
ГЕНЕЗИС И ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ БЕНТОНИТОВ ТИХМЕНЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (О. САХАЛИН)

П.Е. Белоусов^{1,2}, В.В. Наседкин^{1,2}

¹ ИГЕМ РАН

Старомонетный пер., д. 35, Москва, Россия, 119017

² ООО «Компания Бентонит»

ул. Тверская, д. 12, стр. 1, Москва, Россия, 125009

Данная статья посвящена генетическим особенностям образования бентонитов Тихменевского месторождения (о-в Сахалин). Приведены краткое геологическое строение, минеральный и химический составы. Детально описан процесс девитрификации вулканического стекла, условия осадконакопления, а также восстановлен состав материнского вещества.

Ключевые слова: бентонит, монтмориллонит, девитрификация, вулканическое стекло.

Геологическое строение и минеральный состав. Тихменевское месторождение бентонитовых глин находится в 1,5 км к западу от пос. Тихменево в Поронайском районе (о-в Сахалин). В его северной части расположен угольный разрез Западный. На участке среди туфо-терригенных угленосных отложений верхнедуйской свиты (рис. 1) выявлено и изучено шесть бентонитовых пластов. Пласты имеют субмеридиональное простирание с падением в восточном направлении под углами от 30 до 80° и приурочены как к кровле, так и к подошве угольных пластов [1; 2]. Мощность пластов колеблется от 0,5 до 10 м. Протяженность пластов достигает 1,5 км.

По минеральному составу бентониты состоят из монтмориллонита на 40—80% (местами до 95%). На месторождении встречаются щелочные ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ = 33\text{—}60$ мг-экв. на 100 гр) и щелочно-земельные монтмориллониты. В виде примесей присутствует кварц, кристобалит, полевой шпат, обломки угля и реликты растений. Химический состав (вес, %): $\text{Na}_2\text{O} — 0,19\text{—}2,50$; $\text{CaO} — 0,35\text{—}0,60$; $\text{MgO} — 1,00\text{—}2,70$; $\text{K}_2\text{O} — 0,20\text{—}2,20$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 — 0,8\text{—}2,70$; $\text{SiO}_2 — 67\text{—}68$; $\text{Al}_2\text{O}_3 — 13\text{—}16$.

Стоит отметить, что на формирование бентонитов Тихменевского месторождения оказал влияние процесс природной органомодификации. В межплоскостном расстоянии монтмориллонита присутствуют органические молекулы, источником которых являются угленосные пласты. Этому процессу авторы посвятили отдельную серию публикаций [3—5], поэтому в данной статье подробно он рассматриваться не будет.

Генезис и условия образования бентонитов. Вулканогенно-осадочные месторождения бентонитов формируются путем гальмиролиза — подводного преобразования вулканических пеплов и другого пирокластического материала. Качество и чистота образуемых бентонитов определяются составом исходного материала и характером среды водоема, в котором происходило осаждение и преобразование этого материала [6].

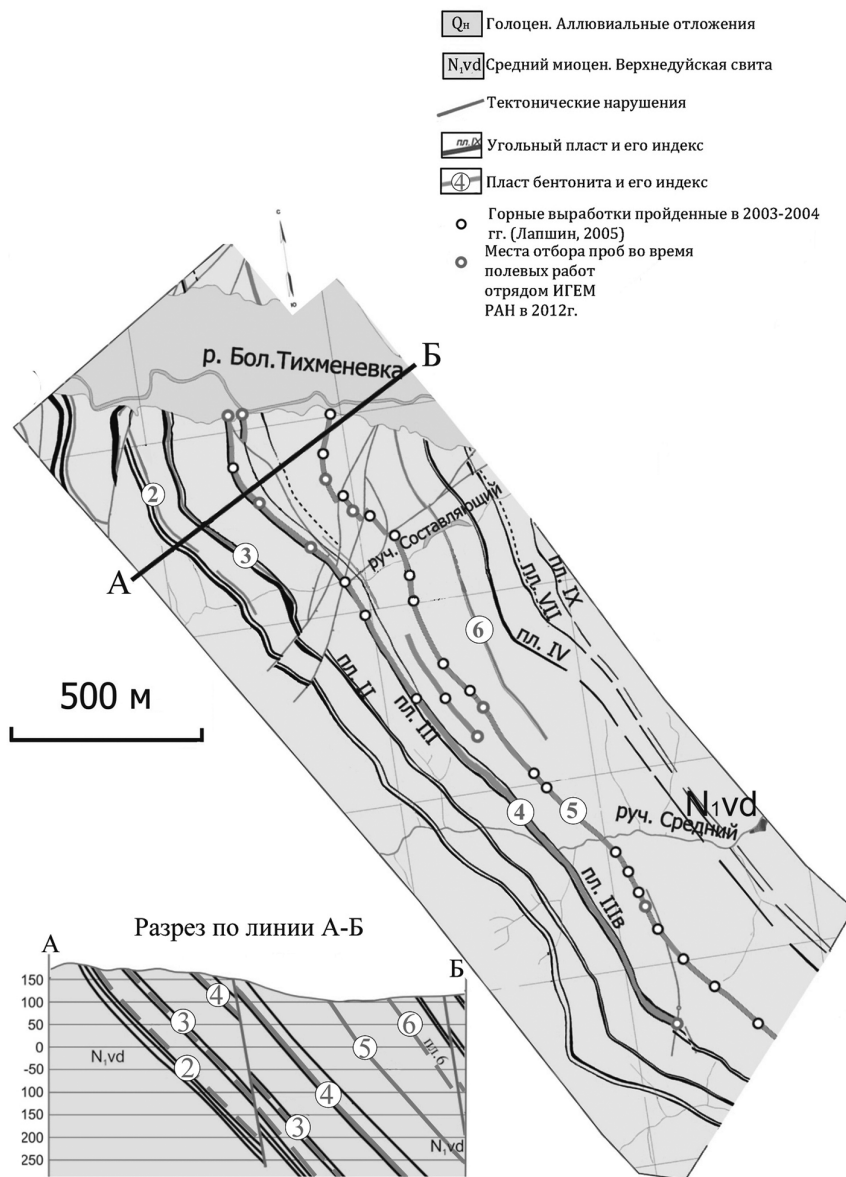
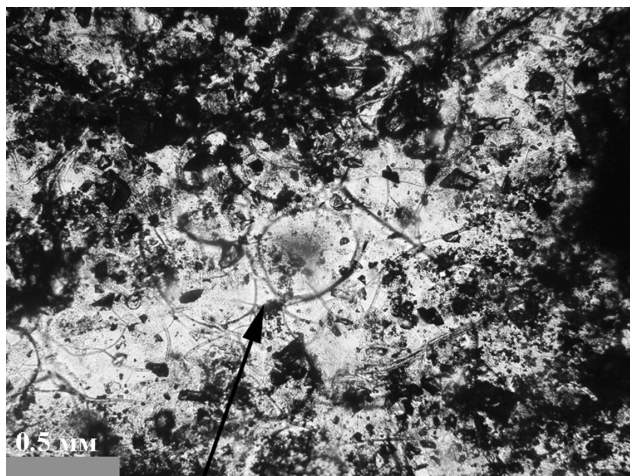


Рис. 1. Геологическая карта Тихменевского месторождения [8; 9]

Проведенные исследования шлифов и минерального состава образцов глин указывают на вулканогенно-осадочный генезис бентонитов Тихменевского месторождения, о чем свидетельствуют реликты вулканических стекол с перлитовой структурой, по которым развивается смектит (рис. 2). Также присутствие во всех пробах кристобалита, который является продуктом разложения вулканического стекла, подтверждает данный факт (вулканическое стекло → смектит + кристобалит) [7].

В шлифах Тихменевских бентонитов наблюдаются все стадии замещения вулканического стекла, начиная от редких чешуек до полностью монтмориллонитизованной породы.



Реликты вулканического стекла в смектитовой массе.
Хорошо заметна перлитовая текстура стекла

Рис. 2. Фотография шлифа бентонита пробы 201/4, сделанная под микроскопом в проходящем свете

Монтмориллонит обычно начинает образовываться по круговым перлитовым трещинкам. Затем возникают трещины радиального направления, и происходит полное замещение стекла. В шлифе монтмориллонит бесцветный, желтовато-зеленый, темно-зеленого (в зависимости от железистости) и бурого цвета.

Специфической особенностью монтмориллонитообразования является постоянная ассоциация с метоколлоидным веществом — алюмо-кремнистым гелем. Оно образует каемки вокруг агрегатов монтмориллонита. Светопреломление отличается от светопреломления стекла. В ряде случаев наблюдается ритмичное чередование агрегата монтмориллонита с гелевидным материалом.

Неизмененное стекло имеет равномерно распределенную густую кремневую окраску ($N - 1,503 \pm 0,002$). Вокруг обломков появляются светлые краски, причем форма обломков полностью сохранена. Светопреломление уменьшается до $1,493 - 1,496 \pm 0,002$. В скрещенных николях каемка ведет себя как одно целое. В дальнейшем она распадается на сферолитоподобные агрегаты. Показатель преломления при этом падает до $1,471 - 1,473$. На этой стадии вещество несколько буреет главным образом за счет новообразований, появляющихся вдоль тончайших трещинок [10].

Далее трещинки становятся более четкими, приобретают очертания, типичные для трещин дегидратации. Наблюдается четкое распадение агрегата на блоки, каждый из которых характеризуется сферолитоподобным строением. Показатель светопреломления составляет $146 - 1,469 \pm 0,003$. Вдоль трещин образуются главным образом буроватые агрегаты смектита. Фазовое отношение монтмориллонит — метаколлоид может колебаться в самых широких пределах.

При изменении стекла преобладает выщелачивание. На первой стадии, очевидно, образуется выщелоченное стекло. Стекловатый каркас выщелоченного участка остается жестким, поэтому форма обломков сохраняется. Дальнейшее выщелачивание приводит к образованию опаловидного геля.

В химическом отношении процесс подводного преобразования — гальмиролиза начинается одновременно с накоплением осадка и завершается в основном уже в стадию раннего диагенеза, происходит девитрификация стекла пеплов и разрушение последнего путем вхождения в его состав большого количества воды.

Сохранившийся после разложения пепла избыток кремния остается в глине и дает начало кристобалиту, который всегда фиксируется в заметных количествах.

На диаграмме (рис. 3), составленной на основании экспериментальных данных и наблюдений конкретных природных ассоциаций [11], видно, что существует температурная зональность: гидратированное стекло → монтмориллонит + кристобалит → монтмориллонит + клиноптилолит → клиноптилолит + селадонит → морденит + клиноптилолит + селадонит → адуляр + кристобалит.

В щелочных условиях стекло является неустойчивым и в конечном счете превращается в одну из перечисленных ассоциаций. По аналогии с современными гидротермальными системами, которые могут существовать несколько сотен лет, можно предположить, что гидратация стекла и его последующее замещение монтмориллонитом может происходить в течение 100—300 лет и более. При этом температура варьирует от 50—60 до 100—150 °С [11].

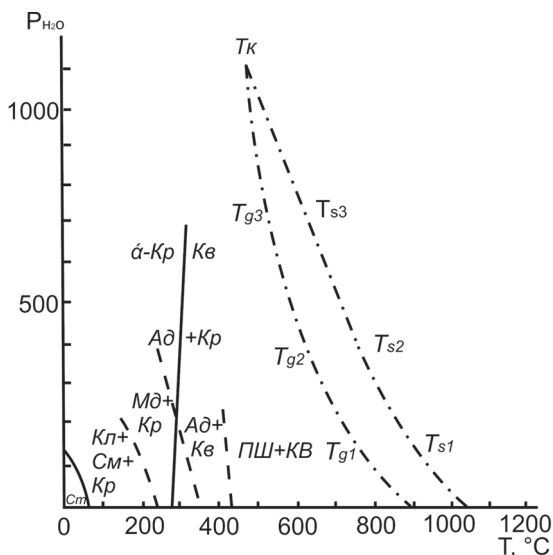


Рис. 3. P-T диаграмма фазовых превращений в системе стекло-вода [11]:

T_c — критическая точка для стекла; T_{g1} , T_{g2} , T_{g3} — температуры перехода пластичного стекла в твердое состояние; T_{s1} , T_{s2} , T_{s3} — температуры солидуса при разных P_{H_2O} ; $Kв$ — кварц; αKp — кристобалит; $Ст$ — стекло; $Kл$ — клиноптилолит; $Mд$ — морденит; $Cм$ — смектит; $Ад$ — адуляр; $ПШ$ — полевошпатовый шпат

Используя диаграмму Винчестера и Флойда (рис. 4) [12], по соотношению Zr/TiO_2 и Nb/Y удалось восстановить исходный состав материнских пород. Полученные коэффициенты большинства проб относятся к риолитам и риодацитам.

Источником пеплов являлись вулканические центры, расположенные вдоль юго-восточного побережья острова. По геологическим данным, начиная от пос. Взморье на юге до пос. Вахрушев на севере известно несколько центров миоценового этапа вулканизма. Их местоположение в настоящее время фиксиру-

ется по вскрытым эрозией корневым частям вулканических аппаратов в виде интрузивных залежей дацитов, риолитов, риодацитов, андезитов и андезит-базальтов.

В процессе воздушной транспортировки пирокластического материала наиболее грубые частицы и тяжелые темноцветные минералы (железистые и другие) выпадают вблизи от очагов извержения, а наиболее мелкие, легкие и светлые частицы (обедненные рудными минералами) — вдали, на расстоянии сотен километров от них. Эти удаленные от вулканических аппаратов участки скопления пеплов и были наиболее благоприятными для образования светлых маложелезистых бентонитов.

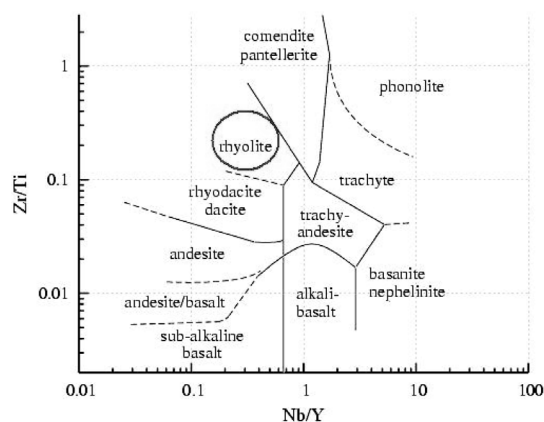


Рис. 4. Диаграмма Винчестера и Флойда [12]



Рис. 5. Микрофотография обломочной фазы (обр. 201/1). Видны обломки пористого, неизмененного вулканического стекла. Снято в проходящем свете

Также в некоторых образцах бентонита, в небольшом количестве, сохранились обломки пористового, неизмененного стекла риолитового состава (рис. 5).

* * *

Таким образом, вулканические пеплы риолитового, дацитового и риодацитового составов осаждались после извержений в сильно опресненных лагунах либо приморских зонах, развитых на берегах, и образовывали залежи. Опресненность водоемов объясняется тем, что обычно в соленых морских водах образуется натриевая разновидность бентонитов. В данном же случае преобладают кальциево-магнезиальные разновидности. После захоронения туфы разлагались, образуя смектиты.

Распределение щелочей в смектитовой массе происходило равномерно. Вероятно, первоначальный состав катионообменного комплекса был представлен кальциево-магнезиальной разновидностью. Образование натриевых разновидностей связано с пострудной тектоникой и современными процессами.

При детальном изучении закономерности в распределении натриевых разновидностей по падению и простиранию пластов бентонитов не наблюдается. Однако видно, что они тяготеют к рекам, и ручьям, которые, в свою очередь, про-

ходят вдоль разломов. По химическому составу поверхностные воды гидрокарбонатно-сульфатные или сульфатно-гидрокарбонатные, смешанные по катионам, с преобладанием натрия и кальция [8].

Происходит природная активация бентонита поверхностными водами с замещением изначально кальциево-магнезиальных катионов — натрием, как атома с наибольшим дзета-потенциалом ($Li > Na > K > Mg > H > Ca$) [11].

Гидратация и разложение вулканического стекла происходила за счет вхождение в его состав большого количества воды. Происходит девитрификация, и по трещинам начинает образовываться смектит. Об этом свидетельствуют обнаруженные в шлифах реликты с перлитовой структурой, по которым развивается монтмориллонит, и присутствие кристобалита, образованного из избытка кремнезема.

На конечной стадии на процессы формирования и последующего изменения глинистых минералов оказало влияние органическое вещество в бурогольных пластах и другие растительные остатки, которые были погребены вулканокластическим материалом. Органический коллоид, насыщенный разнообразными соединениями по многочисленным крупным и мелким тектоническим нарушениям, проникал в пласты бентонитов и частично замещал межплоскостные катионы в монтмориллоните.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Сабитов А.А., Конюхова Т.П., Трофимова Ф.А., Зайнуллин И.И., Евсеев В.Ф., Лапшин А.Г., Речкин А.Н.* Бентониты Сахалина // Разведка и охрана недр. — М.: ВИМС, 2007. — № 1. [*Sabitov A.A., Konyukhova T.P., Trofimova F.A., Zaynullin I.I., Evseev V.F., Lapshin A.G., Rechkin A.N.* Bentonitiy Sahalina // Razvedka i ohrana nedr. — М.: VIMS, 2007. — № 1.]
- [2] *Меренков А.М.* Полезные ископаемые Сахалинской области. — Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2002. [*Mererkov A.M.* Poleznye iskopaemye Sahalinskoy oblasti. — Yuzhno-Sahalinsk: Sahalinskoe knizhnoe izdatelstvo, 2002.]
- [3] *Наседкин В.В., Белоусов П.Е., Боева Н.М.* Месторождения бентонитов в угленосных толщах — новый тип природной органомодификации смектитов // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. 2013. — № 4. [*Nasedkin V.V., Belousov P.E., Boeva N.M.* Mestorozhdeniya bentonitov v uglenosnyih tolschah — novyy tip prirodnoy organomodifikatsii smektitov // Aktualnyie innovatsionnyie issledovaniya: nauka i praktika. 2013. — № 4.]
- [4] *Наседкин В.В., Боева Н.М., Белоусов П.Е., Гарбузова И.А., Демиденко К.В.* Месторождения бентонитов в угленосных толщах — новый тип природной органомодификации смектитов. Второе Российское рабочее совещание «Глины и глинистые минералы». ИФХиБПП РАН. 2012. [*Nasedkin V.V., Boeva N.M., Belousov P.E., Garbusova I.A., Demidenok K.V.* Mestorozhdeniya bentonitov v uglenosnyih tolschah — novyy tip prirodnoy organomodifikatsii smektitov. Vtoroe Rossiyskoe rabochee soveshanie «Gliny i glinistyie mineraly». IFHiBPP RAN. 2012.]
- [5] *Наседкин В.В., Белоусов П.Е.* Природная органомодификация бентонитов Тихменевского месторождения (о-в Сахалин). Четвертое Российское совещание по органической минералогии с международным участием. — Черногловка: ИЭМ РАН, 2013. [*Nasedkin V.V., Belousov P.E.* Prirodnaya organomodifikatsiya bentonitov Tihmenevskogo mestorozhdeniya (o-v Sahalin). Chetvertoe Rossiyskoe soveshanie po organicheskoy mineralogii s mezhdunarodnym uchastiem. — Chernogolovka: IEM RAN, 2013.]
- [6] *Петров В.П.* Генетические типы и закономерности распространения бентонитов в СССР. — М.: Недра, 1981. [*Petrov V.P.* Geneticheskie tipyi i zakonomernosti rasprostraneniya bentonitov v SSSR. — М.: Nedra, 1981.]

- [7] *Белусов П.Е.* Тихменевское месторождение натриевых бентонитов о-ва Сахалин. Особенности минерального состава и генезиса. Вторая научная молодежная школа с международным участием «Новое в познании процессов рудообразования». ИГЕМ РАН. 2012. [*Belousov P.E. Tihmenevskoe mestorozhdenie natrievykh bentonitov o-va Sahalin. Osobennosti mineralnogo sostava i genezisa. Vtoraya nauchnaya molodezhnaya shkola s mezhdunarodnym uchastiem «Novoe v poznanii protsessov rudoobrazovaniya». IGEM RAN. 2012.*]
- [8] *Борячок Н.Н., Сафронов А.Д., Чуняев С.Н.* Проект на геологическое изучение, разведку, и опытно-промышленную разработку (ОПР) участка недр «Водопадный» Тихменевского месторождения бентонитовых глин. — Сахалинуголь, 2011. [*Boryachok N.N., Safronov A.D., Chunyaev S.N. Proekt na geologicheskoe izuchenie, razvedku, i opyitno-promyishlennuyu razrabotku (OPR) uchastka neдр «Vodopadnyi» Tihmenevskogo mestorozhdeniya bentonitovykh glin. — Sahalinugol, 2011.*]
- [9] *Ланшин А.Г.* Геологический отчет по результатам работ за 2003—2005 гг. по объекту № 88: «Поисково-оценочные работы на щелочные бентониты в пределах Восточно-Сахалинской зоны». — Южно-Сахалинск, 2005. [*Lapshin A.G. Geologicheskii otchet po rezultatam rabot za 2003—2005 gg. po ob'ektu № 88: «Poiskovo-otsenochnyie raboty na shelochnyie bentonityi v predelakh Vostochno-Sahalinskoy zonyi». — Yuzhno-Sahalinsk, 2005.*]
- [10] *Наседкин В.В.* Водосодержащие вулканические стекла кислого состава, их генезис и изменения. Труды ИГЕМ РАН. Выпуск 98. Изд. Академии наук СССР. 1963. [*Nasedkin V.V. Vodosoderzhaschie vulkanicheskie stekla kislogo sostava, ih genezisi i izmeneniya. Trudy IGEM RAN. Vyipusk 98. Izd. Akademii nauk SSSR. 1963.*]
- [11] *Наседкин В.В., Петров В.П.* Перлиты. — М.: Наука, 1981. [*Nasedkin V.V., Petrov V.P. Perlityi. — M.: Nauka, 1981.*]
- [12] *Winchester J.A., Floyd P.A.* Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. — Chem. Geol., 1977. — № 20. [*Winchester J.A., Floyd P.A. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. — Chem. Geol., 1977. — № 20.*]

GENESIS AND FORMATION FEATURES OF TIHMENEVSKOE DEPOSIT OF BENTONITE (SAKHALIN ISLAND)

P.E. Belousov, V.V. Nasedkin

Institute of deposits, petrography, mineralogy and geochemistry
Staromonetny per., 35, Moscow, Russia, 119017
“Kompaiya Bentonit” Ltd.
Tverskaya 12, bld. 1, Moscow, Russia, 125009

This article focuses on genetic formation features of Tihmenevskoe deposit of bentonite (Sakhalin Island). There are given a brief geological structure, mineral and chemical compositions. The process of devitrification of volcanic glass and depositional conditions are described in details as well as the composition of mother substance.

Key words: bentonite, montmorillonite, devitrification, volcanic glass.