

УДК 552.53:552.144

**Т.А. Уткина, И.И. Чайковский, О.В. Коротченкова,
Е.П. Чиркова, Т.В. Федоров**

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

О ПРИРОДЕ АНАЛЬЦИМА В ПЕРМСКИХ ПОРОДАХ ПРИКАСПИЙСКОЙ И СОЛИКАМСКОЙ ВПАДИН

Описаны находки аутигенного анальцима в шешминских рудных и безрудных песчаниках Соликамской впадины Предуральяского краевого прогиба, а также верхнеказанских карбонатно-аргиллитовых и татарских аргиллит-алевролитовых породах Саратовско-Оренбургского прогиба Прикаспийской впадины. По соотношению Na/Al и Si/Al анальцимы разделены на три группы. Первая приурочена к прослоям карбонатов в терригенной толще, характеризуется высокими содержаниями натрия, кремния и связывается с трансформацией пироклаستيки в высокощелочных условиях. Для анальцимов второй группы, образовавшихся в глинистых и карбонатно-глинистых прослоях, обогащенных натрием и обедненных кремнием, предполагается связь с содовыми водами. Низкие содержания натрия и вариабельность кремния в анальцимах третьей группы из полимиктовых медистых и безрудных песчаников указывает на наличие в породе обломков кислых и основных (толеитовых) пород.

Ключевые слова: анальцим, сульфаты, эвапориты, Верхнекамское месторождение солей.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2024.148

Аутигенный анальцим довольно часто встречается среди новообразованных каркасных силикатов в осадочных породах. Одна из первых описанных находок была сделана в эоценовых озерных отложений формации Грин-Ривер (США), образование которого связывается с трансформацией вулканогенной пироклаستيки солевыми растворами [15]. Схожий по генезису анальцим позднее был описан во многих древних и современных озерных отложениях Северной Америки, Восточной Африки и Европы [19–22, 25, 26 и др.], а также казанских отложениях Притиманья [7] и в пермских терригенных породах Предуральяского прогиба [4, 5, 12]. В невулканических отложениях такие находки встречаются сравнительно реже [13, 18, 23], однако являются не менее значимыми, поскольку ведут к пониманию постседиментационных процессов в алюмосиликатных осадках, не содержащих пирокластический материал.

Обобщение литературных данных, затрагивающих вопросы природы анальцима и механизмов его образования, позволило авторам

[13, 24, 27] показать, что в экзогенных условиях анальцит образуется при четырех типах процессов: 1) гипергенная трансформация вулканокластики напрямую или через ранее сформированные цеолиты; 2) диагенез аркозовых песчаников, сопровождаемый деанортизацией плагиоклаза; 3) осаждение в сильнощелочных содовых озерах высокой солености за счет привноса растворенных коллоидных оксидов кремния и алюминия; 4) взаимодействие карбонатно-натриевых вод с глинистым субстратом в почвах аридных районов. Во всех описанных средах для формирования анальцита нужны растворенные Na, Al, Si и содовые растворы, что делает его минералом-индикатором проявления щелочных растворов.

Нами находки анальцита были сделаны при изучении шешминских песчаников Соликамской впадины Предуральского краевого прогиба (обнажения в с. Романово и близ д. Володин Камень; скв. 2016 Романовского участка Верхнекамского месторождения солей (Пермский край)), а также верхнеказанских карбонатно-аргиллитовых и татарских аргиллит-алевролитовых пород Саратовско-Оренбургского прогиба Прикаспийской впадины (Саратовская область). Ранее анальцит уже был описан в разновозрастных отложениях: в шешминских медьсодержащих песчаниках Богословского и Рыжевского рудников (Александровский и Пермский районы Пермского края) [11] и татарских граувакковых отложениях Прикаспийской впадины на территории Актюбинской области (Казахстан) [6]. Во всех случаях образование анальцита связывалось с преобразованием присутствующей в породе пирокластики. Минералого-петрографическое изучение шешминских пород показало, что на долю вулканокластического материала приходится до 30 % от всего количества обломков [9], тогда как в татарских отложениях Саратовско-Оренбургского прогиба он отсутствует, что позволяет говорить об ином происхождении анальцита.

Шешминские (уфимский ярус приуральской перми) породы, вскрывающиеся на обнажениях у с. Романово и близ д. Володин Камень, а также в разрезе скв. 2016 (глубина 46,5–91,5 м), представлены мелко-среднезернистыми песчаниками с подчиненными прослоями гравелитов, конгломератов, аргиллитов и известняков. В строении песчаников на долю обломочных частиц приходится до 80–90 %, которые представлены кварцем (до 10 %), полевыми шпатами (до 20 %), пироксенами (до 7 %), хлоритами (до 15 %), обломками кремнистых (до 30 %) и глинистых (до 20 %) пород, эффузивов (до 30 %), сланцев (до 20 %) и кварцитов (до 10–15%) [9]. Кроме того, для песчаников, вскрывающихся в обнажениях, характерна медная минерализация, представленная

самородной медью, малахитом, купритом, амальгамами Cu-Ag. В обнажениях анальцит приурочен к прослоям массивного известняка скрытокристаллического, в которых он слагает (суб)идiomорфные (тетрагонтриоктаэдрические) индивиды (практически повсеместно в сростках с самородной медью), образующие цепочки и гнезда в основной массе породы, а также инкрустационные обособления (вплоть до полного заполнения) на стенках трещин (рис. 1). В разрезе скважины он образует базально-поровый цемент песчаника и субидiomорфные индивиды в алевритистых глинисто-карбонатных слоях (рис. 2).

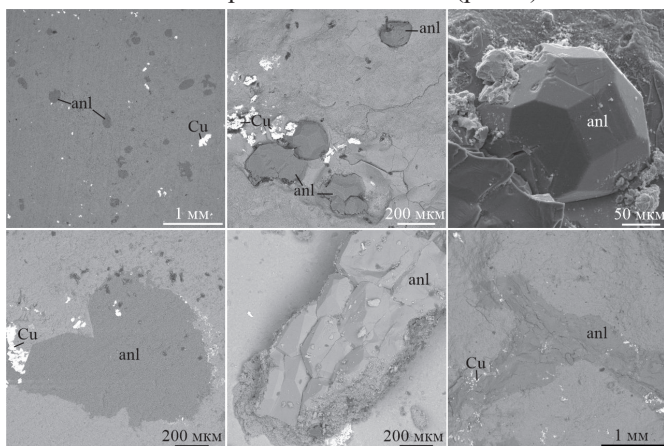


Рис. 1. Анальцит (anl) в сростках с самородной медью (Cu) в прослое известняка в обнажениях у с. Романово (верхний ряд) и близ д. Володин Камень (нижний ряд)

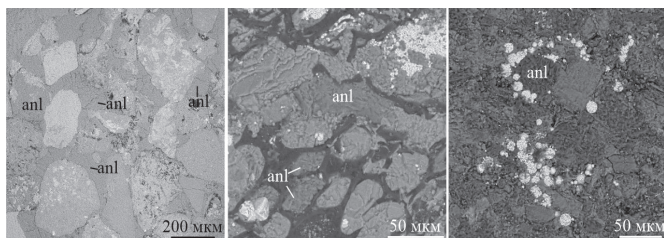


Рис. 2. Анальцит (anl) из скв. 2016: слева – в виде цемента полимиктового песчаника; в центре и справа – ксеноморфные и субидiomорфные индивиды в алевритистых глинисто-карбонатных слоях

Изучение химического состава анальцита (таблица) показало незначительную примесь кальция в составе – 0–2,79 мас. %. Формула

анальцима из обнажения у с. Романово может быть записана в виде: $(\text{Na}_{0,74-0,99}\text{Ca}_{0-0,02})(\text{Al}_{0,81-0,99}\text{Si}_{2,09-2,30}\text{O}_6)\cdot\text{H}_2\text{O}$; у д. Володин Камень – $(\text{Na}_{0,78-1,02}\text{Ca}_{0-0,02})(\text{Al}_{0,76-0,95}\text{Si}_{2,13-2,32}\text{O}_6)\cdot\text{H}_2\text{O}$; из разреза скв. 2016 – $(\text{Na}_{0,84-1,06}\text{Ca}_{0-0,16})(\text{Al}_{0,92-1,02}\text{Si}_{1,96-2,20}\text{O}_6)\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Верхнеказанские отложения в пределах Саратовско-Оренбургского прогиба представлены ангидрит-галитовыми (мощность 14,3–89,2 м) и перекрывающими их сульфатно-карбонатными (мощность 15,7–24,7 м) породами. В строении последних нередко отмечаются маломощные (до 2,0 м) прослои аргиллитов с ангидрит-гипсовыми и ангидритовыми обособлениями в виде слоёв (до 1,0 см), желваков и цемента брекчии. Перекрывающие их татарские породы (мощность 13,9–42,7 м) сложены преимущественно массивными до брекчиевидных аргиллитами с примесью (5–20 %) полевошпат-кварцевого алевритового и песчаного материала, включениями (до 2 %) углистого детрита, а также одиночными линзами, желваками и прожилками гипса.

Анальцим приурочен к сульфатным образованиям аргиллитовых прослоев нижней части верхнеказанской толщи и нижней-средней – татарской, в которых (внутри и по периферии) он слагает округлые пойкилокристаллы с кристалломорфными очертаниями (рис. 3). Внутри анальцима отмечаются частые включения призматического, нередко ори-

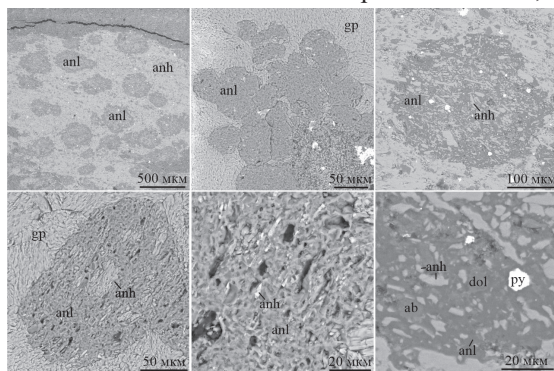


Рис. 3. Пойкилокристаллы анальцима (anl) в сульфатных (ангидрит – anh, гипс – гур) стяжениях с включениями ангидрита, доломита (dol), пирита (py) и обломками альбита (ab)

ентированного ангидрита, реже вкрапленность неяснокристаллического доломита и угловатые обломки кварца, калиевых полевых шпатов и альбита. Последние, наряду с субидиоморфным целестином и пойкилитовым субидиоморфным пиритом, фиксируются и во вмещающих сульфатах и аргиллитах.

Состав анализима Саратовско-Оренбургского прогиба отвечает следующей формуле – $\text{Na}_{0,81-1,37}(\text{Al}_{0,88-1,00}\text{Si}_{1,71-2,20}\text{O}_6)\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Таблица

Химический состав анализима (мас. %) и значения соотношений Si/Al и Na/Al

	O	Na	Al	Si	Ca	Si/Al	Na/Al
<i>Обнажение близ д. Володин Камень</i>							
1	51,32	9,28	11,16	28,23	0	2,43	0,98
2	57,48	8,34	8,13	25,82	0,22	3,05	1,20
3	57,74	9,26	8,40	24,30	0,30	2,78	1,29
4	53,63	8,64	10,17	27,57	0	2,60	1,00
5	57,58	8,54	8,32	25,42	0,13	2,94	1,21
6	44,28	9,22	13,15	32,95	0,40	2,41	0,82
7	50,36	10,07	11,66	27,91	0	2,30	1,01
<i>Обнажение у с. Романово</i>							
1	56,63	9,32	8,90	25,15	0	2,72	1,23
2	55,56	9,03	10,57	24,84	0	2,26	1,00
3	48,78	8,02	12,22	30,56	0,42	2,40	0,77
4	54,30	9,05	11,09	25,23	0,33	2,18	0,96
5	53,11	10,03	10,90	25,79	0,18	2,27	1,08
6	46,36	9,17	12,69	31,30	0,49	2,37	0,85
7	49,30	9,13	12,61	28,96	0	2,21	0,85
<i>Разрез скв. 2016 Романовского участка Верхнекамского месторождения</i>							
1	52,25	10,93	12,11	24,71	0	1,96	1,06
2	52,17	8,95	11,48	27,40	0	2,29	0,91
3	52,01	10,05	11,62	26,32	0	2,18	1,01
4	51,50	10,00	11,36	27,14	0	2,30	1,03
5	51,35	9,86	11,58	27,21	0	2,26	1,00
6	49,70	9,21	11,82	29,03	0,24	2,36	0,91
7	52,71	8,35	11,04	25,11	2,79	2,18	0,89
8	51,71	9,53	11,96	26,80	0	2,15	0,94
9	51,16	9,15	12,13	27,56	0	2,18	0,89
10	52,94	10,84	11,57	24,45	0,20	2,03	1,10
11	49,49	9,62	13,01	27,31	0,57	2,02	0,87
12	50,50	9,06	11,56	28,60	0,28	2,38	0,92
13	50,93	9,51	11,61	27,70	0,25	2,29	0,96
14	50,26	9,40	12,04	28,05	0,25	2,24	0,92
15	50,52	9,13	11,93	28,18	0,24	2,27	0,90
16	52,87	9,44	11,00	26,45	0,24	2,31	1,01
<i>Саратовско-Оренбургский прогиб</i>							
1	58,94	10,90	9,69	20,47	0	2,03	1,32
2	65,90	10,28	8,15	15,67	0	1,85	1,48
3	58,46	11,17	9,92	20,45	0	1,98	1,32
4	61,33	10,50	9,09	19,08	0	2,02	1,36
5	64,94	10,39	8,34	16,33	0	1,88	1,46
6	60,89	11,16	9,03	18,93	0	2,01	1,45
7	53,48	9,81	11,37	25,34	0	2,14	1,01
8	54,92	10,08	10,85	24,15	0	2,14	1,09
9	53,21	10,12	10,92	25,75	0	2,26	1,09
10	53,35	10,29	11,19	25,17	0	2,16	1,08
11	62,90	11,10	8,40	17,60	0	2,01	1,55
12	58,70	10,10	9,70	21,50	0	2,13	1,22
13	50,32	8,62	12,36	28,70	0	2,23	0,82
14	51,41	8,45	12,21	27,93	0	2,20	0,81
15	50,30	8,90	12,25	28,55	0	2,24	0,85
16	51,33	9,03	11,98	27,66	0	2,22	0,88

*Нормировано на безводный состав; СЭМ VEGA 3 LMN с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350/X-max 20 (Tescan, Чехия; аналитики О. В. Коротченкова, Е. П. Чиркова)

Для установления природы аутигенного альцима Д. Кумбс и Т. Уэттен [16], а позднее и А. А. Годовиков [3] с помощью соотношения Si/Al (в ат. %) предложили следующую схему группировки альцимов с указанием генетического источника: (1) высококремнистый альцим, полученный из вулканического стекла: Si/Al=2,42–2,69; (2) среднекремнистый альцим, связанный с преобразованием алюмосиликатных минералов во время захоронения: Si/Al=2,20–2,42; (3) низкокремнистый альцим, образующийся в результате прямого осаждения из высокосоленой щелочной озерной воды или реакции с другими отложениями: Si/Al=1,80–2,20.

Для альцимов из обнажений близ д. Володин Камень, с. Романово и разреза скв. 2016 соотношение Si/Al составляет 2,30–3,05, 2,18–2,72 и 1,96–2,38 соответственно, что позволяет связывать их образование с трансформацией вулканокластического материала. В альциме из пород Саратовско-Оренбургского прогиба соотношение Si/Al варьируется от 1,85 до 2,26, что отвечает таковому, сформировавшемуся из содовых щелочных вод. Схожие значения Si/Al были ранее получены для альцимов, найденных в пласте глинистой породы маркирующего горизонта Верхнекамского месторождения (Si/Al=1,96–2,21) [13].

Для найденных альцимов было также рассчитано соотношение Na/Al, которое для обнажения близ д. Володин Камень составило 0,82–1,29, с. Романово – 0,77–1,23, Саратовско-Оренбургского прогиба – 0,81–1,55. Причем для последних наименьшие значения присущи альцимам, образовавшимся в основании казанской свиты, т.е. в непосредственной близости с каменными солями; вверх по разрезу (к средней части казанской толщи, а затем и к нижней-средней части татарской) значение Na/Al постепенно увеличивается.

Использование диаграммы Na/Al–Si/Al для исследованных альцимов позволяет выделить три группы (рис. 4).

Альцимы первой группы образовались в прослоях карбонатов (меденосных) среди полимиктовых терригенных толщ. Для них характерны высокие значения натрия и кремния, что указывает как на образование в условиях высокой щелочности среды, так и формирование за счет трансформации вулканокластического материала. Вероятность такого сценария для альцимов из обнажений близ д. Володин Камень и с. Романово, где они образуют цепочки и гнезда в основной массе породы, а также инкрустируют стенки трещин, вполне возможна: высокощелочные условия обеспечивают вмещающие известняки, а источником натрия, алюминия и кремния могут являться смежные прослои песчаника, на 30 % сложенные обломками эффузивов и аркозовым материалом.

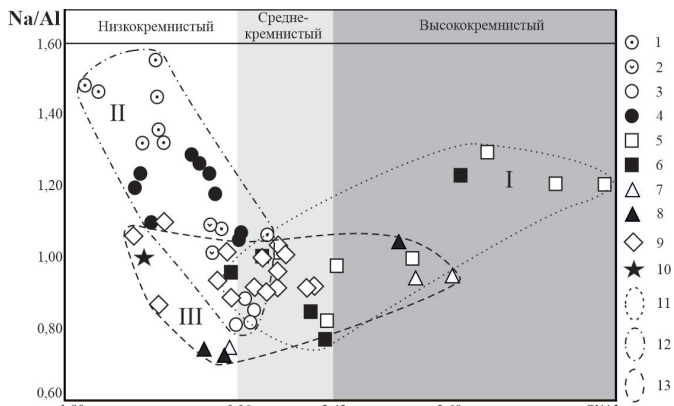


Рис. 4. Вариации Na/Al и Si/Al в анальциме 1–3 – Саратовско-Оренбургский прогиб (1 – татарские отложения; 2–3 – казанские, на удалении (2) и вблизи толщи каменной соли (3)); 4 – маркирующий горизонт Верхнекамского месторождения (Чайковский, Чайковская, 2013); 5 – обнажение у д. Володин Камень; 6 – обнажение у с. Романово; 7 – Богословский рудник (Чайковский, Кондратенко, 2005); 8 – Рыжевской рудник (Чайковский, Кондратенко, 2005); 9 – скв. 2016; 10 – теоретический состав анальцима; 11–13 – поля составов из прослоев известняка в терригенной толще (11), глинистых прослоев на контакте с каменной солью (12), песчаников полимиктовых (13). Римскими цифрами обозначены номера групп анальцима

Для анальцимов второй группы, образовавшихся в глинистых и карбонатно-глинистых прослоях, характерны высокие содержания натрия и относительно низкие – алюминия и кремния. Такие показатели позволяют предполагать, что формирование анальцима происходило за счет осаждения из содовых вод с высоким содержанием натрия, вероятным источником которого являются отжимаемые из подстилающих каменных солей седиментационные воды, и относительно низкой щелочностью, обусловившей малую мобильность алюминия и кремния. Вариации значения Na/Al в пределах группы могут отражать различную щелочность минералообразующей среды, влияющую на миграцию алюминия и кремния: от высокой на контакте с каменными солями до относительно низкой – на удалении от них.

Присутствие в метакристаллах анальцима из пород Саратовско-Оренбургского прогиба включений призматического ангидрита говорит об их образовании после формирования желваков ангидрита. Образование содовых вод по О.А. Алекину [1] возможно при достижении в растворе соотношения $r\text{HCO}_3^- > r\text{Ca}^{2+} + r\text{Mg}^{2+}$ или $r\text{Na}^+ > r\text{Cl}^- + r\text{SO}_4^{2-}$ (r – концентрация иона в растворе, мг-экв/л). Присутствие в ангидритовых стяжениях и вмещающих аргиллитах обособлений доломита

свидетельствует о высоком содержании в поровых водах растворенных форм кальция, магния и сульфат-иона, источником которых могли быть как воды, отжимаемые в процессе диагенеза из подстилающей сульфатно-карбонатной толщи, так и континентальные (речные) гидрокарбонатно-кальциевые воды, поступающие в осадочный бассейн в татарское время. Осаждение Ca^{2+} , Mg^{2+} и SO_4^{2-} в виде доломита и ангидрита, а также разложение рассеянного углистого детрита способствовало накоплению в водах гидрокарбонат-иона (HCO_3^-), который за счет присутствующего в растворах натрия мог привести к локальному образованию содовых вод. Вероятным источником натрия в системе можно считать как отжатые седиментационные воды казанских каменных солей, так и катионный обмен с глинами. Последние во вмещающих татарских аргиллитах отвечают монтмориллониту с формулой $(\text{Mg}_{0,24}\text{Fe}_{0,1}\text{Al}_{1,55})(\text{OH})_2[\text{Si}_{4,12}\text{O}_{10}](\text{Na}_{0,09}\text{K}_{0,23}\text{Ca}_{0,04})$. Появление содовых вод могло активизировать процессы гидролиза алюмосиликатов и высвобождению растворенных форм Al и Si, осаждаемых из содовых вод в виде анальцима.

Близкие значения Na/Al и Si/Al в анальциме из маркирующего горизонта Верхнекамского месторождения [13] указывают на схожесть условий формирования. Отсутствие анальцима в соляно-мергельной толще Верхнекамского месторождения [10] может быть связано как с высоким содержанием в ней карбонатного вещества, так и ее относительно большой мощностью (100–120 м), что препятствует непосредственному контакту хлоридно-натриевых рассолов соляной залежи и пресных гидрокарбонатно-кальциевых вод, характерных для терригенно-карбонатной и пестроцветной толщ.

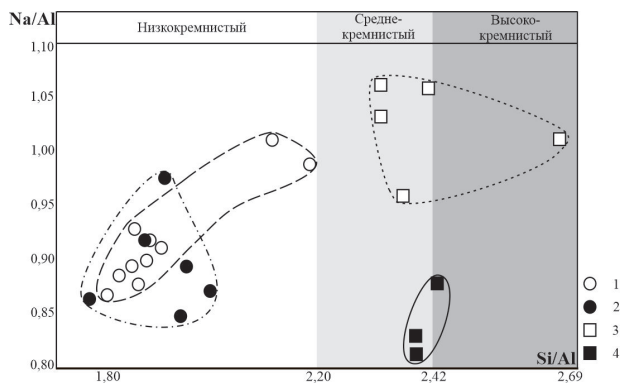


Рис. 5. Вариации Na/Al и Si/Al в анальциме некоторых магматических пород: 1 – щелочные базальты Венгрии [17]; 2 – лампрофиры Томторского массива [8]; 3 – толелиты Северного Тимана [14]; 4 – камерные пегматиты Волыни [2]

Анальцимы третьей группы формировались в относительно однородных полимиктовых медистых и безрудных песчаниках Богословского и Рыжевского рудников [11], Романовского участка Верхнекамского месторождения. Они характеризуются низкими содержаниями натрия, а содержание кремния варьируется от низкого до высокого, что может быть связано с различием состава исходной вулканокластике. Для примера на диаграмму Si/Al–Na/Al были нанесены составы анальцима некоторых магматических пород (рис. 5). В поле низкокремнистых попали анальцимы из щелочных базальтов и лампрофиров, в поле средне-высококремнистых – из толеитов и камерных пегматитов. Такое распределение позволяет говорить, что в качестве исходного материала для формирования анальцима в шешминских песчаниках служил материал кислых и основных (толеитовых) пород.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания (рег. № НИОКТР 124020500052-9 (Процессы рудообразования и гипергенной трансформации эвапоритов Пермского Предуралья).

Библиографический список

1. *Алекин О. А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 205 с.
2. *Белаковский Д.И., Карпенко В.Ю., Мохов А.В.* Двупреломлющий анальцим из камерных пегматитов Волыни // Новые данные о минералах СССР. Вып. 37. М.: Наука, 1991. С. 32–37.
3. *Годовиков А. А.* Минералогия. М.: Недра, 1983. 647 с.
4. *Коссовская А. Г.* Генетические типы цеолитов стратифицированных формаций // Литология и полезные ископаемые. 1975. № 2. С. 23–40.
5. *Мизенс Г. А.* Анальцим в нижнепермских терригенных отложениях западного склона Среднего Урала // Литология и условия образования докембрийских и палеозойских отложений Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. С. 71–78.
6. *Муравьев В. И.* Новообразования анальцима в граувакках Аклюбинской области // Известия АН СССР. Сер. геол. 1975. № 11. С. 111–117.
7. *Носков А. В.* Морфологические типы анальцима в казанских отложениях (Р₂kz), р. Вызь // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента. Сыктывкар: Геопринт, 2002. С. 133–136.
8. *Панина Л. И., Рокосова Е. Ю., Исакова А. Т., Толстов А. В.* Лампрофиры Тортковского массива – результат смешения калиевых и натриевых щелочно-базитовых магм // Петрология. 2016. Том 24. № 6. С. 654–672.
9. *Харитонов Т. В.* Разделение полимиктовых песчаников на примере шешминских и соликамских // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 11. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2008. С. 101–106.
10. *Чайковский И. И., Бубнова М. В., Чиркова Е. П.* Минералогия уфимских отложений Соликамской впадины // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 23. Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2020. С. 50–62.
11. *Чайковский И. И., Кондратенко Е. В.* К минералогии медистых песчаников Прикамья // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Вып. 7. П.: Изд-во Пермского ун-та, 2005. С. 148–166.
12. *Чайковский И. И., Коротченкова О. В., Падерин А. А.* Медистые песчаники Усоля (Соликамская впадина // Литология осадочных комплексов Евразии и

- шельфовых областей. Вып. 9. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2019. С. 496–497.
13. *Чайковский И. И., Чайковская Е. В.* Анальцит Верхнекамского месторождения солей // Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения-2013). Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2013. С. 154–157.
14. *Юшкин Н. П., Илларионов Б. А., Василевский Н. Д. и др.* Агроминеральное и горно-химическое сырье Европейского северо-востока СССР. Сыктывкар: Тип-я Гос. ком-та Коми АССР, 1987. 132 с.
15. *Bradley W. H.* Zeolite beds in the Green River Formation // *Science*. 1928. V. 67. PP. 73–74.
16. *Coombs D. S., Whetten T.* Composition of analcime from sedimentary and burial metamorphic rocks // *The Geological Society of America Bulletin*. V.8. № 2. 1967. PP. 265–279.
17. *Demény A., Harangy Sz., Fórizs Is., Nagy G.* Primary and secondary features of analcimes formed in carbonate-zeolite ocelli of alkaline basalts (Mecsek Mts., Hungary): textures, chemical and oxygen isotope compositions // *Geochemical Journal*. 1997. V. 31(1). PP. 37–47.
18. *English P. M.* Formation of analcime and moganite at Lake Lewis, central Australia: significance of groundwater evolution in diagenesis // *Sedimentary Geology*. 2001. V. 143. PP. 219–244.
19. *Gottardi G., Obradovic' J.* Sedimentary zeolites in Europe // *Fortschritte der Mineralogie*. 1978. V. 56 (2). PP. 316–366.
20. *Hay R. L.* Silicate reactions in three lithofacies of a semi-arid basin, Olduvai Gorge, Tanzania // *Mineralogical Society of America Special Paper*. 1970. V. 3, PP. 237–255.
21. *Hay R. L.* Zeolites and zeolitic reaction in sedimentary rocks // *Geological Society of America Special Paper*. 1966. V. 85. PP. 130.
22. *High Jr L. R., Picard M. D.* Sedimentary petrology and origin of analcime-rich Popo Agie member, Chugwater (Triassic) Formation, west-central Wyoming // *J. Sediment. Petrol.* 1965. V. 35 (1). PP. 49–70.
23. *Joulié F., Bonifas M., Camez T., Millor G., Weil R.* Analcimolites sédimentaires dans le continental intercalaire du Sahara Central (Bassin du Niger AOF) // *Bulletin du Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine*. 1958. V. 11. PP. 67–70.
24. *Luhr J. F., Kyser T. K.* Primary igneous analcime: the colima minettes // *American Mineral*. 1989. V. 74. PP. 216–223.
25. *Sheppard R. A., Gude A. J.* Distribution and genesis of authigenic silicate minerals in tuffs of Pleistocene Lake Tecopa, Inyo County, California // *United States Geological Survey Professional Paper*. 1968. V. 597. PP. 15–16.
26. *Surdam R. C., Eugster H. P.* Mineral reactions in the sedimentary deposits of the Lake Magadi region, Kenya // *Geological Society of America Bulletin*. 1976. V. 87. PP. 1739–1752.
27. *Wang J., Liang Ch., Cao Y., Tian Y.* Occurrence, Genesis, and Significance of Analcime in Fine-Grained Sedimentary Rocks // *Hindawi, Geofluids*. 2022. V. 2022. PP. 1–17.

ON THE ANALCIME NATURE IN PERMIC ROCKS OF THE CASPIAN AND SOLIKAMSK DEPRESSIONS

T.A. Utkina, I.I. Chaikovskiy, O.V. Korotchenkova,

E.P. Chirkova, T.V. Fedorov

tatyanaak89@mail.ru

The findings of authigenic analcime are described in the sheshmin ore and barren sandstones of the Solikamsk depression of the Pre-Ural foredeep, as well as the Upper Kazan carbonate-argillite and Tatarian mudstone-siltstone rocks of the

Saratov-Orenburg trough of the Caspian basin. Based on the Na/Al and Si/Al ratios, analcimes are divided into three groups. The first is confined to carbonate layers in the terrigenous strata, is characterized by high sodium and silicon contents and is associated with the transformation of pyroclastics in highly alkaline conditions. For analcimes of the second group, formed in clayey and carbonate-clayey layers, enriched in sodium and depleted in silicon, a connection with soda waters is assumed. Low sodium contents and variability of silicon in analcimes of the third group from polymictic cuprous and barren sandstones indicate the presence of fragments of acidic and basic (tholeiitic) rocks in the rock.

Key words: analcime, sulfates, evaporites, Verkhnekamskoe deposit.