Ресурсы, млн т*	Возраст	Геотектоническая позиция		
<i>Приволжская провинция</i>						
Тоузаковское (1) Больше-Аревское (2) Красковское (3) Абаимовское (4) Абрамовское (5)	Нижегородская	1000	K ₁	Ульяновско-Саратовский прогиб		
Больше-Аксинское(6), Сюндюковское (7) Вожжинское (8)	Татарстан					
Липовское (9)	Чувашия					
Куликовское (10) Ново-Пшеневское (11) Нерлейское (12)	Мордовия					
Кадышевское (13) Риновское (14)	Ульяновская					
Каменское (15), Лунинское (16) Константиновское (17) Сердобское (18)	Пензенская					
Белоозерское (19) Аткарское (20) Саратовское (21) Нижне-Баяновское (22)	Саратовская					
Бондарское (23), Центральное (24)	Тамбовская					
Максимовское (25) Трехостровное (26) Балыклейская площадь (27) Камышинское (28)	Волгоградская				P ₁	Воронежская антеклиза
<i>Восточно-Уральская провинция</i>						
Кабанское (29) Заречное (30)	Челябинская	150	K ₂ -P ₁	Уральская складчатая область		
Каринское (31) Айтакское (32) Кирды (33) Межозерное (34)				Восточно-Уральский прогиб		
Нижне-Салтановское (35) Лобвинское (36) Караульское (37)				Свердловская		
Мугайский участок (38)	Свердловская					
Курганское (39)	Курганская		P ₁	Западно-Сибирская плита		
<i>Центрально-Русская провинция</i>						
Егорьевский район (40)	Московская	553	J ₃	Московская синеклиза		
Кимовское (41)	Тульская	11	J ₃ -K ₁			
<i>Южно-Русская провинция</i>						
Крюковская перспективная площадь (42) Несветаевское (43) Нижне-Журавское (Журавское) (44) Аютинское (45)	Ростовская	20	P ₁ -P ₂	Донецкий выступ (Скифская плита)		
Вешенское (46) Дударевское (47)	Ростовская		P ₁ -P ₂	Воронежская антеклиза		

Таблица 1. Окончание

Название месторождения, проявления	Субъект РФ (Республика, область)	Ресурсы, млн т*	Возраст	Геотектоническая позиция
Прочие месторождения и проявления				
Шмотихинское (48)	Нижегородская	—	K ₁	Московская синеклиза
Абдзехское Левобережное и Правобережное (49)	Адыгея	19		Предкавказский краевой прогиб
Вятско-Камское (50)	Кировская	—		Волго-Уральская антеклиза
Приморское** (51) (с учетом отвалов)	Калининградская	15	P ₂	Балтийская синеклиза
Копорское** (52)	Ленинградская	0.05	P ₂	Прибалтийско-Ладожская моноклиза
Байгузинское (53)	Башкортостан	0.2	K ₂	Предуральский краевой прогиб
Участок Янгызский (54)			P ₁	Западно-Уральская мегазона
Бакcharское	Томская	800	K ₂	Западно-Сибирская плита
Оноро-Побединская, Углегорская, Красногорская площади	Сахалинская	12–14	K–P	Западно-Сахалинский синклинорий

Примечание. Номера месторождений и проявлений для рис. 1 указаны в скобках после их названия.

* – по материалам геологических фондов, а также по [Левченко, Тигунов, 2011];

** – запасы категорий A + B + C₁.

шельфа, включая внутреннюю и внешнюю его части (рис. 2). Глубоководные морские отложения за пределами шельфа составляют около 10% от общего количества рудопроявлений и встречаются, начиная с верхнего неогена. Можно предположить, что связано это с недостаточным содержанием Fe и органического вещества в донных осадках глубоководных областей. Обнаружение “глубоководного” глауконита обычно объясняется переотложением осадков или их перемещением в результате тектонических движений [Николаева, 1977]. На образование глауконита оказывает значительное влияние температура воды, о чем свидетельствует отсутствие глауконита в арктических и антарктических морях, а также его редкие проявления в осадках очень теплых тропических морей. Температура, благоприятная для образования глауконита, в среднем составляет 18–25°C, редко ниже [Porrenga, 1967; Николаева, 1977, 1981; Odin, Matter, 1981].

Глауконитсодержащие отложения формировались практически во все периоды геологической истории, начиная с голоцена [Николаева, 1977, 1981]. Наиболее ранние проявления глауконита известны с позднего палеопротерозоя. Однако, около 73% всех мировых проявлений глауконита содержатся в отложениях меловой – чет-

вертичной систем, из них 29% относятся к меловой системе, 12% – к эоцену и 8% – к голоцену [Banerjee et al., 2016].

Наиболее благоприятным субстратом для образования глауконита являются фекальные шарики (гранулы) морских организмов, в основном ракообразных и брюхоногих, а также биокласты, кремнистого и карбонатного состава [Lopez-Quiros et al., 2019]. К данному типу относятся 76% всех проявлений [Banerjee et al., 2012]. Эти насыщенные органикой пористые субстраты, со средним размером зерен от 0.01 до 0.5 мм, наиболее благоприятны для образования глобул глауконита [Meunier, El Albani, 2007; Banerjee et al., 2012]. На глауконит, образованный по абиогенному субстрату, такому, как слюда, полевой шпат и кварц, приходится до 24% всех известных проявлений [Banerjee et al., 2012]. Причем, докембрийский глауконит формировался практически исключительно по абиогенному субстрату [Deb, Fukuoka, 1998; Ивановская и др., 2015]. Скорости накопления отложений в зонах образования глауконита низкие, а время, необходимое для образования “зрелого” глауконита, оценивается примерно в 1 млн лет [Odin, Fullagar, 1988].

Многие детали процесса образования глауконита являются дискуссионными, несмотря на то,

Таблица 2. Балансовые запасы месторождений глауконита, числящихся на балансе РФ

Название месторождения	Республика, область	Степень освоения	Запасы кат. А + В + С ₁ , тыс. м ³	Описание глауконитоносных пород
Бондарское	Тамбовская	Подготовленное к освоению	7.7	Глауконитовые пески, мощностью 10 м (среднее значение); содержание глауконита 30% (среднее значение)
Максимовское	Волгоградская	Не переданное в освоение	1.3	Глауконитовые пески
Журавское	Ростовская	Не переданное в освоение	3.2	Глауконитовые пески, мощностью 2–13 м, содержание глауконита 15–60%
Абадзехское, участок Левобережный	Адыгея	Разведываемое	1.5	Глауконитовые песчаники, содержание глауконита – не менее 50%
Каринское	Челябинская	Разрабатываемое	1.6	Линза глауконитовых песков размером 1150 × 300 м, мощностью 5.8 м (среднее значение), содержание глауконита – 30–50%

что его изучению посвящено множество работ. Принято считать [Odin, Matter, 1981; Горохов и др., 1995; Зайцева и др., 2008, 2016; Lopez-Quigos et al., 2020], что формирование глауконита по органическому субстрату в прибрежных шельфовых водах происходит в два этапа (см. рис. 2б). Первая стадия процесса глауконитизации характеризуется образованием смектита, обогащенного катионами Fe³⁺ и обедненного K⁺. Рост такого железистого смектита происходит в порах субстрата с поглощением катионов металлов из морской воды и поровых вод, чему способствует микробная активность.

Вторая стадия процесса глауконитизации характеризуется реакцией перехода Fe(III)-смектита в глауконит (см. рис. 2б). Поскольку новообразованный Fe(III)-смектит является термодинамически нестабильным, на стадии раннего диагенеза осадков, он трансформируется в глауконит через промежуточную смешанослойную фазу глауконит-смектит. Происходит замещение Fe³⁺ на Fe²⁺ с увеличением доли катионов K⁺. Восстановление трехвалентного железа до двухвалентного в октаэдрических слоях смешанослойного глауконит-смектита приводит к постепенному увеличению дефицита октаэдрического заряда, который компенсируется за счет увеличения содержания K⁺ в межслоевых промежутках. В результате более зрелый глауконит характеризуется более высоким содержанием K₂O и Fe₂O₃, достигающими 8 и 28% соответственно.

Геотектоническая и палеогеографическая позиция месторождений и проявлений глауконитов России

Месторождения и проявления глауконита на территории России приурочены к плитам и платформам, а также их краевым прогибам и складчатым областям.

В стратиграфическом отношении, месторождения и проявления глауконита в РФ в основном приурочены к верхнемеловой и палеогеновой системам, реже к верхнеюрским и нижнемеловым отложениям. Формировались глаукониты в условиях платформ в эпохи стабилизации тектонических движений. На основании Атласа литолого-палеогеографических карт СССР [1968] было реконструировано положение шельфовой зоны в верхнемеловой и палеогеновый периоды (рис. 3), где продемонстрировано, что глауконит образовывался в условиях теплого моря. Исключением являются Шмотихинское (Нижегородская обл.), Вятско-Камское (Кировская обл.) и Копорское (Ленинградская обл.) месторождения, глауконитовые отложения которых образовались на суше, что, по-видимому, связано с их аллотипным происхождением, либо с перетотложением раннее сформированного на шельфе материала.

Глауконитовые провинции России

Детальное описание проявлений и месторождений глауконита, сгруппированных на основании административного деления территории РФ приведено в работах Е.Н. Левченко и Л.П. Тигу-

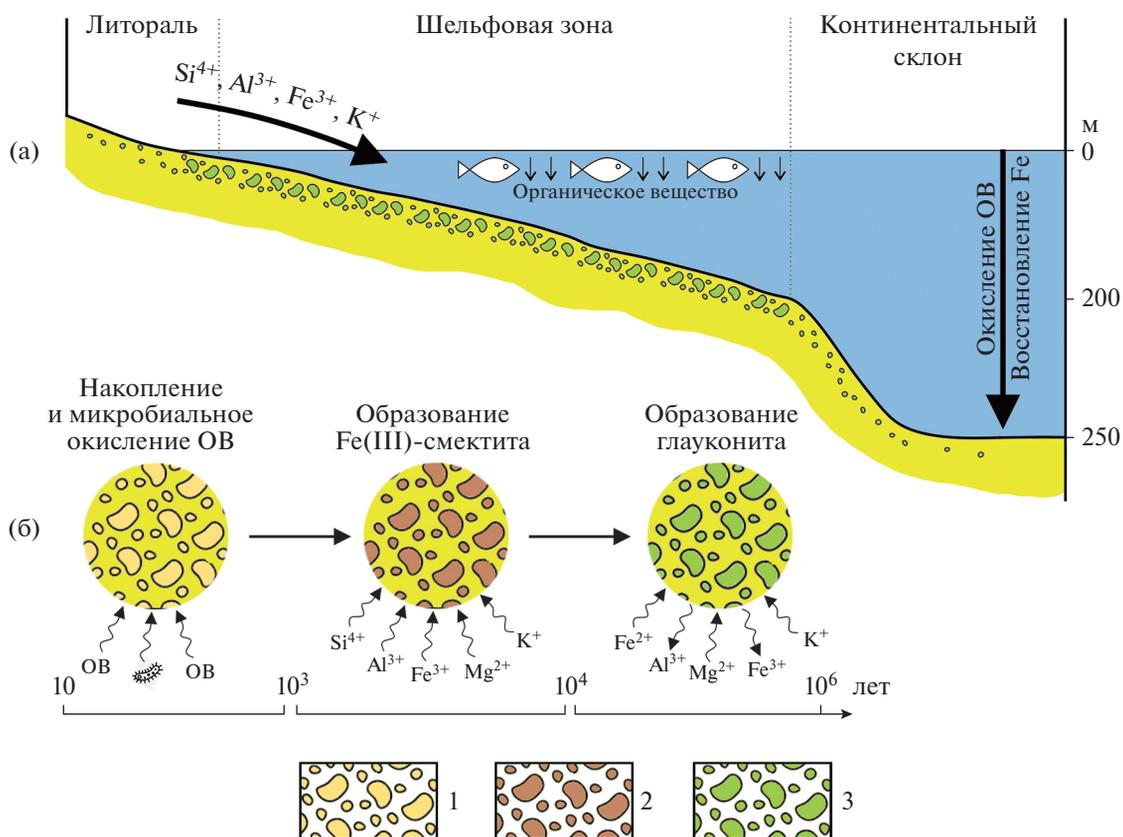


Рис. 2. Упрощенная модель образования глауконита в морских условиях (модифицирована по [Banerjee et al., 2020; Lopez-Quiros et al., 2020]).

а – модель распространения глауконита в морской зоне; б – этапы образования глауконита: 1 – органическое вещество, 2 – железистый смектит, 3 – глауконит.

нова [2008, 2011]. В настоящей работе, глауконитовые провинции выделяются по приуроченности толщ с широким распространением глауконитовых отложений к геологическим структурам и разновозрастным формациям. Учитывались как данные предшественников, так и новые данные, полученные авторами за прошедшее десятилетие. Выделяются Приволжская, Восточно-Уральская, Южно-Русская, а также Центрально-Русская провинции (см. рис. 1, табл. 1).

Одной из крупнейших является **Приволжская** провинция, которая состоит из серии месторождений и проявлений глауконита, приуроченных к западной части одноименного федерального округа, и включает Саратовскую, Ульяновскую, Пензенскую, Волгоградскую и Нижегородскую области, а также Республики Мордовию, Чувашию и Татарстан. Глауконит здесь в основном связан с верхнемеловыми и, в меньшей степени, нижнепалеогеновыми (Волгоградская обл.) отложениями: фосфоритами, кварц-глауконитовыми песками и песчаниками. Содержание глауконита в этих породах варьирует от 20 до 60%, мощность пластов достигает 10 м. Присутствие значитель-

ных скоплений глауконита в отложениях ранне-мелового возраста установлено в Нижегородской области, Татарстане и Чувашии. В тектоническом плане, большая часть месторождений относится к Ульяновско-Саратовскому прогибу. По причине схожего геологического строения, к этой же провинции можно отнести месторождения Волгоградской и Тамбовской областей, включая Бондарское. Всего провинция насчитывает более 30 месторождений и проявлений глауконита с прогнозными ресурсами около 1 млрд т глауконита.

Второй крупной провинцией является **Восточно-Уральская** (Зауральская), находящаяся на востоке Челябинской и Свердловской областей. Месторождения и проявления глауконита приурочены к отложениям поздне-мелового и палеоценового возраста и представлены глауконитовыми песками. Мощность глауконитовых отложений варьирует от 2 до 10 м, содержание глауконита в глауконитовых песках достигает 65%. Провинция находится в пределах Восточно-Уральского прогиба и протягивается на восток, включая Уральское поднятие. Каринское месторождение является в на-

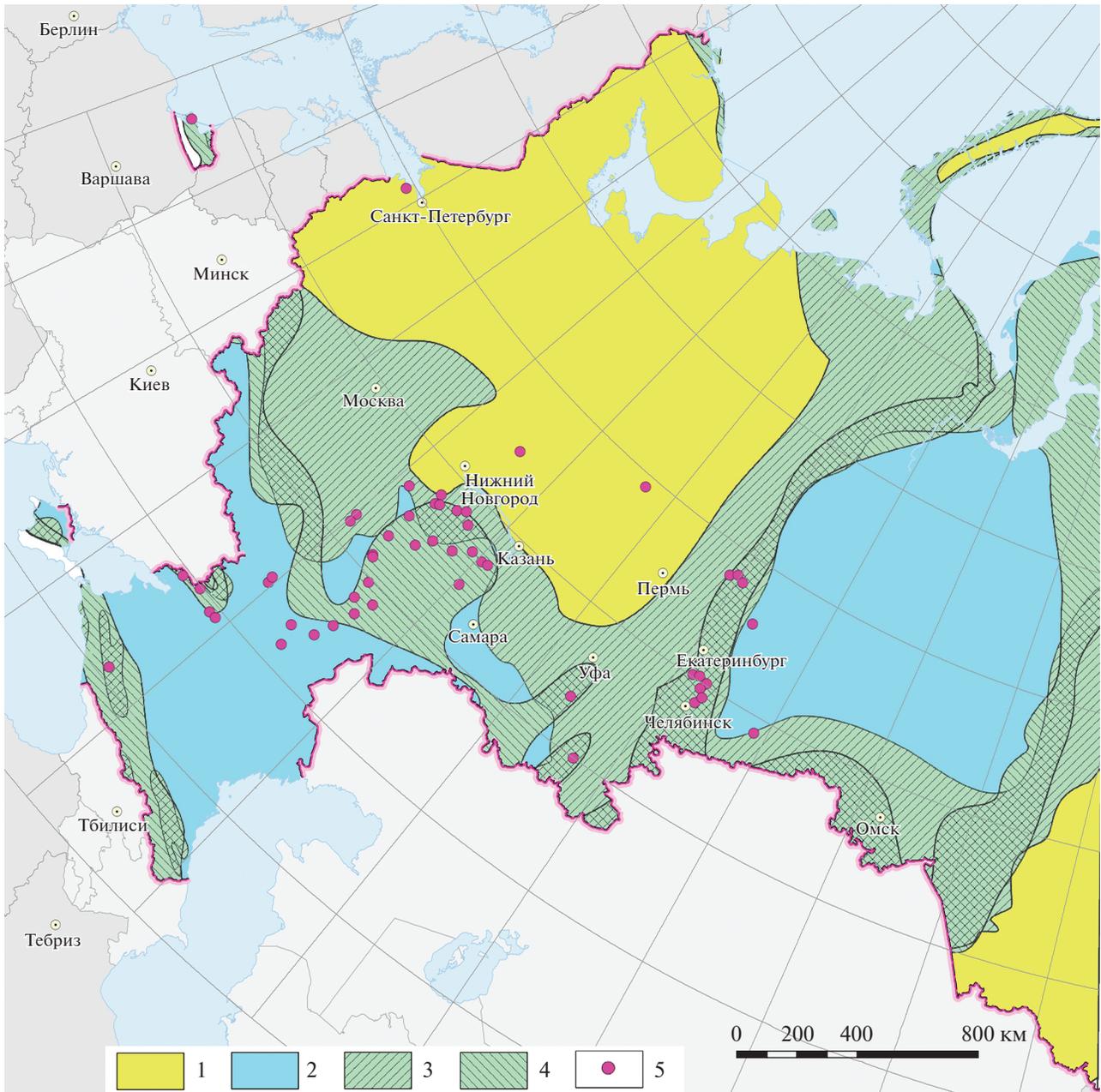


Рис. 3. Палеогеографическая схема для позднего мела–палеогена (по материалам А.П. Виноградова [1968] с дополнениями П.Е. Белоусова, Н.М. Чупаленкова).
 1 – суша; 2 – море; 3 – зона шельфа в позднем мелу; 4 – зона шельфа в палеогеновый период; 5 – месторождения и проявления глауконита.

стоящее время единственным, на котором ведется добыча. На границе с Уральской складчатой системой установлены единичные проявления глауконита: Мугайский участок (Свердловская обл.) и Курганское месторождение (Курганская обл.), которые относятся к Западно-Сибирской плите. Общие прогнозные ресурсы провинции составляют более 150 млн т глауконита.

Центрально-Русская провинция включает площади распространения глауконитсодержащих

пород позднеюрского и раннемелового возраста в Московской и Тульской областях. Глауконитовые пески залегают вместе с желваками фосфоритов и являются попутным полезным ископаемым. Несмотря на небольшую среднюю мощность (около 2 м), залежи Егорьевского района Московской области отличается высокое содержание глауконита, достигающее 70% породы, а также крупные запасы – 553 млн т (кат. С₂). Содержание глауконита в отложениях Кимовского

месторождения (Тульская обл.) не превышает 30–35%, прогнозные ресурсы составляют 11 млн т. В структурном плане месторождения приурочены к центральной части и южному крылу Московской синеклизы.

Южно-Русская провинция располагается на территории Ростовской области. Залежи глауконита приурочены к отложениям нижнего и среднего палеогена, реже – верхнего мела Воронежской антеклизы и Донецкого выступа (Скифская плита). К этой провинции относится Журавское месторождение глауконита, числящееся на балансе. Содержание глауконита в Журавском и Аютинском месторождениях, а также в Дударевском проявлении от 15 до 73% и в среднем составляет 40–50%. Содержание глауконита на Несветаевском месторождении и Крюковской площади не превышает 20–35%. Прогнозные ресурсы провинции составляют 20 млн т.

В Республике Башкортостан выявлено верхнемеловое Байгузинское месторождение и Янгыско-Байгускарская глауконитсодержащая зона в отложениях раннепалеогенового возраста. Оба объекта являются перспективными и нуждаются в доразведке. В первом случае отложения представлены глауконитовыми песками с содержанием глауконита не более 40% и мощностью пластов, достигающей 20–30 м. Запасы категории C_1 составляют 90 тыс. т, приурочены к Предуральскому краевому прогибу. Байгускарская глауконитсодержащая зона (участок Янгызский) расположена в южной части республики и приурочена к Западно-Уральской мегазоне [Князев, 2011]. Глауконитсодержащие отложения имеют малую мощность, в среднем до 1.5 м, но характеризуются очень высоким (местами до 96%) содержанием глауконита. Прогнозные ресурсы составляют более 200 тыс. т.

В Республике Адыгея на балансе числится Абадзехское месторождение, состоящее из участков Лео- и Правобережный с суммарным ресурсным потенциалом в 19 млн т. Участок Левобережный поставлен на баланс с запасами кат. $A + B + C_1$ – 4 млн т. Залежи глауконита приурочены к отложениям верхнего мела.

Копорское месторождение в Ленинградской области представлено песчано-глинистыми отложениями эоценового возраста. Содержание глауконита не превышает 35%, при средней мощности толщи в 7.5 м. Запасы кат. $A + B + C_1$ – 47.5 тыс. т. К отложениям этого же возраста относится и Приморское месторождение янтаря, расположенное в Калининградской области. Основные запасы глауконита находятся в отвалах, образованных при добыче янтаря, и составляют по кат. $A + B + C_1$ 15 млн т.

КАРИНСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ГЛАУКОНИТА

Каринское месторождение расположено в Челябинской области вблизи дер. Карино и является единственным разрабатываемым месторождением глауконитовых песков в России. В структурном плане оно находится на границе Уральской складчатой области и Западно-Сибирской плиты и приурочено к Восточно-Уральскому прогибу, а именно к в юго-восточной части Алапаевско-Теченского мегасинклинория.

Глауконитовые пески образуют мощную пачку позднемелового–среднепалеогенового возраста (рис. 4, 5). Пачка представляет собой пластообразной формы площадью 0.3 км² (см. рис. 5), вытянутую в субширотном направлении на 1100 м, шириной 250–350 м. Средняя мощность залежи – 5.9 м. Уменьшение мощности до полного выклинивания происходит в северном и южном направлениях. Подстилающими породами являются морские отложения камышловской свиты верхнего мела (K_2km). Осадки этой свиты представлены песками и алевритами кварцевыми и глауконит-кварцевыми, местами, переходящими в песчаники с кремнистым и кремнисто-глинистым цементом. Окраска пород преимущественно темно-серая, темная зеленовато-серая, до черной. Содержание глауконита незначительное, колеблется от единичных зерен (знаков) до 25%. Контакт с вышележащей продуктивной толщей нечеткий и устанавливается по резкому уменьшению содержания глауконита, переходу песка в алеврит и одновременному изменению цвета породы.

Выше по разрезу залегает продуктивный горизонт фадюшинской свиты верхнего мела (K_2fd). Отложения этой свиты имеют пластообразную форму, также выклиниваются на севере и юге. Среднее значение мощности пласта 7.8 м.

Значительную часть площади распространения глауконитсодержащих отложений верхнего мела сплошным чехлом перекрывают осадки палеогена как морского, так и континентального происхождения. Среди морских образований выделены: серовская (нижний эоцен) и ирбитская (средний–верхний эоцен) свиты. Континентальные образования представлены наурзумской (верхний олигоцен) свитой. Мощность отложений серовской свиты колеблется от 0.4 до 9.1 м (в среднем составляет 3.3 м), мощность ирбитской свиты колеблется в пределах 0.6–13.0 м (в среднем 3.2 м), мощность наурзумской свиты – 0.4–11.3 м (в среднем 3.7 м).

Отложения серовской свиты (P_2sg) с резким эрозионным контактом налегают на осадки фадюшинской свиты. Они представлены опоками с подчиненными глауконит-кварцевыми песками и песчаниками с кремнистым цементом. Цвет

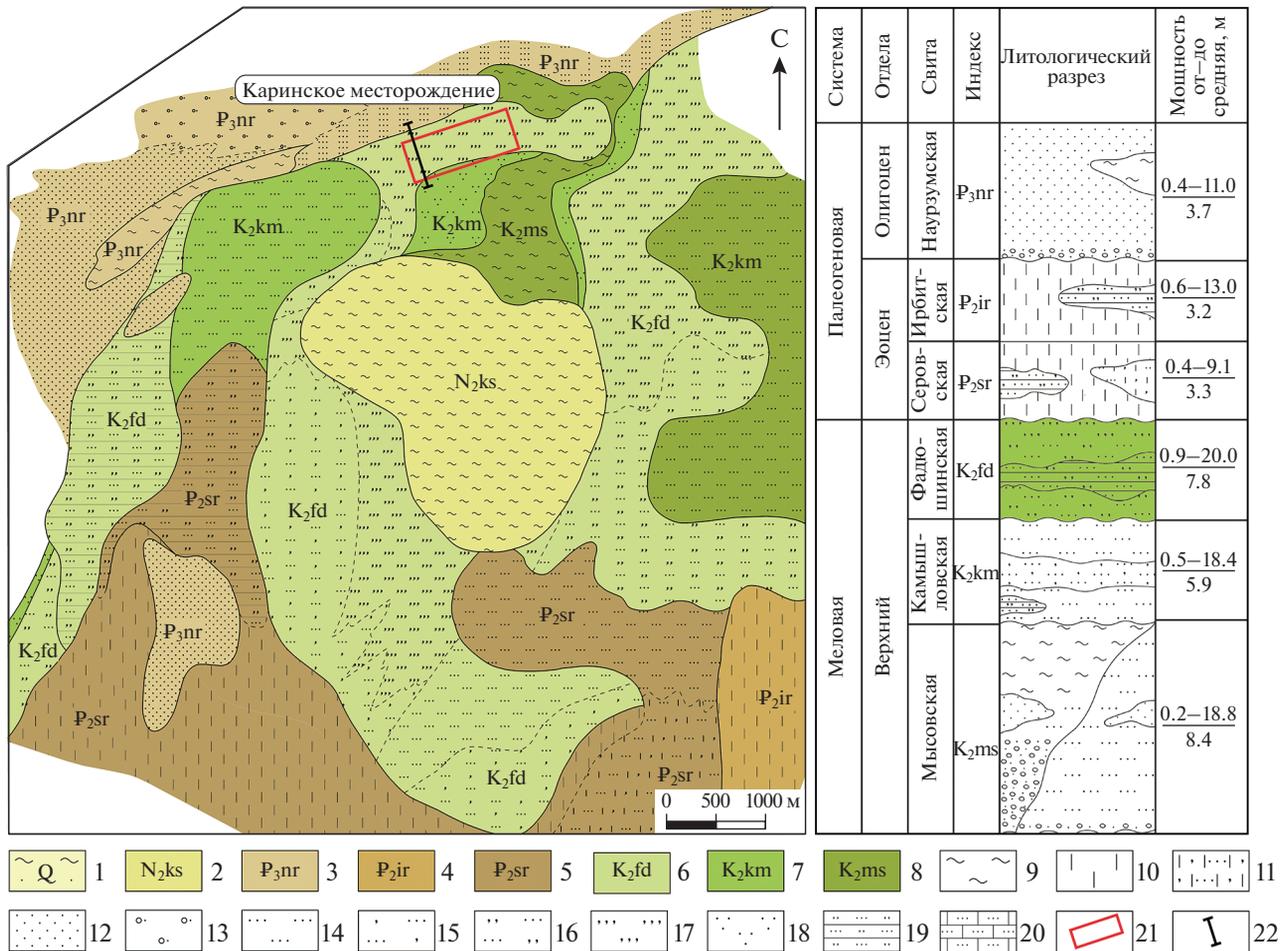


Рис. 4. Геологическая карта и литологическая колонка Каринского месторождения глауконита (по [Новиков, 2004] с упрощением).

1 – четвертичная система, глины бурые песчаные, с включениями гравия; 2 – неогеновая система, плиоцен, кустанайская свита, мергелистые глины, пески полевошпато-кварцевые мелкозернистые; 3–5 – палеогеновая система, палеоцен–эоцен: 3 – наурзумская свита, пески, гравелиты, глины каолиновые, 4 – ирбитская свита, диатомиты, пески и песчаники кварцевые с глауконитом, 5 – серовская свита, опоки, пески и песчаники кварцевые с глауконитом; 6–8 – верхнемеловая система: 6 – фадюшинская свита, пески и песчаники кварцево-глауконитовые, 7 – камышловская свита, пески и алевриты кварцевые с глауконитом, 8 – мысовская свита, пески кварцевые разнозернистые, гравелиты, глины каолиновые; 9 – глины каолиновые, иногда с углефицированными древесными остатками; 10 – диатомиты, опоки; 11 – опоки песчаные с глауконитом до 10%; 12 – пески кварцевые с прослоями мусковита; 13 – гравелиты; 14 – пески кварцевые с примесью глауконита до 10%; 15 – пески мелкозернистые глауконито-кварцевые, содержание глауконита 10–30%; 16 – пески мелкозернистые кварцево-глауконитовые, содержание глауконита 30–50%; 17 – пески глауконитовые, содержание глауконита более 50%; 18 – алевриты глинистые с примесью глауконита до 10%; 19 – песчаники кварцево-глауконитовые, содержание глауконита 10–50%; 20 – песчаники кварцевые с глинисто-кремнистым цементом; 21 – контур первой очереди отработки Каринского месторождения; 22 – линия геологического разреза.

пород серый, темно-серый со слабым зеленоватым оттенком. Выше по разрезу отложения перекрываются диатомитами ирбитской свиты.

Морские отложения ирбитской свиты (P_{2ir}) литологически довольно однообразны и представлены диатомитами, часто песчано-алевритистыми. В подчиненном объеме в составе свиты присутствуют глауконит-кварцевые пески и песчаники тонкозернистые, последние с глинистым и глинисто-кремнистым цементом.

Продуктивный горизонт сложен в основном двумя разновидностями пород: песком глауконитовым (в отмытом от глины песке содержание глауконита 50% и более) и песком кварц-глауконитовым (содержание глауконита в отмытом песке 30–50%). Встречаются кварц-глауконитовые песчаники с глинистым и кремнисто-глинистым цементом. Все песчаные породы тонкозернистые, характеризуются темно-зеленой, синевато-зеленой, зеленовато-серой или серой окраской [Симакова и др., 2019]. Песчаная фракция состав-

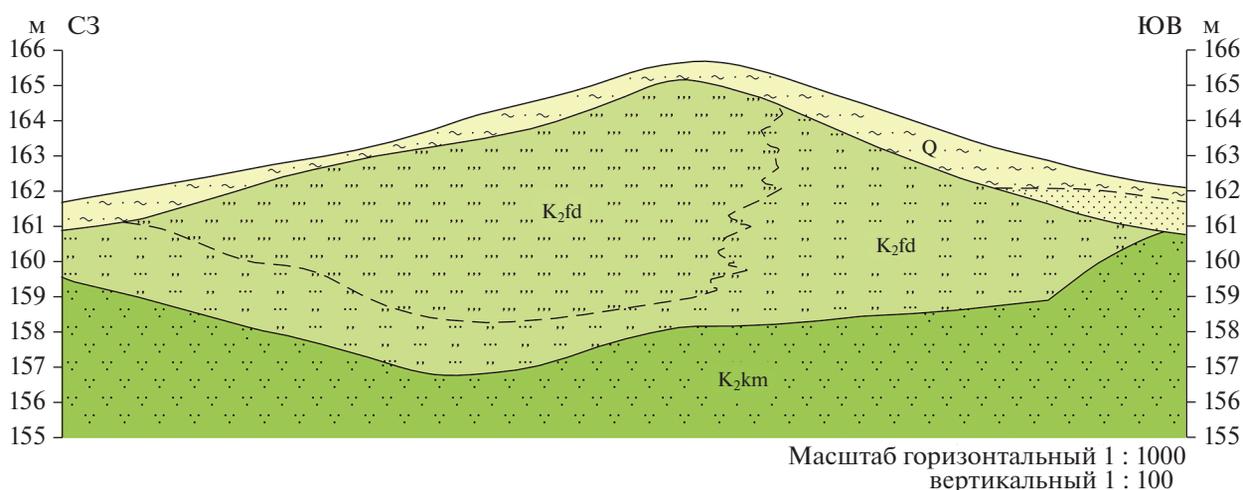


Рис. 5. Геологический разрез Каринского месторождения глауконита ([Новиков, 2004] с упрощениями). Условные обозначения см. рис. 4.

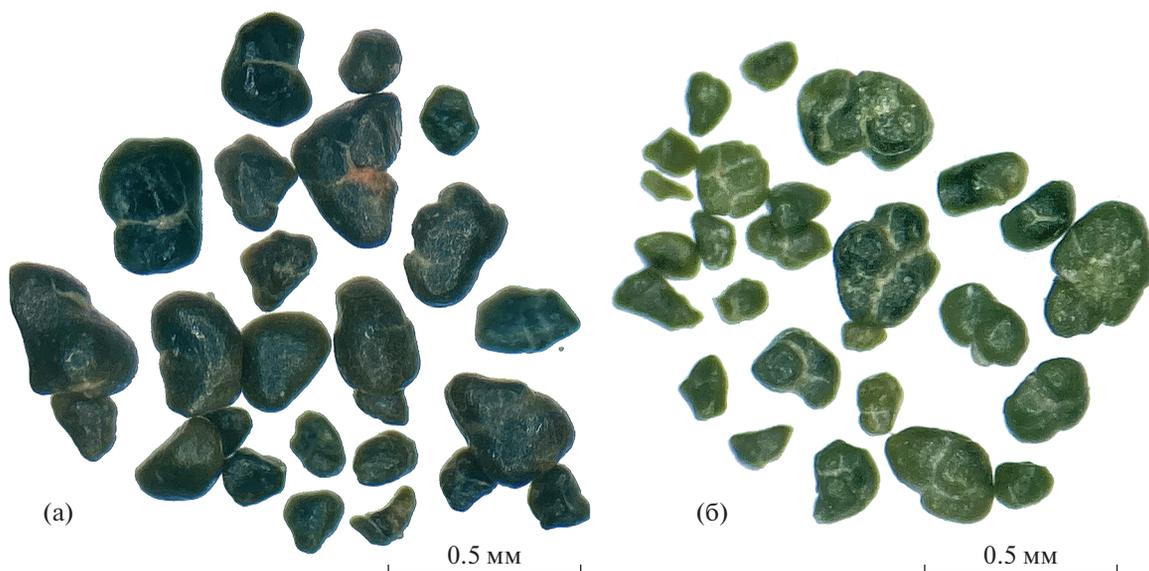


Рис. 6. Типы глауконитовых зерен Каринского месторождения: зеленовато-черные и темно-зеленые с гладкой поверхностью (а) и светло-зеленые с шероховатой поверхностью (б).

ляет в них 80.5% объема породы и представлена смесью зерен двух минералов: глауконита и кварца. Размер зерен глауконита варьирует от менее 0.05 до 0.4–0.5 мм. Средний размер зерен 0.1–0.2 мм. Форма зерен округлая, овальная, полуугловатая, местами с поверхностными и реже с глубокими трещинами. По цвету и характеру поверхности выделяется два типа зерен. К первому типу относятся черные, зеленовато-черные и темно-зеленые зерна с гладкой, глянцевой поверхностью (рис. 6а). Зерна второго типа имеют зеленую, светло-зеленую и пятнистую зеленую окраску, характеризуются шероховатой, матовой поверхностью (см. рис. 6б).

Изучение технологических проб глауконитового песка проводилось методами рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного анализа в лаборатории ИГЕМ РАН (табл. 3, 4). В исходном образце Гл-1 преобладают минералы группы смектита и кварц, содержание глауконита составляет 27%. Однако, после проведенного обогащения на промышленном электромагнитном сепараторе, содержание глауконита возросло до 52 и 82% (образцы Гл-2 и Гл-3 соответственно), в зависимости от режима обработки. Обогащенный в лабораторных условиях образец с содержанием глауконита 99.6% (см. табл. 3, 4) по химическому составу отличается от исходного образца заметно

Таблица 3. Минеральный состав валовых проб глауконитовых песков Каринского месторождения, %

Минерал	Гл-1	Гл-2	Гл-3	Гл-4
Глауконит	26.7	51.8	82.0	99.6
Клиноптилолит	4.3	2.3	0.8	–
Смектит	32.6	15.6	6.7	–
Кварц	31.4	18.8	7.9	0.4
Альбит	5.0	11.5	2.6	–

Примечание. Метод порошковой рентгеновской дифракции.

Таблица 4. Химический состав валовых проб глауконитовых Каринского месторождения, %

Обр. №	ППП	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃
Гл-1	9.19	0.07	1.86	4.34	69.46	3.43	0.07	0.25	0.015	10.46	0.04	<0.02
Гл-4	9.94	0.07	3.75	7.61	50.52	6.94	0.59	0.12	0.016	19.72	0.21	<0.02

Примечание. Метод рентгенофлуоресцентного анализа.

повышенным (почти в 2 раза) содержанием оксидов железа и калия – 19.7 и 6.4% соответственно. Содержание кремнезема (за счет удаления кварца) снизилось до 50.5%.

Ранее проведенные исследования сорбционных свойств показали, что глаукониты Каринского месторождения являются эффективными сорбентами по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам [Belousov et al., 2019; Semenkova et al., 2020], также они могут использоваться в качестве удобрений в агросекторе [Новиков, 2004].

ПЕРСПЕКТИВЫ РАСШИРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ГЛАУКОНИТА В РОССИИ

За прошедшее десятилетие появились новые сведения о сырьевом потенциале глауконита в сибирских регионах. Например, Бакчарское месторождение глауконита (Томская обл.) с ресурсами в 800 млн т [Rudmin et al., 2017] следует рассматривать как крупнейшее месторождение калийных удобрений нетрадиционного типа [Rudmin et al., 2017]. В пределах западного участка Бакчарского месторождения, детально разведанного на железо, ресурсы глауконита оцениваются в 34 млн т при среднем содержании 28%, из которых 4.6 млн т составляют глауконитолиты (породы с содержанием глауконита более 60%), 18.1 млн т – глауконитовые песчаники и 11.3 млн т – глауконит-шамозит-гетитовые ооидные железняки [Rudmin et al., 2017; Рудмин и др., 2018]. Слабосцементированные глауконитовые породы западного участка Бакчарского месторождения можно рекомендовать для опережающей разработки методом скважинной гидродобычи. Технологическая сеть 600 на 600 м позволит извлечь большую часть ресурсов. При скважинной гидродобыче, в процессе

транспортировки горной массы на поверхность, будет происходить вымывание пелитоморфной фракции, что будет способствовать обогащению глауконитовых пород. Таким образом, извлекаемые методом скважинной гидродобычи глауконитолиты могут быть использованы в сельском хозяйстве без последующего обогащения.

В работе [Белоус и др., 1964] было показано, что верхнемеловая глауконит-шамозитовая (или глауконит-шамозит-гетитовая) осадочная формация Западно-Сибирского бассейна представлена во всех рудопроявлениях морских железняков вдоль восточного и юго-восточного обрамления Западной Сибири: Колпашевского, Каргасокского, Ласкинского, Елогуйского, Туруханского и пр. Такое широкое распространение глауконитсодержащих толщ позволяет считать эту часть Западной Сибири одной из крупнейших глауконитовых провинций с ресурсами в миллиарды тонн (рис. 7) [Рудмин и др., 2018].

Подтверждение присутствия глауконитовых отложений с ресурсами в десятки и сотни миллионов тонн в других проявлениях этого бассейна позволит выделить Западно-Сибирскую глауконитоносную провинцию.

В центральном регионе наиболее перспективными являются территории в пределах Московской и Кировской областей, где глауконитовые пески пространственно и генетически связаны с отложениями фосфоритов Егорьевского района и Вятско-Камского региона, соответственно. Ориентировочные ресурсы Егорьевского района составляют 1 млрд т, Вятско-Камского региона – 1.6 млрд т [Левченко, Тигунов, 2011].

Помимо Центрального, Южного, Уральского и Сибирского регионов, глаукониты выявлены на о. Сахалин и в Камчатском крае. Проявления глауконитов на о. Сахалин известны в Томаринском,

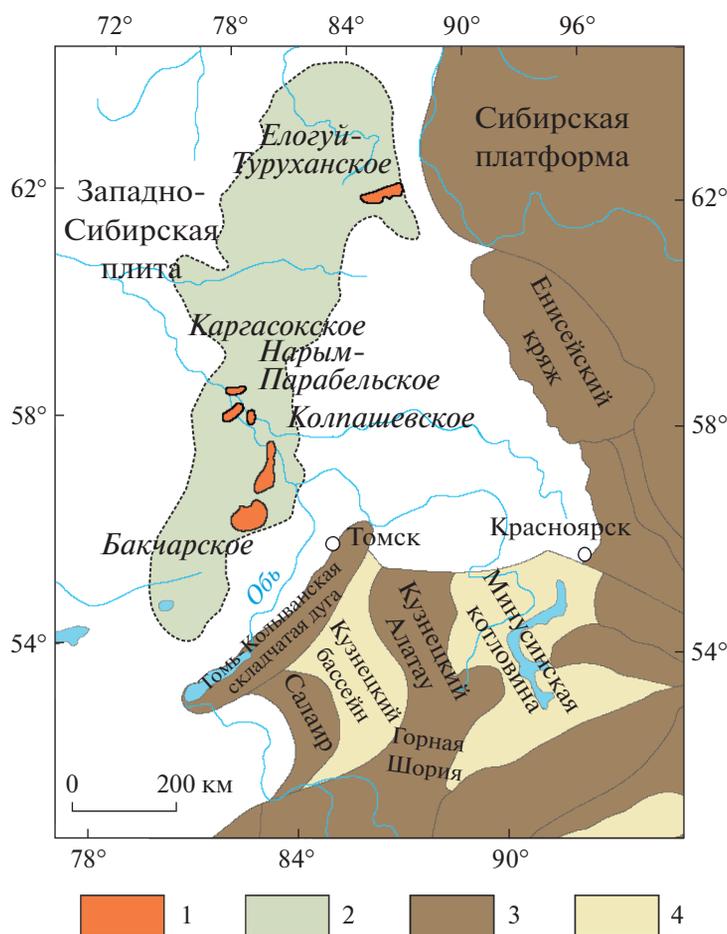


Рис. 7. Перспективная глауконитовая провинция в восточной части Западной Сибири. 1 – глауконитовые проявления; 2 – контур распространения глауконитонесущих пород; 3 – горные области; 4 – межгорные прогибы.

Угрегорском, Холмском, Долинском, Корсаковском и Охинском районах [Меренков, 2002]. Отложения мел-палеогенового и неогенового возрастов представлены пластами мелкозернистых песчаников мощностью в 3–4 м, содержание глауконита колеблется в пределах 40–80%. Прогнозные ресурсы вышеуказанных районов составляют 12–14 млн т. В Камчатском крае глаукониты обнаружены вдоль побережья Охотского моря в вулкано-терригенных отложениях верхнего эоцена и нижнего олигоцена и приурочены к глинисто-песчано-алевролитовым породам, мощностью до 20 см и содержанием глауконита до 50% [Гептнер и др., 2008].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучив минерально-сырьевую базу месторождений глауконита России и учитывая их геологическую позицию можно сделать следующие выводы.

В России насчитывается более 50 месторождений и проявлений глауконитовых песков и песчаников. Они имеют широкое распространение в Центральном, Приволжском, Южном, Уральском и Сибирском федеральных округах, а также встречаются в Ленинградской, Калининградской и Сахалинской областях, Республике Кабардино-Балкарии и Камчатском крае. Прогнозные ресурсы глауконита в России составляют более 2.5 млрд т.

В настоящее время на балансе РФ числятся 5 месторождений глауконита с общими запасами категории А + В + С₁ – 15.5 млн м³ и С₂ – 5.0 млн м³. К ним относятся Бондарское (Тамбовская обл.), Максимовское (Волгоградская обл.), Журавское (Ростовская обл.), Абадзехское уч. Левобережный (Республика Адыгея) и Каринское (Челябинская обл.) месторождения. Причем разрабатывается на данный момент только Каринское месторождение. Добыча за 2018 год составила около 1 тыс. м³.

В тектоническом плане месторождения и проявления глауконита на территории России приурочены к плитам и платформам, их краевым прогибам, и от части к складчатым областям. В стратиграфическом плане рудовмещающие отложения в основном приурочены к верхнемеловой и палеогеновой системам, реже к верхнеюрскому и нижнемеловому отделам. В палеогеографическом плане основные проявления и месторождения глауконита приурочены к области шельфа, где глауконит образовывался в теплых морях шельфовой зоны. Исключением являются Шмотихинское (Нижегородская обл.), Вятско-Камское (Кировская обл.) и Копорское (Ленинградская обл.) месторождения, где, по-видимому, образование глауконита связано с аллотигенным происхождением, либо переотложением ранее образованного материала.

Основываясь на особенностях геологического строения, возрасте и пространственной приуроченности месторождений, выделяются несколько глауконитовых провинций: Приволжская, Восточно-Уральская, Южно-Русская и Центрально-Русская.

К наиболее перспективным регионам в плане расширения сырьевой базы России относятся Западная Сибирь и Центральный регион. С ресурсами глауконита 800 млн т Томскую область следует рассматривать как одну из крупнейших потенциальных глауконитовых провинций страны с ресурсами в единицы и даже десятки млрд т. Более того, верхнемеловая глауконит-шамозитовая (или глауконит-шамозит-гетитовая) осадочная формация Западно-Сибирского палеобассейна широко развита на всех рудопроявлениях мелководных морских железняков, развитых вдоль восточного и юго-восточного обрамления Западной Сибири. В центральном регионе наиболее перспективными являются Московская и Кировская области, где глауконитовые пески пространственно и генетически связаны с отложениями фосфоритов. На о. Сахалин глаукониты известны вдоль западного побережья и приурочены к песчанникам мел-палеогенового и неогенового возрастов. В Камчатском крае глаукониты обнаружены вдоль побережья Охотского моря в вулканогенно-терригенных отложениях верхнего эоцена и нижнего олигоцена.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность директору ООО Геологическое предприятие "Геокомплекс" И.М. Новикову и директору ООО "Глауконит" В.А. Едапину за предоставленные материалы, сотрудникам ИГЕМ РАН – С.В. Закусину (рентгенофазовый анализ), А.И. Якушеву (рентгенофлуоресцентный анализ) и Н.Д. Карелиной (техническая помощь в подготовке статьи). Отдельно хотелось бы поблагодарить д.г.-м.н.

И.В. Викентьева (ИГЕМ РАН) и к.г.-м.н. Т.С. Зайцеву (ИГГД РАН) за ценные замечания, способствовавшие улучшению рукописи.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Работа по анализу минерально-сырьевой базы глауконита России выполнена при финансовой поддержке Российского Научного Фонда, проект № 18-77-00015. Изучение Каринского месторождения проводилось по базовой теме ИГЕМ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас литолого-палеогеографических карт СССР / Гл. ред. А.П. Виноградов. М.: Всесоюзный аэрогеологический трест Министерства геологии СССР, 1968. 80 с.
- Белоус Н.Х., Николаева И.В., Казанский Ю.П., Бабин А.А., Кляровский В.М., Бердников А.П., Юшин И., Нагорский М.П., Дьяконова Н.Д., Вдовин В.В.* Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. 448 с.
- Гептнер А.Р., Ивановская Т.А., Покровская Е.В., Кураленко Н.П.* Глауконит из вулканотерригенных отложений палеогена западной Камчатки // Литология и полез. ископаемые. 2008. № 3. С. 255–279.
- Горохов И.М., Яковлева О.В., Семихатов М.А., Ивановская Т.А.* Rb–Sr и K–Ar возраст и мессбауэровские спектры глобулярных слоистых силикатов глауконитового ряда: дебенгдинская свита среднего рифея Оленекского поднятия, Северная Сибирь // Литология и полез. ископаемые. 1995. № 6. С. 615.
- Дистанов У.Г., Михайлов А.С., Конохова Т.П.* Природные сорбенты СССР. М.: Недра, 1990. 208 с.
- Дриц В.А., Коссовская А.Г.* Глинистые минералы: слюды, хлориты. М.: Наука, 1991. 176 с.
- Зайцева Т.С., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Мельников Н.Н., Аракелянц М.М., Яковлева О.В.* Мессбауэровские характеристики, минералогия и изотопный возраст (Rb–Sr, K–Ar) верхнерифейских глауконитов укской свиты Южного Урала // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16(3). С. 3–25.
- Зайцева Т.С., Семихатов М.А., Горохов И.М., Сергеев В.Н., Кузнецов А.Б., Ивановская Т.А., Мельников Н.Н., Константинова Г.В.* Изотопная геохронология и биостратиграфия рифейских отложений Анабарского массива, Северная Сибирь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т.24(6). С. 3–29.
- Ивановская Т.А., Звягина Б.Б., Сахаров Б.А., Зайцева Т.С., Покровская Е.В., Доржиева О.В.* Глобулярные слоистые силикаты глауконит-иллитового состава в отложениях верхнего протерозоя и нижнего кембрия // Литология и полез. ископаемые. 2015. № 6. С. 510–537.
- Каратаев О.В., Преображенский А.Б., Ярцева И.Н.* Сборник сводных материалов о запасах общераспространенных полезных ископаемых Российской Федерации // Глаукониты. Вып. 4. М., 2019.
- Князев Ю.Г.* Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). СПб.: ФГБУ ВСЕГЕИ, 2011.

- Левченко М.Л.* Состояние сырьевой базы и возможности использования глауконитов России. Минеральные ресурсы России // Экономика и управление. 2008. Т. 2. С. 27–31.
- Левченко Е.Н., Тигунов Л.П.* Глаукониты России: состояние, перспективы освоения развития минерально-сырьевой базы. Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. М.: ВИМС, 2011. № 32. 65 с.
- Меренков А.М.* Полезные ископаемые Сахалинской области. Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2002. 165 с.
- Николаева И.В.* Минералы группы глауконита в осадочных формациях. Новосибирск: Наука, 1977. 321 с.
- Николаева И.В.* Минералогия и геохимия глауконита. Новосибирск: СО РАН СССР, 1981. 111 с.
- Новиков И.М.* Отчет о результатах оценочных и разведочных работ на участке I очереди Каринского месторождения глауконитовых песков в Кунашакском районе Челябинской области, проведенных ООО “Глауконит” в 1998–2003 гг., с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.2004 г. Челябинск, 2004.
- Петров О.В.* Геологическая карта России и прилегающих акваторий, масштаб 1 : 2500000. СПб.: ВСЕГЕИ, 2011.
- Рудмин М.А., Мазуров А.К., Рева И.В., Стеблецов М.Д.* Перспективы комплексного освоения Бакчарского железорудного месторождения (Западная Сибирь, Россия) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. № 329. С. 85–94.
- Симакова Ю.С., Лютоева В.П., Лысюк А.Ю.* Кристаллохимические особенности глауконита Каринского месторождения // Вестник Коми НЦ УРО РАН. 2019. № 3. С. 41–49.
<https://doi.org/10.19110/2221-2221-1381-2019-03-41-50>
- Banerjee S., Bansal U., Pande K., Meena S.S.* Compositional variability of glauconites within the Upper Cretaceous Karai Shale Formation, Cauvery Basin, India: implications for evaluation of stratigraphic condensation // Sedimentary Geology. 2016. № 331. P. 12–29.
- Banerjee S., Chatteroraj S.L., Saraswati P.K., Dasgupta S. Sarkar U., Bumby A.* The origin and maturation of lagoonal glauconites: a case study from the Oligocene Maniyara Fort Formation, western Kutch, India // Geological Journal. 2012. V. 47. P. 357–371.
- Banerjee S., Choudhury T.R., Saraswati P.K., Khanolkar S.* The formation of authigenic deposits during Paleogene warm climatic intervals: a review // Journal of Palaeogeography. 2020. V. 9. P. 1–27.
<https://doi.org/10.1186/s42501-020-00076-8>
- Belousov P., Semenkova A., Egorovam T., Romanchuk A., Zakusin S., Dorzhieva O., Tyupina E., Izosimova Y., Tolpesh-ta I., Chernov M., Krupskaya V.* Cesium Sorption and Desorption on Glauconite, Bentonite, Zeolite and Diatomite // Minerals. 2019. V. 9. P. 625.
- Castro L., Tourn S.* Direct Application of Phosphate Rocks and Glauconite as Alternative Sources of Fertilizer in Argentina // Exploration and Mining Geology. 2013. V. 12. P. 71–78.
- Deb S.P., Fukuoka M.* Fe-illites in a Proterozoic deep marine slope deposit in the Penganga Group of the Pranhita Godavari Valley: their origin and environmental significance // The Journal of Geology. 1998. V. 106. P. 741–750.
- El Albani A., Meunier A., Fursich F.* Unusual occurrence of glauconite in a shallow lagoonal environment (Lower Cretaceous, northern Aquitaine Basin, SW France) // Terra Nova. 2005. V. 17. P. 537–544.
- Franus M., Bandura L.* Sorption of heavy metal ions from aqueous solution by glauconite // Fresenius Environmental Bulletin. 2014. V. 23. P. 825–839.
- Franzosi C., Castro L., Celeda A.* Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina // Natural Resources Research. 2014. V. 23. P. 311–320.
- Heckman J.R., Tedrow J.C.F.* Green sand as a soil Amendment // Better Crops. 2004. V. 88. P. 1–17.
- Karimi E., Abdolzadeh A., Sadeghipour H.R., Aminei A.* The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants // Archives of Agronomy and Soil Science. 2012. V. 58. P. 983–993.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2011.557369>
- Lopez-Quiros A., Escutia C., Sanchez-Navas A. et al.* Glaucony authigenesis, maturity and alteration in the Weddell Sea: An indicator of paleoenvironmental conditions before the onset of Antarctic glaciation // Sci. Rep. 2019. V. 9. P. 1–12.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-50107-1>
- Lopez-Quiros A., Sanchez-Navas A., Nieto F., Escutia C.* New insights into the nature of glauconite // American Mineralogist. 2020. V. 105. P. 674–686.
<https://doi.org/10.2138/am-2020-7341>
- Mank V.V., Melnyk L.N.* Use of clay minerals for adsorptive clearing of aqueous-alcoholic solutions // Acta Geodynamica et Geomaterialia. 2005. V. 2. P. 113–117.
- Manning D.* Mineral sources of potassium for plant nutrition. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2010. V. 30. P. 281–294.
<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2017.04.006>
- Memedi H., Atkovska K., Lisichkov K., Marinkovski M., Kuvendziev S., Bozinovski Z., Reka A.A.* Removal of Cr(VI) from water resources by using different raw inorganic sorbents // Quality of life. 2016. V. 7. P. 77–85.
- Meunier A., El Albani A.* The glauconite – Fe-illite – Fe-smectite problem: a critical review // Terra Nova. 2007. V. 19. P. 95–104.
- Morton A.C., Merriman R.J., Mitchell J.G.* Genesis and significance of glauconitic sediments of the Southwest Rockall Plateau // Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project. 1984. V. 81. P. 645–652.
- Odin G.S., Matter A.* De Glauconiarum Origine // Sedimentology. 1981. V. 28. P. 611–641.
- Odin G.S., Fullagar P.D.* Geological significance of the glaucony facies // Green Marine Clays: Developments in Sedimentology. 1988. V. 45. P. 295–332.
- Porrenga D.H.* Glauconite and chamosite as depth indicators in the marine environment // Marine Geology. 1967. V. 5. P. 495–501.
- Rudmin M., Banerjee S., Mazurov A., Makarov B., Martemyanov D.* Economic potential of glauconitic rocks in Bakchar deposit (S–E Western Siberia) for alternate potash fertilizer // Applied Clay Science. 2017. V. 150. P. 225–233.
<https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.09.035>

- Rudmin M.A., Mazurov A.K., Makarov B.I., Galikhanov A.V., Stebletsov M.D., Chepala K.K.* On possibility of using Glauconite from rocks of Bakchar deposit (Western Siberia) in agriculture // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering. 2016. V. 327. P. 6–16.
- Rudmin M., Reva I., Sokol E., Abdullayev E., Ruban A., Kudryavtsev A., Tolkachev O., Mazurov A.* Minerals of Rare Earth Elements in High-Phosphorus Ooidal Ironstones of the Western Siberia and Turgai Depression // Minerals. 2019. V. 10(1). P. 1–11.
- Semenkova A., Belousov P., Rzhavskaia A., Izosimova Yu., Maslakov K., Tolpeshita I., Romanchuk A., Krupskaya V.* U(VI) sorption onto natural sorbents // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2020. V. 326(1). P. 293–301.
- Singla R., Alex T.C., Kumar R.* On mechanical activation of glauconite: Physicochemical changes, alterations in cation exchange capacity and mechanisms // Powder Technology. 2020. V. 360. P. 337–351.
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.035>
- Veloso C.* Verde Agritech announces \$1.358 Million revenue in 2018. Belo Horizonte, Brazil. 2019. <https://finance.yahoo.com/news/verde-agritech-announces-1-358-220000-954.html>
- Verma J.P.* Does Glauconite be an Emerging and Potential Source of Potash Fertilizer? // Recent Advances in Petrochemical Science. 2018. V. 4. P. 5–8.
<https://doi.org/10.19080/RAPSCI.2018.04.555649>
- Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Esina M.N., Uryadnikov A.A., Shel N.V.* Calculation of the dynamic sorbent capacity in the presence of two sorbates // Journal of Water Process Engineering. 2017. V. 20. P. 180–186.
http://verdepotash.com/investors/pfs_highlights
<https://doi.org/10.1016/J.JWPE.2017.11.002>

Glauconite Deposits of Russia: Geological Position, Condition of Formation and Prospects for Development

P. E. Belousov^{1, *}, N. M. Chupalenkov², M. A. Rudmin³, V. V. Krupskaya^{1, 4}

¹*Institute of Ore Geology, Petrography, Mineralogy and Geochemistry, Russian Academy of Science, Staromonetny lane, 35, Moscow, 119017 Russia*

²*All-Russian Scientific-Research Institute of Mineral Resources named after N.M. Fedorovsky, Staromonetny lane, 31, Moscow, 119017 Russia*

³*Tomsk Polytechnic University, Lenina prosp., 30, Tomsk, 634050 Russia*

⁴*Lomonosov Moscow State University, Leninskie Gory, 1, Moscow, 119899 Russia*

*e-mail: pitbl@mail.ru

The article is devoted to the analysis of the mineral resource base of glauconite in Russia, the geotectonic and lithological-paleogeographic positions of deposits and large occurrences of glauconite, and the conditions of their formation are considered. Based on the structural position, age and spatial localization of deposits and occurrences, glauconite provinces were identified and the most promising territories for expanding the mineral resource base of glauconites in the Russian Federation were identified. The information on the reserves of deposits, the degree of their development and production volumes is given. A brief overview of the main producing countries and production volumes of glauconite in the world is carried out. A description of the geological structure and quality of raw materials from the Karinskoe glauconite deposit is given. It has been established that in tectonic terms the deposits and occurrences of glauconite in Russia are confined to the central parts of plates and platforms, foredeeps and orogenic belts; most of them are found in the Upper Cretaceous and Paleogene sediments, some are of Late Jurassic or Early Cretaceous age. The predicted resources of glauconite on the territory of the Russian Federation are more than 2.5 billion tons. The most promising areas include the territories of Western Siberia, as well as the Moscow and Kirov regions of the European part of Russia.

Keywords: glauconite, natural sorbents, industrial minerals, mineral-resource base, potash fertilizers, glauconite provinces, Karinskoe deposit.