

## Промышленная цеолитоносность Забайкалья

Ю.В. Павленко

Забайкалье является частью Центрально-Азиатской складчатой системы, охватывающей территорию между Сибирской, Восточно-Китайской и Тамирской платформами. Его структуры формировались в полициклический геосинклинальный домезозойский этап становления фундамента и мезозойский этап тектономагматической активизации. Последний характеризуется интенсивным вулканизмом, гидротермальной деятельностью, контролируемыми разломами и развитием витрокластических в последующем цеолитизированных пород. В составе Монголо-Охотского металлогенного пояса Забайкалье вместе с Монголией представляют единую Монголо-Забайкальскую цеолитоносную провинцию.

Разнообразие и многоэтапность процессов тектономагматической активизации разных рангов четко проявлены в структурно-вещественных различиях геологических образований, обусловивших формирование и размещение цеолитосодержащих пород (ЦП). Они удовлетворительно согласуются с основными структурными элементами районирования региона, а также с морфогенетическими типами поздне-мезозойских структур Забайкалья, охарактеризованных Ж.В.Семинским (1980). Эти положительные (магматоидные) и отрицательные (магматоидные и седиментационные) структуры, генетически связанные с ними разрывные нарушения, субвулканические, магматические образования, а также зоны гидротермального изменения пород создают региональную картину проявления мезозойской активизации в виде системы зон северо-восточного направления. Эти зоны являются потенциально цеолитоносными, соответствующими региональному рангу размещения промышленной цеолитизации.

Среди сложной сети цеолитоносных зон (ЦЗ) Забайкалья целесообразно выделить три крупные: Селенгино-Витимскую, Онон-Шилкинскую и Приаргунскую (рисунок), выходящие за границы региона. Участки этих зон в пределах Забайкалья, протяженностью до 1000 км:

представляют вулканоплутонические пояса, сформированные в складчатых структурах каледонид и герцинид;

охватывают площади интенсивного проявления мезозойского этапа тектономагматической активизации;

включают верхнемезозойские вулканогенные, вулканогенно-терригенные и терригенные формации, перспективные на цеолиты; к ним приурочены все известные месторождения и проявления ЦП;

характеризуются полным набором благоприятных магматических и седиментационных структур, составляющих структурно-тектонические и фациально-литологические поисково-прогнозные предпосылки;

представляют ареалы проявления гидротермальных процессов, особенно низкотемпературных, с которыми ассоциирует цеолитообразование;

являются областями повышенного палеотермального режима, интенсифицирующего диагенетические процессы преобразования вулканического стекла;

содержат туфогенно-осадочные породы, туфы, туффиты, а также базальты, андезиты, андезитобазальты, с которыми связаны вулканогенно-осадочные и вулканогенно-гидротермальные месторождения.

Потенциально цеолитоносными данные зоны являются не на всем протяжении, а в участках развития верхнемезозойских вулканогенно-терригенных и терригенных формаций (липарит-лейкобазальтовой, трахиандезитовой, андезитовой, угленосной и грубообломочной с проявлением базальтов и липаритов), т.е. на вулканических постройках и во впадинах. Всего в регионе насчитывается более 200 таких структур протяженностью 3-300 км и шириной 1-30 км, вытянутых преимущественно в северо-восточном направлении. Однако интенсивная цеолитизация проявляется далеко не во всех постройках, а лишь на участках интенсивного проявления низкотемпературных гидротермальных процессов.

В пределах ЦЗ выделяются цеолитоносные районы (при наличии объектов со значимыми оценочными параметрами), соответствующие структурам третьего порядка. Последние характеризуются прерывистыми магматическими постройками, впадинами при ведущей роли контролирующих их разломов, прогибов. Цеолитоносные районы (ЦР):

являются крупными (сотни-тысячи квадратных километров) вулканическими зонами или такого же ранга орогенными структурами, соотносимыми с размерами до вулканогенов;

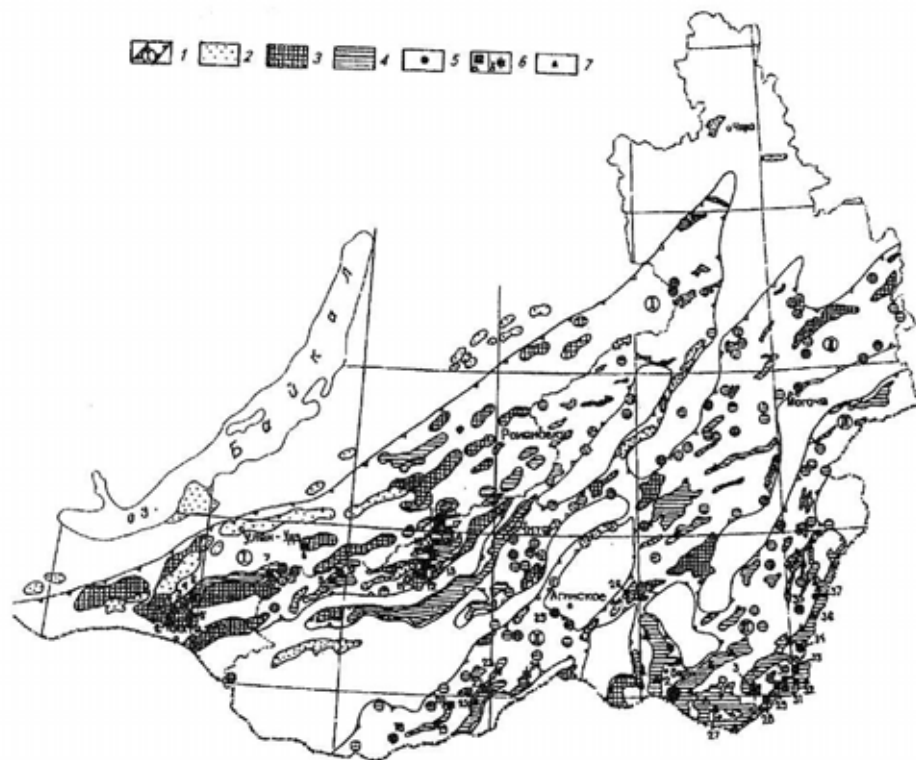
являются структурно-формационной единицей, в которой роль перспективной геологической формации чрезвычайно важна;

представляют территории с повышенными анизотропными свойствами, трещиноватостью и тепловыми потоками;

характеризуются широким развитием ЦП, наличием промышленных месторождений, сближенных проявлений.

Поскольку изученность Забайкалья на ЦП чрезвычайно слаба, в настоящее время целесообразно выделить только 4 ЦР – Бадинского, Могзонского, Холинского и Шивиртуевского. Первые три района расположены в Хилок-Удинской геоантиклинальной зоне Селенгино-Витимской складчатой области в пределах Цаган-Хуртейской вулканической зоны мезокайнозойской тектономагматической активизации, Шивиртуевский – приурочен к юго-западному замыканию верхнемезозойской Западно-Урулюнгуевской впадины Аргунского срединного массива Монголо-Охотской геосинклинальной области.

В Бадинском ЦР предварительно оценено одноименное морденит-клиноптилолитовое месторождение (С<sub>2</sub> – 8,6; Р<sub>1</sub> – 2,7; Р<sub>2</sub> – 48 млн т) и аналогичного состава Закультинское проявление (Р<sub>2</sub> – 24, Р<sub>3</sub> – 11



Цеолитоносные зоны Забайкалья:

I – цеолитоносные зоны: I – Селенгино-Витимская; II – Онон-Шилкинская; III – Приаргунская; 2-4 – главные физико-химические типы верхнемезозойских тектонических впадин Забайкалья (по Вотаху О.А., Чабану Н.Н., Коломыцеву И.С. и др., 1990, с дополнениями автора): 2 – седиментационные, 3 – седиментационно-базальтоидные (тафrogenные), 4 – седиментационно-базальтоидно-гранитоидные (протопадены); 5-6 – месторождения (крупные знаки) и проявления цеолитосодержащих пород: 5 – вулканогенно-осадочного типа, 6 – вулканогенно-гидротермального типа гидротермально-метасоматического подтипа (а), мицдалекаменного подтипа (б); месторождения: 1 – Холинское, 2 – Шивиртуйское, 3 – Талан-Гозагорское; проявления: 1 – Усть-Джидинское, 2 – Субуктуйское, 3 – Бурханское и Калиновое, 4 – Маргинтуйского участка (Душэ, Дуланское, Ренганга, Армайское), 5 – Байцевское, 6 – Подутесное и Верхне-Маргинтуйское, 7 – Новоспасское, 8 – Мухорталинское, 9 – Закультинское, 10 – Бадинское, 11 – Ямное, 12 – Харюлгатинское, 13 – Ортинское, 14 – Улеткинское, 15 – Зун-Неметейское, 16 – Могзонское, 17 – Верхнехилинское, 18 – Бакукунское, 19 – Кыринское, 20 – Бырцунское, 21 – Загдачинское, 22 – Нарасунское, 23 – Онгосонское, 24 – Цаган-Хотогорское, 25 – Урдо-Агинское, 26 – Шара-Кундурское, 27 – Даикинское, 28 – Маркошихинское, 29 – Гординское, 30 – Ардинское, 31 – Южно-Ардинское, 32 – Праводарасотуйское, 33 – Леводарасотуйское, 34 – Коруйское, 35 – Чатино-Ильдиканское, 36 – Булдуруйское, 37 – Чалбучинское; 7 – знаки проявления цеолитосодержащих пород

млн т). На месторождении проводится опытно-промышленная эксплуатация (здесь и ниже средняя глубина оценки объектов составляет 100 м).

В наименее изученном Могзонском ЦР известно 5 проявлений (Зун-Неметейское, Могзонское, Харюлгатинское, Ортинское, Ямное) и 2 перспективные площади (Барун-Неметейская и Жипхегенская) с прогнозными ресурсами категорий  $P_1 - 190$ ,  $P_2 - 76$ ,  $P_3 - 1548$  млн т. Наиболее изучено Харюлгатинское проявление ( $P_1+P_2+P_3=280$  млн т), Зун-Неметейское и Могзонское проявления представляются как весьма крупные цеолитовые объекты (прогнозные ресурсы каждого свыше 0,5 млрд т). Пластообразные залежи ЦП сложены клиноптилолитом, гейландитом и морденитом, развиты они в Хундунай-Горхонской, Хилинской и Горека-Сангинской верхнемезозойских впадинах.

Холинский ЦР (40x8 км) охватывает Хуртейскую и Субинскую вулканотектонические структуры, а также второстепенные верхнемезозойские структуры между ними. Здесь разведано крупное

Холинское месторождение ( $V+C_1+C_2 - 383,6$ ;  $P_1 - 2159$ ,  $P_2 - 240$ ,  $P_3 - 900$  млн т), выявлено Верхнехилинское проявление ( $P_2+P_3 - 220$  млн т) и намечена перспективная Субинская площадь ( $P_3 - 10$  млн т). Цеолиты представлены клиноптилолитом с примесью морденита. Холинское месторождение подготовлено к промышленному освоению.

Шивиртуйский ЦР характеризуется развитием богатых и бедных монтмориллонит-клиноптилолитосодержащих пород. Запасы ( $V+C_1+C_2 - 0,267$  млрд т) и прогнозные ресурсы ( $P_1+P_2$ ) туфов и туффитов оцениваются в 2 млрд т, запасы (0,672 млрд т) и ресурсы ( $P_1+P_2$ ) вмещающих цеолитизированных туфогенных алевро-аргиллитов – 12,1 млрд т. Месторождение подготовлено к промышленному освоению, на нем с 1988 г. действует крупнейшее в России опытно-промышленное производство (добыто 213 тыс.т туфов).

За пределами ЦР известно 34 проявления и 29 пунктов ЦП; последние при более детальном ис-

следованиях в большинстве случаев несомненно перейдут в разряд проявлений и месторождений.

Особое положение среди ЦП занимают базальты, андезит-базальты, андезиты с шабазитом, гейландитом, клиноптилолитом и другими кристаллическими цеолитами в миндалинах. Поскольку спрос на данный тип цеолитового сырья не определен, изученность его, несмотря на достаточно широкое развитие, остается крайне низкой. Более детально данный тип минерализации исследован на юге Бурятии (Гордиенко и др., 1989). В Читинской области поисково-оценочные работы проведены только на Талан-Гозогорском месторождении шабазитсодержащих пород, расположенном у г. Краснокаменска. Здесь на площади 20 тыс.м<sup>2</sup> подсчитаны прогнозные ресурсы категории Р<sub>1</sub> (23,5 млн т ЦП или 3,8 млн т шабазита) со средним содержанием цеолитов 16% (коэффициент рудоносности равен 0,38).

За последние 8 лет, в течение которых интенсивно

проводились геолого-разведочные работы на ЦП, Забайкалье определилось как крупная цеолитоносная провинция. Новые данные по цеолитоносности региона способствовали существенному увеличению запасов и прогнозных ресурсов минерального сырья. Так, с 1988 по 1993 г. запасы ЦП категорий В+С<sub>1</sub>+С<sub>2</sub> выросли в 2,3 раза, прогнозные ресурсы категории Р<sub>1</sub> – в 2,3 раза, Р<sub>2</sub> – в 13 раз, Р<sub>3</sub> – в 3,3 раза, минерагенический потенциал – в 2,1 раза. По результатам последних работ в 1994 г. запасы клиноптилолит-гейландит-морденитсодержащих пород категории В+С<sub>1</sub>+С<sub>1</sub> составляют 1395 млн т, прогнозные ресурсы категории Р<sub>1</sub> – 10,7; Р<sub>2</sub> – 5,3; Р<sub>3</sub> – 3,9 млрд т, минерагенический потенциал – 2,7 млрд т. Очень высоко оцениваются перспективы региона на полицеолитовую минерализацию в миндалекаменных породах, предполагается развитие других видов цеолитсодержащих пород.

## Шивыртуйское месторождение монтмориллонит-цеолитсодержащих пород

Шивыртуйское – первое в стране месторождение нового геолого-промышленного типа – монтмориллонит-цеолитсодержащих пород (МЦП) расположено у юго-западного окончания Кличкинского хребта в степной низкогорной холмистой местности в 57 км северо-западнее районного центра – пос. Забайкальск. Западная граница месторождения примыкает к 83-му разрезу железной дороги Чита – Забайкальск, находящемуся между железнодорожными станциями Даурия и Харанор.

Месторождение открыто 19.07.85 г. Ю.В.Павленко при рекогносцировочном обследовании участка развития туфов. В 1986–1988 гг. на месторождении проведены поисковые, в 1988–1989 гг. – поисково-оценочные работы. В 1989–1991 гг. на участке I очереди месторождения (5 км<sup>2</sup>) выполнена совмещенная предварительная и детальная разведка, запасы минерального сырья по которому в 1994 г. утверждены в ГКЗ РФ.

Важнейшей особенностью месторождения является принадлежность практически всей массы пород к полезному ископаемому. При этом основными полезными ископаемыми являются туфы и туффиты, попутными – вмещающие породы; все они в различной степени цеолитизированы и монтмориллонитизированы. Суммарные запасы и прогнозные ресурсы (категории Р<sub>1</sub> и Р<sub>2</sub>) до глубины 100 м оцениваются по основному полезному ископаемому в 2 млрд т, по попутному – в 12,1 млрд т, до глубины 150 м соответственно в 2,4 и 17,7 млрд т, т.е. Шивыртуйское месторождение является уникальным объектом. Примерно из 30 определенных направлений высокоэффективного использования сырья главное связано с применением в качестве до-

бавки в корм животным и птице. Вскрышные породы и основное полезное ископаемое пригодны для производства практически всей гаммы строительных материалов, в том числе и принципиально новых.

Месторождение располагается в Аргунской структурно-формационной зоне в пределах оловянно-вольфрамового пояса С.С.Смирнова. Границы его совпадают с одноименной раннемеловой мульдой (площадь около 57 км<sup>2</sup>), приуроченной к юго-западному замыканию верхнемезозойской Западно-Урулюнгуевской впадины.

Шивыртуйская мульда имеет трехчленное строение: нижняя (подстилающая) и верхняя (перекрывающая) толщи сложены преимущественно мелко- и грубообломочным, а средняя (продуктивная) – преимущественно тонкообломочным материалом; современные и верхнечетвертичные рыхлые отложения представлены аллювиальными, озерными, делювиально-пролювиальными образованиями (рисунок).

Подстилающая толща в объеме нижней подсерии тургинской серии (К<sub>1</sub>tr<sub>1</sub>) представлена преимущественно грубослоистыми осадками суммарной мощностью более 533 м. В составе отложений преобладают сероцветные разногалечные конгломераты с маломощными пластами и линзами песчаников, гравелитов, реже алевролитов и аргиллитов. На долю грубообломочных осадков приходится около 0,7 объема данной подсерии. Оставшаяся часть сложена алевролитами, аргиллитами и их туфогенными разновидностями, туфами и туффитами, мощность прослов которых достигает 86 м. Мощность минерализованных туфов и туффитов достигает первых метров, редко больше.

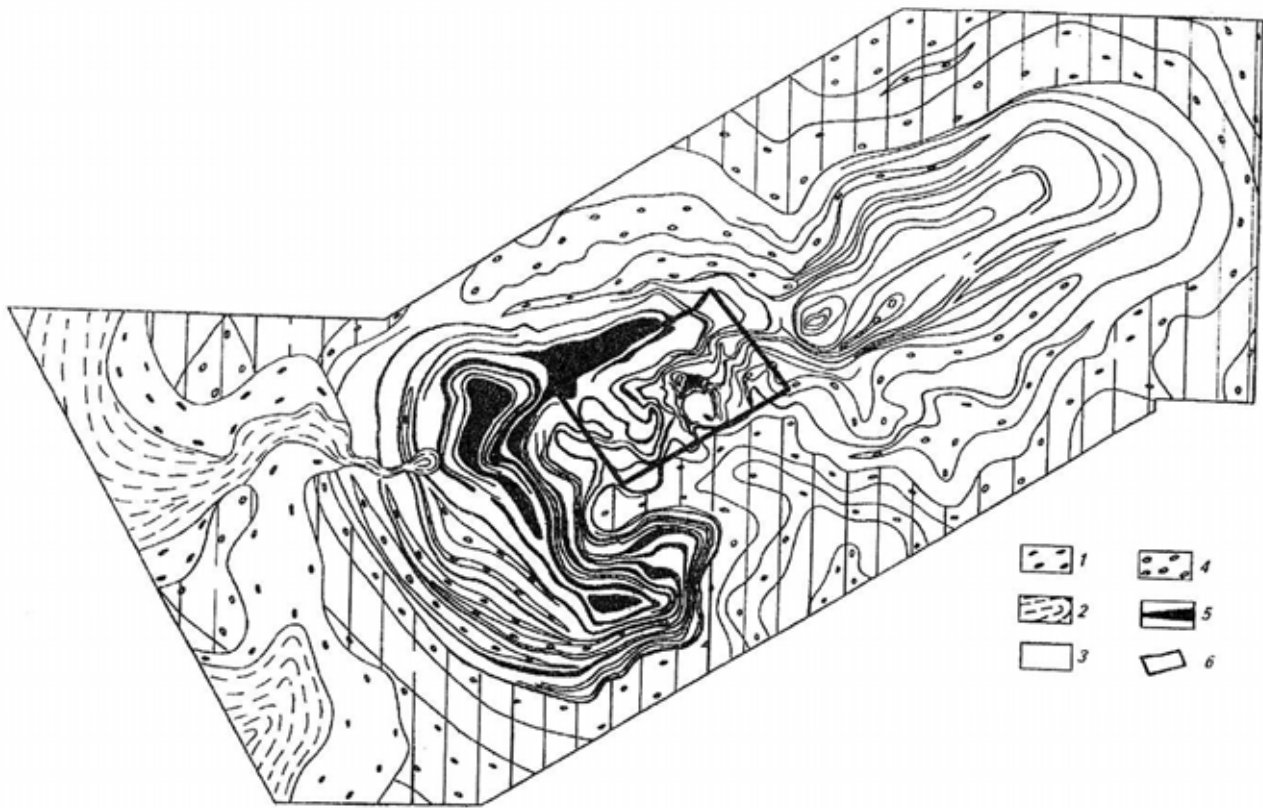


Схема геологического строения Шивиртуйского месторождения:

1-2 - кутинская свита (K<sub>1</sub>kt): 1 - конгломераты, гравелиты, реже песчаники, глины, 2 - глины, реже песчаники; 3-5 - верхняя и нижняя (заштрихованная) подсерии тургинской серии (K<sub>1</sub>tr): 3 - алевролиты, аргиллиты, редко песчаники, гравелиты, конгломераты, цеолитизированные, монтмориллонитизированные туфогенные разности названных пород, изредка туфов, туффитов, иногда известняки, арагонит, гипс, 4 - конгломераты, гравелиты, песчаники, редко аргиллиты, алевролиты, цеолитизированные, монтмориллонитизированные туфогенные разности названных пород и реже туффитов, 5 - туфы, туффиты, туфогенно-мергелистые, монтмориллонитизированные породы цеолитизированные и монтмориллонитизированные; 6 - детально разведанный участок I очереди месторождения (5 км<sup>2</sup>)

Продуктивная толща в объеме верхней подсерии тургинской серии (K<sub>1</sub>tr<sub>2</sub>) без видимого несогласия залегает на конгломератах подстилающей толщи, максимальная мощность превышает 1215 м. Он характеризуется сложным переслаиванием алевролитов, аргиллитов, песчаников, гравелитов, конгломератов и их туфогенных разностей, туфов, туффитов, мергелисто-туфогенных, туфогенно-мергелистых пород; реже встречаются мергели, известняки, доломиты, арагонит, гипс и др. В данной подсерии грубо-оломочные породы образуют линзы различной мощности (до 30 м) и протяженности (до 8,5 км). Они развиты по всему разрезу, но больше тяготеют к нижней его части и северному крылу мульды.

Другой особенностью данных отложений является все возрастающее снизу вверх количество карбонатного и туфогенного материала; на долю туфов и туффитов приходится максимум 0,4 объема. Количество карбоната в пластах достигает 25-30%.

Перекрывающие стратиграфически несогласные отложения представлены на западном фланге месторождения комплексом кутинских (K<sub>1</sub>kt), плиоцен-

нижнечетвертичных (N<sub>2</sub>-Q<sub>1</sub>) и четвертичных (Q<sub>III</sub>-Q<sub>IV</sub>) осадков, а в центральной и восточной частях - двумя последними.

В пределах Шивиртуйской мульды выделяются три структурных комплекса.

Нижний комплекс представлен образованиями нижней и верхней подсерий тургинской серии, относящимися к вулканогенно-терригенной формации предгорной и озерной фаций. Состав и залегание литологических разновидностей пород (от грубосортированных конгломератов до аргиллитов и туфов) свидетельствует о менявшихся гидро- и геодинамическом режимах, постоянном колебании дна и береговой линии. Резкие границы между грубо- и мелко-обломочным материалом, наличие линз первых среди аргиллитов туфогенных пород говорят о краткосрочных интенсивных колебательных движениях, вулканической деятельности на фоне относительно спокойствия, а также о массовом перемещении грубого материала мощными временными потоками.

Отложения тургинской серии слагают крупную брахиальную складку с осью, меняющей направле-

ние с северо-западного (на западе) на северо-восточное (центральная и восточная части месторождения). Углы падения пород составляют чаще  $5-20^\circ$ , достигая в отдельных участках до  $40^\circ$ . На разведанном участке Шивиртуйская брахисинклиналь представляет асимметричную складку СВ простирания с относительно пологим ( $10-15^\circ$ ) южным и более крутым ( $15-20^\circ$ ) северным крылом. Ввиду пологого залегания складчатые формы на южном крыле выражены очень рельефно. Складчатость нескольких порядков представлена достаточно простыми и причудливыми по конфигурации синклинальными, антисинклинальными и брахиальными складками. Сочетание крупных и мелких складок, наличие мелких внутрипластовых складок создают поле дисгармоничной складчатости, напоминающее сложную водную поверхность с высотой гребней от десятков сантиметров до первых десятков метров.

Слоистость достаточно сложная — от тонкой ("бумажные сланцы") до грубой слабо выраженной ритмической. Наряду со слоистостью переслаивания широко развита прерывистая и ленточная. Отмечаются второстепенные локальные структурные формы, вызванные движением нелитифицированных осадков — конволюнтная слоистость, подводные оползни с признаками перемещения, растяжения и расплющивания слоев, структуры уплотнения, облегания.

Крупных разрывных нарушений на месторождении не имеется. Соскладчатые разрывы характеризуются максимальной вертикальной амплитудой в первые метры и приурочиваются к замкам некоторых складок. Протяженность нарушений составляет первые сотни метров, углы падения  $45-75^\circ$ , преобладают мелкие разрывы сплошности пород.

Средний комплекс представлен грубо- и тонкообломочными отложениями кутинской свиты. На западном фланге месторождения отложения комплекса имеют пологое волнистое близкогоризонтальное залегание. Разрывные структуры в этом комплексе не откартированы.

Верхний, кайнозойский (нерасчлененный), комплекс развит почти во всех пониженных в рельефе участках. Грубо- и тонкообломочные образования залегают субгоризонтально.

Полезным ископаемым месторождения являются породы, содержащие туфовый, туфогенный материал, обогащенный стеклом. Стекло в процессе диagenеза в водной среде, под влиянием восходящего из недр тепла и низкотемпературных гидротерм подвергалось цеолит- и монтмориллонитизации. Цеолит и монтмориллонит развиты очень широко и совместно; оба полезных ископаемых характеризуются близкими физико-химическими свойствами. Условия формирования месторождения определяют пластовую форму залегания полезного ископаемого.

На месторождении откартировано 40 пластов туфов и туффитов мощностью от 1,0 до 86,0 м, неравнозначных по величине. Наиболее крупными и выдержанными являются 14 пластов. Некоторые

пласты представлены различными по величине линзами, число которых колеблется от 1 до 10. Протяженность их по простиранию изменяется от сотен метров до нескольких километров, по падению — до 1,5-2,0 км.

Подавляющая часть пластов имеет сложные изрезанные границы в плане и выходит на поверхность. Внутреннее строение их однородно, редко наблюдаются прослои вмещающих пород мощностью 1-2 м, а также разрывы сплошности.

На разведанном участке изучено 25 пластов, каждый из которых заключает от 0,1 до 15% запасов минерального сырья. Размеры линз, залежей в границах участка составляют по простиранию 50-2750 м, по падению — 40-1390 м. Какой-либо закономерности в изменении мощности и содержания полезных компонентов по простиранию и с глубиной не отмечается. По сложности геологического строения месторождение относится к II группе.

Основное и попутное полезное ископаемое по минеральному составу существенно отличается между собой лишь по количеству цеолитов и монтмориллонита — основных полезных компонентов. В туфах, туффитах в количестве до 15% развиты кварц, кальцит, кристобалит, слюда; присутствуют полевой шпат, хлорит, гипс, органическое вещество, карбонаты, сульфиды; соотношение второстепенных минералов изменчиво.

Для туфогенных пород характерны кристаллокластическая, пепловая структура, в породах с преобладанием осадочного компонента — псаммито-алевритовая, пелитоалевролитовая, микрозернистая. Кластический материал представлен кристалло-, лито- и витрокластами, растительным детритом, раковинами остракод, органикой.

Степень цеолитизации определяется количеством витрокластов. Наибольшее количество цеолита (до 95%) присутствует в алевропелитовых пепловых туфах, туффитах (шивиртуин), уменьшаясь в песчаных туфах, туффитах, туфопесчаниках, туфоалевролитах до 35-40%, а в туфоаргиллитах, мергелях — до 15-20%. Цеолитизация прошла без существенного изменения текстур и структур исходных пород.

Цеолиты представлены клиноптилолитом. Минерал практически изотропный. Показатели преломления  $n_p=1,483$ ;  $n_g=1,486$ . Параметры элементарной ячейки:  $a = 17,75(1) \text{ \AA}$ ;  $b = 17,94(1) \text{ \AA}$ ;  $c = 7,447(4) \text{ \AA}$ ;  $\beta = 116,45(5)^\circ$ ;  $V_{\text{яч}} = 2371(2) \text{ \AA}^3$ .

Шивиртуйские туфы характеризуются сложной раковистой поверхностью сколов и хорошо развитой вторичной пористостью. Повсеместно цеолитовые агрегаты окантовываются глинистыми минералами группы монтмориллонита. Совместно с последними клиноптилолит присутствует в переотложенной форме, заполняя трещины и пустоты в осадочных породах. В микроучастках развиты сложные щетки кристаллов и сростки различных ориентаций. Кристаллы клиноптилолита уплощены по оси {010}, имеют чистую поверхность и обычно представлены комбинацией хорошо развитых граней: {011}, {101}, {100} и {010}.

Клиноптилолит в виде тонкочешуйчатых, пластинчатых агрегатов величиной не более 0,001, реже до 0,004-0,006 мм и редко до 0,025-0,040 мм (в пустотах) развиваются по вулканическому стеклу, частично по кристалло- и литокластам, а также по кремнистому веществу и монтмориллониту.

Монтмориллонит представлен диоктаэдрической разнородностью (сметтитом) смешанослойным неупорядоченным гидрослюда-монтмориллонитом. Обменный комплекс монтмориллонита характеризуется преимущественным развитием двухвалентного катиона  $Ca^{2+}$ , реже встречаются щелочные монтмориллониты со смешанным составом ( $Ca^{2+} + Na^+$ ) обменных катионов. Величина общего слоевого заряда равна 0,2-0,23.

Монтмориллонит бесцветен или зеленовато-желтый, чешуйчатый, волокнисто-чешуйчатый. При образовании самостоятельных агрегатов чешуйки и волокна располагаются вдоль пепловых частиц, образуя спутанно-волокнистую структуру породы, реже вытянутые скопления (замещение флюидальной текстуры туфа). Размер зрен до 0,01 мм.

Среднее содержание суммы полезных компонентов составляет 64%. На разведанном участке среднее содержание цеолита равно 39%, монтмориллонита - 35%, коэффициент вариации содержания цеолита 24-57% (средний 36%), монтмориллонита - 22-78 (средний 48), суммы содержаний компонентов -14-40 (средний 18). Пределы колебания содержаний по пластам (в скобках среднее), %: цеолит 4-86, монтмориллонит 4-91, свинец 0,001-0,-122 (0,0039), мышьяк 0,0005-0,08 (0,0038), фтор 0,0028-0,5 (0,12), ртуть 0-0,00009 (0,000072), кадмий 0-0,001 (0,000094), стронций 0,013-0,282 (0,099). По примесям токсичных элементов 13,5% проб имеет повышенное по ТУ значение, из них 11,3% приходится на ртуть. По сумме содержаний полезных ископаемых компонентов коэффициент обогащения по пластам равен 1,26-1,58 (средний 1,44).

Химический состав основного (и попутного) полезного ископаемого по пластам изменяется незначительно и в среднем характеризуется по 246-309 (16-25) пробам, %:  $SiO_2$  - 62,26 (67,12),  $TiO_2$  - 0,34 (0,32),  $Al_2O_3$  - 13,65 (12,23),  $Fe_2O_3$  - 0,73 (0,56),  $FeO$  - 1,96 (2,18),  $MnO$  - 0,164 (0,114),  $CaO$  - 2,91 (2,35),  $MnO$  - 1,2 (0,98),  $Na_2O$  - 1,37 (1,26),  $K_2O$  - 2,83 (2,80),  $P_2O_5$  - 0,104 (0,349),  $SO_3$  - 0,413 (0,82),  $S$  - 0,189 (0,054), ППП - 9,52 (7,91).

Промышленных или повышенных концентраций каких-либо сопутствующих цеолиту и монтмориллониту элементов, в том числе редких, рассеянных, на месторождении нет. Примесь радиоактивных элементов незначительна. Фиксируются полезные для животных элементы (в  $10^{-3}\%$ ): медь - 1-4, цинк - 5-15, кобальт 0,3-1, сурьма - до 2, молибден 0,1-1,0, селен 0,02-0,04.

Технологические свойства МУП прямо связаны с количеством полезных компонентов. Детально изучены следующие свойства основного и попутного полезного ископаемого: кислотоустойчивость, термостабильность, ионообменные, химическая актив-

ность, адсорбционные, физико-химические природных, активированных и модифицированных разностей, каталитические, физико-механические, технологические свойства глин, гидравлические свойства пород, свойства цементов с добавкой МУП, алюмосиликатные, вспениваемость, вяжущие, керамические, вспучиваемость и др. Особое внимание обращено на изучение токсиколого-гигиенических и медико-биологических свойств, охарактеризованных рядом специализированных учреждений. Все исследования данного направления имеют самостоятельное, порой крупное значение. Шивыртуйское - единственное в стране месторождение, по которому медико-биологические исследования выполнены в полном объеме.

Среди множества направлений возможного использования минерального сырья в настоящее время с учетом объемов потребления выделяется три главных:

животноводство, где используется основное полезное ископаемое, отвечающее требованиям ТУ 10 РСФСР 359-91;

активные минеральные добавки (АМД) и алюмосиликатный компонент для получения клинкера (АСКК), где используется основное полезное ископаемое, не отвечающее требованиям ТУ 10 РСФСР 359-91, а также попутное сырье, отвечающее требованиям ТУ 21-0284634-3-91.

Готовый продукт для животноводства находит спрос по всей территории России и в странах СНГ. Сырье для цементной промышленности предназначено для строящегося крупного Усть-Борзинского цементного завода.

Промышленные испытания выполнены по следующим основным направлениям: технология проходки карьера, комплекс по переработке МУП, применение шивыртуина в животноводстве, ветеринарии, для изготовления товаров народного потребления в качестве АМД. Комплекс по изготовлению и фракционированию полезного ископаемого на ТУ 20 РСФСР 359-91 располагается в Краснокаменске. ВНИПИПромтехнологии в 1989 г. разработан рабочий проект опытно-промышленной фабрики производительностью 200 тыс.т в год. Поиск рациональной технологии привел к целесообразности применения дробильных установок самоизмельчения типа "Аэрофол" при последующей поэтапной реконструкции опытного производства, при котором используются новейшие отечественные достижения науки и техники; технология переработки безотходная.

Наиболее представительные опытно-промышленные испытания выполнены в свиноводстве, на крупном рогатом скоте, овцах, курах. Разработан ряд технических условий на применение шивыртуина в ветеринарии. Положительные результаты получены в растениеводстве.

Промышленные испытания сырья в качестве АМД проведены на Тимлюйском цементном заводе, по очистке технологических газовых выбросов на Краснокаменской и Читинской ТЭЦ. Выполнены крупные испытания цеолитов, модифицированных

ионами меди на Сургутском газоподготовительном заводе, налажено промышленное производство чистящих средств. Цемент опытной партии с добавкой цеолитов испытан в промышленных условиях Каменского завода железобетонных изделий.

Получены положительные результаты испытаний по многим другим перспективным направлениям использования сырья.

В 1994 г. участок I очереди месторождения передан Приаргунскому производственному горнохимическому объединению для промышленного освоения.

### Литература

- Вотах О.А., Чабан Н.Н., Коломыцев И.С. и др. Главные типы верхнемезозойских тектонических впадин Забайкалья // Геология и геофизика. – 1990. – № 10. – С. 8-15.
- Гордиенко И.В., Жамойцина Л.Г., Зонхоева Э.Л. и др. Цеолитонность базальтов Забайкалья. – Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1989. – 96 с.
- Павленко Ю.В., Белицкий И.А., Сереткин Ю.В. Шивиртуинцеолитсодержащий туф Восточного Забайкалья // Геология и геофизика. – № 7. – 1989. – С. 116-119.
- Семицкий Ж.В. Вулканизм и гидротермальное оруденение в активизированных областях. – М.: Недра, 1980. – 139 с.

\* \* \*