

Секция 3

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ

ГЛАУКОНИТОВЫЕ ПОРОДЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОПУТНЫЕ ПРОДУКТЫ БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

М.А. Рудмин, А.К. Мазуров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сегодня в аспекте системы рационального природопользования отдельное внимание отводится возможностям использования попутных компонентов, вмещающих пород и горных отходов месторождений, поскольку это залог эффективного недропользования. В свете этой стратегии рассматривается уникальное по своим запасам Бакчарское железорудное месторождение в Томской области. Несмотря на высокое стратегическое значение для обеспечения металлургического сектора Сибирского федерального округа, разработка Бакчарского месторождения не ведётся и не планируется. По предварительным оценкам ресурсы месторождения составляют порядка 25 млрд. тонн железа, что справедливо позволяет отнести этот объект к ряду уникальных железорудных месторождений мира. Однако существует три основных барьера перед освоением этих руд: (1) сложные горно-геологические условия залегания, а именно высокая обводненность осадочного разреза; (2) относительно низкое содержание железа ($\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{total})$ 35...52 %) и высокое содержание вредной примеси фосфора (P_2O_5 0.8...1.2 %); (3) отсутствие рентабельной технологии обогащения руд.

В данной работе приводятся доказательства того, что Бакчарское месторождение богато не только ресурсами железа, но и может служить новой сырьевой базой нерудного сырья в виде нетрадиционных калийных удобрений. Известно, что калий наряду с азотом и фосфором является одним из важнейших удобрений для сельского хозяйства, поскольку он улучшает удержание воды и текстуру почвы, а также повышает питательную ценность, вкус и урожайность культур. В настоящее время отмечается ежегодное (около 3 %) повышение мирового спроса на калийные удобрения за счет увеличения доли их внесения в сельскохозяйственные почвы как залог повышения эффективности агрохозяйства. Сегодня этот спрос обеспечивается добычей калийных солей (хлоридов и сульфатов калия) из морских эвапоритовых залежей. Большая часть этих месторождений находится в Канаде, России, Беларуси, Бразилии, Китае, Чили, Германии и США [3,8]. Несмотря на то, что Россия занимает лидирующие позиции по запасам калия, использование калийных удобрений сельхозпроизводителями сибирских регионов (в том числе и Томской области) остается на критически низком уровне. Затраты на транспортировку и цены на удобрения как следствие локальной сосредоточенности горнодобывающих предприятий и монопольного положения основного производителя накладывают ограничения на вовлечение калийных удобрений в агрохозяйство Сибирского федерального округа.

Изучение альтернативных источников калия, таких как калийсодержащие филосилликаты, может быть одним из вариантов повышения спроса на калийные удобрения в целях не только развития производства, но и снижения экологических рисков сельского хозяйства. Глауконит считается одним из таких потенциальных источников для альтернативных калийных удобрений [1,5,11,12]. Глауконит относится к диоктаэдрическим слоистым минералам и характеризуется изменчивым химическим составом с повышенным содержанием K_2O (до 9 %) [4,6,7].

В пределах Бакчарского месторождения глауконитовые породы залегают на глубинах 180...230 м среди славгородской и ганькинской свит верхнего мела, которые вмещают так называемый колпашевский железорудный горизонт. При этом перекрываются глауконитовые породы бакчарским железорудным горизонтом. Таким образом, глауконитовые породы переслаиваются с железорудными горизонтами и, в случае добычи последних, будут выноситься в отвалы. Результаты авторских исследований показывают, что эти породы несут в себе важную экономическую нагрузку и их следует считать ценными второстепенными компонентами месторождения. Полученные за последние годы авторские данные, опубликованные в ряде отечественных и зарубежных журналов, основываются на детальном и комплексном подходе в исследовании глауконитовых пород Бакчарского месторождения: их структурно-химической характеристики, технологии обогащения и практической применимости в сельском хозяйстве.

Рентгеновские дифрактограммы глауконитовых пород демонстрируют различные фазы, такие как глауконит, кварц, микроклин, гетит и шамозит. Высокое и умеренное содержание K_2O (от 4.0 до 7.3 %) и умеренное $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{total})$ (от 20.4 до 32.8 %) характеризует неизменный глауконит [9]. В то время как содержание K_2O и $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{total})$ измененного глауконита изменяется от 2.6 до 5.5 % и от 31.1 до 49.8 %, соответственно. Среди осадочных пород Бакчарского месторождения с содержанием гранулированного глауконита более 10 % было выделено три разновидности на основе их текстурных особенностей, минерального и химического состава. Глауконитолиты (или глауконититы, также называемые в англоязычной литературе «greensand») состоят из глауконита на 58.4 %, кварца и полевых шпатов на 14 % и цементирующего материала иллитового состава на 37 %. Содержание K_2O в

**СЕКЦИЯ 3. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МПИ.
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГЕОЛОГИИ**

глауконитолизит в среднем составляет 4.1 % и тем самым является самым высоким среди всех разновидностей глауконитовых пород. Глауконитовые песчаники состоят из глауконита на 25.7 %, кварца и полевых шпатов на 37.8 %, шамозитовых ооидов на 7.6 % и иллитового цемента на 29 %. Среднее содержание K_2O в них составляет 3.1 %. Глауконит-шамозитовые ооидовые железняки имеют следующие минеральный состав: глауконит – 24.6 %, кварц и полевые шпаты – 21.6 %, шамозитовые ооиды – 22.8 %, шамозитовый цемент – 30.9 %. Среднее содержание K_2O в этих породах составляет 2.5 %. Химический состав глауконитовых пород характеризуется концентрациями тяжелых металлов (Co, Ni, Zn, Mo, Cd, Pb, As) ниже предельно допустимых концентраций в почвах [10]. При помощи мокрого просеивания глауконитолизита во фракции (-500+125) мкм концентрации гранулированного глауконита достигали 90.4 %, а для глауконит-шамозитового железняка в этой фракции глауконит концентрировался до содержания 40.7 %. В сравнении с сухим просеиванием при помощи мокрого просеивания зёрна глауконита в большей степени скапливаются во фракции (-500+125) мкм, поэтому именно эта гранулометрическая фракция использовалась для электромагнитной сепарации. Электромагнитная сепарация показала, что концентрация глауконитовых зерен возрастает в магнитных фракциях каждой разновидности глауконитовых пород. При экспериментах с глауконитолизитом содержание глауконита в магнитном продукте достигало 97 %. Для аграрных наблюдений использовались следующие продукты: исходный глауконитолизит, гранулометрические фракции (-500+125) мкм глауконитолизита и глауконитового песчаника, магнитные концентраты глауконитового песчаника и глауконит-шамозитового ооидового железняка. Глауконитовые продукты имеют концентрации гранулированного глауконита от 51.3 до 90.4 %, содержание K_2O от 3.04 до 6.27 %, количество расширяющихся слоев от 10 до 20 %, удельную поверхность от 32.5 до 56.7 м²/г и удельный объем пор – от 0.018 до 0.024 см³/г.

Глауконитовые породы имеют ряд преимуществ перед калийными солями [5,10,11]: (а) отсутствие в составе хлора позволяет избежать раннего засоления почв и загрязнения грунтовых вод; (б) концентрации около 30 микроэлементов, включая Cu, Zn, Fe, Mn, B, Se, Co, Mo, Cr, Vd, Y, дополнительно полезны для роста растений; (в) гранулированная форма зёрен улучшает текстуру, пористость и проницаемость почвы. Глауконитовые породы, содержащие, по меньшей мере, 2.2 % K_2O , рассматривались многими учеными как потенциальное калийное удобрение [1,5,11]. Глауконитовые породы Бакчарского месторождения в среднем содержат 2.5...4.1 % K_2O вместе с магнием, фосфором, цинком и другими ценными элементами. При этом их глауконитовые концентраты содержат до 12 % K_2O . Они мелкозернистые, слабо сцементированные и содержат гранулированного глауконита до 58.4 %. Результаты аграрных опытов позволили выявить, что глауконитовые породы Бакчарского месторождения и их концентраты при добавлении в почву оказывают стимулирующий эффект на рост овса (*Аvéна satíva*). Применение исходного глауконитолизита и гранулометрической фракции (-500+125) мкм глауконитолизита и глауконитового песчаника обеспечивает максимальный эффект на энергию прорастания (96.6 %) при концентрации 30 кг/га. Исходный глауконитолизит (при концентрации 30 кг/га) увеличивает энергию прорастания на 5.2 %, высоту растений на 14.3 % и зеленую массу на 66.9 %. Эти данные указывают на возможность прямого использования необогащенного глауконитолизита Бакчарского месторождения в качестве минерального удобрения с концентрацией 30 кг/га. Общие ресурсы глауконита Бакчарского месторождения предварительно можно оценить более чем в 800 млн. т. При таких ресурсах Бакчарское месторождения можно считать крупнейшей сырьевой базой для производства калийных минеральных удобрений на основе глауконита, а также материалов для создания сорбентов и других инновационных продуктов. Использование этих пород может способствовать обеспечению сельскохозяйственных потребителей экологически безопасным и эффективным калийным удобрением местного производства.

На основе полученных результатов были сделаны следующие выводы. (1) Богатые глауконитом породы месторождения по текстурным, минералогическим и химическим характеристикам относятся к трем различным разновидностям, а именно: глауконитолизиты, глауконитовые песчаники и глауконит-шамозитовые ооидовые железняки. (2) Мокрое просеивание концентрирует до 90.4% глауконита в гранулометрической фракции (-500+125) мкм для глауконитолизита. Электромагнитная сепарация каждого разновидности глауконитовых пород дополнительно увеличивает концентрацию глауконитовых зерен. (3) Аграрные эксперименты показывают, что как исходный, так и обогащенный глауконитолизит оказывает одинаковый положительный эффект на рост овса (*Аvéна satíva*). (4) Дана предварительная оценка ресурсов глауконита в пределах Бакчарского месторождения. Минералого-химические характеристики глауконитовых продуктов соответствуют современным требованиям для использования их в качестве минерального удобрения в сельском хозяйстве и в качестве природного сорбционного материала в решении экологических проблем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Томской области в рамках научного проекта 16-45-700090.

Литература

1. Васильев А.А. Глауконит – эффективное природное минеральное удобрение картофеля // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 6. – С. 35–37.
2. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве.
3. Левченко Е.Н., Тигунов Л.П. Глауконит России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы. – Москва: ВИМС, 2011. – 65 с.
4. Drits V.A. Isomorphous Cation Distribution in Celadonites, Glauconites and Fe-illites Determined by Infrared, Mössbauer and EXAFS Spectroscopies // Clay Minerals. – 1997. – Vol. 32. – № 2. – P. 153–179.
5. Franzosi C., Castro L.N., Celeda A.M. Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina // Natural Resources Research. Kluwer Academic Publishers, 2014. – Vol. 23. – № 3. – P. 311–320.
6. McRae S.G. Glauconite // Earth-Science Reviews. – 1972. – Vol. 8. – № 4. – P. 397–440.
7. Odin G.S., Matter A. De glauconiarum origine // Sedimentology. – 1981. – Vol. 28. – P. 611–641.

8. Rawashdeh R. Al, Xavier-Oliveira E., Maxwell P. The potash market and its future prospects // Resources Policy. – 2016. – Vol. 47. – P. 154–163.
9. Rudmin M., Banerjee S., Mazurov A. Compositional variation of glauconites in Upper Cretaceous-Paleogene sedimentary iron-ore deposits in South-eastern Western Siberia // Sedimentary Geology. – 2017. – Vol. 355. – P. 20–30.
10. Rudmin M. et al. Economic potential of glauconitic rocks in Bakchar deposit (S-E Western Siberia) for alternate potash fertilizer // Applied Clay Science. – 2017. – Vol. 150. – P. 225–233.
11. Karimi E. et al. The potential of glauconitic sandstone as a potassium fertilizer for olive plants // Archives of Agronomy and Soil Science. 2012. Vol. 58, № 9. P. 983–993.
12. Shekhar S. et al. Physical and chemical characterization and recovery of potash fertilizer from glauconitic clay for agricultural application // Applied Clay Science. – 2017. – Vol. 143. – P. 50–56.

МИНЕРАЛОГ-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАСОМАТИТОВ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СВЕТЛОЕ» (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

А.В. Галиханов

Научный руководитель доцент М.А. Рудмин, доцент, Ю.С. Ананьев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Месторождение «Светлое» – одно из первых месторождений кислотного-сульфатного типа, разведанного в России. Под кислотно-сульфатным типом понимается особенность рудной минерализации в высокой окисленности руд и нахождение серы в сульфатной форме [1]. В геологическом строении месторождения принимают участие туфы и лавы дацитов, андезитов и андезибазальтов уракской и хакаринской свит. Вмещающие стратифицированные породы подверглись метасоматическим изменениям с образованием пропилитов и вторичных кварцитов. Вторичные кварциты проявляют зональное строение, в котором выделяются тыловая зона, сложенная монакварцитами, промежуточная, представленная кварц-алунитовыми разностями, и фронтальная, образованная кварц-гидрослюдисто-глинистыми агрегатами [1]. Пропилиты получили ограниченное распространение в краевых участках полей вторичных кварцитов.

Объектами изучения послужили образцы метасоматитов отобранных на участке «Елена». Подготовленные из отобранных образцов шлифы и аншлифы сначала подверглись микроскопическому изучению на микроскопе «Полам» для определения главных породообразующих минералов, а затем с помощью сканирующего электронного микроскопа Tescan Vega 3 SBU с детектором для рентгенофлуоресцентного энергодисперсионного анализа OXFORD X-Max 50 исследовался их элементный состав и рудные включения.

В результате проведенных исследований получены следующие результаты.

Петрографическое изучение монакварцитов тыловой зоны показало, что эти метасоматиты обладают преимущественно однородной текстурой и сложены микрозернистым агрегатом кварца гранобластовой микроструктуры. Размер зерен кварца составляет от 0,025 мм до 0,05 мм. Отмечаются микропоры и каверны, разнонаправленные микропрожилки, которые сложены перекристаллизованным колломорфным кварцем поздней генерации [1]. Кроме кварца в метасоматитах постоянно присутствует барит (рис.). Размер его кристаллов и ксеноморфных агрегатов достигает 1 мм. Минерал образует вкрапленность и выполняет поры и каверны. Электронная микроскопия показала, что кроме кварца и барита в метасоматитах присутствуют рутил и циркон. Рутил представлен игольчатыми скоплениями, образующими сетчатую структуру и в виде игольчатых вкрапленников, обрамляющих реликтовые зерна. Выделения циркона имеют правильные очертания и содержат примесь гафния до 1 %.

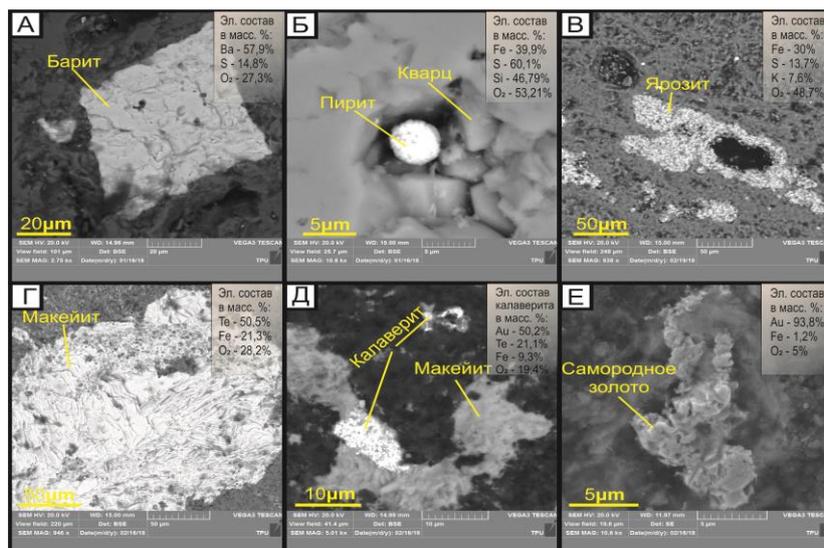


Рис. 1 Особенности выделения некоторых минералов метасоматитов месторождения Светлое: а) барит; б) пирит; в) ярозит; г) макейит; д) калаверит; е) самородное золото