

Бродская, 1966

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р
КОМИССИЯ ПО ОСАДОЧНЫМ ПОРОДАМ ПРИ ОТДЕЛЕНИИ НАУК О ЗЕМЛЕ

ГЕОХИМИЯ КРЕМНЕЗЕМА

(отдельный оттиск)

1 9 6 6

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» МОСКВА

24 док. Курасову
Кавказу
от алтунга - 20/11/66

Н. Г. Бродская

О ТРЕХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ТИПАХ КРЕМНИСТЫХ ПОРОД В ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ ФОРМАЦИЯХ

Несмотря на большое количество специальных литологических исследований кремнистых пород, объяснение их генезиса во многих случаях остается слабо обоснованным. Очень трудно найти четкие критерии для выявления характерных особенностей кремнезема древних толщ, накапливающегося в результате различных процессов (биогенная садка, хемогенная садка, постседиментационные изменения).

Особенно широким распространением, а, главное, разнообразием отличаются кремнистые породы геосинклинальных областей.

КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ САХАЛИНА

В процессе изучения геосинклинальных формаций Сахалина, Камчатки, Кавказа, мы выделили ряд генетических типов кремнистых пород, характерных для областей с активной вулканической деятельностью.

В геосинклинальных бассейнах Сахалина в кайнозойское время накапливались вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные комплексы пород. Среди различных типов отложений здесь широко развиты кремнистые породы (Бродская, 1963). Они часто слагают мощные толщи, приуроченные к двум различным этапам развития прогиба: 1) эпохам максимального проявления вулканической деятельности и 2) ко времени, когда вулканическая деятельность прекращается.

Кремнистые породы Сахалина встречаются в толщах обоих этапов.

Кремнистые породы, развитые среди вулканогенно-осадочных толщ нижнего и среднего миоцена (аракайская, холмско-невельская свиты), встречаются в виде мощных слоев (5—7 м), тонких прослоев (0,1—0,2 м) и линз в толще туфов и туфогенных отложений. Внешне различаются светлые фарфоровидные, зеленовато- и коричневатосерые разности с полураковистым или шероховатым изломом. При выветривании эти породы приобретают характерный белесоватый оттенок. Иногда наблюдается тонкая горизонтальная слоистость, подчеркиваемая ожелезненными прослоями. Кремнистые породы переслаиваются с туфами песчаной размерности, туфогенно-глинистыми отложениями, а иногда сопровождаются тонкими прослоями бентонитов с резкими контактами. Под микроскопом видна желтовато-серая масса кремнистого вещества, очень тонко раскристаллизованного. Иногда заметны небольшая примесь глинистых минералов и обломки полевых шпатов. При больших увеличениях различаются контуры вулканических стекол и остатки кремневых организмов (скорлупки диатомей, спикулы губок). Содержание скелетных частей кремневых организмов составляет 2—3%. В некоторых образцах удается различить

обломки вулканических стекол, по которым развивается халцедон или кварц. Размер обломков обычно 0,01—0,05 мм. В породах этого типа иногда встречается большое количество ярко-зеленых зерен аутигенного глауконита округлой или мозговидной формы. Органические остатки выполнены опалом (показатель преломления $n=1,440$). Вмещающая кремнистая масса имеет более высокий показатель преломления — 1,545—1,553 или в отдельных случаях — 1,520—1,522.

Образцы пород анализировались на содержание различных форм кремнезема. По разности $\text{SiO}_2_{\text{вал}} - (\text{SiO}_2_{\text{кварц}} + \text{SiO}_2_{\text{аморф}})$ вычислялось содержание остаточного кремнезема, по-видимому, связанное в силикатных минералах.

При определении химическим путем SiO_2 в форме кварца нельзя провести различия между кварцем, халцедоном и волокнистыми разновидностями (кристобалит, люссатит и др.). Только минералогические определения могут помочь понять природу кремнистого вещества, объединяемого под этим названием.

Т а б л и ц а 1

| Образец | Содержание, вес. % | | | | | | | | $\text{SiO}_2_{\text{вал}}$ Al_2O_3 | $\text{SiO}_2_{\text{ост}}$ Al_2O_3 |
|---------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|--|--|
| | $\text{SiO}_2_{\text{вал}}$ | $\text{SiO}_2_{\text{кварц}}$ | $\text{SiO}_2_{\text{аморф}}$ | $\text{SiO}_2_{\text{ост}}$ | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | TiO_2 | $\text{C}_{\text{орг}}$ | | |
| | 3241 | 78,89 | 33,57 | 2,06 | 43,26 | 6,53 | 2,50 | 0,2 | 0,15 | 12,08 |
| 3348a | 70,86 | 42,20 | 2,66 | 26,00 | 7,22 | 2,59 | 0,3 | 0,25 | 9,81 | 3,6 |
| 937 | 75,16 | 40,92 | 3,06 | 31,18 | 7,8 | 3,00 | 0,1 | 0,2 | 9,63 | 3,9 |
| 908 | 65,80 | 26,36 | 2,04 | 37,40 | 8,0 | 4,79 | 0,4 | 0,1 | 8,1 | 4,67 |
| 1591 | 69,52 | 24,0 | 3,96 | 41,56 | 9,2 | 0,75 | 0,35 | 0,04 | 7,5 | 4,5 |
| 3369 | 75,15 | 20,0 | 10,2 | 44,95 | 7,49 | 1,68 | 0,12 | 0,1 | 10,3 | 6,0 |
| 3289 | 72,32 | 32,30 | 1,38 | 38,64 | 9,91 | 4,53 | 0,56 | — | 7,0 | 3,89 |

Данные анализов сведены в табл. 1. Привлекают внимание незначительное количество аморфного кремнезема и высокие значения SiO_2 , определяемого в форме кварца, и $\text{SiO}_2_{\text{ост}}$. Отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ колеблется от 7—12, а содержание органического углерода $\text{C}_{\text{орг}}$ невелико.

Спектральным анализом обнаруживается ряд малых элементов (в %): Ni — 0,001, Co — следы, Cr — 0,003, Be — следы, It — 0,002, I^{b+}, Sc — 0,001, Zr — 0,006, La — 0,003, V — 0,01, Cu — 0,001, иногда Zn.

Рентгеноструктурные анализы показали во всех случаях кварц при полном отсутствии кристобалита.

Описанные породы распространены обычно в вулканогенно-осадочных толщах, относящихся к районам, несколько удаленным от предполагаемых вулканических очагов. Однако расстояние это исчисляется лишь первыми десятками километров.

К кремнистым породам второй группы относятся породы, развитые стратиграфически выше (верхний миоцен — плиоцен) и залегающие на угленосных и вулканогенно-осадочных отложениях. Эти кремнистые породы слагают толщи, достигающие мощности 200—300 м; распространены они главным образом в южных районах острова, а к северо-западу сменяются более глинистыми и песчаными разновидностями.

Здесь наблюдаются как массивные, так и слоистые плотные коричневатые и желтовато-серые, иногда пятнистые опоки и опоковидные породы с полураковистым или раковистым изломом. Отдельные участки их обогащены песчаным материалом. Встречаются включения глауконита и

присышки ярозита. Менее распространены диатомиты — светлые, очень легкие породы, состоящие из желтовато-серого изотропного кремнистого вещества с показателем преломления 1,470—1,483. При больших увеличениях видно чешуйчатое строение основной массы, многочисленные остатки диатомей (до 30—40%) и спикул губок. Местами остатки диатомей сохранились только в карбонатных конкрециях. В составе конкреций, как правило, присутствует магний — до 20—30% в пересчете на $MgCO_3$.

Химический состав кремнистых пород представлен на табл. 2.

Т а б л и ц а 2

| Образец | Содержание, вес. % | | | | | | | | | |
|---------|--------------------|---------------|---------------|-------------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | SiO_2 вал | SiO_2 кварц | SiO_2 аморф | SiO_2 ост | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | TiO_2 | $C_{орг}$ | $\frac{SiO_2\text{вал}}{Al_2O_3}$ | $\frac{SiO_2\text{ост}}{Al_2O_3}$ |
| 3303 | 87,97 | 17,45 | 48,20 | 22,32 | 4,43 | 0,07 | Нет | 0,9 | 21,3 | 5,4 |
| 3309 | 86,64 | 8,13 | 56,56 | 21,95 | 4,60 | 0,52 | Нет | 0,45 | 18,8 | 4,7 |
| 321 | 84,11 | 18,74 | 41,78 | 23,59 | 6,57 | 1,78 | Нет | 0,4 | 12,2 | 3,59 |
| 250с | 82,62 | 13,38 | 48,70 | 20,54 | 5,99 | 1,22 | Следы | 0,3 | 14,3 | 3,4 |
| 11с | 88,22 | 4,65 | 64,27 | 19,30 | 5,5 | 0,8 | Нет | 0,7 | 16,0 | 3,5 |

Среди малых элементов обнаруживаются только Ni — следы, V 0,003%, Zr — 0,006%, La — 0,001%, Cu — 0,001%.

Как видно из приведенных анализов, в этой группе пород содержание аморфного кремнезема достигает 60%, намного больше кварцевого, а отношение SiO_2 вал к Al_2O_3 колеблется от 12 до 21.

Рентгеноструктурным анализом был определен кристобалит и установлено почти полное отсутствие кварца. Есть основание предполагать, что в породе присутствует также люссатит. В этой связи интересны соображения В. А. Забелина (1961) об общности кристаллической формы кремнезема опалового ряда. В результате кристаллического перерождения опал переходит в люссатит, имеющий близкую к кристобалиту структуру.

Изложенный материал позволяет заключить, что рассмотренные группы кремнистых пород различаются по генезису.

Породы первой группы можно назвать туфогенными силицитами. Они представляют собой, по-видимому, измененные постседиментационными процессами пепловые туфы, о чем свидетельствуют приуроченность этих пород к вулканогенно-осадочным комплексам и остатки витрокластической структуры. Характерно незначительное содержание здесь аморфной кремнекислоты, сравнительно высокое значение SiO_2 кварц, Al_2O_3 и постоянное присутствие TiO_2 . Анализ рыхлых пепловых туфов плиоцена Камчатки и некоторых миоценовых витрокластических туфов Сахалина (табл. 3) показал близкие к рассматриваемым кремнистым породам значения SiO_2 вал и TiO_2 .

Однако относительная роль различных форм кремнезема иная. Основной формой является SiO_2 ост и лишь в незначительном количестве присутствует свободный кремнезем. Процентное содержание Al_2O_3 достигает 16%.

Рентгеноструктурный анализ пепловых туфов обнаруживает присутствие кварца.

Как известно, показатель преломления вулканических стекол изменяется в довольно широких пределах в зависимости от их состава. Для кайнозоя Сахалина и Камчатки характерны пепловые туфы, где стекло

имеет показатель преломления n от 1,499 до 1,512; это соответствует дацитовому и андезитовому составу.

При микроскопическом изучении кремнистых пород можно наблюдать замещение вулканического стекла кремнеземом и выделения кварца в виде пятен неправильной формы. Отметим, что туфы, по которым идет образование кремнистых пород, отличаются очень мелкими, целитовыми размерами обломков стекла. Процесс девитрификации стекла может протекать различными путями в зависимости от его состава и физико-химических условий среды.

Следует предполагать, что при образовании пород типа туфогенных силицитов происходит вынос некоторого количества Al_2O_3 с одновременным образованием свободного кремнезема. Отношение $SiO_2_{ост}/Al_2O_3$ в неизмененных пещлах и кремнистых породах, как видно на табл. 1 и 3, остается постоянным (4—6), а отношение $\frac{SiO_2_{вал}}{Al_2O_3}$ в кремнистых породах возрастает. Допустить привнос больших количеств свободного кремнезема в породы нам кажется неправильным, так как в этих случаях увеличилось бы значительно валовое содержание кремнезема, а мы наблюдаем общий прирост SiO_2 в кремнистых породах по сравнению с пещловыми туфами максимум на 13%, в ряде же случаев эти величины почти равны.

Т а б л и ц а 3

| Образец | Содержание, вес. % | | | | | | | | |
|---------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------|-----------|---------|---------------|---------------|
| | $SiO_2_{вал}$ | $SiO_2_{кварц}$ | $SiO_2_{аморф}$ | $SiO_2_{ост}$ | Al_2O_3 | Fe_2O_3 | TiO_2 | $SiO_2_{ост}$ | $SiO_2_{вал}$ |
| | | | | | | | | Al_2O_3 | Al_2O_3 |
| 55Д | 72,44 | 4,5 | 5,53 | 62,41 | 11,87 | 0,06 | 0,21 | 5,2 | 6,6 |
| 362Д | 65,37 | 8,55 | 3,38 | 53,44 | 16,60 | 3,70 | 0,12 | 3,2 | 3,9 |
| 428Д | 65,82 | 1,18 | 3,62 | 61,02 | 8,41 | 2,57 | 0,76 | 7,2 | 7,7 |
| 983Д | 63,56 | 6,23 | 4,13 | 53,20 | 7,8 | 3,12 | — | 6,8 | 8,1 |
| 3354a | 65,08 | 2,16 | 2,36 | 60,56 | 12,67 | 1,95 | 0,54 | 4,7 | 5,1 |

Накопление описанных кремнистых пород происходило в сравнительно мелководном бассейне с расчлененным дном. Биохемогенная садка кремнезема в этот период была подавлена поступающим в большом количестве вулканическим и терригенным материалом. Сравнительно грубозернистый обломочный материал приносился с приподнятых платформенных участков, расположенных на северо-западе. Количество терригенного материала уступало количеству эпизодически выбрасываемой вулканокластики, и в водоеме периодически отлагались почти чистые пещлы.

По мере накопления мощной толщи осадков скорость седиментации начинала превышать скорость прогибания, что приводило к постепенному обмелению водоема. В некоторых районах в конце верхнего миоцена стали накапливаться угленосные толщи. Поступление вулканического материала при этом продолжалось, и пещловые туфы часто отлагались в континентальных условиях. Кремнистые породы для этого времени не характерны, и по туфам образовались главным образом бентонитовые глины.

Генезис кремнистых пород, относимых нами ко второй группе, некоторые исследователи связывают с вулканической деятельностью. Так, В. Д. Козырев, И. Г. Гринберг и др. (1960) объясняют повышенное содержание кремнистого вещества в породах курасийской свиты подводными поствулканическими гидротермальными процессами. В работе Л. И. Красного, А. И. Жамойда и А. И. Моисеева (1962) говорится о «гигантских

массах пирокластического материала, который распространяется на большие расстояния и является источником кремнезема, усваиваемого кремневыми организмами» (стр. 171). Иного мнения придерживается Т. И. Анодин (1961), считающий главной причиной образования опок, опоковидных пород и диатомитов Сахалина похолодание климата, которое происходило в промежутках между отдельными вспышками вулканизма и способствовало развитию диатомовых флор.

Высказанные предположения об источниках кремнезема пока остаются гипотезами. Несомненно лишь, что осаждение кремнезема, участвовавшего в образовании кремнистых пород верхнего миоцена и плиоцена Сахалина, происходило биохимическим путем. В этой связи интересны их геохимические и минералогические особенности. Как указывалось, кремнистые породы второй группы отличаются значительным содержанием аморфной кремнекислоты, отсутствием TiO_2 , сравнительно высокими значениями органического углерода, большим количеством SiO_2 , чем Al_2O_3 (в 15—20 раз). Набор малых элементов очень ограничен.

Наличие кристобалита (или люссатита) — формы, которую проходит опал в процессе изменения, подтверждает первично опаловую природу кремнезема в изученных породах.

Хорошо известно, что для соединений с повышенной растворимостью, интенсивное осаждение может происходить за счет их собственных запасов в воде водоема, причем накопление соединений на дне осуществляется в определенной гидродинамической и палеогеографической обстановке (Страхов, 1960).

Нам представляется, что решающим фактором для образования кремнистых толщ верхнего миоцена — плиоцена Сахалина являлось изменение палеогеографической обстановки как в водоеме, так и в области сноса. Геологическая история верхнемиоценового времени связана с прекращением вулканической деятельности и продолжающимся прогибанием бассейна седиментации. Опускание захватывало краевую часть платформы, в связи с чем резко уменьшилось поступление в водоем терригенного материала, и сам материал приобрел в основном пелитово-алевролитовую размерность. Садка кремнезема происходила биогенным путем, в условиях относительно глубоководного бореального бассейна.

Весьма вероятно, что благоприятным условием для расцвета кремневых организмов явилось повышенное содержание SiO_2 в воде бассейна в результате вулканической деятельности, предшествовавшей этому периоду.

КРЕМНИСТЫЕ ПОРОДЫ ГРУЗИИ

Проводя литологические исследования верхнемеловых отложений южного склона Кавказа и в районе Грузинской плиты, мы вновь столкнулись с различными типами кремнистых пород.

В разрезе бентонитового месторождения в с. Гумбра (Грузия), образовавшегося в результате изменения пеплового материала, приносимого из районов Аджаро-Триалетии, в толще глин сеноманского возраста наблюдаются тонкие прослои кремнистых пород.

Породы эти светлые, плотные, состоят из тонкозернистого кремнезема, имеющего показатель преломления 1,544—1,553. При больших увеличениях удается различить контуры вулканических стекол.

Химический анализ показал содержание SiO_2 валл — 92,3%, SiO_2 кварц — 64,9%, SiO_2 аморф — 2,44%. Титан содержится в количестве 0,22%, Fe_2O_3 — 1,74%. Спектральным путем определены (в %): Ni — 0,05, Co — 0,003, V — 0,006, Cu — 0,003 и др. К этим же прослоям приурочены линзы, обогащенные фосфатом кальция (до 10% P_2O_5). Рентгеноструктурным анализом в породе определен кварц.

По типу эти кремнистые породы аналогичны описанным выше на Сахалине, образовавшимся, как нам представляется, в результате изменения вулканических стекол.

В районе южного склона Большого Кавказа от г. Новороссийска до Азербайджана протягивается толща существенно кремнистого состава, известная под названием ананурского горизонта (сеноман — турон). В основании ее залегают туфогенные породы (литокластические туфы и туффиты), иногда эффузивы; над ними лежит пачка кремнистых пород, переходящих выше в кремнисто-карбонатные с постепенным увеличением карбонатной составляющей. В кремнистой толще можно выделить следующие разновидности:

1. *Фтаниты* — темно-серые, почти черные, участками полупрозрачные породы, хрупкие, с раковистым изломом, состоящие из кварца и халцедона. Текстура их полосчатая, причем светлые полосы сложены мозаично раскристаллизованным кварцем, а темные — халцедоном. Встречаются остатки радиолярий, пустотки от раковин которых выполнены опалом. Примесь карбонатного материала в этих разностях отсутствует. Породы эти очень схожи с фтанитами, описываемыми многими авторами, но отличаются незначительным содержанием органического углерода. Мощность фтанитовых пластов не превышает 4—6 м.

Химический состав фтанитов дан в табл. 4.

Таблица 4

| Образец | Содержание, вес. % | | | | | | | | | SiO ₂ вал | SiO ₂ ост |
|---------|----------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | SiO ₂ вал | SiO ₂ кварц | SiO ₂ аморф. | SiO ₂ ост | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | Сорг | Al ₂ O ₃ | | |
| | | | | | | | | | Al ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | |
| 53/63 | 72,77 | 35,86 | 3,80 | 41,41 | 8,80 | 3,78 | 0,46 | 0,15 | 8,2 | 3,7 | |
| 93/63 | 68,67 | 32,49 | 2,12 | 34,00 | 14,55 | 3,93 | 0,55 | — | 4,0 | 2,3 | |
| 104/63 | 72,87 | 39,41 | 2,74 | 30,72 | 12,59 | 4,92 | 0,53 | 0,08 | 5,0 | 2,4 | |
| 259/62 | 94,89 | 63,38 | 3,38 | 28,43 | 8,74 | 0,44 | 0,1 | 0,2 | 10,8 | 3,1 | |
| 195/63 | 72,45 | 32,11 | 3,16 | 37,48 | 9,87 | 5,52 | 0,54 | 0,15 | 7,3 | 3,7 | |
| 134/63 | 94,46 | 71,00 | 2,36 | 21,1 | 2,47 | 0,53 | 0,16 | — | 38,1 | 8,5 | |
| 176/63 | 69,92 | 32,02 | 0,88 | 37,0 | 12,09 | 2,82 | 1,52 | — | 5,7 | 3,06 | |
| 132/63 | 81,16 | 57,18 | 1,38 | 22,6 | 7,38 | 2,94 | 0,36 | — | 11,0 | 3,06 | |

Рентгеноструктурный анализ подтвердил, что породообразующим минералом является кварц.

2. *Кремнистые опоковидные породы*, залегающие в большей части изученных разрезов непосредственно на фтанитах. Это плотные, желтовато-серые породы с шероховатым или полураковистым изломом. Основная масса здесь изотропна или очень слабо двупреломляет.

Показатель преломления частиц 1,483—1,490. Многочисленные остатки спикул губок и радиолярий часто переполняют породу. Постоянно присутствует тонкозернистый карбонат, образующий отдельные небольшие сгустки.

Однако общее содержание карбонатов невысокое (количество CO₂ не превышает 1,0—1,2%). Часто встречаются зерна зеленого глауконита или же пигментированные им участки. В некоторых прослоях заметно обогащение пепловым материалом, представленным обломками вулканических стекол, литокластов и кристаллов плагиоклаза. Мощность пластов этих пород колеблется от 5 до 10 м. Вверх по разрезу они сменяются кремнисто-карбонатными разностями и затем известняками.

Данные химических анализов органогенно-кремнистых пород сведены в табл. 5.

Т а б л и ц а 5

| Образец | Содержание, вес. % | | | | | | | | | |
|---------|----------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|-------|--------------------------------|--------------------------------|
| | SiO ₂ вал | SiO ₂ кварц | SiO ₂ аморф | SiO ₂ ост | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | TiO ₂ | С орг | SiO ₂ вал | SiO ₂ ост |
| | | | | | | | | | Al ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ |
| 269/62 | 81,09 | 10,44 | 40,00 | 30,65 | 4,24 | 2,19 | нет | 0,42 | 19,1 | 7,0 |
| 289/62 | 81,37 | 10,64 | 31,84 | 38,89 | 4,49 | 0,92 | следы | 0,5 | 18,1 | 8,6 |
| 264/62 | 76,81 | 8,93 | 35,57 | 32,31 | 6,17 | 2,31 | 0,2 | 0,3 | 12,4 | 5,2 |
| 276/62 | 66,77 | 11,96 | 30,34 | 24,27 | 6,57 | 2,99 | 0,2 | 0,46 | 10,1 | 3,7 |

Минералогическими исследованиями и рентгеноструктурным анализом здесь определен кристобалит.

Фтаниты и органогенно-кремнистые породы располагаются в одном стратиграфическом интервале, в непосредственной близости друг от друга и в одинаковой степени испытали влияние нагрузки вышележащих толщ. Однако, как мы видим, минералогические и некоторые геохимические особенности этих пород различны.

Фтаниты распространены в кремнистой толще спорадически. Они известны в Рачинском хребте, в разрезах вдоль Краснополянского шоссе и по р. Сочинке, по Военно-Грузинской дороге и по р. Ксане. К западу от Сочинского района, хотя и имеются выходы кремнистого горизонта, типичные фтаниты не обнаружены. Намечается приуроченность этих пород к областям, где седиментация происходила под непосредственным влиянием вулканической деятельности. Известные здесь очаги верхнемелового вулканизма поставляли в зоны седиментации вулканический материал основного состава.

Нам представляется, что образование фтанитов связано с поступлением в водоем кремнезема в результате поствулканических процессов. Образовывался гелеобразный осадок со следами коломорфной структуры, который сравнительно быстро раскристаллизовывался в кварц.

Таким образом, среди рассматриваемых верхнемеловых отложений Кавказа выделяются три типа кремнистых пород: 1) кремнистые породы с. Гумбра (туфогенные силициты), 2) фтаниты ананурского горизонта, 3) органогенные кремнистые породы.

На Кавказе менее четко, чем на Сахалине, выражена приуроченность различных типов кремнистых пород к стадиям развития геосинклинальных бассейнов. Можно все-таки сказать, что первые два типа пород формируются при непосредственном влиянии вулканической деятельности, а третий приобретает особенно широкое развитие, когда вулканизм начинает замирать.

Кремнистые породы изученных геосинклиналей имеют много общих черт и, что очень характерно, приурочены к периоду проявления подводной вулканической деятельности с известково-щелочным составом лав.

Вместе с тем при сравнении кремнистых пород Сахалина, Кавказа и Камчатки ощущаются характерные специфические отличия, связанные с особенностями климатической зональности. Интенсивное карбонатонакопление в Кавказской геосинклинали подавляет процесс накопления кремнезема и образующиеся кремнистые слои обладают небольшой мощностью, в то время как в бореальных бассейнах дальневосточных кайно-

зойских геосинклиналей кремнистые породы пользуются широким развитием.

Суммируя данные, можно сгруппировать изученные на Сахалине и Кавказе кремнистые породы в следующие три генетических типа:

1. Биогенные опоки в миоцене—плиоцене Сахалина и органогенно-кремнистые породы верхнего мела Кавказа.

2. Вулканогенно-осадочные фтаниты верхнего мела Кавказа.

3. Кремнистые породы, образовавшиеся по пеплам в отложениях миоцена Сахалина и верхнего мела Кавказа.

Минералогический состав кремнистых пород, как мы видели, различный. В первом типе это кристобалит и опал, во втором — кварц и халцедон, в третьем — кварц. Малые элементы (Ti, Ni, V, Co, Cu, Zn и др.) обогащают третий тип кремнистых пород. Повышенные значения органического вещества характерны для первого типа.

Эти данные с учетом геологических особенностей подчеркивают разный генезис изученных пород, постседиментационные изменения которых идут также различными путями.

В биогенном типе пород кремнезем, растворенный в толще морской воды, аккумулируется организмами. В постседиментационном процессе опаловое вещество постепенно переходит в кристобалит или другие волокнистые разновидности кремнезема. Образование кварца при этом не обязательно.

Кремниевый гель, образующийся в зонах выходов термальных источников, в результате осаждения кремнезема из насыщенных растворов, дает начало хемогенным кремнистым породам — фтанитам и др.

Процесс дальнейшей кристаллизации геля заключается в переходе аморфной кремнекислоты в кварц. Стадия образования кристобалита в этих случаях, видимо, отсутствует.

Изменение вулканических пеплов непосредственно ведет к образованию кварца.

Причина такого поведения кремнистого вещества пока неясна, но нам представляется возможным допустить, что уже в геле кремнезема, накапливаемом в осадке в результате различных процессов седиментации, заложены особенности последующих минеральных преобразований.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А н о д и н Т. И. Опоки, опокovidные трепелы, диатомиты и диатомовые глины Сахалина.— Труды Сахалинск. КНИИ (СО АН СССР), вып. 10, 1961.
- Б р о д с к а я Н. Г. Ряды формаций кайнозойских геосинклинальных прогибов Сахалина, Камчатки и Японии.— В сб.: «Вулканогенно-осадочные и терригенные формации». Труды ГИН АН СССР, вып. 81, 1963.
- З а б е л и н В. А. О кристаллической структуре кремнезема опалов и люссатита.— Докл. АН СССР, 1961, т. 139, № 1.
- К о з ы р е в В. Д., Г р и н б е р г И. Г., К у з ь и н а И. Н., Ж и д к о в а Л. С. Геологическое строение и газонефтеносность южной части Сахалина.— Труды ВНИГРИ, вып. 156. Л., Гостоптехиздат, 1960.
- К р а с н ы й Л. И., Ж а м о й д а А. И., М о и с е е в а А. И. О связи развития организмов с кремниевым скелетом (радиолярий и диатомей) с тектоническими и вулканическими процессами (на примере северо-западной части Тихоокеанского пояса).— В кн.: «Значение биосферы в геологических процессах». М., Госгеолтехиздат, 1962.
- С т р а х о в Н. М. Основы теории литогенеза, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Ц а г а р е л и А. Л. Верхний мел Грузии. Тбилиси, Изд-во АН Груз. ССР, 1954.