

А К А Д Е М И Я
Н А У К
С С С Р

Перспективы калиеносности Сибири



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

Перспективы калиеносности Сибири



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
МОСКВА
1972

В статьях сборника освещаются новейшие материалы по калиеносности кембрийских отложений Иркутского амфитеатра и девонских отложений Тувы. Выясняются закономерности пространственного размещения калийной минерализации и условия формирования калийных солей в завершающие стадии кембрийского соленакопления в пределах Канско-Тасеевской и Илчинской впадин. Подводятся итоги геохимического изучения соленосных отложений кембрия, освещаются литолого-палеогеографические и технические условия образования кембрийской соленосной формации на юге Сибирской платформы.

Сборник представляет интерес для широкого круга исследователей, занимающихся проблемами калиеносности, геохимии и условий образования соленосных серий, а также изучающих кембрийские и девонские отложения Сибири.

Ответственные редакторы

М. А. ЖАРКОВ, академик А. Л. ЯНШИН

ПРЕДИСЛОВИЕ

В Новосибирске в период с 17 по 19 ноября 1969 г. было проведено совещание выездной Экспертной комиссии секции неметаллических полезных ископаемых Научно-технического совета Министерства геологии СССР совместно с Экспертно-геологическим советом Министерства геологии РСФСР и Межведомственной комиссией по координации работ в области поисков фосфоритов и калийных солей на территории Сибири и Дальнего Востока. На совещании были рассмотрены результаты поисковых работ на калийные соли в Сибири и направление дальнейших исследований. Были заслушаны и обсуждены доклады о результатах поисковых работ на калийные соли, проводившиеся Иркутским и Красноярским территориальными геологическими управлениями, рассмотрены материалы геофизических исследований, выполненных на территории западной и южной частей Сибирской платформы, и новые данные о перспективах калиеносности, полученные производственными и научно-исследовательскими организациями, а также определено направление дальнейших работ по оценке перспектив калиеносности Сибири.

Совещание подвело итоги первому этапу поисковых работ на калийные соли в Восточной Сибири. Главная задача этого этапа — установление общих перспектив калиеносности кембрийских соленосных отложений юга Сибирской платформы, выявление стратиграфических уровней с проявлениями калийных солей и определение конкретных районов, благоприятных по тектоническим и палеогеографическим условиям для поискового бурения. Всесторонне рассмотрев результаты выполненных различными организациями работ, на совещании было высказано единодушное мнение о том, что первый этап поисков калийных солей в Восточной Сибири успешно завершен. Сейчас уже можно считать доказанным, что в недрах Восточной Сибири среди кембрийских соленосных толщ могут быть обнаружены залежи калийных солей, что они могут быть приурочены к отложениям усольской, бельской и ангарской свит, в пределах которых регионально прослеживаются калиеносные горизонты, что наиболее благоприятные районы для поисков — Канско-Тасеевская и Илгинская впадины.

В настоящий сборник вошли статьи, написанные на основе текстов докладов, прочитанных на совещании выездной Экспертной комиссии. Из материалов, изложенных в статьях, достаточно наглядно вырисовывается, что наиболее яркие проявления калийных солей установлены в настоящее время в пределах Красноярского края в Канско-Тасеевской впадине, где выявлены калийсодержащие породы, приуроченные к трем калиеносным горизонтам: усольскому, нижне- и верхнетроицкому. Имеются основания считать, что проявления в двух верхних калиеносных горизонтах фиксируют окраинную часть залежи калийных солей, прослеживание которой уже осуществляется.

Вообще данные о калиеносности кембрийских отложений юго-западной части Сибирской платформы весьма интересны. Наибольшее количество статей сборника посвящено закономерностям пространственного

размещения калийной минерализации (см. статью И. В. Британа) и условиям формирования калийных солей в завершающие стадии кембрийского соленакопления (см. статьи: А. С. Колосов, А. М. Пустыльников; М. Л. Кавицкий; М. Л. Кавицкий, А. С. Колосов, А. М. Пустыльников). Результаты поисковых работ в Иркутской области излагаются в статье Г. М. Другова, В. С. Исаковой и В. А. Панаева и А. М. Лаврентьева, А. С. Повышева, Э. А. Иванова и Ю. И. Буддо. Данные по калиености Иркутской области также весьма существенны, хотя и менее показательны, чем Красноярского края. Имеется много весьма перспективных районов в Иркутской области, где следует проводить поисковые работы на калийные соли. Об этом свидетельствуют как литолого-палеогеографические (Э. И. Чечель, А. Ф. Василевский, Я. Г. Машович) и тектонические (С. М. Замараев, Г. В. Рязанов) исследования, так и геохимические и гидрохимические критерии (П. И. Трофимчук). Особенно благоприятны восточная часть Илгинской впадины и Непско-Гаженский район. На совещании было высказано общее мнение о необходимости проведения здесь поискового бурения на калийные соли.

В последние годы в различных участках Сибирской платформы и в других районах Сибири были проведены комплексные тематические и геофизические исследования, которые значительно расширили площади, где залегают толщи каменной соли. Эти новые районы соленакопления выдвигаются в перспективные для поисков калийных солей. Одним из таких районов является Вельминская впадина, перспективы калиености которой рассмотрены в статье Н. Н. Дашкевича, Д. И. Мусатова и В. И. Яскевича. Новые представления о перспективах на калийные соли среднедевонских отложений Тувы изложены в статье Г. М. Минко.

В целом сборник полно освещает результаты первого этапа поисковых работ на калийные соли в Сибири.

НОВЫЕ ДАННЫЕ
О КАЛИЕНОСТИ НИЖНЕКЕМБРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
КАНСКО-ТАСЕЕВСКОЙ ВПАДИНЫ
И РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ДАЛЬНЕЙШИМ ПОИСКОВЫМ РАБОТАМ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ

Поисковые работы на калийные соли в западной части Канско-Тасеевской впадины были начаты Красноярским территориальным геологическим управлением в 1963 г. За шесть лет поисковых работ на площадях, примыкающих к осевой части Троицко-Михайловского вала, пробурено 45 скважин колонкового бурения (около 50 тыс. метров) глубиной от 800 до 1833,8 м (рис. 1). В результате получен большой материал, характеризующий геологию и калиеность нижнекембрийских отложений. Особое значение в научном обосновании успешного осуществления всего комплекса работ, в частности направлении поисков, имеет деятельность Межведомственной комиссии по координации работ в области поисков фосфоритов и калийных солей на территории Сибири и Дальнего Востока, которую возглавляет академик А. Л. Яншин.

Нижнекембрийские отложения в западной части Канско-Тасеевской впадины расчленяются снизу вверх на мотскую, усольскую, бельскую, булайскую и ангарскую свиты. Соленосные свиты — усольская, бельская и ангарская.

Мотская свита представлена терригенными, а в верхней части существенно карбонатными породами. Мощность свиты — 300—400 м.

Усольская свита сложена преимущественно каменной солью с прослоями различной мощности доломитов, ангидритов и терригенных пород (песчаников, алевролитов). Нормальная мощность свиты — 1000—1200 м, но в соляных положительных структурах (например, Троицко-Михайловский вал) она, по геофизическим данным, повышена до 2300—2700 м.

Бельская свита имеет двучленное строение. Ее нижняя часть несоленая терригенно-карбонатная. Она имеет мощность около 200 м. Верхняя часть — соленосная. Каменная соль составляет 15—40% разреза. «Несоляные» породы — переслаивающиеся доломиты, ангидриты, известняки, алевролиты, песчаники. Мощность соленосной части 220—550 м. Суммарная мощность свиты — 430—760 м.

Булайская свита — существенно доломитовая. Мощность 100—120 м.

Ангарская свита в основном сложена каменной солью с подчиненными ей алевролитами, песчаниками, доломитами, ангидритами. Соленасыщенность разреза неравномерная. Она постепенно повышается вверх по разрезу от 10—20 до 80—90%.

Нижнекембрийские отложения согласно перекрываются средневерхнекембрийскими (верхоленская свита).

Канско-Тасеевская впадина — крупный структурный элемент крайней юго-западной части Сибирской платформы. В общем плане для рассматриваемой территории наблюдается погружение нижнекембрийских толщ от периферии впадины к ее центру. Моноклинальное погружение осложняется довольно крупными структурами более низких по-

рядков. Это Троицко-Михайловский вал, Средне-Мурминская синклиналь, Восточное поднятие и другие структуры, показанные на рис. 1.

Мы ограничились такой краткой информацией по геологическому строению района, учитывая, что вопросы стратиграфии, литологии и тектоники уже рассмотрены во многих работах (Жарков, 1965; Жарков и др., 1967; Минко, 1970; Сулимов, 1965; Сулимов и др., 1966 и др.). При дальнейшем описании калиеносности будут приводиться некоторые детали геологии соленосных отложений.

Калиеносность усьольской свиты

До настоящего времени калиеносность рассматриваемой свиты остается мало изученной. Это связано с тем, что ее соленосные отложения, залегающие на большой глубине, вскрыты только пятью скважинами: Тынысской опорной 1—О и поисковыми на калий — 35, 54, 57, 59 (рис. 1). Эти скважины вскрыли свиту не на полную мощность.

Наибольшую часть разреза (1992 м) вскрыла Тынысская опорная скважина 1—О (интервал глубин 1020—3012 м). По материалам Т. М. Жарковой здесь выделяются снизу вверх восемь пачек:

- I — доломитово-песчаниково-алевролитово-галитовая;
- II — нижняя галитовая;
- III — доломитово-алевролитово-песчаниково-галитовая;
- IV — галитово-доломитовая;
- V — галитово-доломитово-алевролитовая;
- VI — верхняя галитовая;
- VII — галитово-алевролитово-доломитовая;
- VIII — доломитово-песчаниковая.

Выделенные пачки уверенно опознаются и в других скважинах, хотя и испытывают некоторые фациальные изменения. Расчленение свиты на пачки по скважинам приведено в табл. 1, а их соленасыщенность — в табл. 2.

Т а б л и ц а 1
Расчленение усьольской свиты на пачки

Пачка, №	Скважина									
	Тынысская 1—О		54		57		59		35	
VIII	1020— 1426	106	753,0— 839,5	86,5	1398,0— 1440,6	42,6	605,3— 733,4	128,1	745,0— 835,4	90,4
VII	1126— 1259	133	839,5— 932,7	93,2	—	—	—	—	—	—
VI	1259— 1800	541	932,7— 1301,3	368,6	—	—	733,4— 1274,15	537,75	835,4— 905,6	70,2
V	1800— 1955	155	1301,3— 1461,5	160,2	—	—	1274,15— 1331,0	59,85	—	—
IV	1955— 2110	155	1461,5— 1512,8	51,3	—	—	—	—	—	—
III	2110— 2472	362	—	—	—	—	—	—	—	—
II	2472— 2741	269	—	—	—	—	—	—	—	—
I	2741— 3012	271	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. Для приведенных скважин в левой графе указывается интервал вскрытия (в м), в правой — мощность (в м).

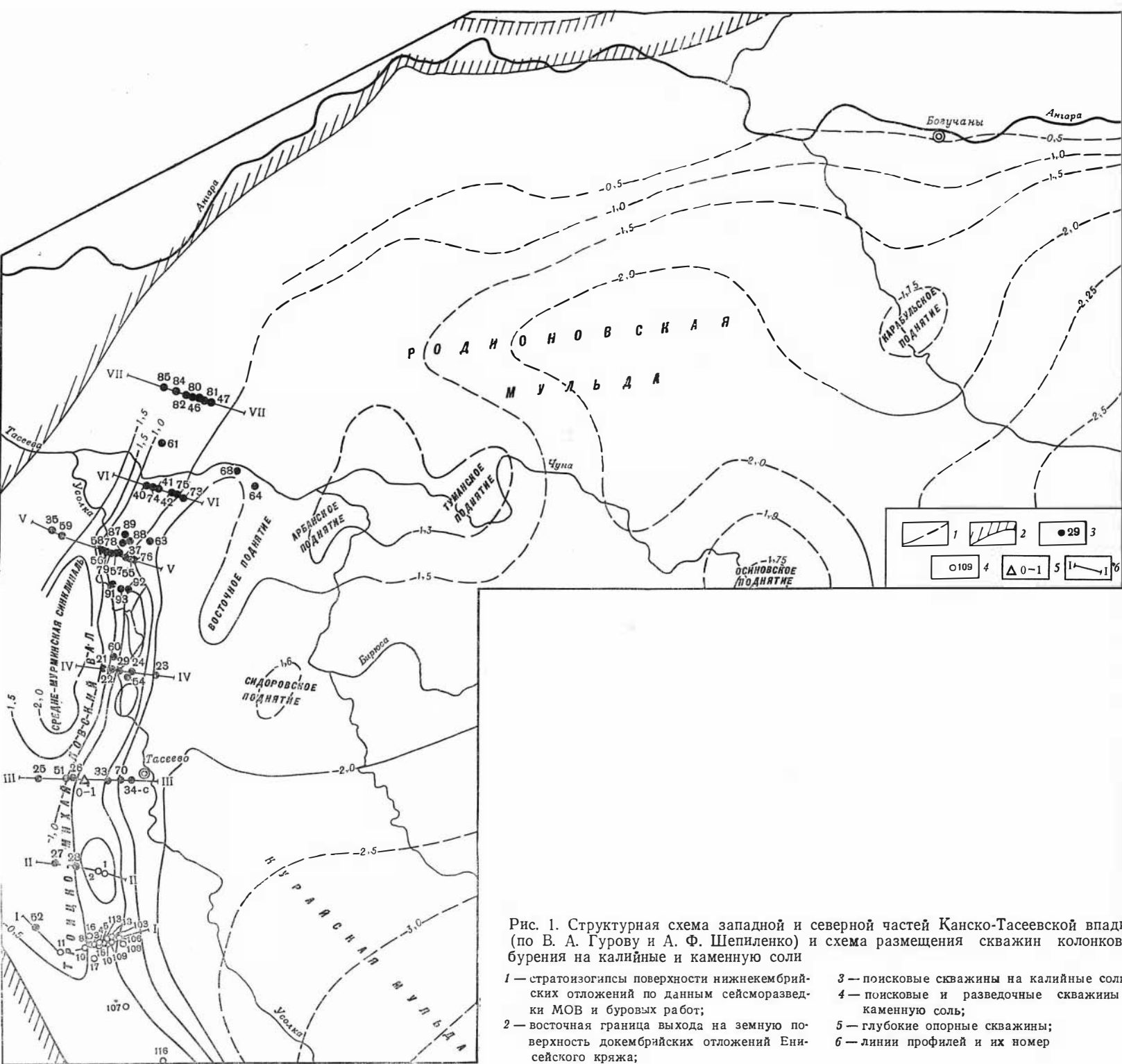


Рис. 1. Структурная схема западной и северной частей Канско-Тасеевской впадины (по В. А. Гурову и А. Ф. Шепиленко) и схема размещения скважин колонкового бурения на калийные и каменную соли

- 1 — стратизогипсы поверхности нижнекембрийских отложений по данным сейсморазведки МОВ и буровых работ;
- 2 — восточная граница выхода на земную поверхность докембрийских отложений Енисейского края;
- 3 — поисковые скважины на калийные соли;
- 4 — поисковые и разведочные скважины на каменную соль;
- 5 — глубокие опорные скважины;
- 6 — линии профилей и их номер

Таблица 2
Соленасыщенность пачек усольской свиты

Пачка, №	Соленасыщенность (в %) по скважинам					Пачка, №	Соленасыщенность (в %) по скважинам				
	Тыныс- ская 1—0	54	57	59	35		Тыныс- ская 1—0	54	57	59	35
VIII	0	43,0	23,0*	0	0	IV	48,0	43,5*	—	—	—
VII	24,8	39,9	—	0	0	III	64,0	—	—	—	—
VI	82,5	86,8	—	85,4	74,6*	II	83,0	—	—	—	—
V	51,0	50,3	—	52,8*	—	I	73,4	—	—	—	—

* Пачка вскрыта на неполную мощность.

Для характеристики калиеносности усольской свиты наиболее полные данные получены по скв. 54. Данные химических анализов и их пересчеты на минеральный состав послужили материалом для излагаемых ниже выводов.

В соответствии со степенью калиеносности и особенностями распределения калия и калийных минералов в разрезе усольской свиты выделяется пять зон.

I. Нижняя зона спорадических калиепроявлений (1512,0—1187,6 м; верхняя часть четвертой, пятая и нижняя половина шестой пачек) мощностью 324,4 м. Обычно содержания хлористого калия составляют 0,15—0,25%. На таком фоне без видимых закономерностей встречаются участки мощностью 2,5—6,3 м, характеризующиеся появлением отдельных аномалий в содержаниях, достигающих 0,51—1,22%. Среднее содержание хлористого калия в этих участках составляет 0,44—0,76%. Во всех случаях участки соответствуют или слоям каменной соли, сильно загрязненной терригенным материалом, или слоям засолоненных алевролитов. Калий в равной мере принадлежит сильвину и карналлиту.

II. Нижняя зона периодических калиепроявлений (1187,6—1086,0 м; нижняя часть верхней половины шестой пачки) мощностью 101,6 м. Она отличается от предыдущей более высокой общей калиеносностью и периодическим характером появления в разрезе участков с повышенными содержаниями хлористого калия.

Содержание хлористого калия 0,2—0,3% в зоне — обычны. Участки с повышенными содержаниями калийных солей повторяются в разрезе каждые 16—20 м (рис. 2). Они имеют мощность 1,85—6,20 м, и среднее содержание хлористого калия в них достигает 0,55—0,97%. Максимальное содержание — 1,71% — установлено в прослое каменной соли, загрязненной терригенным материалом, в котором, по данным пересчетов химических анализов, калий на $\frac{2}{3}$ концентрируется в сильвине и на $\frac{1}{3}$ в карналлите.

Участки с повышенными содержаниями калийных минералов приурочены к каменной соли со значительной примесью терригенного материала, часто в ней присутствуют маломощные прослои алевролитов. Нерастворимый остаток здесь в горизонтах составляет 15,16—37,16%. При этом чем выше содержание нерастворимого остатка, тем большее значение в составе калийных минералов имеет карналлит и меньшее сильвин.

III. Зона сплошных калиепроявлений с зональным распределением калийных минералов в разрезе (1086,0—930,7 м; верхняя часть верхней половины шестой пачки) мощностью 155,3 м. Среднее содержание хлористого калия составляет 0,42%. Для маломощных прослоев известны довольно высокие содержания хлористого калия. Например, в интервале

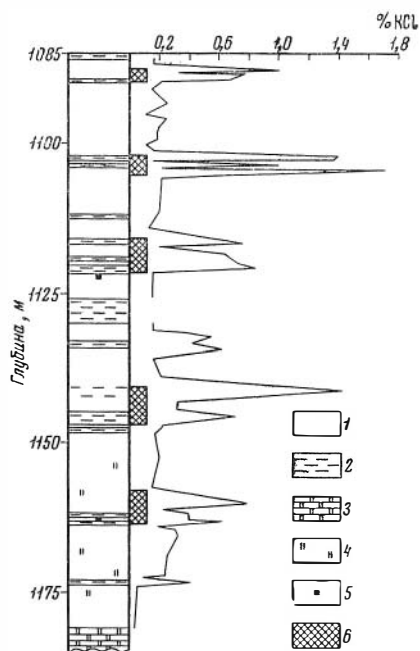


Рис. 2. Распределение содержаний хлористого калия в нижней зоне периодических калиепроявлений усольской свиты по скв. 54

- 1 — каменная соль;
2 — засолоненные алевролиты;
3 — доломиты;
4 — вкрапленность карналлита;
5 — вкрапленность сильвинита;
6 — участки с повышенным содержанием хлористого калия

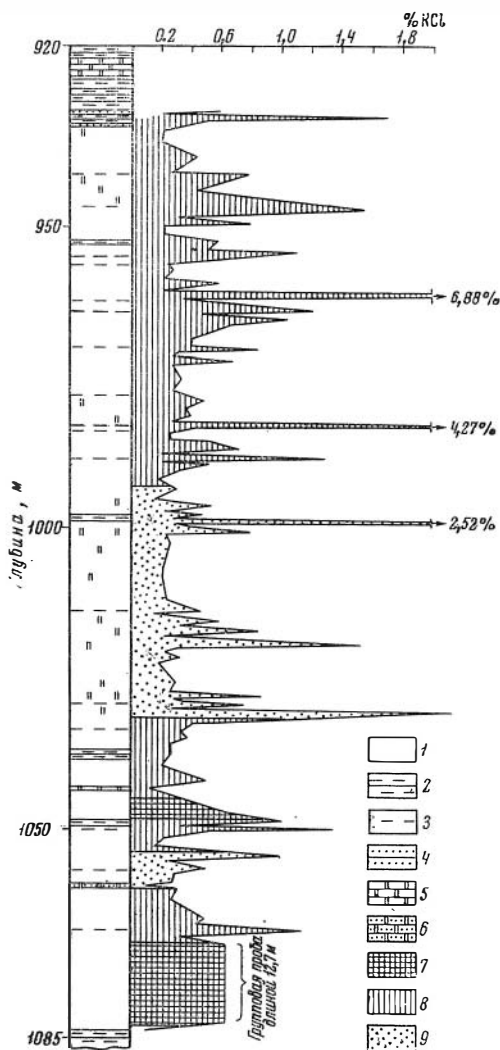


Рис. 3. Распределение содержаний хлористого калия и зональность размещения калийных минералов в зоне сплошных калиепроявлений усольской свиты по скв. 54

- 1 — каменная соль; 2 — алевролиты; 3 — тонкие прослои засолоненных алевролитов; 4 — песчаники; 5 — доломиты; 6 — доломиты засолоненные; 7—9 — минеральные зоны: 7 — сильвинитовая, 8 — сильвин-карналлитовая, 9 — карналлитовая

глубин 961,7—961,6 м оно составляет 6,88% (прослой бедного сильвинита мощностью 0,1 м), а в интервале 982,95—983,00 м (5-сантиметровый прослой загрязненной терригенными примесями каменной соли с вкрапленностью сильвина и карналлита)—4,27%.

Специфической особенностью зоны является зональность в распределении по разрезу калийных минералов. Выделяется три типа минеральных подзон по присутствию соответствующих калийных минералов: сильвинитовые, карналлитовые и сильвин-карналлитовые, закономерно чередующиеся между собой (рис. 3). Последовательность их такова, что они образуют два цикла, каждый из которых состоит из следующего ряда минеральных подзон: сильвинитовая — первая сильвин-карналлитовая

Т а б л и ц а 3

Характеристика минеральных подзон (третья зона усольской свиты) по скв. 54

Минеральная подзона	Интервал вскрытия (в м)	Мощность зон (в м)	Содержание хлористого калия (в %)			Содержание калийных минералов (в %)			Состав калийных минералов (в %)		Нерастворимый остаток (в %)
			в сильвини	в карналлите	Сумма	в сильвини	в карналлите	Сумма	Сильвин	Карналлит	
Сильвинов- вая	1083,80— 1069,00	14,80	0,58	0,01	0,59	0,58	0,04	0,62	93,6	6,4	1,36
Сильвин- карналли- товая	1069,00— 1060,20	8,80	0,21	0,19	0,40	0,21	0,71	0,92	22,9	77,1	5,85
Карнал- литовая	1060,20— 1056,20	4,0	0,01	0,31	0,32	0,01	1,20	1,21	0,8	99,2	23,03
Сильвин- карналли- товая	1056,20— 1048,30	7,90	0,20	0,30	0,50	0,20	1,12	1,32	15,7	84,3	21,91
Сильвино- вая	1048,30— 1046,10	2,20	0,63	—	0,63	0,63	—	0,63	100	—	1,61
Сильвин- карналли- товая	1046,10— 1031,20	14,80	0,16	0,18	0,34	0,16	0,67	0,83	19,3	80,7	14,03
Карнал- литовая	1031,30— 993,00	38,30	0,07	0,27	0,34	0,07	1,01	1,08	6,4	93,6	11,11
Сильвин- карналли- товая	930,00— 930,70	62,30	0,21	0,24	0,45	0,21	0,88	1,09	19,3	80,7	12,98

вая — карналлитовая — вторая сильвин-карналлитовая. Характеристика минеральных подзон приведена в табл. 3.

Минеральные подзоны различаются не только составом калийных минералов, но и другими особенностями. В частности, как это видно из табл. 3, наиболее высокие содержания хлористого калия присущи сильвиновым подзонам, а наиболее низкие — карналлитовым; суммарные содержания хлористого калия тем выше, чем меньше содержание нерастворимого остатка; сильвиновые подзоны соответствуют слоям чистой каменной соли, а остальные — слоям, засоренным терригенным материалом (нерастворимый остаток 5,85 — 23,03 %).

IV. Верхняя зона периодических калиепроявлений (913,80—866,30 м; нижняя половина седьмой пачки) мощностью 47,5 м. Эта зона близка по характеру к II нижней одноименной зоне. Обычно содержания хлористого калия в ней составляют 0,20—0,25 % с аномальными повышениями в некоторых участках до 0,86—1,49 %. Такие участки выделяются в интервалах 907,00—904,40, 887,80—880,50 и 872,20—866,30 м, т. е. повторяются через 18—20 м.

V. Верхняя зона спорадических калиепроявлений (866,3—761,4 м; верхняя половина седьмой и соленосная часть восьмой пачек) мощностью 104,9 м. Рядовые содержания хлористого калия в ней составляют 0,10—0,15 % с редкими повышениями до 0,50—0,65 % в засоленных алевролитах.

В северо-западных разрезах усольской свиты (скв. 35 и 59), верхняя часть которых несоленосная, калиепроявления имеют менее яркий характер и не всегда видны все те закономерности, которые были выявлены по скв. 54.

В скв. 59 обычно содержания хлористого калия составляют сотые доли процента, но в верхней части шестой пачки (899,0—0,798,4 м) содержание становится равным 0,1—0,2%, в редких случаях — 0,3—0,5%.

В скв. 35, где соленосной является только шестая пачка, по аналогии со скв. 54, выделяются две зоны: нижняя (интервал — 905,60—853,65 м, мощность — 51,95 м), характеризующаяся периодическими калиепроявлениями, и верхняя (интервал — 853,65—835,40 м, мощность — 18,25 м) со сплошным калиепроявлением. В последней, так же как и в скв. 54, наблюдается зональное размещение калийных минералов.

Первые проявления калийных солей в усольской свите были установлены в ее верхней трети В. К. Соловьевым и А. С. Колосовым (Лепешков и др., 1960; Николаев и др., 1962). При этом восемь из 15 маломощных (1—3 мм) калиеносных прослоев и включений в каменную соль находятся в интервале 1218—1300 м, т. е. на границе между шестой и седьмой пачками.

Таким образом, во всех рассмотренных случаях наиболее значительные проявления калийных солей располагаются на одном и том же стратиграфическом уровне, соответствующем верхней части шестой пачки усольской свиты. Здесь, вероятно, будет правильным выделить для западной части Канско-Тасеевской впадины калиеносный горизонт¹. Выше и ниже этого горизонта калиеносность постепенно снижается. Общая соленасыщенность разреза усольской свиты изменяется в том же порядке (см. табл. 2).

Стратиграфическая выдержанность калиеносного горизонта, характер проявлений калийной минерализации внутри горизонта и за его пределами, зональное распространение минералов в разрезе, маломощные (очевидно, сезонные) прослои каменной соли с вкрапленностью силвина и карналлита убедительно свидетельствуют о том, что калийная минерализация в усольской свите является седиментационной.

В процессе формирования усольского калиеносного горизонта осадилась значительная масса калийных солей. В районе скв. 54 на каждом квадратном километре сконцентрировано около 1,3 млн. т. хлористого калия. Исходя из этого, можно предположить, что в пределах Канско-Тасеевской впадины в этот период времени выпали в осадок многие миллиарды тонн хлористого калия, а следовательно, потенциальная возможность формирования калийного месторождения на этом уровне (при благоприятных структурных условиях) вполне вероятна.

Калиеносность бельской свиты

При поисковых работах на калийные соли свита была вскрыта восемью скважинами: 24, 29, 35, 39, 41, 46, 54, 57 (см. рис. 1).

Калиеносность свиты значительно ниже, чем усольской. Хлористый калий в соленосных частях разреза обычно содержится в сотых долях процента. Лишь в скв. 57, которая вскрывает соленосную часть разреза свиты в интервале глубин 1081,3—663,9 м, эти содержания увеличиваются до 0,06—0,15%, иногда — 0,20%. Среди всего разреза в этой скважине выделяется интервал 880—808 м, где в 11 из 14 проб содержание хлористого калия равно или превосходит 0,4% (максимальное — 0,77%). Все повышенные содержания принадлежат прослоям засолоненных алевролитов. Из калийных минералов присутствует только карналлит (данные химических анализов).

¹ Под калиеносным горизонтом автор понимает выдержанную на значительной площади часть соленосного разреза, характеризующуюся первичноседиментационными проявлениями калийной минерализации, которые могут быть представлены как вкрапленностью, так и прослоями и пластами калийных пород.

Интересные материалы были получены для бельской свиты при каротажных исследованиях в Почетской параметрической скважине 1 — П, пробуренной в центральной части Канско-Тасеевской впадины вблизи пос. Почет (кровля свиты в этой скважине вскрыта на глубине 2608 м).

В интервале глубин 2865—2615 м кавернометрией установлено 11 узких щелевидных каверн, располагающихся в верхних частях пластов каменной соли. Интервалы, соответствующие кавернам, обладают аномальной радиоактивностью. Опробование бурового раствора показало, что с глубины 2082 м содержание калия постепенно возрастает от 0,44 г/л до 15,3 г/л на глубине 2987 м. На основании этих данных В. М. Слесаренко предположил, что выщелачиванию подверглись пласты калийных солей мощностью 0,5—2 м. Если это так, то калиеносность бельской свиты возрастает в восточном направлении. Вывод требует проверки, так как базируется на недостаточном фактическом материале.

Калиеносность ангарской свиты

При калиепоисковых работах свита была вскрыта 27 скважинами. Кровля свиты вскрыта на глубинах от 162 до 1304 м (положение кровли ангарской свиты показано в стратонизогипсах на рис. 1).

В свите выделяются снизу вверх следующие пачки: рыжковская, мурминская, тынысская, троицкая на севере и соответствующие ей канарайская и караульнинская на юге.

Рыжковская пачка (мощность около 200 м) в основном складывается ритмично переслаивающимися терригенными, карбонатными и сульфатными породами. В верхних частях разреза встречаются пласты каменной соли небольшой мощности. Соленасыщенность обычно не достигает 20%. Содержание хлористого калия в каменной соли составляет сотые доли процента.

Мурминская пачка (мощность 80—100 м) отличается от рыжковской более высокой соленасыщенностью, которая обычно составляет 30—50%. «Несоляные» породы аналогичны рыжковской пачке. Слабые калиепроявления в мурминской пачке известны лишь на юге в скв. 108 и 116, где в 10 пробах установлены содержания 0,44—0,57% в интервале мощности от 0,1 до 2,75 м. На основании химических анализов можно судить о том, что калий концентрируется в карналлите.

Тынысская пачка (мощность 50—235 м) имеет в основании 20—30-метровый карбонатный маркирующий горизонт. Выше располагается соленосная часть разреза, в которой каменная соль занимает 70—80%. Каменная соль включает прослойки терригенных пород (песчаники, алевролиты), доломитов, мергелей, реже ангидритов. Обычно содержание хлористого калия в соляных породах составляет 0,04—0,15%, повышаясь иногда до 0,25—0,30%. Заметные калиепроявления установлены в восьми скважинах из 23, вскрывающих пачку. Все эти скважины 23, 28, 33, 42, 47, 64, 107, 108 находятся на восточной границе изученной площади, где имеют место наиболее мощные и наиболее соленасыщенные разрезы.

Повышенные содержания калия приурочены к самым верхним частям пачки (рис. 4). Они локализируются в узком интервале от 2 до 10 м. В отдельных случаях для маломощных, вероятно сезонных, прослоев установлены довольно высокие содержания хлористого калия. Например, в скв. 33 для прослоев бедных сильвинитов мощностью 3—5 см (интервалы глубин соответственно 1029,30—1029,27 и 1031,27—1031,32 м) они составляют 5,82 и 5,37%. И только в шести случаях содержание хлористого калия превышает 1%. При этом в пяти случаях калий заключен в сильвине. Проявления расположены в слоях чистой каменной соли, в которой нерастворимый остаток не достигает 1%.

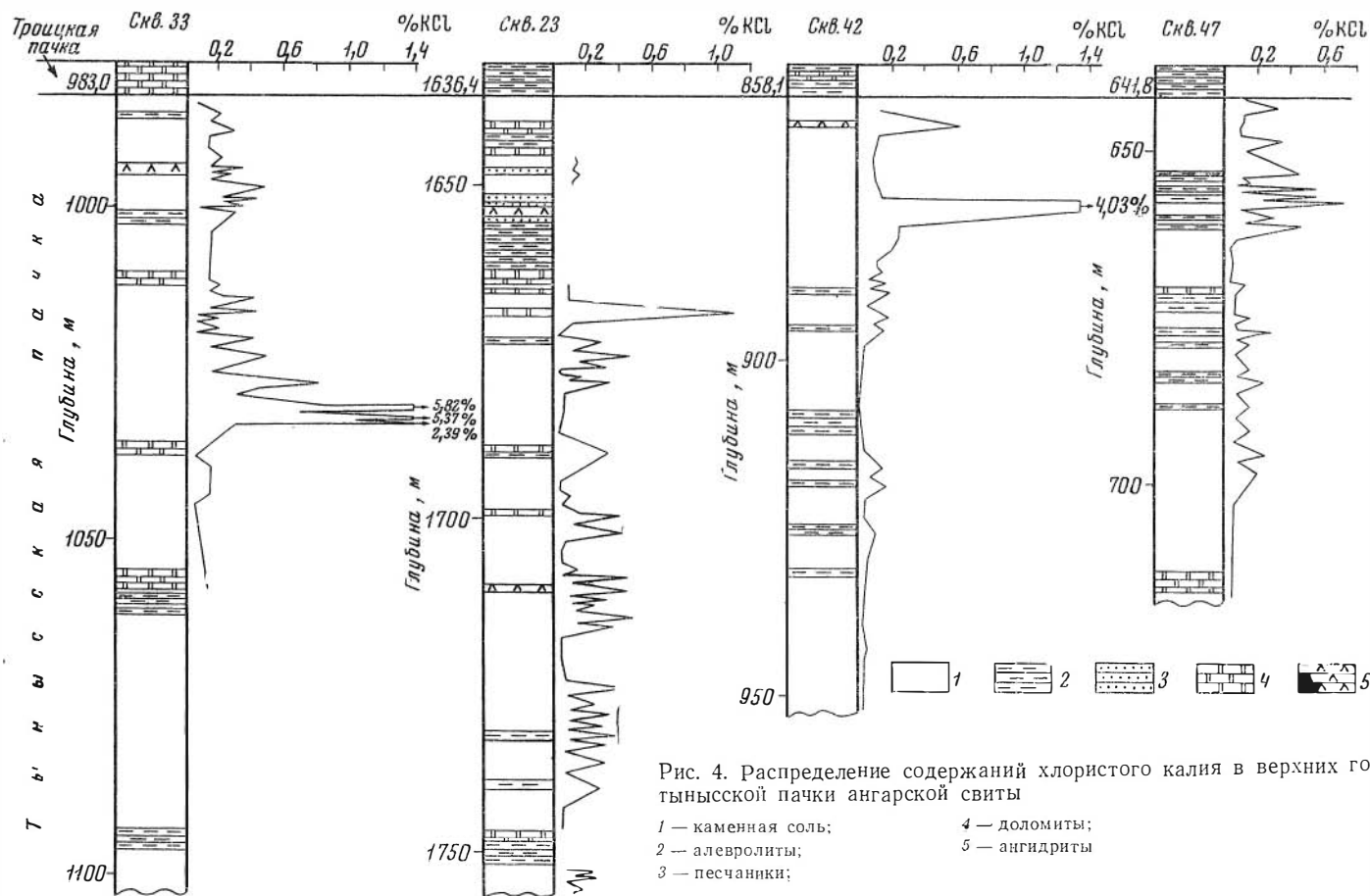


Рис. 4. Распределение содержаний хлористого калия в верхних горизонтах тынской пачки ангарской свиты

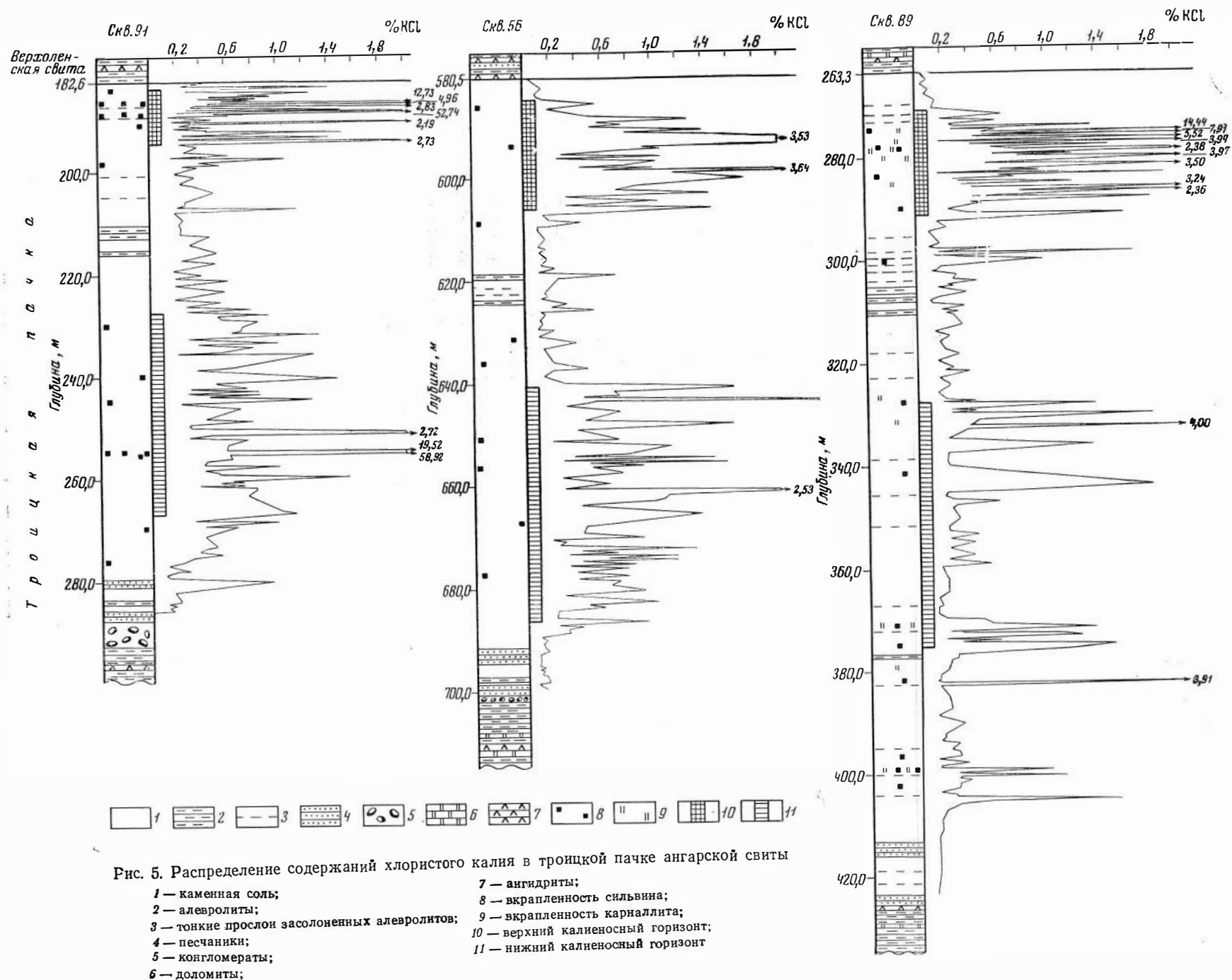


Рис. 5. Распределение содержаний хлористого калия в троицкой пачке ангарской свиты

Троицкая пачка на севере, *канарайская* и лежащая на ней *караульнинская* на юге замыкают соленосный разрез нижнего кембрия в западной части Канско-Тасеевской впадины.

В основании троицкой и канарайской пачек залегает карбонатный маркирующий слой мощностью 3,3—30,4 м. Выше располагается преимущественно каменная соль. Соленасыщенность на севере составляет обычно 80—90% (в скв. 64—97%); на юге и западе она снижается, но, как правило, не бывает менее 50%.

Несоляные породы на севере — это песчаники и алевролиты, на юге, кроме того, — доломиты, реже ангидриты. Вблизи основания троицкой пачки прослеживаются грубозернистые песчаники и конгломераты, которые постепенно выклиниваются к северу и востоку, где они фациально замещаются каменной солью.

Внутри троицкой пачки во всех разрезах присутствует серия мало-мощных терригенных, иногда сульфатно-терригенных и терригенно-карбонатных прослоев, отделяющих верхнюю треть пачки от основной ее нижней части. Эта верхняя треть разреза сопоставляется с несоляной караульнинской пачкой на юге. Еще на основании материалов, полученных на первых стадиях поисков (1964—1967 гг.), троицкая пачка выделялась из всего разреза нижнего кембрия как самая благоприятная для поисков месторождений на основании многочисленных проявлений калийных солей и самых благоприятных горнотехнических условий (Жарков и др., 1967; Минко, 1965, 1970).

Ко времени, указанному выше, относятся первые попытки выяснить общие закономерности распределения калия и калийных минералов в разрезе и по площади западной части Канско-Тасеевской впадины (Британ, 1970; Жарков, Жаркова, 1969; Минко, 1970). Устанавливается, что в северной части изученной площади в троицкой пачке имеется два калиеносных горизонта: верхний и нижний. Эти горизонты наиболее отчетливо проявлены в районе Средненского поискового профиля (см. рис. 1, V—V), где они вскрыты несколькими скважинами и где в троицкое время располагался субширотный конседиментационный прогиб (см. рис. 1). Общая картина распределения хлористого калия в разрезе пачки показана на рис. 5.

Нижний калиеносный горизонт имеет в этом районе мощность 35—50 м, среднее содержание хлористого калия 0,60—0,75%. Максимальное содержание — 12,85% — установлено в скв. 91 в слое бедного сильвинита мощностью 0,2 м (интервал глубин 254,8—254,6 м). В этой же скважине в слое каменной соли с вкрапленностью сильвина мощностью 0,7 м (251,05—250,35 м) содержание хлористого калия составляет 2,72%. В скв. 56 установлен пласт каменной соли мощностью 2,1 м (667,0—663,9 м) с вкрапленностью сильвина, содержащий 1,4% хлористого калия. Подобные проявления калийных солей наблюдаются и в других скважинах, вскрывших второй горизонт.

Верхний калиеносный горизонт имеет меньшую мощность, но обладает более высокими содержаниями калийных минералов (табл. 4).

Т а б л и ц а 4

Мощности и средние содержания хлористого калия для верхнего калиеносного горизонта троицкой пачки ангарской свиты

№ скважины	Интервал вскрытия горизонта (в м)	Мощность горизонта (в м)	Среднее содержание хлористого калия (в %)
56	585,35—606,10	20,75	1,44
88	245,00—216,50	28,5	1,37
89	271,10—287,85	16,75	0,96
91	183,30—194,05	10,75	1,39

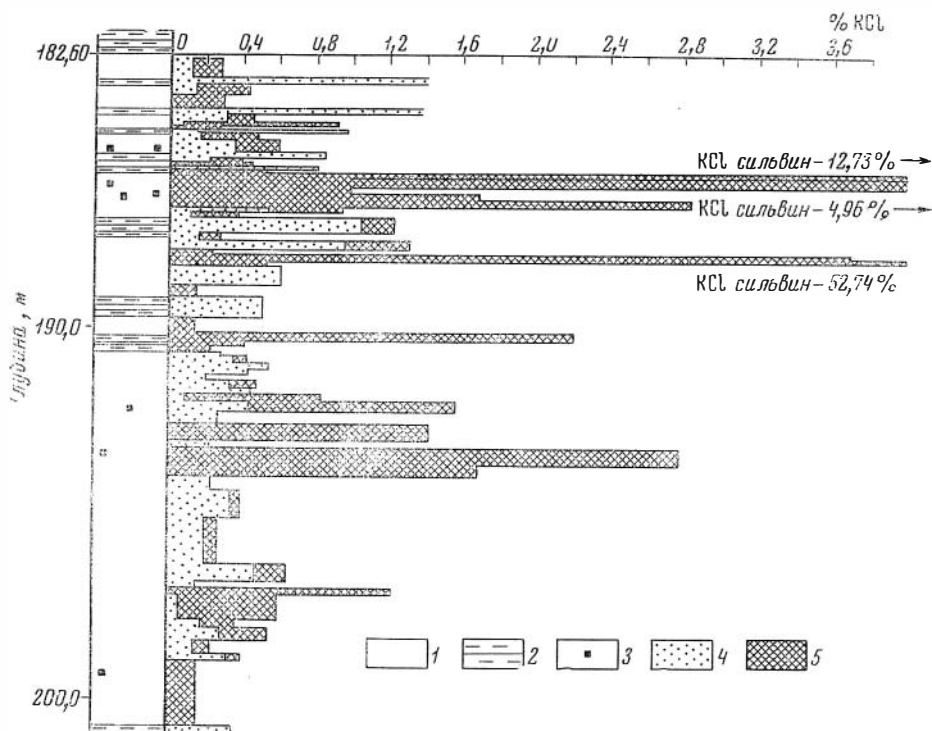


Рис. 6. Распределение содержаний хлористого калия в верхнем калиеносном горизонте троицкой пачки ангарской свиты по скв. 91

1 — каменная соль; 2 — алевролиты; 3 — вкрапленность сильвина; 4 — содержание хлористого калия, заключенного в карналлите; 5 — содержание хлористого калия, заключенного в сильвине

В скв. 91 для верхнего горизонта в интервале глубин 188,10—188,05 м располагается прослой пестрого сильвинита с голубым галитом, содержание хлористого калия в нем 52,7%; в интервале 186,30—185,85 м отмечен пласт бедного сильвинита мощностью 0,45 м, содержание хлористого калия в котором составляет 5,8%. В скв. 88 верхний горизонт содержит пласт галит-карналлитовой породы с сильвином мощностью 0,65 м (245,50—241,85 м). Порода состоит на 21,22% из карналлита; сильвин составляет 1,68%; содержание хлористого калия — 7,32%.

Характер распределения хлористого калия в верхнем калиеносном горизонте и его разделение по калийным минералам — сильвину и карналлиту (данные пересчетов химических анализов) — показаны на рис. 6 для скв. 91. Для скв. 91 на рис. 7 приведена литологическая колонка верхнего калиеносного горизонта¹.

Основную его часть занимает каменная соль с микровкрапленностью сильвина и карналлита. Каменная соль содержит маломощные (до 25 см) прослои засолоненных алевролитов, в которых наблюдаются прожилковидные выделения волокнистого карналлита, а также прослои мощностью 1—5 см сильвинитов, бедных сильвинитов, каменной соли с сильвином, галит-карналлитовых и карналлит-галитовых пород, каменной соли с карналлитом, каменной соли с сильвином и карналлитом². Породы, содержащие калийные соли, распределяются зонально.

¹ При сравнении рис. 6 и рис. 7 следует учитывать, что для определения в породе весового содержания карналлита необходимо умножить содержание заключенного в нем хлористого калия на коэффициент 3,727.

² Названия пород, содержащих калийные минералы, даны по Я. Я. Яржемскому (1964).

Выделяются три типа минеральных зон: сильвиновая, карналлитовая и смешанная сильвин-карналлитовая. Ранее подобные минеральные зоны были выделены в верхнем калиеносном горизонте троицкой пачки М. А. Жарковым и Т. М. Жарковой (1969) по скв. 88.

В скв. 91 в разрезе троицкой пачки (рис. 7) снизу вверх выделяются следующие зоны:

	Мощность, м
1. Первая сильвиновая (198,50—196,96)	1,54
2. Первая карналлитовая (196,96—194,05)	2,91
3. Вторая сильвиновая (194,05—192,45)	1,60
4. Вторая карналлитовая (192,45—190,66)	1,79
5. Третья сильвиновая (190,66—189,75)	0,91
6. Сильвин-карналлитовая (189,75—186,75)	3,00
7. Четвертая сильвиновая (186,75—185,50)	1,25
8. Третья карналлитовая (185,50—182,60)	2,90

Сильвиновые зоны характеризуются, как правило, только прослоями сильвинсодержащих пород. В них отсутствуют или встречаются в редких случаях прослои алевролитов. Каменная соль этих минеральных зон чистая, без значительных примесей терригенного материала; нерастворимый в воде остаток не превышает 2—3%.

Карналлитовые зоны характеризуются главным образом прослоями только карналлитсодержащих пород и многочисленными прослоями засоленных алевролитов и галопелитов, содержащих прожилковые выделения волокнистого карналлита. Каменная соль, включающая прослои карналлитсодержащих пород, обычно имеет многочисленные скопления галопелитового материала неправильной формы.

Сильвин-карналлитовая зона включает прослои каменной соли с сильвином и карналлитом, многочисленные прослои алевролитов с прожилковидными выделениями карналлита и отдельные прослои сильвинсодержащих пород. В каменной соли много скоплений галопелитового материала.

Выделить такие же минеральные зоны, как вышерассмотренные, можно и на основании химических анализов распределения хлористого калия по минералам (рис. 6). По крайней мере, в тех интервалах, где выделены сильвиновые зоны, они совершенно однозначно определяются и по данным химических анализов. По этим же данным выделяются и другие зоны. Таким образом, распределение калийных минералов в разрезе можно довольно уверенно оценивать не только на основании петрографических, но и химических исследований. Однако при этом необходимо знать, что при химических исследованиях опробование должно быть достаточно детальным и должно проводиться сразу же вслед за опробованием, так как из-за неустойчивости карналлита в поверхностных условиях может нарушаться естественное соотношение калийных минералов.

Верхний и нижний калиеносные горизонты троицкой пачки устанавливаются во всех скважинах, которые вскрывают соленосные разрезы. При этом положение горизонтов всегда одно и то же; верхний горизонт расположен между верхней границей пачки и серией маломощных терригенных или сульфатно- и карбонатно-терригенных прослоев, отделяющих верхнюю треть пачки; нижний горизонт располагается на 10—15 м ниже серии этих прослоев. Следовательно, в западной части Канско-Тасеевской впадины в троицкой пачке они занимают определенное стратиграфическое положение. Что же касается калиеносности разрезов за пределами площадей, непосредственно примыкающих к поисковому профилю V—V (см. рис. 1), то она значительно ниже, но все же самая высокая в разрезе ангарской свиты.

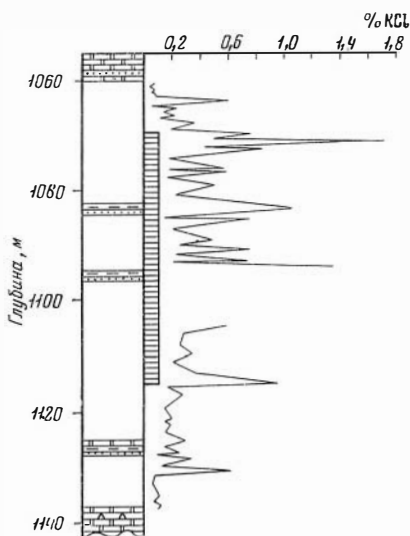


Рис. 8. Распределение содержаний хлористого калия в разрезе канарайской пачки ангарской свиты по скв. 108. (Результаты анализов для интервала 1094,5—1110,5 м отсутствуют)

Условные обозначения на рис. 5

Если принятое сопоставление канарайской пачки с нижней частью троицкой правильное, то следовало бы ожидать, что на юге мы можем наблюдать проявления калийных солей, принадлежащих нижнему калиеносному горизонту. И действительно, в канарайской пачке наблюдается калиеносный горизонт, который и по интенсивности, и по характеру калиепоказаний во многом напоминает второй калиеносный горизонт троицкой пачки (рис. 8). Если

при сопоставлении калиепоказаний канарайской пачки и нижнего калиеносного горизонта троицкой пачки нельзя прийти к окончательному заключению об их единстве, то, по крайней мере, достаточно уверенно можно говорить о том, что канарайская пачка, так же как и троицкая, выделяется в разрезе ангарской свиты своей высокой калиеносностью.

По общим закономерностям размещения калийной минерализации на площади распространения троицкой пачки сейчас не получено каких-либо новых данных, которые бы в значительной мере уточнили или изменили ранее сложившиеся представления. Остаются в силе выводы о том, что калиеносность возрастает одновременно с увеличением мощности соленосного разреза пачки, т. е. в конседиментационных прогибах, и что наиболее яркие калиепоказывания обнаруживаются в субширотном конседиментационном прогибе, осложняющем Троицко-Михайловский вал в районе поискового профиля V—V. Эти выводы можно еще раз в какой-то мере подтвердить сопоставлением мощности соленосных частей разреза пачки и средних содержаний хлористого калия для восточного крыла Троицко-Михайловского вала (рис. 9).

В троицкое время выпало в осадок большое количество калийных солей. В районе поискового профиля V—V на каждый квадратный километр приходится 1,0—1,5 млн. т хлористого калия. Исходя из этого следует ожидать, что суммарное количество хлористого калия, выпавшего в осадок, для Канско-Тасеевской впадины составляет многие миллиарды тонн.

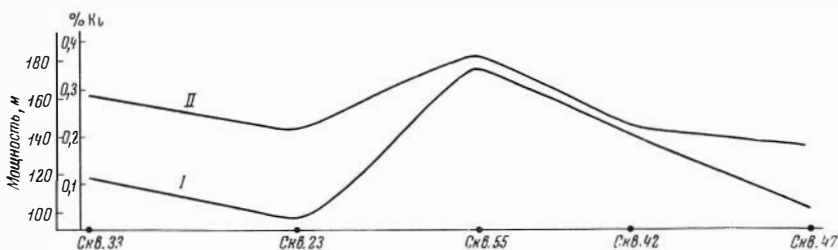


Рис. 9. Графики изменения мощности (I) и содержания (II) хлористого калия для троицкой пачки ангарской свиты по скважинам, пробуренным на восточном крыле Троицко-Михайловского вала

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШИХ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА КАЛИЙНЫЕ СОЛИ

Новые данные по калиеносности нижекембрийских отложений подтверждают сделанные ранее выводы о перспективности поисков месторождений калийных солей в верхних горизонтах усольской и в троицкой пачке ангарской свит. Главные основания для этого следующие:

- 1) многочисленные проявления калийных солей, образующих выдержанные калиеносные горизонты;
- 2) присутствие в калиеносных горизонтах седиментационных прослоев сильвинитов, галит-карналлитовых и других калийсодержащих пород;
- 3) громадные количества (миллиарды тонн) выпавших в осадок калийных солей, которые при благоприятных тектонических условиях в конседиментационных впадинах могли дать промышленные концентрации.

В связи с тем, что в пределах юго-западной части Сибирской платформы сейчас неизвестны площади, где бы усольский калиеносный горизонт залегал на доступных для поискового бурения глубинах, будет правильным ориентироваться в основном на возможность выявления промышленных месторождений в троицкой пачке ангарской свиты. Те же материалы, которые были получены по глубоко залегающим соленосным отложениям, на наш взгляд, имеют большое значение для понимания процессов накопления калийных солей в нижекембрийских отложениях. Кроме того, они могут быть использованы при разработке поисковых критериев не только для Канско-Тасеевской впадины, но и для других районов соленакопления Сибирской платформы.

Разработка поисковых критериев тем более важна, что пока нет опыта проведения специальных поисковых работ на калийные соли, которые бы привели от разрозненных проявлений калийной минерализации к открытию промышленного месторождения.

В настоящее время при поисках калийных солей в Канско-Тасеевской впадине можно, вероятно, пользоваться следующими признаками калиеносности:

1. Проявления калийных солей концентрируются в калиеносные горизонты, которые прослеживаются на значительных площадях. Эти горизонты могут быть выявлены на основании химических и минералогопетрографических исследований даже в случае относительно низких содержаний в соленосных разрезах калийных минералов.

2. Содержания калийных солей повышаются в конседиментационных прогибах, наиболее значительные их концентрации установлены в прогибах субширотного простирания.

3. В соленосных толщах, содержащих проявления калийных солей, концентрация последних зависит от степени соленасыщенности разреза; максимальное накопление калийных солей соответствует участкам разрезов с максимальной соленасыщенностью.

4. Проявления калийных солей приурочены к соленосным отложениям, лишенным или почти лишенным сульфатных и карбонатных пород. «Несоляные» породы представлены, как правило, маломощными прослоями терригенного состава (в основном засоленные алевролиты).

5. В пределах калиеносных горизонтов существенно сильвиновая минерализация принадлежит слоям или прослоям чистых солей. Породы с существенно карналлитовой и сильвин-карналлитовой минерализацией содержат значительную примесь терригенного материала. При этом чем выше содержание терригенных примесей в породе, тем больше доля карналлита.

Для Канско-Тасеевской впадины при определении направлений дальнейших поисковых работ, вероятно, следует выделить два этапа в порядке очередности их выполнения.

I этап. Поиски месторождений калийных солей в троицкой пачке ангарской свиты на площадях, примыкающих к Троицко-Михайловскому валу. В троицкой пачке для этой части Канско-Тасеевской впадины уже выявлены калиеносные горизонты. Известно, что Троицко-Михайловский вал и сопряженные с ним отрицательные структуры развивались в троицкое время как конседиментационные и что на широте поискового профиля V—V существовал субширотный конседиментационный прогиб, в пределах которого установлены наиболее значительные проявления калийных солей. В соответствии с этим перед работами I этапа можно поставить следующие задачи:

1) поиски калийного месторождения на западном крыле Троицко-Михайловского вала, обращенном в сторону Средне-Мурминской впадины. Здесь на запад и юго-запад от скв. 91, вскрывшей самые значительные калиепроявления, можно ожидать выявления промышленного месторождения;

2) поиски калийного месторождения на восточном крыле Троицко-Михайловского вала, на продолжении субширотного конседиментационного прогиба;

3) прослеживание на восток выявленных в районе Троицко-Михайловского вала калиеносных горизонтов троицкой пачки; изучение расположенных к востоку от вала Восточного и Арбанского поднятий и разделяющих их прогибов, изучение истории формирования этих структурных элементов; выбор площадей под более детальные поисковые работы.

В настоящее время Красноярское геологическое управление уже приступило к выполнению задач первого этапа. С этой целью начато бурение скважин в створе с поисковым профилем V—V на Восточном и Арбанском поднятиях.

II этап. Вовлечение в поисковые работы больших территорий северо-западной и северной частей Канско-Тасеевской впадины. К этим территориям относится левобережье р. Ангары, где на площади более 7000 км² соленосные отложения ангарской свиты ожидаются на глубинах 500—2000 м. Здесь в первую очередь необходимо определить общий характер соленосности и калиеносности разреза, изучить структурные особенности, чтобы позднее перейти к целенаправленным поискам месторождений.

Таковы, по нашим представлениям, главные направления и главные задачи поисковых работ на калийные соли в Канско-Тасеевской впадине. Помимо этого, существует еще несколько проблем, которые заслуживают внимания и решения. В частности, проблема стратиграфического положения троицкой и канарайской пачек и оценка калиеносности последней. Если исходить из высказанного выше предположения о том, что в канарайской пачке наблюдается калиеносный горизонт, соответствующий нижнему калиеносному горизонту троицкой пачки, то естественно прийти к мнению о том, что площади распространения канарайской пачки также перспективны на месторождения калийных солей. Кроме того, можно ожидать, что восточнее, к центру впадины станет соленосной караульнинская пачка и в ней будет проявлен калиеносный горизонт, соответствующий уже верхнему калиеносному горизонту троицкой пачки. Тогда перспективы южных площадей еще более возрастут.

Другая важная проблема — решение вопроса о перспективности на калийные соли бельской свиты. С одной стороны, геологические материалы по западной части Канско-Тасеевской впадины как будто бы свидетельствуют об отсутствии каких-либо перспектив, с другой, геофизические данные и опробование бурового раствора по Почетской параметрической скважине I—II показывают вероятное присутствие в разрезе бель-

ской свиты пластов, содержащих калийные соли. Решение этого противоречия должно проводиться на всех этапах исследований при учете необходимых условий, в частности допустимых глубин залегания соленосных отложений свиты.

ЛИТЕРАТУРА

- Британ И. В.* 1970. Некоторые особенности троицкой пачки литвинцевской свиты нижнего кембрия и направление дальнейших поисковых работ на калийные соли в Канско-Тасеевской впадине.—В сб. «Геология и калиеносность Сибирской платформы и других районов соленакопления Советского Союза». Л., «Наука».
- Жарков М. А.* 1965. Основные вопросы тектоники юга Сибирской платформы в связи с перспективами калиеносности.—В сб. «Тектоника юга Сибирской платформы и перспективы ее калиеносности». М., «Наука».
- Жарков М. А., Жаркова Т. М., Колосов А. С., Советов Ю. К.* 1967. Новые данные о проявлениях калиеносности в кембрийских отложениях Иркутского амфитеатра.—Литол. и полезные ископ., № 1.
- Жарков М. А., Жаркова Т. М.* 1969. Наборы и ассоциации соляных пород соленосных формаций хлоридного типа, их сравнительная характеристика и механизм образования.—В сб. «Сравнительный анализ осадочных формаций». М., «Наука».
- Лепешков И. Н., Соловьев В. К., Минко Г. М., Колосов А. С., Василевская А. Г.* 1960. О калиеносности природных солей Красноярского края.—Изв. Сиб. Отд. АН СССР, № 10.
- Минко Г. М.* 1965. Обоснование направления поисков калийных солей в Канско-Тасеевской впадине.—В сб. «Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири». Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Минко Г. М.* 1970. Новые данные по геологии и перспективам калиеносности Канско-Тасеевской впадины.—В сб. «Геология и калиеносность Сибирской платформы и других районов соленакопления Советского Союза». М., «Наука».
- Чикобава А. В., Василевская А. Г., Колосов А. С., Никольская Ю. П., Минко Г. М.* 1962. Калий верхних горизонтов соляных отложений Канско-Тасеевской впадины.—Докл. АН СССР, т. 144, № 6.
- Сулимов И. Н.* 1965. Геология юго-западной окраинной части Сибирской платформы в связи с возможной нефтегазоносностью нижнего кембрия.—Геол. и геоф., № 6.
- Сулимов И. Н., Воробьев В. Н., Коптев В. В., Сафронова И. Г., Сулимова И. Е., Шварцев С. Л.* 1966. Геология и перспективы нефтегазоносности юго-запада Сибирской платформы. Л., «Недра».
- Игншин А. Л.* 1962. Перспективы открытия месторождений калийных солей на территории Сибири.—Геол. и геоф., № 10.
- Игншин А. Л.* 1964. Перспективы и научные проблемы поисков калийного и фосфатного сырья в Сибири.—Бюлл. МОИП, отд. геол., № 5.
- Гржежский Я. Я.* 1964. К номенклатуре и классификации галогенных пород морского типа.—Литол. и полезные ископ., № 6.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА КАЛИЙНЫЕ СОЛИ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ДАЛЬНЕЙШИХ РАБОТ

Поиски калийных солей в Иркутской области проводятся с апр. 1964 г. Специфика поисков обуславливается двумя основными положениями:

1. На данной территории впервые в мировой практике поиски калийных солей проводятся не в районе уже выявленных месторождений, где выяснены условия формирования залежей калийных солей и важнейшие поисковые признаки, а на обширной площади, перспективы которой определяются теоретическими предпосылками.

2. Огромными размерами солеродного бассейна и сложными палеогеографическими и палеотектоническими условиями его формирования требующими расшифровки в процессе работ.

Указанные обстоятельства, в основном, и определяют сложность проблемы поисков калийных солей, которая не может быть решена в короткий срок при малых объемах поискового бурения, а должна решаться при целеустремленном сочетании научно-исследовательских буровых работ при должной и оперативной обработке получаемой информации. Как показывает практика поисковых работ на калийные соли в Иркутской области, такое благоприятное сочетание научных практических исследований было достигнуто, и к настоящему времени в этом направлении накоплен богатый опыт, что обусловило целеустремленность и последовательность проведения калиепоисковых работ.

Поиски калийных солей проводились бурением колонковых скважин по региональным профилям: Удинскому, Ленскому, Илгинскому и Туринскому (Илгинская впадина), Заярско-Усть-Кутскому и Присяянскому. С 1967 г. начато бурение скважин по Ленскому профилю на территории севернее Жигаловского вала (Лено-Илимский прогиб).

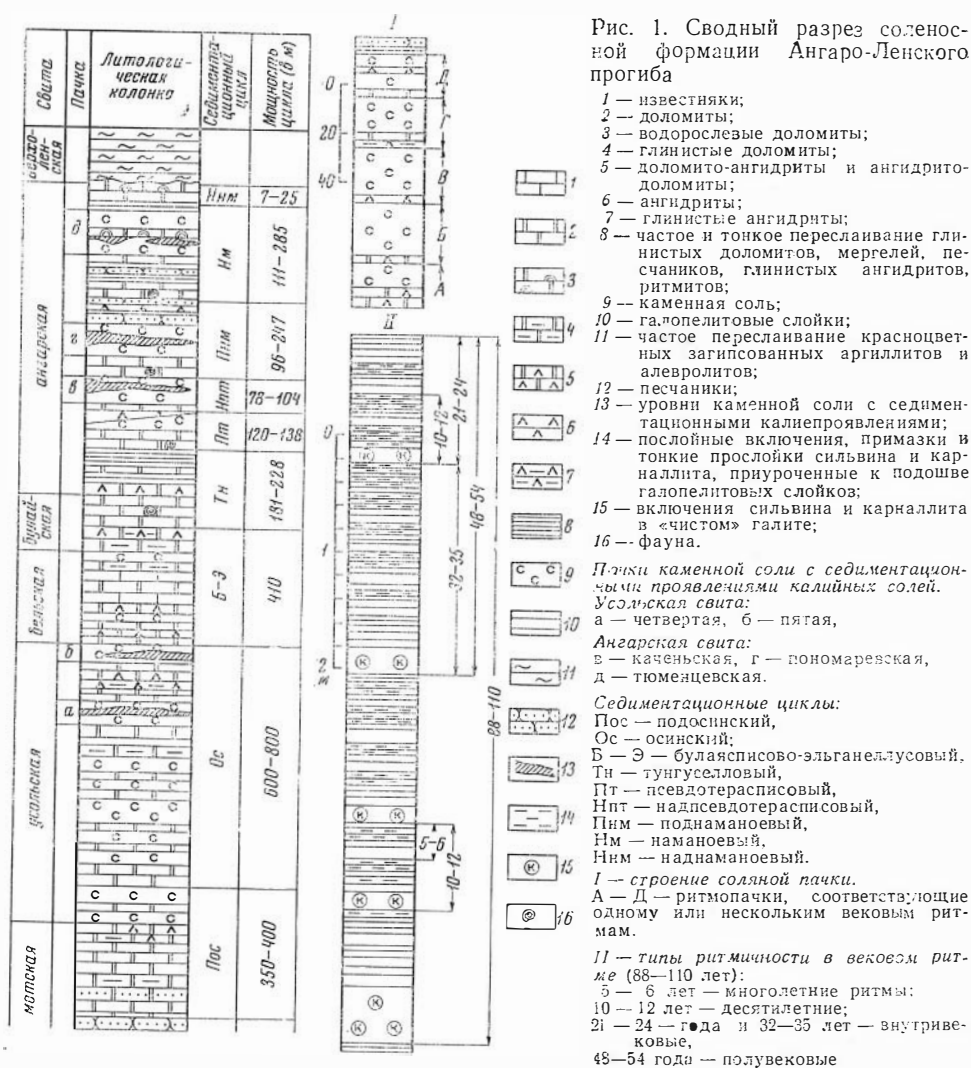
Генеральным проектом калиепоисковых работ в Иркутской области (1964 г.) для изучения основных перспективных районов предполагалось пробурить около 60 скважин общим объемом более 65 тыс. м. При этом не учитывались работы по оценке новых районов, выявляемых в процессе поисков (Лено-Илимский прогиб, Нелский район, северо-восточная часть Илгинской впадины). К настоящему времени пробурено 40 скважин объемом 42 531 м.

Таким образом, первоначально намеченные объемы работ по оценке калиеносности отдельных районов в значительной мере не выполнены. В результате работ 1964—1969 гг. в отношении калиеносности оценены значительные площади в Илгинской впадине, в Присяянском, Заярско-Усть-Кутском районе и, частично, в Лено-Илимском прогибе. Территория зоны Верхнеангарских дислокаций (Удинский профиль и Заярско-Усть-Кутский район оказались бесперспективными по верхнему соленосному этажу.

ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЛЕННОСНОЙ ТОЛЩИ

В составе солёносной формации кембрия юга Иркутского амфитеатра можно выделить два этажа интенсивного солёнакопления: усольский и ангарско-литвинцевский.

До проведения калиепоискового бурения благоприятной для поисков калийных солей считалась только усольская свита (нижний солёносный этаж). В настоящее время установлена высокая перспективность и верхнего солёносного этажа (ангарская и литвинцевская свиты), в разрезе которого снизу вверх выделены три довольно мощные соляные пачки: каченьская, пономаревская и тюменцевская (рис. 1). При этом на севере Иркутской области в Заярско-Усть-Кутском районе количество соляных пачек увеличивается до пяти, за счет возрастания солёнасыщенности разреза нижней части ангарской свиты. Необходимо отметить, что при ориентировке поисковых работ на усольскую свиту можно было наметить сравнительно мало перспективных площадей, расположенных преимущественно в Присяянье, так как на остальной обширной территории пласты каменной соли этого возраста залегают на



глубине более 1500 м. После выявления перспектив калиеносности верхних соленосных толщ территория для поисков калийных солей значительно расширилась.

Для юго-восточного Присаянья, где изучалось соленакопление в усольское время, выяснилось, что наиболее интенсивным оно было в подосинский и ранний надосинский этапы этого времени. Анализ особенностей разреза этих отложений свидетельствует о резкой смене условий седиментации, когда кратковременные этапы солеотложения периодически сменялись длительными эпохами карбонатакопления. Эти условия постоянных опреснений рапы солеродного бассейна не способствовали отложению калийных солей, поэтому циклы соленакопления здесь незавершенные. Зато вторая половина позднеусольского этапа соленакопления была наиболее благоприятной для накопления калийных солей, которые отлагались в конечные стадии полных циклов соленакопления и предохранялись от последующего размыва глинисто-сульфатной «покрышкой».

Для ангарского и литвинцевского времени характерна большая дифференцированность солеродного бассейна по сравнению с усольским (Жарков, 1966). Здесь увеличивается количество глинисто-сульфатного и глинисто-карбонатного материала в составе перекрывающих соли отложений, являвшихся предохранительной «покрышкой» соляной залежи, а литолого-фациальная зональность солеродного бассейна получает более контрастное выражение.

Важным с точки зрения поисков калийных солей является вопрос о связях солеродных бассейнов с морями нормальной солености. По-видимому, солеродные бассейны Ангаро-Ленского прогиба периодически были связаны не только с северо-восточным платформенным морем, но и с южными геосинклинальными морскими бассейнами (Королук, 1956; Замараев, 1967). Эта связь могла проявляться двояким образом — как фактор опресняющего воздействия в периоды формирования несоляных отложений в процессе галогенеза, а также в качестве поставщика более или менее концентрированной рапы в периоды затрудненного водообмена, в результате чего происходила садка каменной соли. Эпохи солеотложения в процессе галогенеза были весьма кратковременными по сравнению с периодами накопления карбонатных осадков и протекали в условиях затрудненных связей с нормально-солеными морскими бассейнами при наличии островных дуг и барьерных зон, окаймлявших солеродные бассейны (Жарков, Яншин, 1965).

Для усольского и бельского времени характерна, по-видимому, двусторонняя связь Ангаро-Ленского солеродного бассейна с северными и южными морями, и поэтому влияние опресняющего фактора сказывалось очень интенсивно. Правда, для позднеусольского времени эта связь становится весьма затрудненной. Для раннеангарского времени, вероятно, больше характерна связь с геосинклинальными морскими бассейнами, представлявшими источник питания, и кратковременная его изоляция от бассейна на северо-востоке. Косвенным признаком этого является смещение зоны максимальной соленасыщенности нижнеангарской подсквиты значительно севернее Жигаловского вала.

В позднеангарское и литвинцевское время вновь устанавливается свободная связь на севере, в то время как на юге Ангаро-Ленского бассейна она становится все более затрудненной до полного исчезновения в литвинцевское время. Таким образом, для разных периодов соленакопления, в зависимости от условий питания солеродных бассейнов, перспективными на калийные соли могут быть различные территории Ангаро-Ленского прогиба. Поэтому реконструкция палеогеографической обстановки соленакопления весьма важна для дальнейших исследований.

При анализе строения и состава соленосной толщи отчетливо усматривается ее ритмичное строение, заключающееся в закономерном чередовании определенных литологических комплексов хемогенных и хемогенно-терригенных пород, которые образуют единый парагенетический ряд. В соленосной толще выделяется (рис. 1) девять седиментационных циклов (Другов и др., 1969), соответствующих законченным циклам первого порядка в развитии осолоняющихся водоемов (Фивег, 1956). Эти циклы прослеживаются повсеместно в пределах изученной территории солеродного бассейна. Они характеризуют этапы прогрессирующего обмеления бассейна, который последовательно проходил путь от эпиконтинентального морского бассейна со сравнительно свободными связями с открытым морем до усыхающих бассейнов лагунного типа (Писарчик и др., 1967) с затрудненным водообменом.

Мощности седиментационных циклов изменяются от нескольких десятков до первых сотен метров. Каждый из них в пределах солеродной зоны отчетливо подразделяется на три неравнозначные части, которые характеризуются отложениями разных условий галогенной седиментации при однонаправленном характере развития бассейна. Базальные части седиментационных циклов, сложенные преимущественно доломитами, формировались в условиях пониженной солености, а средние соляные в условиях максимальной солености. Верхние части циклов, имеющие карбонатно-сульфатно-терригенный состав, характеризуют стадию предельного мелководья, отличающуюся неустойчивым режимом седиментации.

Для верхних частей циклов характерны размывы слоев, появление в разрезе своеобразных тонкослоистых пород — ритмитов (Ботвинкина, 1966) и значительного количества терригенной примеси. Завершающие стадии каждого цикла сопровождались, по всей вероятности, более или менее кратковременными перерывами в осадконакоплении, знаменующими заключительный этап поступательного развития осолоняющего бассейна. Наиболее сложным внутренним строением отличаются соляные части седиментационных циклов.

Пачки каменной соли подразделяются на четыре — восемь ритмопачек, каждая из которых характеризуется разнообразной ритмичностью, обусловленной климатическими и сезонными изменениями. Соляные пласты с такой ритмичностью могут быть отнесены к варвитам (Рихтер-Бернбург, 1968). Наиболее мелкие сезонно-годовые ритмы, мощностью 3—15 см, группируются в более крупные 5—6-летние. Они в свою очередь объединяются в 10-летние и внутривековые ритмы с периодичностью в 10—12 лет (наиболее четкие), 21—24 года, 32—35 лет (Брикнеровский цикл) и 48—54 года. Еще более крупные — вековые — ритмы характеризуются цикличностью в 88—110, 180—210, 280—310, 380—420 и 500—560 лет.

Вековые ритмы обычно соответствуют соляным пластам в ритмопачках мощностью от 10 до 40 м. Соленасыщенные циклы, отличающиеся более полной ритмичностью, представляют несомненный интерес для поисков калийных солей. К ним преимущественно и приурочены выявленные к настоящему времени седиментационные калиепооявления.

ОСОБЕННОСТИ ТЕКТОНИКИ. КОНСЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ СТРУКТУРЫ

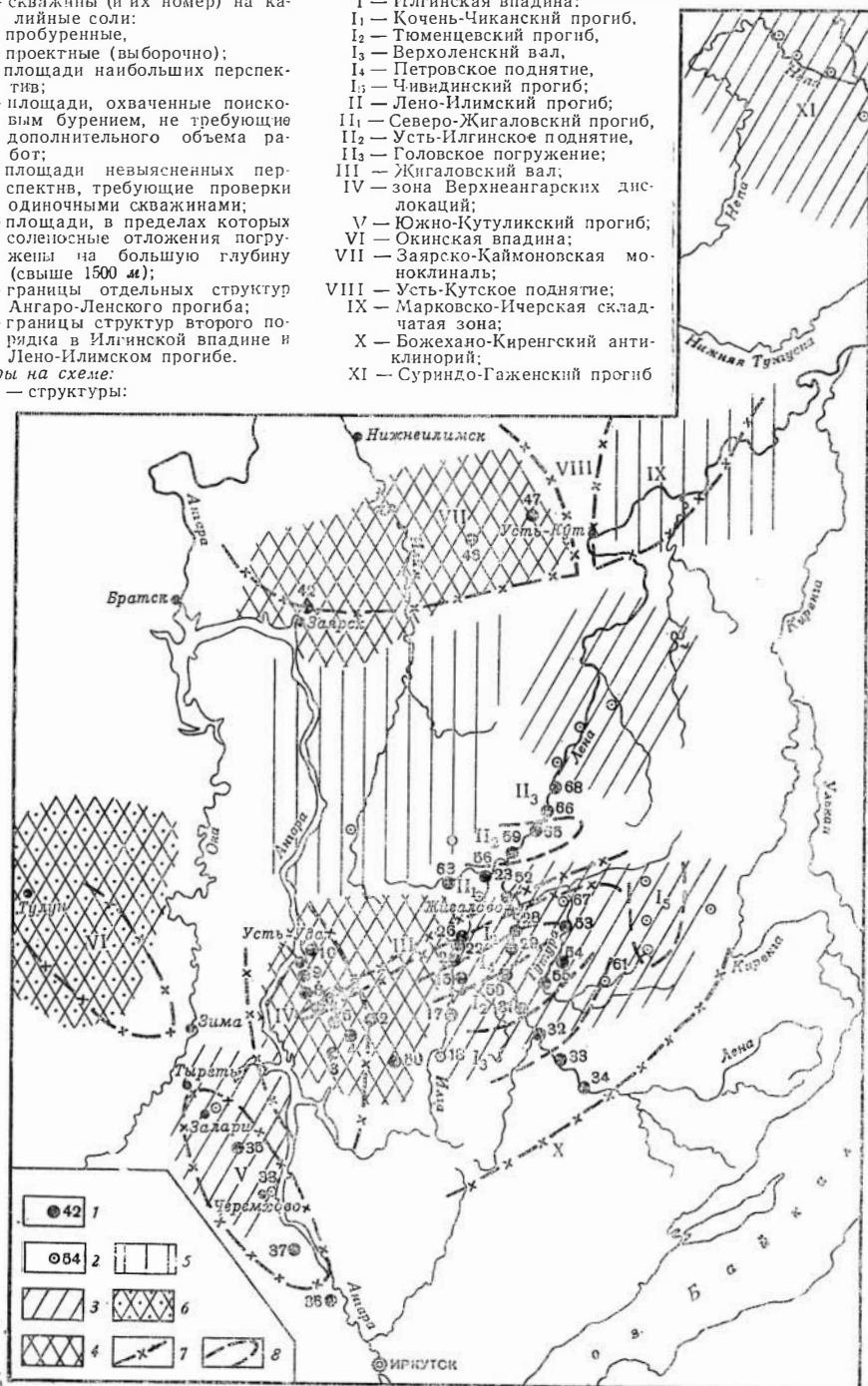
Месторождения калийных солей приурочены преимущественно к краевым прогибам платформ, испытывавших в течение длительного времени конседиментационное прогибание. Этим общим требованиям геотектоники отвечает Ангара-Ленский прогиб, в пределах которого находятся районы калиепоисковых работ.

Рис. 2. Обзорная схема районов поисковых работ на калийные соли

- 1, 2 — скважины (и их номер) на калийные соли:
 1 — пробуренные;
 2 — проектные (выборочно);
 3 — площади наибольших перспектив;
 4 — площади, охваченные поисковым бурением, не требующие дополнительного объема работ;
 5 — площади не выясненных перспектив, требующие проверки одиночными скважинами;
 6 — площади, в пределах которых соленосные отложения погружены на большую глубину (свыше 1500 м);
 7 — границы отдельных структур Ангара-Ленского прогиба;
 8 — границы структур второго порядка в Илимской впадине и Лено-Илимском прогибе.

Цифры на схеме:
 I—XI — структуры;

- I — Илимская впадина;
 I₁ — Кочень-Чикайский прогиб,
 I₂ — Тюменцевский прогиб,
 I₃ — Верхоненский вал,
 I₄ — Петровское поднятие,
 I₅ — Чивидинский прогиб;
 II — Лено-Илимский прогиб;
 II₁ — Северо-Жигаловский прогиб,
 II₂ — Усть-Илимское поднятие,
 II₃ — Головское погружение;
 III — Жигаловский вал;
 IV — зона Верхнеангарских дислокаций;
 V — Южно-Кутуликский прогиб;
 VI — Окинская впадина;
 VII — Заяско-Каймоновская моноклинал;
 VIII — Усть-Кутское поднятие;
 IX — Марковско-Ичерская складчатая зона;
 X — Божехано-Киренгский антиклинорий;
 XI — Суриндо-Гаженский прогиб



Анализ мощностей и соленасыщенности седиментационных циклов и ритмопачек с учетом данных по терригенности и глинистости отложений позволяет понять некоторые палеотектонические особенности отдельных структур Ангаро-Ленского прогиба. Так, для усольской свиты в юго-восточном Присаянье устанавливаются крупные конседиментационные структуры — Кутуликский прогиб и Окинская впадина, а по верхней части соленосной толщи подтверждается конседиментационность Илгинской и Лено-Илимской впадин и разделяющих их Жигаловского вала (рис. 2).

Наиболее прогнутые части конседиментационных впадин характеризуются максимальной соленасыщенностью не только за счет более полных циклов соленакопления, но и за счет появления новых вековых циклов в верхах соленосной толщи. Поэтому выявление наиболее прогнутых частей структур и структур более высокого порядка, могущих быть «ловушками» для насыщенной по калию рапы, — одна из важнейших задач поисковых работ на калийные соли.

Наиболее изучена Илгинская впадина. На этой территории пройдено 23 колонковых скважины. Внутренняя структура Илгинской впадины довольно сложна. По данным сейсмопрофилирования, выполненного Восточным геофизическим трестом, и геологосъемочных работ Иркутского геологоуправления в центральной и северо-восточной частях этой впадины выявлена серия нечетных структур северо-северо-восточного и северо-северо-западного простираний. Субмеридиональные структуры, амплитуда которых возрастает в восточном направлении, проявляются в виде своеобразных «носов», осложняющих склоны Верхоленского вала и Пономаревского прогиба. Четкое выражение находят структуры субширотного простирания, из которых в пределах района исследований выделяются Жигаловский и Верхоленский валы, разделенные широким Пономаревским прогибом. По данным палеоструктурного анализа и буровых работ в пределах Пономаревского прогиба устанавливаются Кочень-Чиканский и Тюменцевский прогибы, разделенные поднятием в районе пос. Петрово. Кочень-Чиканский прогиб фиксируется и по данным сейсмических исследований.

По данным геологосъемочных работ в пределах северо-восточной части Илгинской впадины выявлены синклинальные структуры значительной амплитуды, возможно, развивавшиеся в процессе галогенной седиментации. Одна из таких структур (по данным Замараева и Гербовецкой) — Чивидинский прогиб субмеридионального простирания в Тутуро-Хандинском междуречье. Амплитуда прогиба более 400 м. Ширина структуры около 15 км, по простиранию она прослеживается более чем на 30 км. Эта структура представляет несомненный интерес для поисков калийных солей, что обуславливается ее положением в северо-восточной части Илгинской впадины, где увеличиваются мощности и соленасыщенность верхней соленосной толщи по сравнению с более западными территориями, возрастают абсолютные значения бромхлорного коэффициента, количество калиепроявлений, содержание нерастворимого остатка и отмечаются новые многолетние циклы соленакопления в верхах соленосной толщи (рис. 3).

Крупная структура, получившая наименование Лено-Илимского прогиба, выявлена в результате калиепоискового бурения на территории севернее Жигаловского вала. Она расположена в пределах северо-восточной центрoклинали Верхленской впадины, выделяющейся С. М. Замараевым (1967), и слабо изучена бурением. Внутренняя структура Лено-Илимского прогиба весьма сложна. Здесь прослеживается серия структур второго порядка, часть из которых, несомненно, развивалась одновременно с осадконакоплением. Так, скважинами 59 и 65 выявлено поднятие, в пределах которого отсутствует верхняя пачка каменной соли,

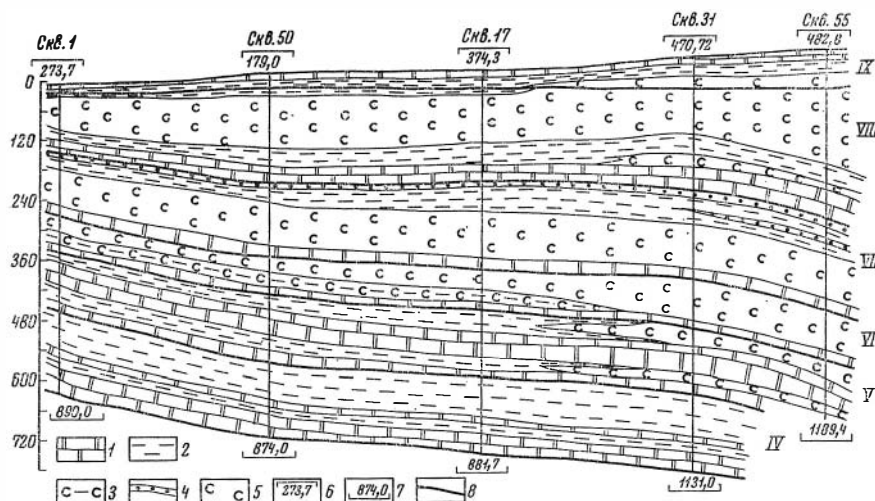


Рис. 3. Разрез верхней части соленосной толщи вдоль оси Илгинской впадины

1 — доломиты; 2 — переслаивание доломитов, доломито-ангидритов, ангидрито-доломитов, ангидритов, ритмиков с единичными прослоями каменной соли; 3 — вышеуказанное переслаивание, но прослой каменной соли имеют существенное значение; 4 — песчаники; 5 — каменная соль; 6 — глубина вскрытия кровли карбонатного кембрия (в м); 7 — глубина скважин (в м); 8 — границы седиментационных циклов (IV—IX): IV — тунгуселловый, V — псевдотерасписовый, VI — надпсевдотерасписовый, VII — поднамановый, VIII — намановый, IX — наднамановый.

Местоположение скважин: скв. 1 — Шаманово, р. Уда; скв. 50 — р. Обуса, скв. 17 — Федотова, р. Илга, скв. 31 — Тюменцево; р. Лена, скв. 55 — Козловская Занмка, р. Тутура

хотя на более южных и северных территориях она прослеживается в полном объеме (скв. 52, 56, 66, 68). Таким образом, уже сейчас можно говорить о Северо-Жигаловской впадине и Головском прогибе, разделенных Усть-Илгинским поднятием.

Изучение структур второго порядка — важная задача калиепоисковых исследований.

СЕДИМЕНТАЦИОННЫЕ КАЛИЕПРОЯВЛЕНИЯ

Выявленные в настоящее время седиментационные калиепроявления приурочиваются преимущественно к наиболее соленасыщенным циклам. Выделяется два основных генетических типа седиментационных калиепроявлений. Первый представлен включениями красного, матового и лимонно-желтого сильвина и карналлита в «чистом» галите. Особенно насыщен включениями синий и голубой галит, в котором содержание KCl иногда достигает 5—8% (скв. 37,22). Калиепроявления первого типа приурочены обычно к нижним частям многолетних и особенно 10-летних ритмов. Калиепроявления второго типа представлены послойно расположенными включениями, примазками и тонкими (до 2 мм) слоями сильвина и карналлита, приуроченными к подошве галопелитовых слоев. Они образовались в конце сезонно-годовых ритмов и связаны с верхними и средними частями многолетних, 10-летних и вековых ритмов. Аналогичную приуроченность обнаруживают и более богатые калиепроявления в Канско-Тасеевской впадине, где также выделяются подобные генетические типы. Однако имеются и существенные отличия, проявляющиеся в возрастании мощности десятилетних ритмов, интенсивности калиепроявлений и некоторых других особенностях.

Независимо от генетического типа, все калиепроявления концентрируются в верхних, реже средних частях ритмопачек, а в разрезе всей со-

ляной пачки размещаются в средней части, реже в верхней ее трети, где образуют стратиграфически выдержанные горизонты, мощностью 5—20 м, с содержанием хлористого калия от 0,5—1,0 до 7—8%.

В Илгинской впадине (скв. 15, 21, 22, 26, 29, 31, 55) и в Лено-Илимском прогибе (скв. 52, 56, 59, 65, 66, 68) выделяется пять региональных уровней с проявлениями калийных солей в нижней, средней и верхней пачках каменной соли ангарской свиты, а в Южно-Кутуликском прогибе (скв. 37, 35) — три, приуроченные к четвертой пачке каменной соли усольской свиты. Несмотря на то что содержание хлористого калия в этих горизонтах значительно ниже промышленных значений, выявленные к настоящему времени калиепроявления однозначно свидетельствуют о имевшей место седиментации калийных солей в кембрийском солеродном бассейне, что при благоприятных палеотектонических и палеогеографических условиях могло привести к образованию промышленных залежей калийных солей.

Наиболее погруженные части Илгинской впадины, Лено-Илимского и Южно-Кутуликского прогибов еще не полностью изучены бурением.

В результате калиепоискового бурения получен качественный материал, способствующий выявлению особенностей строения и формирования соленосной толщи. Значительно уточнены имевшиеся до сих пор сведения по литологии, стратиграфии, фациям, цикличности и тектонике соленосной формации Иркутского амфитеатра. Большое значение имеет комплексное изучение соленосной толщи на различные виды полезных ископаемых: каменную соль, нефть, газ, серу, карбонатное сырье, рассолы. Газопроявления в ряде калиепоисковых скважин (31, 53, 54) свидетельствуют о высоких перспективах на газ верхней части соленосной толщи, чему до последнего времени уделялось мало внимания.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ДАЛЬНЕЙШЕМУ НАПРАВЛЕНИЮ КАЛИЕПОИСКОВЫХ РАБОТ

Нам представляется целесообразным продолжение поисковых работ на калийные соли путем бурения как колонковых скважин по региональным профилям, так и одиночных скважин на отдельных структурах Ангаро-Ленского прогиба. С этой целью в ближайшие годы предлагается провести следующие поисковые работы на наиболее перспективных площадях Иркутской области.

Илгинская впадина. Необходимо продолжить изучение верхней соленосной толщи (ангарская и литвинцевская свиты) в северо-восточной части Илгинской впадины. Для этого следует:

1. Продолжить бурение скважин на Тутурском поисковом профиле, где представляется крайне необходимым добурить скв. 67 и рассмотреть вопрос о бурении скважины в верхнем течении р. Келоры — правого притока р. Тутуры. Эти скважины располагаются в Кочень-Чиканском прогибе, наиболее прогнутая часть которого прилепает к Жигаловскому валу. Бурение этих скважин тем более необходимо, что скв. 53 Тутурского профиля не вскрыла полностью разрез ангарской свиты.

2. Начать бурение трех-четырёх скважин на Прибайкальском поисковом профиле в направлении от верховьев р. Тутуры до р. Ханды. Бурение этого профиля позволит изучить перспективы калиеносности восточной, наиболее прогнутой, части Илгинской впадины и проследить восточные границы солеродного бассейна. Первоочередные скважины на Прибайкальском профиле в верховьях р. Тутуры, в поселках Эканор и Сугджа на р. Ханде.

3. Для изучения окраинных частей ангарского солеродного бассейна в южной части Илгинской впадины, учитывая, что здесь, возможно,

могут быть локальные структуры с соляными фациями, целесообразно продолжить бурение скважин на Илгинском профиле. Нам представляется целесообразным бурение скважины в пос. Талахай.

4. С целью изучения юго-западной центроклинали Илгинской впадины и сопредельной с ней зоны пологих структур Присаянья (Южно-Кутуликский прогиб) рекомендуется пробурить профиль колонковых скважин в направлении Кутанка — Шелонино — Зима. Бурение такого профиля представляется целесообразным в связи с данными, полученными в результате бурения скважин Удинского профиля, которые показали рост соленасыщенности и мощностей верхней соленосной толщи в южном направлении, благоприятными гидрохимическими показателями на Шелонинской площади, калиепроявлениями в скважинах на Зиминской площади, гамма-аномалиями в верхних частях разреза кембрийской толщи на Бильчирской площади и другими данными.

5. Для изучения структур второго и последующего порядков, в пределах которых отмечены седиментационные проявления калийных солей, рекомендуется бурение нескольких дополнительных скважин на Ленском и Илгинском профилях, а именно: на Ленском профиле — скважины в промежутке между скв. 31 и Коркинской 1 — р, а также между скв. 32 и скв. 31; на Илгинском профиле — скв. 16 в дер. Лукиново между скв. 15 и скв. 17, а также скв. 51 на р. Ивде.

6. Для изучения Чивидинского прогиба, расположенного в северо-восточной части Илгинской впадины и имеющего высокие перспективы калиеносности, рекомендуется бурение одноименного профиля вдоль оси прогиба. Здесь первоначально намечается бурение скважин: в верховьях р. Чикан, в центре и юго-восточной части прогиба. Расстояние между скважинами — 10—12 км (см. рис. 2).

Юго-Восточное Присаянье. Учитывая полученные данные по калиеносности этой территории в пределах Южно-Кутуликского прогиба и степень его изученности глубоким бурением, представляется рациональным продолжить бурение Присаянского профиля с бурением трех скважин в г. Черемхово (скв. 38), пос. Залари и в промежутке между г. Зима и пос. Тыреть.

Марковско-Ичерская зона. В пределах этой зоны намечается бурение профиля из трех скважин, расположенных в локальных прогибах, — между Усть-Кутской и Казаркинской структурами, в 10—15 км к востоку от Бочактинской площади, между поселками Марково и Кривая Лука.

Лено-Илимский прогиб. Соленосные отложения Лено-Илимского прогиба, его калиеносность и внутренняя структура к настоящему времени еще слабо изучены, поэтому представляется необходимым продолжить бурение скважин по Ленскому профилю к северу от Жигаловского вала в направлении Коношаново — Орленга. Предусматривается последовательное бурение скважин с расстоянием друг от друга в 20—25 км в устье р. Чичапты и поселках Дядино, Басово, Орленга. Целесообразно также бурение скважины на р. Орленге в 30—40 км от ее устья. С целью изучения наиболее прогнутой зоны Северо-Жигаловского прогиба следует провести бурение скважины в промежутке между скв. 52 и 56.

Кроме этого, необходимо продолжить бурение скважин по профилю Балыхта — среднее течение р. Тилик (скв. 63) — р. Илим. Здесь целесообразно бурение скважины в среднем течении р. Басьма (левый приток р. Тилик) и скважины в пос. Кочерга на р. Илим. По результатам бурения этих скважин следует решить вопрос о дальнейшем бурении Илимского профиля, а также скважины в районе дер. Подволочная на р. Ангаре.

Тунгусско-Гаженский район. Перспективы калиеносности этого района расцениваются весьма высоко по гидрохимическим критериям и по данным структурно-тектонических исследований (Рязанов, 1968). Необходимость бурения калиепоисковых скважин в этом районе неоднократно подчеркивалась в решениях различных совещаний. Здесь целесообразно бурение профиля из четырех скважин в Суриндо-Гаженском прогибе по р. Непе на расстоянии друг от друга в 10—15 км, причем одну из них следует пробурить в пределах Гаженской структуры.

Таким образом, в Иркутской области необходимо продолжать поисковое бурение на калийные соли. При этом работы по изучению этой территории наиболее целесообразно проводить по этапам. К числу первоочередных объектов следует отнести северо-восточную часть Илгинской впадины с Чивидским прогибом и Тунгусско-Гаженский район. Необходимо также в ближайшее время продолжить бурение скважин по Ленскому профилю в Лено-Илимском прогибе.

ЛИТЕРАТУРА

- Ботвинкина Л. А. 1966. Ритмит—особый текстурный тип породы смешанного состава.—Литол. и полезные ископ., № 5.
- Другов Г. М., Замаев С. М., Исакова В. С., Панаев В. А. 1969. Седиментационная цикличность и перспективы калиеносности галогенной формации Ангара-Ленского прогиба.—В сб. «Литология и осадочные полезные ископаемые Сибирской платформы». Труды СНИГГиМС, вып. 98.
- Жарков М. А. 1966. Кембрийская соленосная формация Сибирской платформы.—Сов. геол., № 2.
- Жарков М. А., Янишин А. Л. 1965. Совещание по результатам и направлению поисковых работ на калийные соли в Восточной Сибири.—Геол. и геоф., № 10.
- Замаев С. М. 1967. Краевые структуры южной части Сибирской платформы. М., «Наука».
- Королук И. К. 1956. Доломитовые породы ленского яруса кембрия Иркутского амфитеатра.—Труды Ин-та геол. АН СССР, вып. 4.
- Писарчик Я. К., Минаева М. А., Русецкая Г. А. 1967. Палеогеография Сибирской платформы в кембрии. М., Изд. ОНТИ—ВИЭМС.
- Рихтер-Бернбург Г. 1968. Влияние циклов соляной активности и других климатических циклов на образование ленточных эвапоритов.—В сб. «Проблемы палеоклиматологии». М., «Мир».
- Рязанов Г. В. 1968. Морфология и генезис складок Непской зоны (южная часть Сибирской платформы).—Автореф. канд. дисс. Иркутск.
- Фивег М. П. 1956. Геологическая обстановка седиментации этапа образования соленосных формаций.—В кн. «Вопросы минералогии осадочных образований». Львов.

ИТОГИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА КАЛИЙНЫЕ СОЛИ В ЗИМИНСКОМ ПРИСАЯНЬЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРОДОЛЖЕНИЯ

В 1966—1968 гг. при разведке месторождения каменной соли в районе г. Зима (рис. 1) в отложениях верхнеангарской и верхнебельской под- свит нижнего кембрия были вскрыты (скв. 1—О) пласты галита с вкрапленностью и включениями калийных минералов. Химические ана- лизы образцов керна показали, что для некоторых интервалов верхне- ангарской и верхнебельской подсвит характерно повышенное содержа- ние калия в галите. Так, в скв. 1 в интервале 849—904 м для некоторых образцов керна содержание калия достигало 7,2%, а в интервале 823— 833 м — 7,6%. Помимо этого, по всему соленосному разрезу этих под- свит, а также в верхней части усольской свиты фиксировались повы- шенные значения бромхлорного коэффициента, достигающие величин, соответствующих соленосности вод стадии садки сильвина, а иногда карналлита. Петрографические и иммерсионные исследования отдель-

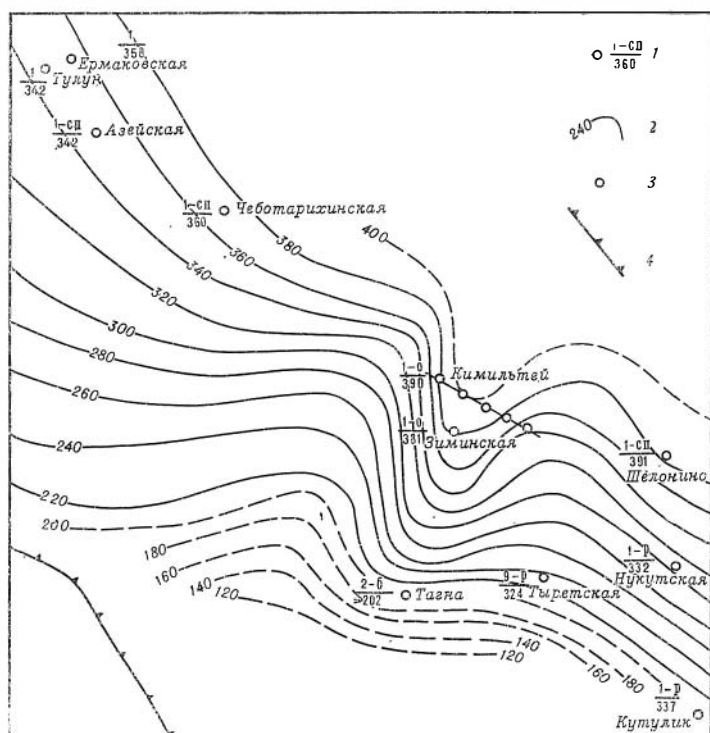


Рис. 1. Схематическая карта мощностей ангарской свиты нижнего кембрия

1 — номера скважин (в знаменателе — номер, в числителе — мощность свиты); 2 — изопакеты; 3 — проектные колонковые скважины; 4 — граница выходов на поверхность докембрийских отложений

ных образцов керна подтвердили спорадические скопления зерен сильвина в галите ангарской, бельской и усольской свит.

С целью уточнения стратиграфического положения калиепроявлений Восточно-Сибирским геологическим управлением по поискам и разведке нефти и газа была пробурена в Зиминском Присянье специальная скважина в районе пос. Кимилтей (рис. 1). К сожалению, и в этой скважине не были обнаружены значительные скопления калийных солей. Однако материалы, полученные в результате проходки многочисленных скважин, пробуренных в Зиминском Присянье, позволяют осветить соленосность и перспективы калиеносности ангарской, бельской и усольской свит. Выводы, которые можно сделать на основе этого материала, сводятся к следующему.

1. Общая мощность ангарской, бельской и усольской свит в Кимилтейско-Зиминском районе по отношению к юго-восточным районам (ст. Тиреть) возрастает. Значительно увеличивается и соленасыщенность.

2. Для галогенных отложений указанных частей разреза нижнего кембрия характерно ритмичное строение. Высокие показатели бромхлорного коэффициента указывают на весьма значительную соленость вод бассейна. Так, в отложениях верхнебельской подсвиты намечается 11 крупных ритмов, в семи из которых, судя по бромхлорным отношениям, могла происходить садка калийных солей. Именно в этих ритмах отмечены скопления калийных минералов.

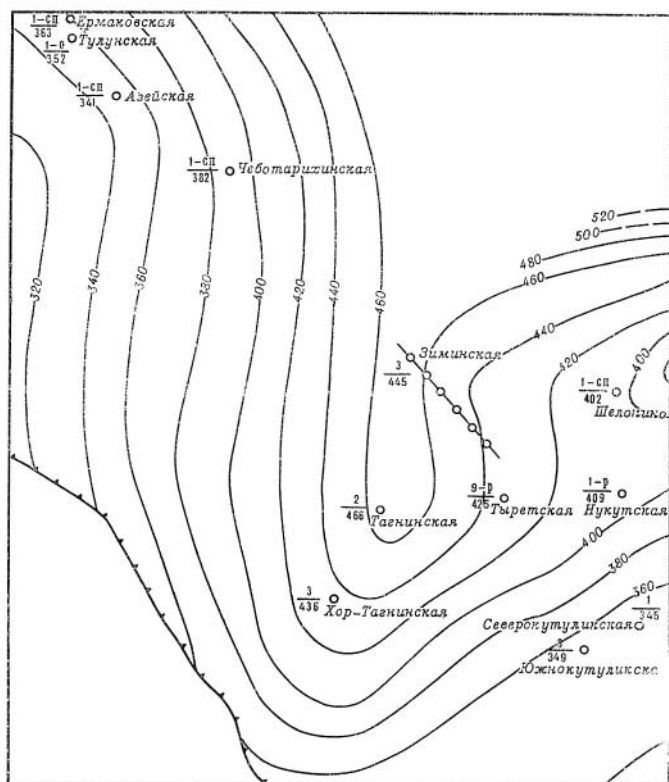


Рис. 2. Схематическая карта мощностей бельской свиты нижнего кембрия
Условные обозначения см. на рис. 1

При поисках калийных солей в Зиминском Присянье в отложениях ангарской свиты следует провести бурение колонкового профиля из шести-семи скважин по линии Кимильтей — Зима. Расстояние между скважинами не более 5—6 км, при средней глубине 450—500 м. Соленосные отложения бельской и усольской свит лежат на значительных глубинах. Вскрытие их следует производить совместно на одном поисковом профиле по линии г. Зима — ст. Тыреть. Рекомендуемое количество скважин — пять-шесть, средняя глубина — 1400—1500 м и расстояние между ними — 6—8 км.

О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОИСКОВ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ
В ВЕЛЬМИНСКОЙ ВПАДИНЕ

Поиски калийных солей на территории Красноярского края до сих пор сосредоточены в пределах северо-западной части Канско-Тасеевской впадины — одного из крупнейших структурных элементов западной части Сибирской платформы, наиболее хорошо изученного как глубоким бурением, так и геофизическими методами. Лучшая геологическая изученность впадины, видимо, является основной причиной сосредоточения здесь всех калиепоисковых работ в крае. В целом эта структура большинством исследователей (Жарков, Замараев, 1964; Жарков, 1965; Савинский, 1964; Савинский и др., 1962) определяется как впадина с глубиной залегания фундамента от 5 до 8 км.

Что же касается территории, расположенной севернее Ангары и восточнее Енисейского кряжа, то представления о ее глубинном строении до последнего времени были малочисленны и в большей части противоречивы. Все они базировались только на результатах интерпретации аэромагнитных материалов и общегеологических построениях. Поэтому глубина залегания фундамента здесь различными исследователями оценивалась по-разному. Одни (Кириллов, 1963; Косыгин и др., 1964) предполагали существование приподнятого блока фундамента с глубиной до его поверхности порядка 500—1000 м, другие (Семихатов, Трапезников, 1965) выделяли здесь миогеосинклинальную зону Енисейского кряжа; третьи, например В. Д. Козырев (Геология и перспективы..., 1968), определяют эту территорию как склон Енисейской антеклизы, наконец, четвертыми (Спижарский, 1964; Сулимов и др., 1966) восточнее Енисейской складчатой области выделяется Приенисейский краевой прогиб (без количественной оценки глубины до фундамента севернее Ангары). Противоречивость таких представлений, безусловно, не могла не сказаться на оценке этой территории и с точки зрения поисков ряда полезных ископаемых, в том числе каменной и калийных солей.

Проведенные в последние годы гравиметрическая съемка и электро-разведка и интерпретация их материалов позволили во многом по-новому осветить глубинное строение западной части Сибирской платформы и определить основные направления поисков здесь нефти и газа, каменной и калийных солей (Дашкевич и др., 1968, 1969). Было определено, что основу рельефа фундамента этой части платформы составляет своеобразное сочетание крупных отрицательных структур — впадин и прогибов, — разделенных крупными линейными валообразными поднятиями. Мощность платформенного чехла во впадинах колеблется от 5 до 8 км (возможно, местами и более), сокращаясь на поднятиях до 4—2 км. Такая структура поверхности фундамента западной половины Сибирской платформы не характерна для ее восточной части (исключая, разве, Вилюйскую синеклизу) и, как мы думаем, является следствием различного стиля тектонического развития этих частей, наметившегося еще в глубоком докембрии. Граница между этими двумя областями платформы проходит по Саяно-Анабарскому глубинному разлому, четко прослеживаемому по данным аэромагнитной съемки и выделяемому всеми иссле-

дователями этого региона (правда, иногда под разными собственными наименованиями).

Крупные структуры рельефа фундамента западной части Сибирской платформы обнаруживают тесную пространственную и, видимо, генетическую связь с внутренними структурами фундамента. Впадины и прогибы заложились и развивались на крупных жестких блоках древнеархейского фундамента, а валообразные поднятия (мегавалы) — на подвижных зонах, сложенных нижнепротерозойскими геосинклинальными образованиями, спаявшими блоки архейских пород. В рифее вдоль нижнепротерозойских складчатых зон, контролируясь глубинными разломами, развивались линейные грабенообразные прогибы — авлакогены, а блоки архейских пород были областями размыва и поставляли обломочный материал в соседние авлакогены и Енисейскую геосинклинальную область. В верхнем рифее — венде авлакогены и Енисейская геосинклинальная область претерпели инверсию и замкнулись, вступив в длительную стадию восходящих складчато-глыбовых движений. Жесткие блоки древнеархейских пород в это время, наоборот, компенсационно опускались, и на них начали развиваться впадины и прогибы.

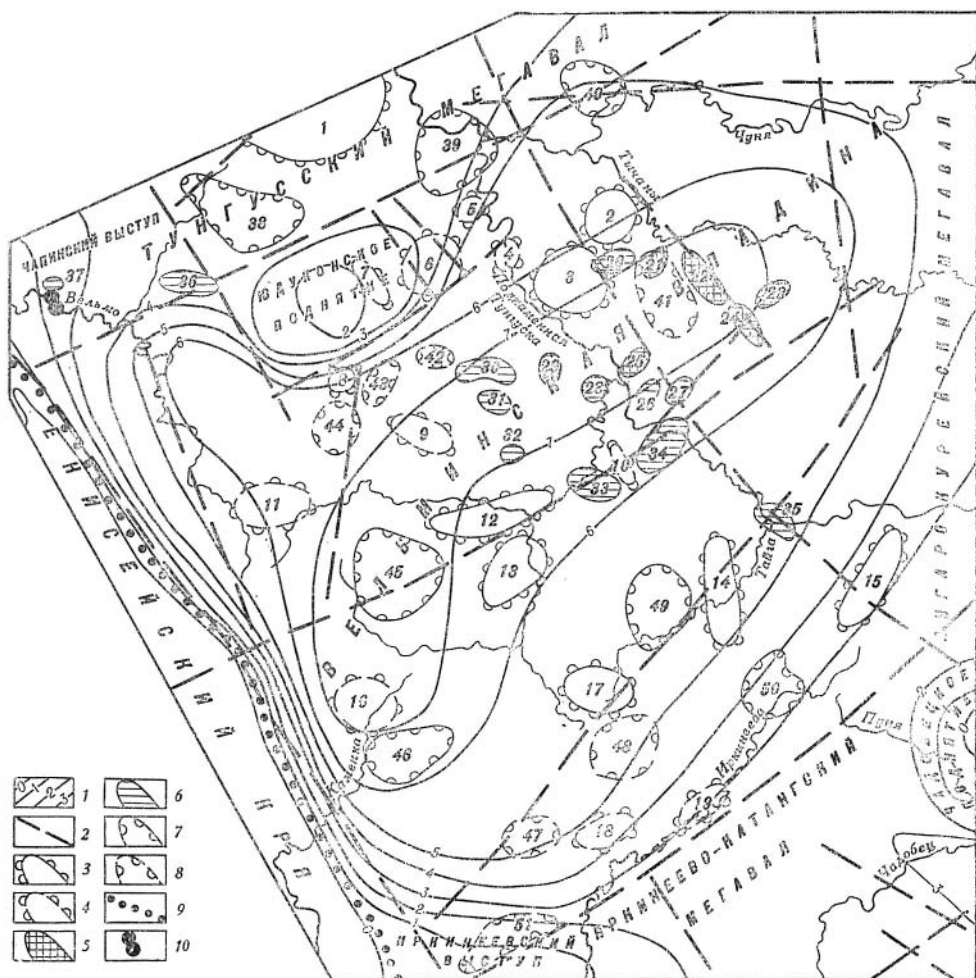
Такова в общих чертах схема развития внутренних структур и рельефа фундамента на ранних этапах формирования платформенного чехла. Она базируется на комплексном анализе имеющихся геолого-геофизических материалов и изучении физических свойств горных пород.

В пределах западной половины Сибирской платформы выделено 10 крупных отрицательных структур, разделенных зонами приподнятого положения фундамента. В это число входят Канско-Тасеевская и Вельминская впадины. Обе они четко отображаются в характере магнитного и гравитационного полей: им соответствуют нормальные или положительные значения ΔT_a и глубокие гравитационные минимумы.

В *Канско-Тасеевской впадине* понижение гравитационного поля обусловлено глубоким погружением фундамента (до 8 км) при значительной избыточной плотности его пород над породами чехла. Низкие значения суммарной плотности пород чехла во впадине обусловлены терригенным составом мощной толщи вендских образований, слагающих низы платформенного чехла (тасеевская серия мощностью до 3 км) и значительной соленасыщенностью нижнекембрийских отложений. Суммарная мощность вендских и нижнекембрийских осадков — более 5,5 км.

Вельминская впадина расположена севернее Канско-Тасеевской, отделяясь от нее Иркиннеево-Катангским мегавалом. Эта структура изучена несравненно хуже Канско-Тасеевской, поэтому при ее характеристике и построении модели глубинного строения приходится прибегать к методу аналогий. Сходство строения Канско-Тасеевской и Вельминской впадин определяется аналогичностью их отображения в геофизических полях и одинаковым положением в общей структуре юго-западной окраины Сибирской платформы. Но Канско-Тасеевская впадина является компенсационной структурой по отношению к окружающим ее складчатым областям и зонам Восточного Саяна на юге, Енисейского кряжа на западе и Иркиннеево-Катангского мегавала на севере. Вельминская впадина рассматривается нами тоже как компенсационная структура периода замыкания и инверсии байкальских зон Енисейского кряжа и Иркиннеево-Катангского, Тунгусского и Ангара-Курейского авлакогенов (см. рис.). На этом основании строение впадины во многом аналогично Канско-Тасеевской.

Низы платформенного чехла в Вельминской впадине сложены моласовой формацией верхнего рифея и венда (аналоги чингасанской серии севера Енисейского кряжа и тасеевской серии западного борта Канско-Тасеевской впадины). Вендские отложения согласно перекрыты солено-но-карбонатной формацией нижнего кембрия, которая, в свою очередь,



Структурно-тектоническая схема Вельминской впадины

1 — изогипсы поверхности довендского фундамента (в км); 2 — крупные разломы фундамента и платформенного чехла.

Структуры вендско-нижнекембрийского структурного комплекса: 3, 4 — положительные, сформированные без заметного участия соляной тектоники и имеющие прямое отображение в гравитационном поле; 5, 6 — положительные, сформированные с участием соляной тектоники; 7, 8 — отрицательные (3, 5, 7 — имеющие соответствие в поверхностном геологическом строении; 4, 5, 8 — не отображающиеся в поверхностном геологическом строении); 9 — современная граница Енисейского кряжа; 10 — скважины, вскрывшие каменную соль.

Цифрами на карте обозначены структуры положительные без соляной тектоники (купола, брахиантиклинали): 1 — Енигидинская, 2 — Еробо-Тычанская, 3 — Верхне-Кукшидинская, 4 — Усть-Турамская, 5 — Тыпиткатская, 6 — Тураматканская, 7 — Огневская, 8 — южнее Огневской, 9 — Петимокская, 10 — Южно-Токурская, 11 — Оморинская, 12 — Нижне-Тахомская, 13 — Ведришенская, 14 — Нижне-Тайгинская, 15 — Нембинская, 16 — Верхне-Каменская, 17 — Верхне-Тайгинская, 18 — Усть-Шикилейская, 19 — Усть-Бедошемская;

структуры положительные, связанные с соляной тектоникой (соляные купола и брахиантиклинали): 20 — Кукшидинская, 21 — Нижне-Танадинская, 22 — Нижне-Кординская, 23 — Кординская, 24 — Хонкокская, 25 — Копчерская, 26 — Вингольдская, 27 — Северо-Токурская, 28 — Усть-Камовская, 29 — Рас-солская, 30 — Реунско-Кулюбинская, 31 — Чалидинская, 32 — Верхне-Чавидинская, 33 — Усть-Чавидинская, 34 — Чандымбинская, 35 — Усть-Тайгинская, 36 — Нижне-Тахрадинская, 37 — Вельмо-2;

структуры отрицательные (мульды, брахисинклинали): 38 — Тахрадинская, 39 — Байкитская, 40 — Нижне-Чунская, 41 — Танадинская, 42 — Тукаламнинская, 43 — Гомдокская, 44 — Верхне-Манкурская, 45 — Камовская, 46 — Каменская, 47 — Усть-Микчандинская, 48 — Огнеконская, 49 — Терьская, 50 — Верхне-Тайгикунская, 51 — Чегошагская

сменяется терригенно-карбонатными осадками эвенкийской свиты среднего — верхнего кембрия. Суммарная мощность чехла в Вельминской впадине по расчетам аномалий определяется в 7 км и, возможно, более. На большей части территории впадины распространены образования эвенкийской свиты, мощность которых нигде по ее бортам не превышает 300—500 м. Таким образом, вся толща платформенного чехла во впадине сложена образованиями венда и нижнего кембрия.

На окружающих впадину мегавалах суммарная мощность вендских и нижнекембрийских осадков не превышает 2—2,5 км. Так, на Иркинеевском выступе и Чадобецком поднятии мощность карбонатных образований нижнего кембрия оценивается в 1000—1200 м, а венда — в 600—900 м. Лебяжинской опорной скважиной в крайней западной части Тунгусского мегавала вскрыто 1200 м отложений нижнего кембрия и только 50 м венда (скважина остановлена в рифейских образованиях). Если допустить, что разрез чехла в Вельминской впадине сложен вендскими и нижнекембрийскими образованиями в равном количестве, то и тогда на долю нижнекембрийских пород приходится не менее 2,5—3 км. Однако по ряду соображений эта величина может быть и большей.

Проведенной в 1963 г. по р. Подкаменной Тунгуске электроразведкой МТП, МТЗ (Э. С. Городецкий) установлено, что разрез чехла в Вельминской впадине имеет значительно большее сопротивление (и соответственно меньшую проводимость), чем в Канско-Тасеевской. Это явление может быть объяснено большей мощностью высокоомных карбонатно-галогенных пород нижнего кембрия в Вельминской впадине и соответственно меньшей мощностью низкоомных терригенных образований венда в низах разреза платформенного чехла. Однако для удовлетворительного согласования результатов электроразведки и гравиметрии при увеличении мощности отложений нижнего кембрия в Вельминской впадине необходимо одновременно увеличивать количество солей в них, ибо чисто карбонатные породы имеют высокую плотность и не могут обусловить того гравитационного эффекта, который здесь наблюдается.

Внутреннее строение Вельминской впадины характеризуется большей структурной контрастностью по сравнению с Канско-Тасеевской. В ее пределах выделяется серия положительных и отрицательных, в основном изометричной формы, структур, часть которых подтверждается геологическими наблюдениями на дневной поверхности (см. рис.). Характерно, что в центре и на северо-западном борту впадины располагается ряд структур, предположительно связанных с соляной тектоникой (соляные купола и антиклинали). Они выделяются по локальным минимумам силы тяжести небольшой амплитуды, часть их совпадает с закартированными в отложениях верхнего кембрия и ордовика малоамплитудными положительными структурами (Кординская, Нижне-Кординская, Рассольская и др.). Возможно, что некоторые локальные гравитационные минимумы внутри впадины, интерпретируемые сейчас как мульды в нижнепалеозойских образованиях, в дальнейшем окажутся тоже структурами типа соляных куполов и антиклиналей.

Структурная нарушенность чехла в Вельминской впадине обусловлена раздробленностью архейского блока в ее основании и дифференцированными подвижками по разломам в связи с тектоническими событиями в соседней Енисейской складчатой области.

Присутствие солей в составе отложений нижнего кембрия в Вельминской впадине определяется, помимо изложенных выше результатов интерпретации материалов гравиметрии и электроразведки, рядом прямых данных. Об этом прежде всего свидетельствуют многочисленные соляные источники на ее территории. В северо-западном борту впадины в 1967 г. при бурении картировочных скважин в бассейне р. Вельмосреди алевролитов из низов эвенкийской свиты была вскрыта каменная соль (одной

скважиной соль вскрыта на глубине 175 м). Большая часть разреза представляет собой брекчию алевролитов, сцементированную солью. Скважина прошла по соли 22 м и из нее не вышла. Другой скважиной соль вскрыта на глубине 177 м, и скважина также из соли не выведена. Соляной пласт мощностью 12 м сложен массивной крупнокристаллической каменной солью, остальная часть разреза — брекчия алевролитов, аргиллитов и карбонатных пород, сцементированных каменной солью. Еще одной скважиной, расположенной в 35 км восточнее первых двух, брекчия алевролитов, сцементированная каменной солью, вскрыта в интервале 212—276 м. Скважина также из соленосных пород не вышла.

Соль в низах эвенкийской свиты и характер ее залегания (брекчия) свидетельствуют о том, что здесь мы, по-видимому, имеем дело с соляным диапиром. Это подтверждается данными гравиметрии, установившими вблизи охарактеризованных скважин локальные минимумы силы тяжести (Верхне-Тахрадинская и Вельмо-2 структуры). Размеры минимумов от 4×7 до 8×12 км. В районе этих структур известны соляные источники. Другие скважины, пробуренные вдали от этих минимумов, на тех же стратиграфических горизонтах соль не обнаружили.

Таким образом, Вельминская впадина считается второй после Канско-Тасеевской крупной структурой юго-западной части платформы, где широко распространены нижнекембрийские соленосные толщи. Согласно существующим представлениям (Валяшко, 1962; Косыгин, 1960; Яншин, 1961; Жарков, 1966), формирование солей происходило в бассейнах, испытывавших устойчивое некомпенсированное погружение и отделенных от открытого моря с нормальной соленостью воды мелководными, периодически осушаемыми приподнятыми участками дна бассейнов.

Компенсация прогибания дна бассейна происходила периодически путем быстрого выпадения солей из раствора, подготовленного в определенных физико-химических и климатических условиях в течение соответствующего промежутка времени. Подобные циклы совершались многократно, что обусловило многочисленность соляных пластов и пачек в разрезе соленосных отложений. Структурным условиям, необходимым для осаждения солей в юго-западной части платформы, полностью соответствовали и Канско-Тасеевская, и Вельминская впадины. Они наиболее удалены от открытого моря с нормальной соленостью воды, существовавшего на востоке Сибирской платформы (Жарков, 1966). Кроме того, сами эти впадины были отделены одна от другой и от других крупных отрицательных структур Сибирской платформы приподнятыми участками дна бассейна, которые совпадали с выделенными нами мегавалами. В пределах последних развиты карбонатные толщи без заметного присутствия в них солей (Иркиннеево-Катангский мегавал — разрезы кембрия на Иркиннеевском выступе, зоне Ангарских складок и Чадобецком поднятии). Возможно, что площади мегавалов временами осушались, что препятствовало оттоку соленых вод из впадин и способствовало повышению концентрации солей и периодическому выпадению их в осадок.

Структурная ограниченность (изолированность) Вельминской впадины по сравнению с Канско-Тасеевской представляется более четкой и определенной. Если последняя в нижнем кембрии была частью единой огромной синеклизы, простиравшейся от Енисейского кряжа на западе до Прибайкалья на востоке, то Вельминская впадина со всех сторон, по-видимому, была ограничена приподнятыми зонами дна морского бассейна. Меньшие размеры, большая структурная ограниченность Вельминской впадины, как нам представляется, способствовали большей концентрации солей, а это могло привести к формированию законченных циклов солеобразования и, следовательно, к осаждению калийных солей.

Перспективность территории Вельминской впадины на поиски калийных солей определяется еще рядом существенных факторов. Один из них — большая дифференциация внутренней структуры Вельминской

впадины, большое число локальных замкнутых отрицательных структур, часть из которых могла развиваться и в период соленакопления, т. е. быть наиболее перспективными участками для формирования залежей калийных солей. Второй особенностью, выгодно отличающей Вельминскую впадину от Канско-Тасеевской, является меньшая глубина залегания кровли нижнекембрийских соленосно-карбонатных образований. Мощность эвенкийской свиты в этом районе нигде не превышает 500 м. Поэтому бурением скважин глубиной 1—1,5 км практически в любом месте впадины возможно вскрытие не только кровли соленосной формации, но и значительной части ее разреза. Это, безусловно, должно повысить эффективность поисковых работ по сравнению с Канско-Тасеевской впадиной, где, как известно, глубина до кровли ангарской свиты нижнего кембрия во многих ее частях превышает 2 км.

Территория Вельминской впадины граничит с Приангарьем — одним из перспективных в экономическом развитии районов Красноярского края. Известные здесь крупные железорудные месторождения, месторождения и проявления бокситов, строительство Богучанской ГЭС, строительство железной дороги Решеты — Богучаны, развитие лесодобывающей и лесобрабатывающей промышленности — все способствует быстрейшему экономическому развитию района в ближайшем будущем и определяет поиски калийных солей здесь экономически выгодными и целесообразными. Следует добавить, что Вельминская впадина оценивается высокоперспективной структурой на нефть и газ, поиски которых здесь Красноярское геологическое управление начало в 1970 г.

ЛИТЕРАТУРА

- Валашко М. Г. 1962. Закономерности формирования месторождений солей. М., Изд-во МГУ.
- Геология и перспективы нефтегазоносности Тунгусской синеклизы и ее обрамления. 1968. Под редакцией В. Д. Козырева. Труды ВНИГРИ, вып. 262. Л.
- Дашкевич Н. Н., Мусатов Д. И., Фейгин Е. Б., Шерман М. Л., Яскевич В. И. 1968. Глубинное строение западной части Сибирской платформы и связь с ним траппового магматизма. — В кн. «Геологические результаты прикладной геофизики». Междунар. геол. конгресс, XXIII сессия. Доклады советских геологов. М., «Наука».
- Дашкевич Н. Н., Мусатов Д. И., Яскевич В. И., Фейгин Е. Б., Шерман М. Л. 1969. Основные этапы развития и глубинное строение западной части Сибирской платформы. — В сб. «Геологические предпосылки поисков полезных ископаемых в Красноярском крае». Красноярск.
- Жарков М. А. 1965. Основные вопросы тектоники юга Сибирской платформы в связи с перспективами калиеносности. — В сб. «Тектоника юга Сибирской платформы и перспективы ее калиеносности». М., «Наука».
- Жарков М. А. 1966. Кембрийская соленосная формация Сибирской платформы. — Сов. геол., № 2.
- Жарков М. А., Замараев С. М. 1964. История тектонического развития юга Сибирской платформы. — В кн. «Вопросы сравнительной тектоники древних платформ». М., «Наука».
- Кириллов А. С. 1963. К вопросу о структуре Приенисейской окраины Сибирской платформы. — В кн. «Тектоника Сибири», т. II.
- Косыгин Ю. А. 1960. Типы соляных структур платформенных и геосинклинальных областей. — Труды ГИН АН СССР, вып. 29.
- Косыгин Ю. А., Башарин А. К., Берзин Н. М. и др. 1964. Докембрийская тектоника Сибири. Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Савинский К. А., Мандельбаум М. М. и др. 1962. Эффективность геофизических методов разведки в южной части Сибирской платформы, впадинах Забайкалья и Дальнего Востока. М., Гостоптехиздат.
- Савинский К. А. 1964. Глубинная структура южной части Сибирской платформы. М., «Недра».
- Семихатов М. А., Трапезников Ю. А. 1965. Юго-западная граница Сибирской платформы в венде и раннем кембрии. — Геотектоника, № 4.
- Спижарский Т. Н. 1964. Сибирская платформа, ее возникновение и история развития. — В кн. «Вопросы сравнительной тектоники древних платформ». М., «Наука».
- Сулимов И. Н., Воробьев И. В., Коптев В. В., Сафронова И. Г. и др. 1966. Геология и перспективы нефтегазоносности юго-запада Сибирской платформы. М., «Недра».
- Янин А. Л. 1961. О глубине солеродных бассейнов и некоторых вопросах формирования мощных соляных толщ. — Геол. и геофиз., № 1.

ПЕРСПЕКТИВЫ КАЛИЕНОСТИ СРЕДНЕДЕВОНСКОЙ СОЛЕНОСНОЙ ФОРМАЦИИ ТУВЫ

Каменная соль в среднем девоне Тувы известна с 1612 г. (Левенко, 1955, 1956), но степень изученности галогенной формации до сих пор крайне слаба. По представлениям геологов, проводивших исследования до 1963 г., запасы соли в недрах Тувы ограничивались линзообразной залежью Туз-Тагского месторождения размером в плане 300—900 м, моноклинально падающей на северо-запад под углом 40—45° (Лепешков и др., 1958; Пастухова, 1960).

Месторождение находится в 160 км юго-западнее Кызыла (рис. 1) и приурочено к южному крылу Западно-Таннуольского синклинория, основную роль в строении которого играют девонские отложения, представленные всеми тремя отделами (Зайков и др., 1967). Соленосной является ихедушингольская свита среднего девона. Петрографические и физико-химические исследования каменной соли и вмещающих пород Туз-Тагского месторождения показали, что в среднедевонском солеродном бассейне существовали благоприятные условия для выпадения калийных солей (Лепешков и др. 1958; Пастухова, 1960). Однако, когда в 1961 г. возник вопрос о выборе площадей для поисков калийных солей на территории Сибири, то территория Тувы была отнесена к числу мало перспективных (Яншин, 1962). Основным доводом в пользу такого решения

послужили представления исследователей о весьма незначительных размерах среднедевонского солеродного бассейна. В частности, М. В. Пастухова (1960), обобщившая материалы по галогенным отложениям Тувы, пришла к выводу, что соленосные отложения формировались здесь в условиях небольших лагунных бассейнов. Несмотря на это, Межведомственная комиссия по координации работ в области поисков фосфоритов и калийных солей на территории Сибири и Дальнего Востока рекомендовала провести в этом районе дополнительные работы для уточнения перспектив калиености среднедевонской галогенной формации Тувы.

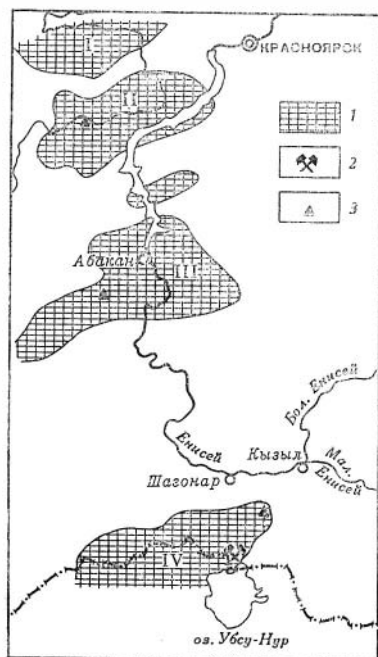


Рис. 1. Схематическая карта распространения осадков среднедевонской галогенной формации на территории Тувы и прилегающих районов

I — среднедевонские отложения впадин: I — Назаровской, II — Чулымо-Енисейской, III — Сыдо-Ербинской, IV — Тувинской; 2 — район Туз-Тагского и Торгалыгского месторождений каменной соли; 3 — месторождение гилса

В 1964—1966 гг. на Туз-Тагском месторождении Тувинской экспедицией Красноярского геологического управления было пробурено несколько поисковых скважин, в результате чего были получены новые данные о перспективах калиеносности этого района (Зайков и др., 1967). Кроме того, на территории Тувы в 1966—1967 гг. были проведены дополнительные гидрохимические исследования (Пиннекер, 1968). Полученные материалы показали, что существующие представления о незначительных размерах среднедевонского солеродного бассейна Тувы и, как следствие, вывод о неперспективности среднедевонских соленосных толщ на калийные соли не подтверждаются.

Прежде всего следует отметить открытие нового Торгалыгского месторождения каменной соли, расположенного в 8 км на запад от Туз-Тагского. Оно тоже приурочено к ихедушингольской свите и располагается в единой полосе развития галогенных осадков среднего девона (Зайков и др., 1967). На Торгалыгском месторождении выявлено три соленосных горизонта, имеющих следующие мощности: нижний (I) — 36 м, средний (II) — 48—100 м, верхний (III) — 120 м. Общая мощность соленосной толщи — 678 м, но низы ее не вскрыты бурением.

Несоляные породы, как и на Туз-Тагском месторождении, представлены алевритами и глинами, реже седиментационными брекчиями на глинисто-соляном цементе. Глины, как правило, приурочены к кровле залежей соли. Есть основание предполагать, что соляная залежь Туз-Тагского месторождения является аналогом лишь верхней (III) пачки соли вновь открытого Торгалыгского месторождения. На это указывает, во-первых, то, что в том и другом случае в кровле соли залегают своеобразные глины с щебенкой пород кровли, во-вторых, тектурные и структурные особенности соли; что же касается несовпадения мощностей, характера и степени калиепроявлений сравниваемых пачек, то, по-видимому, это объясняется различными уровнями среза соленосных пачек процессами выщелачивания. Если учесть, что мощность верхней пачки на Туз-Тагском месторождении имеет мощность около 340 м, можно предположить, что суммарная мощность соленосных отложений в

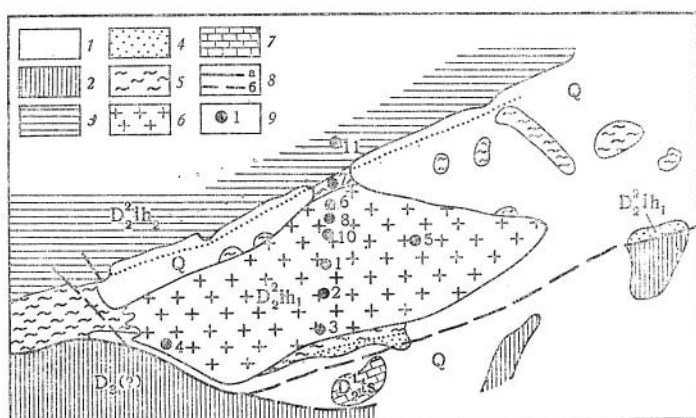


Рис. 2. Геологическая схема Туз-Тагского месторождения каменной соли (по И. И. Телкову и др.)

1 — четвертичные отложения (Q); 2 — верхнедевонские (?) отложения (D_3) — крупнозернистые песчаники, конгломераты; 3—6 — среднедевонские отложения ихедушингольской свиты (D_2^{1h}): 3 — верхняя часть свиты (D_2^{1h1}) — алевриты, песчаники, 4—6 — нижняя часть свиты (D_2^{1h2}): 4 — терригенные породы, 5 — глины, 6 — каменная соль; 7 — среднедевонские отложения таштыпской свиты (D_2^{1ts}) — известняки с прослоями песчаников; 8 — дизъюнктивные нарушения (а — установленные, б — предполагаемые); 9 — пробуренные скважины по профилю

рассматриваемом районе составляет не менее 900 м. Такие мощности уже не могут быть объяснены с позиции существования в среднедевонское время на территории Тувы солеродного бассейна незначительных размеров.

Вряд ли можно поэтому согласиться с предыдущими исследователями (Зайков и др., 1967; Левенко, 1955, 1956; Пастухова, 1960), считающими современную «линзообразную» форму залежи соли Туз-Тагского месторождения (рис. 2) первично осадочного происхождения. По-видимому, первоначально была сформирована мощная, значительная по площади распространения, пластовая залежь соли, которая в результате последующего воздействия тектоники, процессов денудации и выщелачивания приобрела наблюдаемые форму и залегание.

Имеющиеся фактические данные позволяют предполагать, что рассматриваемая соляная залежь продолжается на восток. Такой вывод сделали в свое время А. А. Иванов и Ю. Ф. Левицкий (1960), которые отмечали, что соляная залежь Туз-Тагского месторождения в восточном направлении может прослеживаться на несколько километров. Это подтвердилось открытием Торгалыгского месторождения. На западе Туз-Тагская залежь соли сначала была срезана дизъюнктивным нарушением, а затем, вероятно, была размита. Такое допущение подтверждается следующими данными. Туз-Тагское месторождение слагают:

	Мощность, м
1. Глины в кровле	30
2. Каменная соль со средним содержанием нерастворимого остатка 5%	342
3. Несоляные породы внутри залежи каменной соли	53
4. Глины в почве	20
Суммарная мощность отложений	450

При выщелачивании пласта каменной соли, содержащей 5% нерастворимого остатка, должен образоваться слой глины мощностью 17 м, а суммарная мощность толщи, состоящей преимущественно из глин, будет равна 120 м. Именно такая мощность глин наблюдается на западном продолжении Туз-Тагской соляной залежи за дизъюнктивным нарушением (см. рис. 1). Вполне вероятно поэтому, что соленосные отложения некогда присутствовали западнее Туз-Тага.

В настоящее время имеются данные, которые свидетельствуют о развитии среднедевонских соляных толщ далеко на восток от Торгалыгского месторождения. В этом отношении ценны указания Е. В. Пиннекера (1968) о том, что для поисков каменной соли чрезвычайно перспективен район Самагалтайского озера, где отчетливо наблюдается разгрузка как подземных соленых вод. Это примерно в 160 км по прямой на восток от Туз-Тагского месторождения. Е. В. Пиннекер отмечает и другие участки выходов соленых источников в Убсу-Нурской долине, указывающие на выщелачивание солей в недрах.

Все приведенные данные свидетельствуют о широком площадном развитии среднедевонских галогенных отложений на территории Тувы. Такое мнение подтверждается результатами работ, проведенных Н. Н. Предтеченским (1959). На основании литолого-палеогеографических исследований им выделена область распространения лагунных фаций среднего девона площадью около 30 000 км². В плане эти осадки имеют форму «залива», открытого в сторону Монголии (рис. 1), где среднедевонские галогенные осадки, вероятно, развиты более широко. Правоммерно поэтому предположение о существовании в среднедевонское время единого Тувино-Монгольского солеродного бассейна значительных размеров.

Для решения вопроса о мощности и площадном распространении соленосных отложений Тувы весьма важно установить местоположение осадков подготовительной стадии развития солеродного бассейна — карбонатов и сульфатов, — отсутствующих во вскрытых разрезах Туз-Тагского и Торгалыгского месторождений. Естественно допустить, что обычно предшествующие садке каменной соли сульфатные и карбонатные породы находятся в нижней, не вскрытой еще скважинами, части среднедевонской галогенной толщи. Однако физико-химические исследования каменной соли средней пачки Торгалыгского месторождения, проведенные А. С. Колосовым (Зайков и др., 1967), позволили предположить, что садка солей пачки происходила в части солеродного бассейна, значительно удаленной от области морского питания, куда поступали морские рассолы, уже выделившие по пути значительную часть своего хлористого натрия. Основанием для таких выводов стали высокие значения бромхлорных отношений каменной соли.

В таком случае где же находились ранее и находятся сейчас области солеродного бассейна с осадками подготовительной стадии его развития? Несомненно они располагались в той части огромного Тувино-Монгольского солеродного бассейна среднедевонского возраста, откуда шло морское питание этого бассейна. По территории Монголии мы не располагаем такими данными, но по территории Тувы и смежной с ней южной части Красноярского края есть некоторые указания. В частности, исследования Э. Н. Янова, В. С. Мелешенко и Н. Н. Предтеченского (1963) показали, что состав фауны, содержащейся в карбонатах, подстилающих галогенные отложения среднего девона Тувы и впадин Минусинского

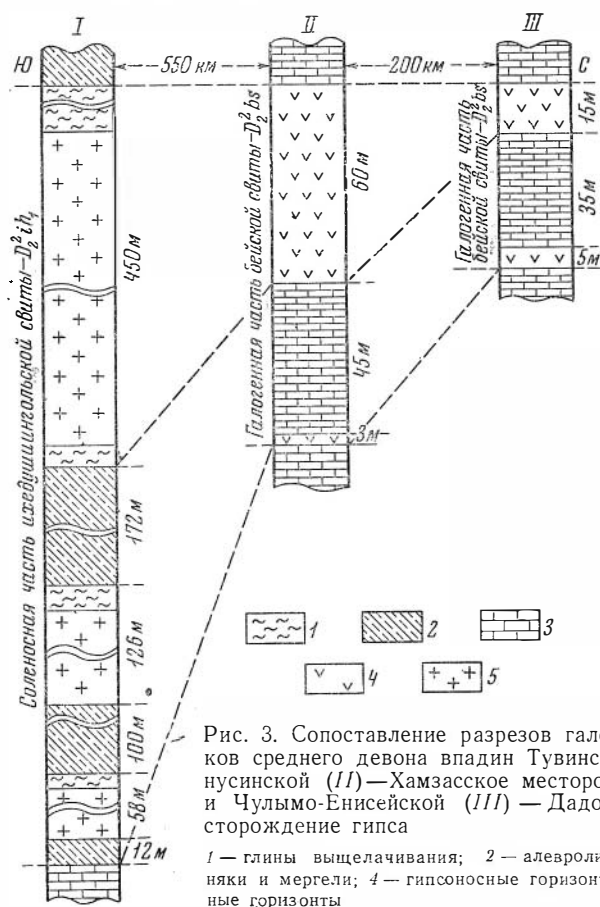


Рис. 3. Сопоставление разрезов галогенных осадков среднего девона впадин Тувинской (I), Минусинской (II) — Хамзасское месторождение гипса и Чулымо-Енисейской (III) — Дадонковское месторождение гипса

1 — глины выщелачивания; 2 — алевролиты; 3 — известняки и мергели; 4 — гипсоносные горизонты; 5 — соленосные горизонты

прогиба, указывает на связь девонских морей Тувы с морями Монголии. В то же время закономерное увеличение мощности среднедевонских галогенных осадков с севера на юг в зоне Минусинского прогиба в какой-то мере указывает на пути движения морских вод. Например, в Чулымо-Енисейской впадине, самой северной в Минусинском прогибе, на Дадонковском месторождении гипса мощность галогенных осадков равна 55 м. В самой южной впадине — Минусинской — на Хомзасском месторождении гипса мощность их 108 м, а в районе Тувы соляная толща полностью не вскрыта, но, по-видимому, значительно больше 900 м (рис. 3).

Необходимо отметить, что в 1961 г. Е. И. Перумовым в 80 км на северо-восток от Туз-Тагского месторождения каменной соли выявлено Актальское месторождение гипса, расположенное вблизи южной окраины «залива» осадков лагунных фаций, тяготеющей к зоне Минусинского прогиба (см. рис. 2).

Таким образом, представления о более широком развитии соленосных отложений среднего девона Тувы можно считать несомненными, однако точные границы их распространения еще не установлены.

Изменились представления и о калиеносности галогенной формации среднего девона Тувы. В дополнение к ранее известным данным о калие-проявлениях, основанных на исследованиях отдельных штучных образцов из скв. 5, 7, 8, показавших содержание хлористого калия от 1,83% до 65,63% (Лепешков и др., 1958), появились новые сведения (Зайков и др., 1967), часть которых приведена в табл.

Т а б л и ц а
Содержание хлористого калия в каменной соли Торгалыгского
и Туз-Тагского месторождений

Скв., №	Интервал глубины (в м)	Спробованная мощность (в м)*	Содержание КСI (в %)
Торгалыгское месторождение			
6	108,90—109,05	0,15	5,73
1	50,20—51,00	0,80	4,75
1	51,00—53,00	2,00	1,01
5	383,75—384,00	0,35	2,67
5	400,80—401,00	0,20	6,10
5	401,00—401,50	0,50	12,51
5	401,50—402,25	0,72	8,79
Туз-Тагское месторождение			
11	203,00—204,7	1,7	3,07
11	245,6—246,0	0,4	16,63
11	257,6—258,6	1,0	5,60

* Угол встречи пластов по скв. 1—45°, по скв. 5—60°, по скв. 6—50°, по скв. 11—50°.

Как показывают данные таблицы, в каменной соли имеются пропластки бедных сильвинитов мощностью 0,4—0,5 м с содержанием хлористого калия 12,51—16,63%. Это свидетельствует о том, что концентрация рапы в среднедевонском солеродном бассейне Тувы достигла степени садки калийных солей и что могут быть участки, где скопления калийных солей могли достичь промышленных размеров. Установлено также, что количество и интенсивность калиепроявлений возрастает от почвы к кровле соляных пачек и от нижней пачки к верхней. Например, суммарная мощность обогащенных калием интервалов по нижней пачке Торгалыгского месторождения составляет 2,83 м, при среднем содержании хлористого калия 3,77%, а по соляной залежи Туз-Тагского месторождения соответственно 6,62 м и 8,0%. Для средней пачки соли

Торгалыгского месторождения эти данные имеют промежуточные значения. Такая направленность развития солеродного бассейна позволяет предположить, что в его пределах имел место завершённый цикл соле-накопления, верхними членами которого являются калийные соли.

Вполне возможно, что в районе Туз-Тагского и Торгалыгского месторождений верхние части соляного разреза были представлены калийными солями, но позднее, вблизи поверхности, оказались выщелоченными. Такое допущение в какой-то мере подтверждается приуроченностью карстов, выполненных глинами, к кровле соляных залежей как на Туз-Тагском, так и на Торгалыгском месторождениях.

О том, что выщелачивание калийных солей происходило и происходит в наше время, свидетельствуют родники вод выщелачивания с повышенными содержаниями калия (Зайков и др., 1967; Пиннекер, 1968). В частности, в районе Торгалыгского месторождения каменной соли имеются родники, вода которых содержит хлора 2730 мг/л и калия 94 мг/л. На основании методики, разработанной М. Г. Валяшко (1962), фигуративные точки этих рассолов на графике калийхлорных отношений попадают в область, характерную для рассолов и вод выщелачивания, если они размывают месторождения калийных солей. Все эти данные позволяют говорить о перспективности на калийные соли среднедевонской галогенной формации Тувы. Вместе с тем остается еще много неясных вопросов, требующих уточнения и решения. Для оценки перспектив калиеносности этого района необходимо в первую очередь провести всесторонние тематические исследования, обобщить все имеющиеся данные, а уже затем рекомендовать рациональный план геофизических и буровых работ для поисков месторождений калийных солей.

ЛИТЕРАТУРА

- Валяшко М. Г. 1962. Закономерности формирования месторождений солей. М., Изд-во МГУ.
- Валяшко М. Г., Мандрыкина Г. В. 1952. Бром в соленосных отложениях как генетический и поисковый признак. — Труды ВНИИГ, вып. XXIII.
- Валяшко М. Г., Жеребцова И. К., Садыков Л. З. 1966. Геохимические методы поисков месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ.
- Зайков В. В., Колосов А. С., Онуфриева Е. В. 1967. Новые данные о соленосности девонских отложений Тувы. — Геол. и геоф., № 8.
- Иванов А. А. 1953. Основы геологии и методика поисков, разведки и оценки месторождений минеральных солей. Л., Госгеоллиздат.
- Иванов А. А., Левицкий Ю. Ф. 1960. Геология галогенных отложений (формаций) СССР. Труды Всес. н.-и. геол. ин-та, т. 35. М., Госгеоллиздат.
- Левенко А. Н., 1955. О возрасте соленосных отложений горы Туз-Таг (Тува). — Изв. АН СССР, серия геол., № 3.
- Левенко А. Н. Новые данные о возрасте галогенных отложений Тувы (девон). — Докл. АН СССР, т. 109, № 5.
- Лепешков И. Н., Ромашова Н. Н., Соловьев В. К. 1958. О калиеносности соляных отложений Тувы. — Докл. АН СССР, т. 119, № 6.
- Минко Г. М. 1965. Обоснование направления поисков калийных солей в Канско-Тасеевской впадине. — В сб.: Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири. Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Пастухова М. В. 1960. Вещественный состав соляных пород соленосной толщи среднего девона Тувинской Автономной области. — Труды ВНИИГ, вып. XI.
- Пиннекер Е. В. 1968. Минеральные воды Тувы. Кызыл.
- Предтеченский Н. Н. 1959. Стратиграфия и фации девонских и нижнепалеозойских отложений Усинской котловины. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 12.
- Страхов Н. М. 1962. Основы теории литогенеза, т. III. М., Изд-во АН СССР.
- Фивег М. П. 1967. Методика поисков калийных солей. Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Янов Э. Н., Мелещенко В. С., Предтеченский Н. Н. 1963. О методике составления литолого-палеогеографических карт девона Саяно-Алтайской складчатой области. Методы составления литолого-фациальных и палеогеографических карт. — Труды V Всесоюзного совещания, т. I, Новосибирск, изд-во СО АН СССР.
- Яншин А. Л. 1962. Перспективы открытия месторождений калийных солей на территории Сибири. — Геол. и геоф., № 10.

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ГЕОХИМИИ СОЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В статье приводятся результаты работ последних трех — четырех лет, когда мы различными методами пытались подойти к пониманию физико-химической обстановки соленакопления в кембрийское время для юго-западной части Сибирской платформы, особенно на заключительном этапе этого соленакопления — этапе образования тынысской и троицкой пачек. Понимание этой обстановки важно для определения дальнейшего направления поисков калийных солей. Кроме того, в ходе исследований были получены данные, важные для геохимии соленосных отложений.

В первую очередь остановимся на результатах изучения распределения брома в каменной соли троицкой и тынысской пачек и связи его с характером калиепроявлений. Эти исследования являются продолжением подобных исследований, проводившихся Лабораторией солей ИФХИМС¹ в начальный период поисковых работ (Лепешков и др., 1960; Николаев и др., 1962; Никольская и др., 1965; Василевская и др., 1966).

Троицкая пачка (рис. 1) представляется как бы единым циклом с постепенным нарастанием значений $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ от значений сильвинитовой

зоны (0,4—0,6), по шкале М. Г. Валяшко (1962; Валяшко, Мандрыкина, 1952), до 0,6—0,8, а иногда и выше. Для некоторых разрезов в верхах пачки появляется рецессивная часть цикла с обратным снижением значений (скв. 37, 42). Если сравнивать графики распределения брома для разрезов различных участков, то можно отметить, что наблюдается общий сдвиг графиков распределения в сторону более высо-

ких значений $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ к участку наиболее интенсивных проявлений калийных солей по пачке (район профиля V.) Это сочетается с ростом карналлитового характера калиепроявлений (особенно по разрезу скв. 37). Наоборот, для скв. 47, где калиепроявления практически отсутствуют, график распределения сдвинут почти целиком в сильвинитовую зону.

Разрезы тынысской пачки (рис. 2) по характеру распределения брома в каменной соли могут быть разбиты по крайней мере на две группы:

а) разрезы центрального района (профили IV—V, отчасти VI), которые в целом отличают низкие значения $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}} = 0,2—0,4$, а также отсутствие отчетливой цикличности в графике распределения брома. Это сочетается с практически полным отсутствием калиепроявлений;

¹ Институт физико-химических основ переработки минерального сырья.

б) разрезы южных профилей (скв. 28, 26, 33) и наиболее северного профиля (скв. 47), в которых появляются более высокие значения $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$, заходящие в сильвинитовую зону на значительных интервалах.

Появляется хорошо выраженная цикличность графиков, в них можно выделить 3—4 цикла с переходом от сравнительно низких значений бромхлорных коэффициентов до значений максимальных. Это сопровождается для соответствующих участков района поисков появлением первичных калиепроявлений в виде сильвина. Подобные калиепроявления известны в тынесской пачке скв. 26—28, 33 на юге; на севере заметные первичные проявления сильвина в интервалах разреза мощностью 2—3 м отмечены для скв. 64.

Характер распределения брома по тронцкой пачке в общем отражает устойчивый направленный характер соленакопления в это время.

Однако отсутствие заметных скачков $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ в области довольно многочисленных несолевых прослоев указывает на то, что формирование этих прослоев в значительной мере было связано с вторжением материковых пресных вод (Braitsch, 1965). Эти воды благодаря малому содержанию в них хлора не могут вызывать заметных колебаний бромхлорных коэффициентов рапы бассейна (особенно при расслоении рапы в бассейне, предохраняющем галит от растворения, по крайней мере, до образования илового экрана).

Цикличность графика для тынесской пачки говорит о периодических, довольно значительных разбавлениях рапы бассейна морской водой в период формирования пачки. Эти разбавления возвращали в большей или меньшей мере бассейн к начальным стадиям соленакопления.

Как одно из объяснений различия графиков распределения можно предположить, что графики с максимальными значениями и цикличностью характерны для более глубоких частей бассейна, с более длительным (из-за оттока остаточной, наиболее концентрированной рапы) соленакоплением. Не вдаваясь в детали, можно в данном случае провести известную аналогию с данными Шульце (Schulze, 1958) для средне-немецкого цехштейна (полученными также в региональном плане), где появление максимумов на графике распределения брома и дальнейшее их нарастание происходит при движении от окраинной части бассейна к Ганноверскому калийному району. Пласты, отвечающие максимумам, являются аналогами калийных горизонтов, развитых в этом районе. Направление нарастания максимальных значений совпадает также с направлением к области морского питания, по данным палеогеографических схем Рихтера-Бернбурга (Richter-Bernburg, 1953, 1957).

В другом разделе работы, который удалось выполнить, когда мы стали располагать материалом по многочисленным калиепроявлениям, в отдельных случаях по маломощным прослоям калийных пород, рассматривается распределение брома между хлоридами калийсодержащих пород (табл. 1 и 2).

Для понимания полученных результатов существенно важны два момента: во-первых, содержание брома в одновременно кристаллизующихся (сингенетических) хлоридах характеризуется следующим соотношением — галит : сильвин : карналлит = $1 : (10 \pm 1) : (7 \pm 1)$ (Braitsch, 1962; Braitsch, Herrman, 1963); во-вторых, если растворимость галита мало изменяется с температурой, то для калийных хлоридов (в частности, для сильвина) она сильно возрастает с повышением температуры. Как следствие — чем выше температура, тем при более высокой концентрации рапы (в том числе и по бром) начинается совместная садка сильвина и галита, тем выше будет содержание брома в них в момент садки. Это нашло выражение в геологическом термометре Брайча

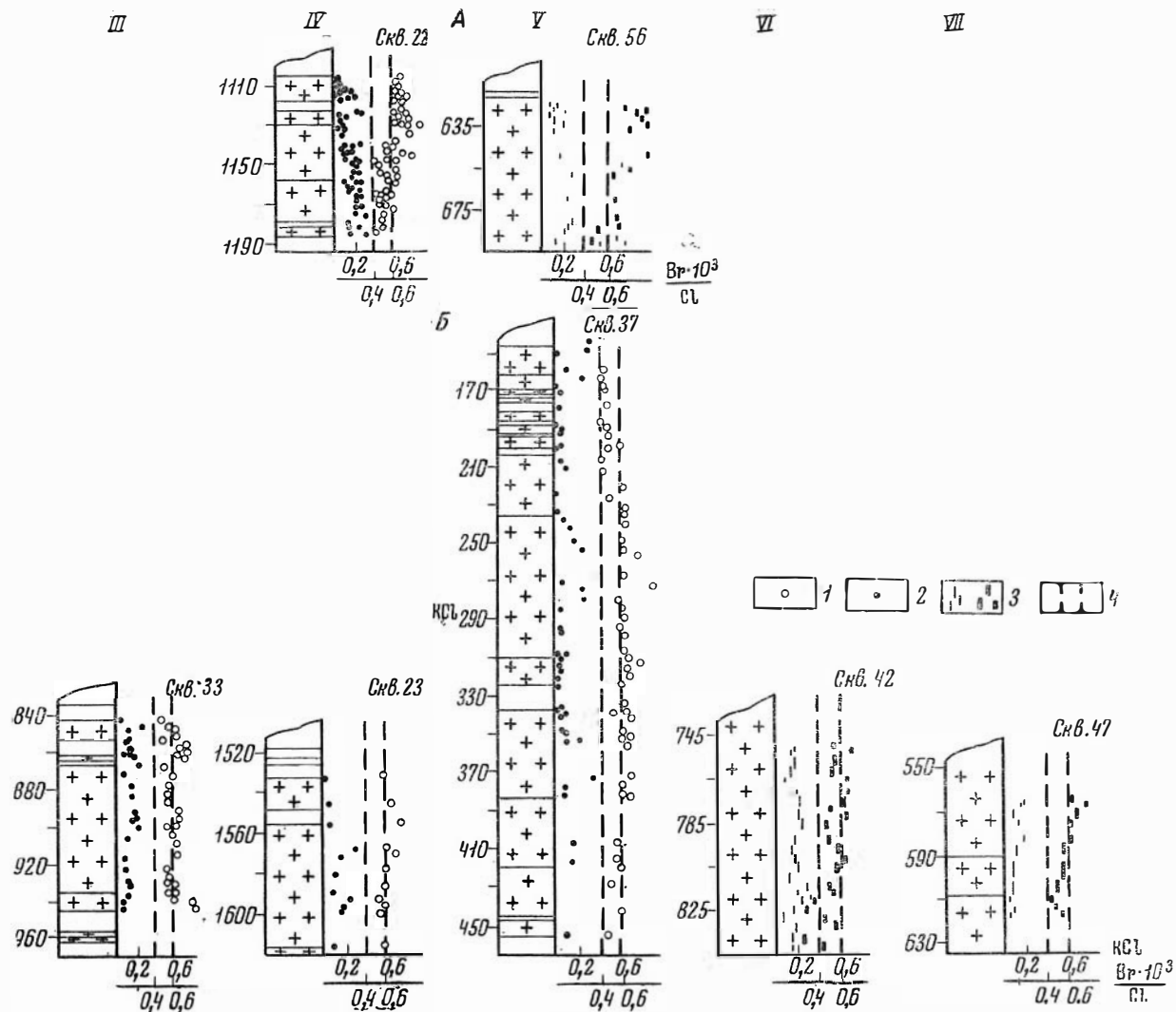


Рис. 1. Распределение брома и калия в каменной соли троичской пачки (по району поискового бурения КГУ)

А — западное крыло Троицко-Михайловского вала;

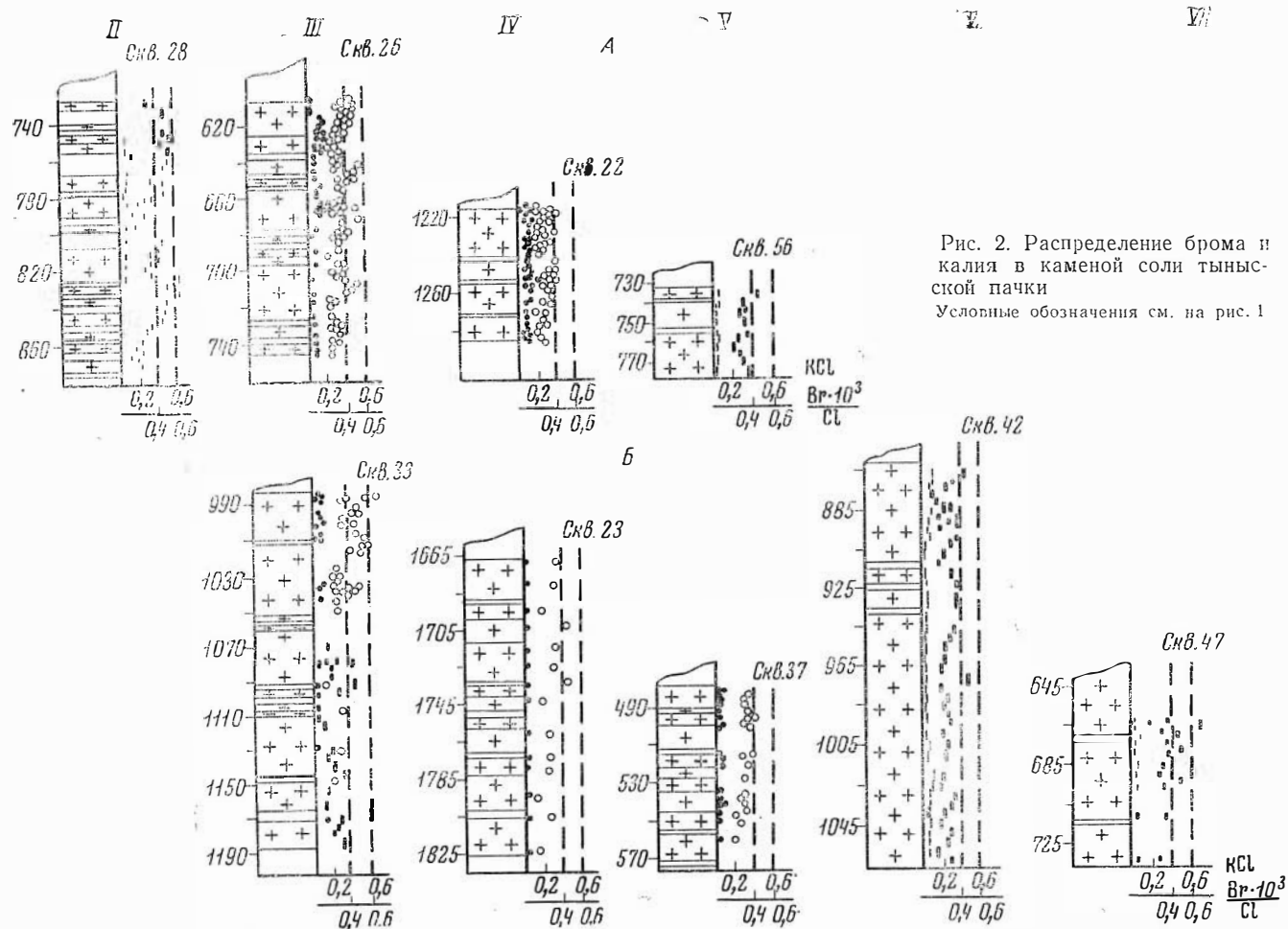
Б — восточное крыло Троицко-Михайловского вала (римскими цифрами обозначены буровые профили; см. на рис. 1 в статье И. В. Бригана)

1 — значения бромхлорного коэффициента;

2 — содержание хлористого калия в точечных пробах;

3 — соответствующие значения для секционных проб (в пределах интервала опробования);

4 — зона галита сильвинитовой зоны (0,2—0,4). Используются значения для проб с $KCl < 0,3\%$ и н. о. $< 5\%$



Т а б л и ц а 1

Распределение брома в сильвине и галите сильвин-галитовых пород троицкой пачки

Скв. №	Глубина (в м)	Описание сильвина	Вг в сильвине (в %)	Вг в галите (в %)	Вг сильвина Вг галита
Западное крыло Троицкой структуры					
22	1114,6	Бесцветный	0,48	0,039	12
	1117,2	Розовый	0,36	0,044	8
60	1338,4	Бесцветный	0,34	0,038	9
	1374,4	»	0,33	0,038	9
	1376,2	Слабо-желтый	0,32	0,035	9
	1394,6	»	0,33	0,034	9
	1397,0	»	0,30	0,035	8
	1405,5	Розовый	0,22	0,035	6
	1406,9	Бесцветный	0,33	0,041	8
	1407,2	Слабо-желтый	0,30	0,034	9
Западное крыло Сутяженской структуры					
91	187,7	Бесцветный в «пестром сильвине»	0,61	0,038	16
	195,4	То же	0,66	0,050	13
78	123,7	» »	0,49	0,034	14
	125,4	» »	0,59	0,043	14
79	223,0	» »	0,52	0,034	15
56	590,1	Розовый	0,37	0,049	7
	590,5	Слабо-желтый	0,54	0,048	11
	591,5	Бесцветный	0,51	0,047	11
	594,5	Красный	0,22	0,042	5
	596,3	Бесцветный	0,58	0,051	11
	600,0	Розовый	0,36	0,048	7
	664,0	Желтый	0,31	0,034	9
	664,0	Красный	0,26	0,037	7
	664,0	Бесцветный	0,39	0,038	10
89	274,5	Слабо-розовый	0,46	0,041	11
	281,7	Бесцветный	0,68	0,045	15
	287,7	Слабо-розовый	0,43	0,048	9
	341,5	»	0,41	0,039	11
	342,4	Розовый	0,38	0,034	11
Южная оконечность Южно-Кокуйской структуры					
61	1073,7	Черный (0,45 % Fe ₂ O ₃)	0,15	0,032	5
	1076,4	Розовый	0,28	0,047	6
	1077,8	Слабо-розовый	0,37	0,053	7
	1081,0	Бесцветный	0,60	0,052	11
	1131,8	Слабо-розовый	0,38	0,038	10

(Braitsch, 1962), рассчитанном для сильно метаморфизованных морских рассолов, лишенных SO₄, вполне применимом для метаморфизованного кембрийского бассейна. При понимании этих основных фактов могут быть объяснены соотношения, характерные для сильвинсодержащих пород (табл. 1 и 2). Речь идет об образованиях, первичное седиментационное происхождение которых наиболее вероятно.

1. Парагенезы, имеющие $\frac{\text{BrKCl}}{\text{BrNaCl}} \sim 10$, образовались в условиях, когда и галит, и сильвин осаждались одновременно при испарении (большинство парагенезов троицкой пачки).

2. Парагенезы с $\frac{\text{BrKCl}}{\text{BrNaCl}} \ll 10$ могли возникнуть тогда, когда рапа не достигла еще концентрации, необходимой для садки сильвина в теп-

Т а б л и ц а 2

Распределение брома в сильвине и галите сильвин-галитовых пород тынысской пачки

Скв., №	Глубина (в м)	Описание сильвина	Вг в сильвине (в %)	Вг в галите (в %)	Вг сильвина
					Вг галита
60	1446,4	Бесцветный	0,44	0,049	9
	1539,3	Розовый	0,29	0,033	9

Погружение к востоку от Хырсапьевской структуры

64	1343,6	Красный	0,092	0,016	6
	1344,2	»	0,14	0,023	6
	1344,5	»	0,12	0,025	5
	1344,8	»	0,11	0,022	5
	1345,3	»	0,11	0,021	5
	1345,3	Бесцветный	0,17	0,021	8
	1345,4	Красный	0,10	0,019	5
	1345,4	Бесцветный	0,17	0,019	9
	1345,5	Красный	0,091	0,020	5
	1345,5	Бесцветный	0,16	0,020	6
	1345,6	Розовый	0,17	0,021	6
	1345,7	«	0,15	0,024	6
	1345,7	Бесцветный	0,18	0,024	8

лое время года; при испарении осаждался только галит. При охлаждении и даже некотором разбавлении (при снижении концентрации) осаждался только сильвин (большая часть изученных парагенезов тынысской пачки с красным сильвином, образовавшихся в начальной стадии садки сильвина, когда вообще его садка при испарении была совершенно исключена, имеет $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}} = 0,3$; $\text{Br} - 0,02\%$); часть парагенезов троицкой пачки, для которых надо предполагать их образование на значительно более высоких стадиях концентрирования в условиях спорадических разбавлений, когда имелось хорошее смешение рассолов.

3. Наиболее сложен случай, когда $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}} > 10$. Для него нами принята и просчитана модель, по которой карналлит, выпавший при относительно умеренных температурах, плавится с разложением до сильвина при более высоких температурах. Таким образом, возникает парагенез низкотемпературного галита с высокотемпературным сильвином. Для развития подобных процессов предполагается расслоение рапы, которое могло возникать при натекании пресных материковых вод на поверхность бассейна. Они снижают испарение самой рапы и повышают температуру придонного слоя за счет так называемого парникового эффекта. Все повышенные отношения связаны в нашем случае с «пестрыми сильвинитами» (скв. 78, 79, 89 и 91), образование которых объясняется воздействием пресноводного питания в краевой части бассейна, действовавшего на первоначально выпадавший карналлит. Можно предполагать сходный механизм образования двух сильвинитовых парагенезов из усольской свиты по Тулунской опорной скв. и скв. 37, пробуренной в Присаянье, для которых получены $\frac{\text{BrKCl}}{\text{BrNaCl}}$, соответственно равные 17 и 12.

Высокие содержания брома в хлоридах, наряду с высокими отношениями $\frac{\text{BrKCl}}{\text{BrNaCl}}$, характеризуют более высокие температуры солеотложения для кембрия, по крайней мере для троицкого и усольского времени, чем для других солеродных бассейнов. Так, содержание Br

в сильвине достигает здесь 0,6—0,65%, тогда как максимальное известное содержание для сильвина Рейнского грабена—0,39% (Braitsch, 1965). Отчасти, возможно, эта специфика связана с тем, что наши данные относятся к краевым, относительно мелководным, и потому хорошо прогреваемым частям бассейна.

В предложенной схеме процессов, определяющих наблюдаемое распределение брома между хлоридами, находит объяснение также видимое увеличение $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ по мере снижения интенсивности окраски сильвина. Подобное явление связано, очевидно, с формами существования и выделения железа в морских рассолах, богатых калием, в виде хлоридных комплексов. При повышенных температурах (выше 26,4°) Fe^{+} при достаточной концентрации выделяется в виде риннеита— $\text{K}_3\text{NaFeCl}_6$. При более низких температурах FeCl_2 , активно вмешиваясь в процессы кристаллизации сильвина, сокристаллизуется с ним (Steinicke, 1962) или изоморфно магнию входит в карналлит (D'Ans, Freund, 1954). При инконгруэнтном, относительно высокотемпературном разложении карналлита, когда процесс может происходить в тонком придонном слое, могут создаваться концентрации FeCl_2 , достаточные для кристаллизации риннеита. Действительно, в Канско-Тасеевской впадине риннеит присутствует по большей части в «пестрых» сильвинитах и часто включен в кристаллы бесцветного и молочно-белого сильвина. В низкотемпературном сильвине (и карналлите) соосажденное железо не концентрируется в виде самостоятельных минеральных форм и под влиянием радиоактивного излучения K^{40} окисляется и дает гематит и гётит пигмента (Борщевский, 1963).

Высокотемпературное течение соленакопления в троичное время подтверждается также широким распространением проявлений риннеита (наиболее интенсивных в зоне «пестрых» сильвинитов), встреченных практически во всех 14 скважинах, где имеются калиепроявления. Это, очевидно, объясняется и геохимической спецификой кембрийского риннеита—значительно более высоким содержанием в нем марганца и брома, по сравнению с риннеитом из других бассейнов. Следует сказать, что палеогеография районов проявлений риннеита имеет много общего с районами его проявлений в других бассейнах. Как правило, риннеит встречен в краевых областях бассейна седиментации с наиболее интенсивным сносом (D'Ans, Freund, 1954).

Кроме солей, мы занимались изучением химического и минерального состава межсолевых пород и нерастворимых остатков солей по троичкой и тынцесской пачкам из кернов скважин 22, 23, 91 и 88. Для получения сравнительного материала были проанализированы межсолевые породы ангарской свиты из скв. 29, пробуренной в Илгинской впадине. При изучении межсолевых пород использовались химический анализ, пламенная фотометрия, рентгенофазовый и минерало-микроскопический анализ.

На диаграммах (рис. 3, 4, 5) дан состав межсолевых пород и нерастворимых остатков по основным минеральным составляющим. Как видно, большинство галопелитов троичкой и тынцесской пачек имеют преимущественно силикатный или же силикатно-ангидридовый состав. Отмечается относительное постоянство отношения содержания карбонатов к содержанию силикатов как в пределах района, так и в разрезе, особенно для нерастворимого остатка солей. В целом по исследованным пробам нерастворимых остатков солей оно колеблется от 0,1 до 0,5; этот предел значительно сокращается для каждого частного разреза.

Интересно, что пересчет данных для галопелитов Соликамского и Старобинского месторождений дает аналогичные, даже несколько более узкие, пределы карбонат-силикатного отношения. Некоторое постоян-

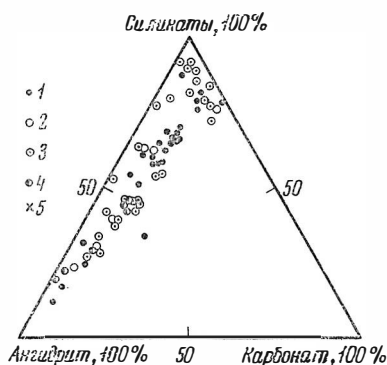


Рис. 3. Диаграмма состава галопелитов из скв. 22 (по основным минеральным составляющим)

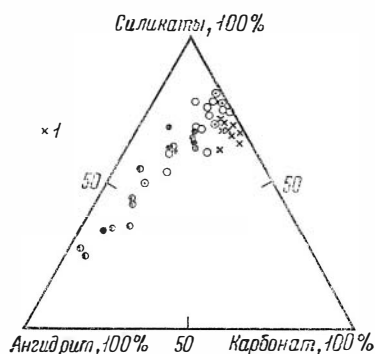
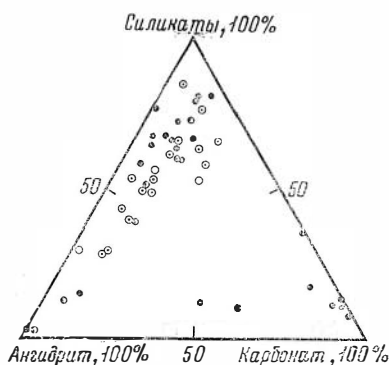
- 1, 2 — по троичной пачке:
 1 — межсоловые породы,
 2 — нерастворимый остаток солей;
 3, 4 — то же по тынесской пачке:
 3 — межсоловые породы,
 4 — нерастворимый остаток

Рис. 4. Диаграмма состава галопелитов из скв. 23 (по основным минеральным составляющим)

Условные обозначения см. на рис. 3

Рис. 5. Диаграмма состава галопелитов из кернов скв. 88 и 91

Условные обозначения см. на рис. 3 (знак 5 — для скв. 88)



ство этого отношения для различных месторождений, очевидно, подтверждает мнение о том, что на стадии садки калийных солей накопление карбонатов связано преимущественно с материковым питанием, приносящим в эквивалентных количествах терригенный материал и $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, продуктом взаимодействия которого с рапой и являются карбонаты.

Вариации карбонат-силикатного отношения по площади объясняются, очевидно, изменением условий выделения карбонатов и осаждения терригенного материала. Напротив, как видно из диаграмм, отношение содержания ангидрита к содержанию карбонатно-силикатной составляющей испытывает значительные колебания как по площади, так и по разрезу. Сульфат-ион, необходимый для образования ангидрита, в основном имеет своим источником морскую воду, ее продукты концентрирования и поэтому, как впервые было отмечено В. Н. Щербиной (1960), это отношение может служить мерой морского и материкового питания в общем балансе для данного участка и данного горизонта. В скв. 91 по величинам этого отношения резко различаются троичная и тынесская пачки — для тынесской пачки это отношение выше единицы, и ангидрит — основная составляющая нерастворимых остатков; в троичной пачке (также в скв. 88) это отношение меньше единицы. Как видно, и здесь мы имеем дополнительное доказательство преобладания морского питания в период накопления тынесской пачки. Для скв. 22 и 23 это различие выступает менее резко. Можно предполагать, что материковое питание, игравшее значительную роль в период образования троичной пачки, было наиболее ощутимым в районе скв. 88 и 91 (это, кстати, подкрепляется наблюдением над тем, что мощность конгломерата в основании пачки ощутимо растет от скв. 22 к скв. 91).

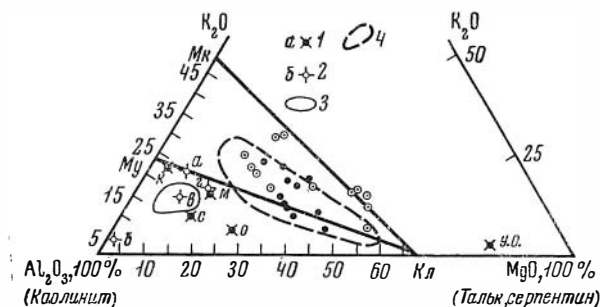


Рис. 6. Диаграмма состава $K_2O-Al_2O_3-MgO$ для силикатной составляющей галопелитов из скв. 22

1 — средние составы кристаллических пород: к — кислых, с — средних, о — основных, у. о. — ультраосновных, м — средний состав кристаллических пород; 2 — средний состав глин различных генетических типов: а — континентальных умеренного пояса, б — континентальных тропического пояса, в — морских глин, г — аридного пояса; 3 — область состава морских глин; 4 — область состава соляных глин. Полюсы состава: Му — слюды и гидрослюда (мусковит), Мк — калишпатов (микроклин), Кл — хлоритов (клинохлор). Остальные условные обозначения см. на рис. 3

Значительный интерес представляют карбонатные парагенезы, ассоциирующие с первичными калиепроявлениями: обычно доломит — магнезитовый и доломит — магнезит-кальцитовый. Эта ассоциация дает возможность поставить кембрийский бассейн по степени метаморфизованности его исходной рапы рядом с Соликамским бассейном.

Обычная ассоциация силикатных минералов в галопелитах для описываемого района — кварц обломочный и аутигенный, калийные полевые шпаты (в значительно меньшей мере плагиоклаз), слюды и гидрослюда, магнезиально-железистые хлориты, смешаннослойные глинистые минералы, изредка набухающие глинистые минералы — типична для соляных глин. Сходство кембрийских соляных глин района с соляными глинами других районов и возрастов обнаруживается из сравнения их химического состава. В диаграмме состава (рис. 6, 7, 9) силикатной части под $K_2O-MgO-Al_2O_3$ изученные «соляные глины» попадают или находятся вблизи области состава соляных глин калийных месторождений различных возрастов. Эта область лежит в треугольнике полюсов состава типичных представителей минеральных видов, составляющих соляные глины (Braitsch, 1962).

Как явствует из полученных и литературных данных, процесс взаимодействия обломочного силикатного материала со средой солеродного бассейна далеко не сводится к чисто адсорбционному взаимодействию.

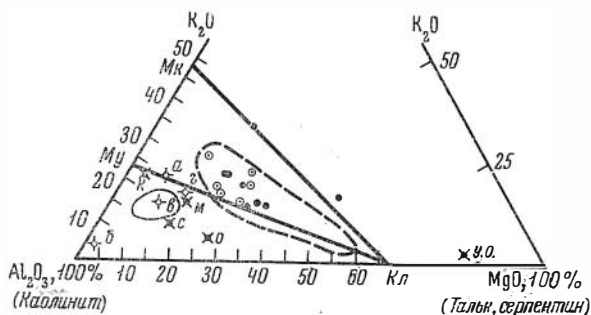


Рис. 7. Диаграмма состава $K_2O-Al_2O_3-MgO$ для силикатов скв. 23
Условные обозначения см. на рис. 6

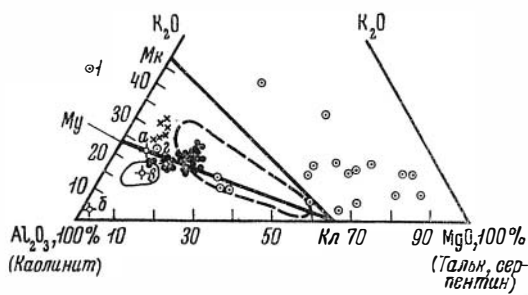
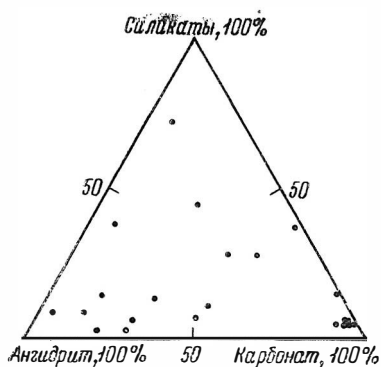


Рис. 8. Диаграмма состава (обозначен точками) межселевых пород (по основным минеральным составляющим) из скв. 29 (пос. Пономарево, ангарская свита)

Рис. 9. Диаграмма состава K_2O — Al_2O_3 — MgO для силикатной составляющей проб по скв. 88, 91 (КГУ) и скв. 29 (ИГУ)

1, — точки состава межселевых пород по скв. 29. Остальные условные обозначения см. на рис. 3

Происходят процессы хлоритизации, гидрослюдизации, образования многочисленных аутигенных силикатных минералов — микроклина, талька, хлорита и других, идет гидрохимическое разложение и частичный вынос отдельных компонентов. Наиболее благоприятной эта среда оказывается для сохранения калишпатов, гидрослюд и хлоритов. В химическом отношении итогом этих процессов является обогащение соляных глин, по сравнению с континентальными и морскими (Ронов и др., 1957), калием и особенно магнием. К числу компонентов, вынос которых происходит из терригенного материала, можно отнести железо с его цепью аутигенных минералов: магнезиально-железистые хлориты, железистые карбонаты, железистые хлориды и др., металлы его группы (особенно Mn , Ni , Co , присутствующие в риннеите, пигменте калийных солей), кальций и, как ни странно, натрий. Соляные глины содержат по сравнению с другими генетическими типами глин минимальное количество Na_2O и максимальное K_2O и MgO .

По скв. 29 Илгинской впадины, где, как видно из первой диаграммы состава (рис. 8), были взяты в основном довольно чистые доломит-ангидритовые породы соленосной ангарской толщи, силикатная составляющая имеет по преимуществу магнезиально-силикатный состав (см. рис. 9). Можно полагать, что это является следствием удаленности части бассейна от областей сноса (по крайней мере, в период образования исследованных пород). Образование силикатов происходило, очевидно, в значительной мере за счет SiO_2 , принесенного в виде мельчайшей взвеси, и растворов коллоидных и истинных, и магния рассолов. Алюмосиликаты образовывались или осаждались по мере проникновения терригенного материала.

Нами проводились определения аммония и рубидия в калийных минералах, взятых из калийсодержащих пород района. Для получения сравнительных данных был определен аммоний в сильвине и карналлите из Березниковского рудника, в сильвине — из рудника первого Солигорского калийного комбината (Старобинское месторождение). Эти данные пока относительно немногочисленны, однако их вполне достаточно для того, чтобы сделать некоторые выводы:

- 1) порядок содержания аммония и рубидия в карналлите и сильвине

вполне сопоставимы с содержаниями их для других месторождений (Маликова, 1967; Braitsch, 1965);

2) порядок содержания аммония и рубидия в сильвине и, особенно, карналлите Канско-Тасеевской впадины подтверждает первичное происхождение калийсодержащих пород, из которых взяты эти минералы;

3) повышенное (относительно красных сильвинов) содержание аммония в белых сильвинах из «пестрых» сильвинитов объясняется, очевидно, их образованием за счет карналлитов.

В результате геохимических исследований для юго-западной части Сибирской платформы выявляется следующая физико-химическая обстановка заключительных этапов кембрийского соленакопления. Здесь существовал солеродный бассейн с относительно глубоко метаморфизованной рапой, который дважды, в тынyssкое и троицкое время, находился на стадии садки калийных солей: для тынyssкой пачки сильвинитовой, для троицкой — сильвинитовой и карналлитовой. Для участка, по которому имеются данные, можно говорить о краевой части калийного бассейна, сильно подвергавшейся влиянию материкового питания; развитие процессов садки калийных солей по площади, очевидно, как показывают данные для этой части бассейна, не было однотипным для тынyssкого и троицкого времени. Геохимическая обстановка характеризуется унаследованностью в троицкое время основной солевой массы бассейна от тынyssкого времени; троицкий цикл является как бы продолжением тынyssкого, временно прерванного вторжением материковых вод. Соленакопление на его последних стадиях, особенно в троицкое время, проходило при температурах более высоких, чем те, которые можно предполагать для известных калийных бассейнов. Высокие температуры в краевой зоне при пресноводном материковом питании приводили к сдерживанию процессов садки калийных минералов. Материковое питание само по себе не является противопоказанием для образований калийных бассейнов. Наоборот, для большинства калийных бассейнов оно доказано и выявлено области максимального его развития (Richter-Bernburg, 1953, 1957). Это — следствие обычного положения калийных бассейнов в части солеродного бассейна, наиболее удаленной от области морского питания и потому наиболее подверженной влиянию материка.

Данные по физико-химической обстановке кембрийского соленакопления еще с большей очевидностью подтверждают необходимость, наряду с палеотектоническими исследованиями, которым было уделено достаточно внимания, детальных исследований по палеогеографии солеродного бассейна и его краевых зон, по выявлению областей и путей морского питания, по выявлению областей максимального и минимального материкового питания и сноса. Наряду с другими методами в этих исследованиях могут быть достаточно эффективно использованы и геохимические.

Калийно-магнезиальные соли — наименее устойчивые члены в ряду солей, выделяющихся в ходе океанического галогенеза. При отсутствии благоприятной тектонической обстановки они могут быть рассеяны в соленосной толще, однако впадины, благоприятные для садки калийных солей, не представляют совершенно однозначно обязательное образование калийной залежи, даже при соответствующих климатических условиях. Многое зависит также от положения впадины в пределах бассейна. Выделившись в благоприятных условиях, калийные соли могут перейти снова в рапу при вторжении вод различного происхождения, особенно при повышении температур. В большинстве случаев воды, проникающие в пределы калийного бассейна (находящегося на ограниченной, относительно всего солеродного бассейна, площади), будут уже насыщенными по галиту, но ненасыщенными по калию. Растворяя калийно-магнезиальные соли, они оставят нерастворенным галит, отвечаю-

щий стадии их садки с соответствующими бромхлорными показателями, что, очевидно, очень часто наблюдается. При отсутствии непосредственного контакта (при расслоении рассолов на первое место выступает температурный фактор и снижение испарения при притоке вод, сдерживающие садку калийных солей и благоприятствующие растворению уже выпавших при более низких температурах.

ЛИТЕРАТУРА

- Борщевский Ю. А. 1963. О природе красной окраски калийных солей. Геохимия, № 11.
- Валяшко М. Г. 1962. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ.
- Валяшко М. Г., Мандрыкина Т. В. 1952. Бром в соляных отложениях, как генетический и поисковый признак.— Труды, ВНИИГ, в. XXIII.
- Василевская А. Г., Колосов А. С., Никольская Ю. П., Лепешков И. Н., Соловьев В. К. 1966. Итоги физико-химического изучения соляных отложений, минерализованных вод и рассолов Канско-Тасеевского района. — В сб. «Перспективные калиеносности соляных отложений Сибири». Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Лепешков И. Н., Соловьев В. К., Минко Г. М., Колосов А. С., Василевская А. Г. 1960. О калиеносности природных солей Красноярского края.— Изв. Сиб. отд. АН СССР, № 10.
- Маликова И. М. 1967. Закономерности распределения Rb, Br и Tl в отложениях калийных солей. Новосибирск, Сибирское отделение изд-ва «Наука».
- Николаев А. В., Василевская А. Г., Колосов А. С., Никольская Ю. П., Минко Г. М. 1962. Калий верхних горизонтов соляных отложений Канско-Тасеевского района.— Докл. АН СССР, т. 144, № 6.
- Никольская Ю. П., Колосов А. С. 1965. Признаки калиеносности юга Сибирской платформы.— Геол. и геоф., № 1.
- Ронов А. Б., Хлебникова Э. В., Шергина В. Н. 1957. О соотношениях карбонатно-глинистого и сульфатного комплекса в галитовых и сильвинитовых породах Припятского прогиба.— Докл. БССР, т. IV, № 5, 1960.
- D'Ans J., Freund E. 1954. Versuche zur Geochem. Rinneitbildung—Kali u. Steinsalz, Bd. 1, H. 6, ss 3—9.
- Biltz W., Mareus E. Z. 1909. Z. Anorg. Chem., 62, 183.
- Braitsch O. 1962. Entstehung und Stoffbestand der Salzlagerstätten — Spring.— Berl.—Goting.—Heidlb.
- Braitsch O. 1965. Rubidium und Brom als Indikatoren der Bildungsbedingungen der Ober-rhein—Kalisalze—III Int. Kali—Symp.
- Braitsch O., Herrman A. 1963. Zur Geochemie des Broms in Salinaren Sedimenten—Geo-chim. et Cosmochim. Acta, v. 27, N 4, pp. 361—391.
- Richter-Bernburg G. 1953. Über salinare Sedimentation—Ztschr. d. Deutsch. Geol. Ges.—B 105, T. 4, 593—645.
- Richter-Bernburg G. 1957. Zur Paläogeographie des Zechsteins—Acad. Nat. dei Lincei dall'Ente, Milano.
- Schulze G. 1958. Beitrag zur Stratigraphie und Genese der Steinsalzserien I—IV des mitteldeutschen Zechsteins unter besonderer Berücksichtigung der bromverteilung. Freiburger Forschungshefte A. 123.
- Steinike A. 1962. Ztschr. Anorg. u. Allg. chem. B 317, n. 3—4, 186—203.

О СООТНОШЕНИИ ПОСТОЯННЫХ КОМПОНЕНТОВ В СОЛЯХ НИЖНЕГО КЕМБРИЯ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

При поисках полезных ископаемых, связанных с соленосными формациями, особенно важно выявить соотношение морского и материкового питания для определенных частей бассейна, что позволяет представить более полно условия его формирования и развития. Впервые В. Н. Щербина (1960) для этой цели в качестве одного из критериев использовал отношения CaSO_4 к не растворимому в воде остатку (н. о.) солей при изучении Старобинского месторождения. Позднее В. И. Копнин (1966) этот геохимический показатель использовал для решения ряда вопросов по палеогеографии Верхнекамского месторождения. Смысл этого показателя заключается в том, что отношение $\text{CaSO}_4/\text{н. о.}$ практически эквивалентно отношению $\frac{\text{CaSO}_4}{\text{карбонаты} + \text{силикаты}}$, так как в водную вытяжку переходит весь сульфат кальция. Это особенно справедливо для проб каменной соли с нерастворимым остатком меньше 10%, где можно пренебречь ничтожным количеством CaSO_4 , который оставался в нерастворимом остатке. При значительных содержаниях нерастворимого остатка (свыше 10%) по условиям анализа после водной вытяжки остаются значительные содержания CaSO_4 в нерастворимом остатке. Таким образом, физическая суть этого геохимического показателя выражается отношением хемогенной составляющей (морской) к терригенной (континентальной) составляющей в условиях питания бассейна.

В. И. Копнин (1966) изучал изменение отношения $\text{CaSO}_4/\text{н. о.}$ и отметил, что между этим отношением и распределением легко растворимых компонентов, в частности калийных хлоридов, существует определенная взаимность. В известной степени использование этого отношения оказалось полезным для целей стратиграфического расчленения, а также выявление цикличности осадконакопления соленосных толщ.

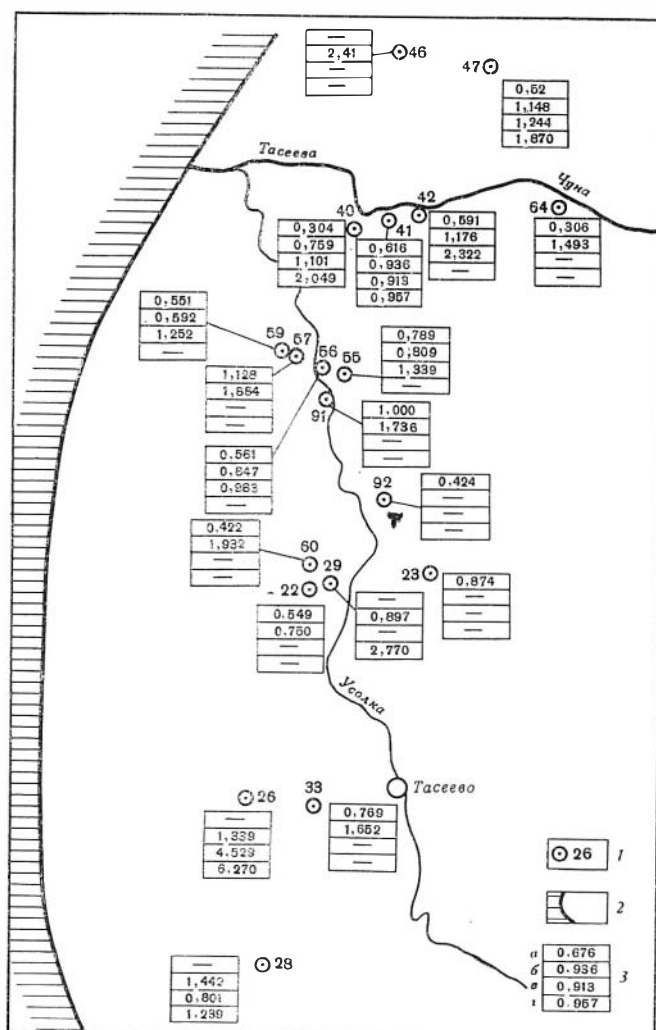
Основные источники для формирования соленосных толщ следующие:

1) морская вода, которая при испарении дает основную массу пород соленосных формаций;

2) континентальные воды и взвешенные в них терригенные продукты, выступающие как метаморфизирующие агенты, поставляющие основной материал для формирования межсолевых прослоев и нерастворимого остатка солей.

Основной источник сульфат-иона в соленосных отложениях — морская вода. Карбонат-ион и терригенный материал поставляется, в основном, материковыми пресными водами (Валяшко, 1962). Косвенным показателем последнего является отмеченный А. С. Колосовым и А. М. Пустыльниковым (см. статью в настоящем сборнике) факт относительного постоянства отношения карбонаты/н. о. для целого ряда месторождений.

В процессе проведения поисковых работ на калийные соли в юго-западной части Сибирской платформы за период с 1963 по 1970 гг. был накоплен большой фактический материал по химическому составу солей. Нами с использованием предлагаемого геохимического критерия



Распределение значений $\text{CaSO}_4/\text{n. o.}$ для солей ангарской свиты юго-западной части Сибирской платформы

1 — скважины колонкового бурения и их номера; 2 — выходы на поверхность докембрийских отложений; 3 — значение отношения $\text{CaSO}_4/\text{n. o.}$ для пачек: а — троицкой, б — тынысской, в — мурминской, г — рыжковской

было изучено 19 скважин, пробуренных в пределах Троицко-Михайловского вала. Скважины располагаются по профилям широкого простираения на площади более 750 км² (см. рис.). В скважинах вскрыты по большей части отложения троицкой и тынысской и, в меньшей мере, мурминской и рыжковской пачек ангарской свиты. Отдельными скважинами вскрыты породы верхней подсвиты бельской свиты и ряд пачек усольской. Учитывая, что отложения ангарской свиты изучены наиболее полно, поведение постоянных компонентов рассматривается только для этой свиты. В основу выводов были положены материалы полных анализов секционных проб солей с содержанием нерастворимых остатков меньше 10%. Секционные пробы характеризуют практически весь соленосный разрез перечисленных выше пачек ангарской свиты.

Данные среднеарифметических значений $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ для солей ангарской свиты приведены на рисунке. При рассмотрении материалов можно отметить следующее:

1) значения отношения $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ вверх по разрезу (от рыжковской до троицкой пачки) уменьшаются;

2) средние значения $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ по разрезу пачек весьма резко колеблются.

3) порядок величин отношений $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ по пачкам выдерживается по площади.

4) на общем фоне довольно выдержанных значений отношений выделяются резко отличные значения (для троицкой пачки — скв. 57, для тынысской — скв. 46, мурминской — скв. 26).

На основании вышеизложенных фактов можно сделать следующие выводы:

1) ошутимое различие средних значений $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ пачек ангарской свиты может быть использовано в качестве одного из стратиграфических критериев:

2) уменьшение отношений $\text{CaSO}_4/\text{н.о.}$ вверх по разрезу свидетельствует о постепенном снижении роли морского питания и увеличении носительной роли материкового питания, что отмечалось ранее А. С. Колосовым и А. М. Пустыльниковым;

3) выдержанность по площади величин отношений свидетельствует об общности развития бассейна на значительной площади; появление выпадающих значений отношений, возможно, связано с отдельными течениями и потоками в пределах этого бассейна.

Отмеченные закономерности дают возможность сказать, что в ангарское время происходила прогрессирующая изоляция солеродного бассейна от областей питания водами нормальной солености. Максимум изоляция достигала в период формирования троицкой пачки. Такие условия могли способствовать интенсивному осолонению бассейна вплоть до насыщенной рапы калийными солями. И действительно, в троицкой пачке были установлены наиболее значительные проявления калийных солей из известных на Сибирской платформе. Следовательно, соотношения постоянных компонентов в солях могут быть одним из критериев при оценке перспектив калиеносности района.

ЛИТЕРАТУРА

- Валяшко М. Г. 1962. Геохимические условия формирования месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ.
- Копнин В. И. 1966. О распределении постоянных компонентов в соляных отложениях Верхнекамского месторождения. — Геохимия, № 6.
- Щербина В. И. 1960. О соотношении карбонатно-глинистого и сульфатного компонентов в галитовых и сильвинитовых породах Припятского соляного бассейна. — Докл. АН БССР, т. 4, № 5.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ БРОМА В СОЛЯХ ТРОИЦКОЙ И ТЫНЫССКОЙ ПАЧЕК АНГАРСКОЙ СВИТЫ КАНСКО-ТАСЕЕВСКОЙ ВПАДИНЫ

В соленосных толщах ритмичного строения, включающих пласты терригенно-карбонатных и ангидритовых пород, очень часто период отложения «несолевого» прослоя не находит отражения на графике распределения брома в каменной соли. Значения $\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$ (бромхлорный коэффициент) в кровле подстилающего соляного пласта равны или близки его значениям в подошве соляного пласта, перекрывающего прослой «несолевой» породы. Это описывается во многих работах, посвященных геохимии соленосных отложений. Так, из работы А. Баара и Р. Кюна (Baar, Kühn, 1962) известно, что на графике распределения брома глинисто-мергельные прослои в солях Рейнского грабена не отражаются. Г. Шульце (Schulze, 1958) для среднегерманского цехштейна отмечает, что содержание брома в каменной соли кровли цикла Ридель (Z_3) близко к содержанию брома в каменной соли подошвы цикла Аллер (Z_4), несмотря на то, что между ними заключен горизонт красной соляной глины и пегматитового ангидрита общей мощностью 5—10 м, а иногда и более. Об аналогичном явлении в солях усольской свиты восточной части Иркутского амфитеатра пишет В. С. Огиенко (1965).

Для юго-западной части Сибирской платформы также отмечаются близкие значения бромхлорных коэффициентов галита из кровли тынысской и подошвы троицкой пачек, обнаруженные нами ранее для нескольких скважин из прикупольной части структур второго порядка Троицко-Михайловского вала, несмотря на то, что эти галитовые пласты разделены сравнительно мощной несоляной пачкой.

К настоящему времени накоплен значительный фактический материал, дающий возможность проследить, насколько это явление характерно в целом для района, в котором ведутся калиепоисковые работы. В таблице представлены значения бромхлорных коэффициентов в камен-

Значения бромхлорных коэффициентов в каменной соли троицкой и тынысской пачек ангарской свиты нижнего кембрия

№ скважины	Значение бромхлорных коэффициентов		Мощность маркирующего горизонта между троицкой и тынысской пачками (в м.)	№ скважины	Значение бромхлорных коэффициентов		Мощность маркирующего горизонта между троицкой и тынысской пачками (в м.)
	Троицкая пачка (подошва)	Тынысская пачка (кровля)			Троицкая пачка (подошва)	Тынысская пачка (кровля)	
47	0,60	0,50	8,7	56	0,43	0,42	25,0
40	0,90	0,70	10,3	55	0,57	0,48	16,7
41	0,36	0,30	9,7	65	0,81	0,63	9,6
42	0,42	0,45	10,0	66	0,76	0,75	30,0
68	0,65	0,58	8,6	60	0,56	0,54	11,4
64	0,54	0,67	3,3	91	0,46	0,32	18,1
63	0,91	0,92	7,7	22	0,50	0,30	12,7
				33	0,65	0,46	22,9

Примечание:

В таблице приведены значения секционных проб, а по скважинам 47, 68, 65, 66 — штурманские пробы из соответствующих интервалов.

ной соли для подошвы троицкой и кровли тынысской пачек ангарской свиты. Указанные значения в большинстве случаев близки между собой, и наблюдается тенденция к увеличению этих значений к подошве троицкой пачки. Отмеченное явление стабильно на всей площади западной части Канско-Тасеевской впадины.

Баар и Кюн (1962) аналогичную картину объясняют тем, что «несолевые» прослои в этом случае образовались за счет, в основном, материкового пресноводного питания, которое не могло существенно нарушить соотношение между бромом и хлором в рапе солеродного бассейна. Процесс отложения хлоридов в этом случае должен был начаться после вторжения материковых вод и их испарения практически с той же стадии, на какой оно было прервано. К этому стоит добавить, что вторжение небольшого количества морской воды (масса хлоридов, в которой относительно мала по сравнению с таковой, заключенной в рапе бассейна) также существенно не могло изменить значения бромхлорного коэффициента.

На основании вышеизложенного можно сказать, что: а) основная масса рапы в троицкое время была унаследована от тынысского времени, б) образование пластов, разделяющих соли тынысской и троицкой пачек, связано, вероятно, в значительной мере с вторжением в солеродный бассейн материковых пресных вод.

ЛИТЕРАТУРА

- Огиенко В. С. 1965. Распределение брома в каменной соли Иркутского амфитеатра и возможность нахождения калийных солей.—В сб. «Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири». Новосибирск, Сибирское отделение издательства «Наука».
- Baar A., Kühn R. 1962. Der Werdegang der Kalisalzlagernstätten am Oberrhein.—Neus Jahrb. Miner. Abh., 97, N 3.
- Schulze G. 1958. Beitrag zur Stratigraphie and Genese der Steinsalzgerien I—IV Mittel-deutschen Zechsteins unter besonderer Berücksichtigung der Bromverteilung.—Freiberger Forschunghefte, A—123.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КАЛИЕНОСНОСТИ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КАЛИЕНОСНОСТИ

Одним из критериев для расчленения галогенной толщи и выявления стадий развития солеродного бассейна может служить содержание брома в солях. Наиболее удобные показатели для этого — величины бромхлорных отношений в галите¹.

Как известно, в процессе кристаллизации морской воды бром не формирует собственных минералов, а уходит в осадок вместе с твердыми хлоридами, образуя с ним изоморфные смеси. Начало отложения галита характеризуется величиной бромхлорного отношения близкой к 0,1 и может достигать 0,35—0,4 в галитовой стадии седиментации. Но садка галита продолжается и в процессе выпадения из рапы калийных минералов, а это дает возможность даже при их отсутствии на том или ином участке разреза судить об имевшей место концентрации рапы бассейна. В области кристаллизации сильвина это отношение лежит в пределах от 0,35—0,4 до 0,6, карналлита — от 0,6 до 0,9 и в самых конечных стадиях (бишофитовая зона) составляет около 1.

По бромхлорным отношениям в соленосной серии мы можем не только выделить циклы галогенеза, но и наметить максимумы их развития, в период которых при благоприятной геологической обстановке на части площади галитовых бассейнов, согласно взглядам М. Г. Валяшко (1962), Н. М. Страхова (1963), М. П. Фивега (1967), формировались месторождения калийных солей.

Таким образом, бромхлорные отношения могут служить одним из поисковых критериев на калийные соли. Интерпретация этого коэффициента должна производиться в увязке с геологической обстановкой формирования галогенных толщ. Следует отметить, что в ряде проб (особенно сколковых) наблюдается отсутствие синхронности в изменениях содержания брома и калия в солях. Это привело некоторых исследователей к мысли о большей приемлемости в качестве поискового критерия не косвенного геохимического признака, каковым являются бромхлорные отношения, а прямого показателя присутствия калия в солях. Однако это положение бесспорно лишь при достаточно четко фиксируемых калиепроявлениях. В целом же наибольшей эффективности поисков можно ожидать при сочетании, а не при противопоставлении обоих поисковых признаков, так как в огромном Ангаро-Ленском бассейне соленосная серия несомненно представляет объект поисков даже в том случае, если в разрезе некоторых скважин калийные соли не были встречены.

¹ Использование бромхлорного отношения в солях как поискового критерия на калийные соли наиболее полно обосновано М. Г. Валяшко (1952). Определение брома в каменной соли Ангаро-Ленского бассейна впервые произведено И. Ф. Щепетунным в 1937 г.

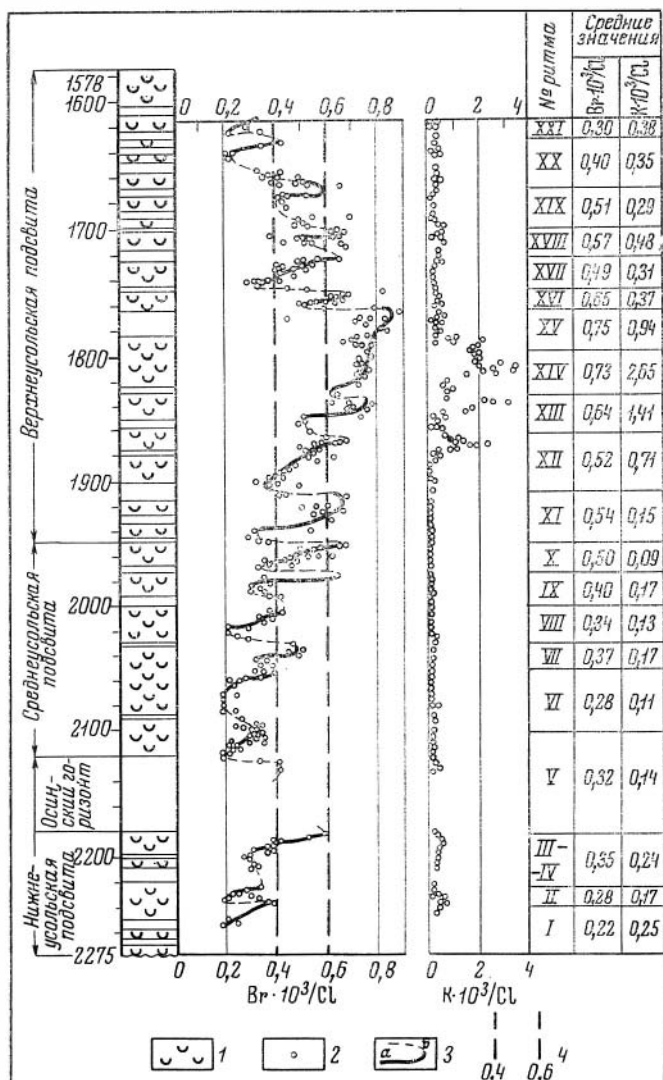


Рис. 1. Ритмограмма изменений содержания брома в рапе при садке солей в солеродном бассейне усольского времени (Коркинская скв. 1—р). (Построена по материалам опробования, проведенного сотрудниками МГУ в 1967 г.)

1 — каменная соль; 2 — точки отбора сколовых проб; 3 — части ритма, соответствующие стадиям (а — сгущения рапы, б — разбавления рапы); 4 — значения бромхлорных отношений для галита области кристаллизации сильвина

Анализ большого числа фактических данных (свыше 10 тысяч проб каменной соли), выполненный автором при участии З. И. Павловой с использованием излагаемого ниже метода исследований, показал, что действительно в ряде проб зачастую имеют место указанные выше расхождения, но общей закономерностью, устанавливаемой в диапазоне больших циклов, является синхронность в изменениях содержания калия и брома в солях даже там, где визуальное калий не обнаруживается. Это в конечном итоге становится, по-видимому, следствием большей, нежели у галита, способностью сильвина и карналлита и в микровключениях изоморфно присоединять к себе бром.

Таким образом, колебания концентрации рапы солеродного бассейна могут быть установлены при расчленении бромхлорных кривых на ритмы, каждый из которых ограничен обычно рамками одной соляной пачки или ее части (рис. 1). Несмотря на ряд условностей, допускаемых в деталях таких реконструкций, преимущество их мы видим прежде всего в возможности выявления общих закономерностей развития бассейна и отображения этих реконструкций с помощью числовых величин. Для этого были подсчитаны средневзвешенные значения бромхлорных и калийхлорных показателей по отдельным ритмам и их группам.

Обращает на себя внимание относительное постоянство количества выделенных по бромхлорным отношениям ритмов в пределах свит и подсвит на огромных площадях рассматриваемого бассейна. В усольской свите оно составило от 19 до 23, в верхнебельской подсвите — от 5 до 6 и в ангарской свите — от 11 до 16. Изменение числа ритмов строго подчинено структурному плану. Так, например, наибольшее число ритмов в солях усольской свиты (от 21 до 23) наблюдается в южной части Иркутского амфитеатра в зоне пологих структур Присаянья, а наименьшее (19) — в северной части Иркутского амфитеатра в зоне Непских структур и т. п.¹

Процесс солеотложения, начавшийся с подготовительной стадии, прошедший весь путь сгущения морской воды и характеризующийся увеличением содержания брома до значений садки калийных солей (по бромхлорному коэффициенту), а затем вернувшийся в исходное положение в результате устойчивого опреснения бассейна, называется большим (завершенным) циклом (например, большой цикл усольского времени, начальная стадия которого относится к верхнемотскому времени). Надо отметить, что характер развития бассейна в нижеусольское время соответствовал незавершенному циклу, т. е. опреснение, сопровождавшееся отложением толщи доломитов осинского горизонта, в большинстве случаев наступило раньше достижения сильвинитовой стадии.

Отыскание максимумов циклов и было целью проведенных нами исследований. Если на юге Сибирской платформы есть калийные соли, замечает А. Л. Яншин (1962), то совсем не обязательно они будут залегать в верху соленосной толщи, но могут находиться на различных уровнях внутри ее, венчая частные циклы соленакопления.

Для выявления и более наглядного отображения общих закономерностей большого цикла галогенеза нами впервые использован метод сглаживания ритмограмм по способу «скользящего окна», применяемого в горной геометрии (Ушаков, 1962). При этих построениях учитывались среднemaxимальные значения рассматриваемых отношений, геохимический смысл которых определяется тем, что именно средние максимумы бромхлорных отношений характеризуют наиболее благоприятные условия для садки калийных солей.

Построенные таким образом «скользящие» кривые не подменяют собою ритмограммы, а как бы в отпрепарированном виде выявляют тенденцию развития бассейна и определяют стратиграфическое положение наиболее перспективного горизонта (рис. 2). На графиках, построенных по способу «скользящего окна», весьма наглядно выявляется характер взаимосвязи брома и калия в галите. Установление этой взаимосвязи делает несостоятельным утверждение некоторых авторов, что накопление брома и калия в галитовой толще не связано друг с

¹ Здесь и в дальнейшем изложении мы придерживаемся схемы тектоники нижнепалеозойского структурного яруса Сибирской платформы, разработанной М. А. Жарковым (1965).

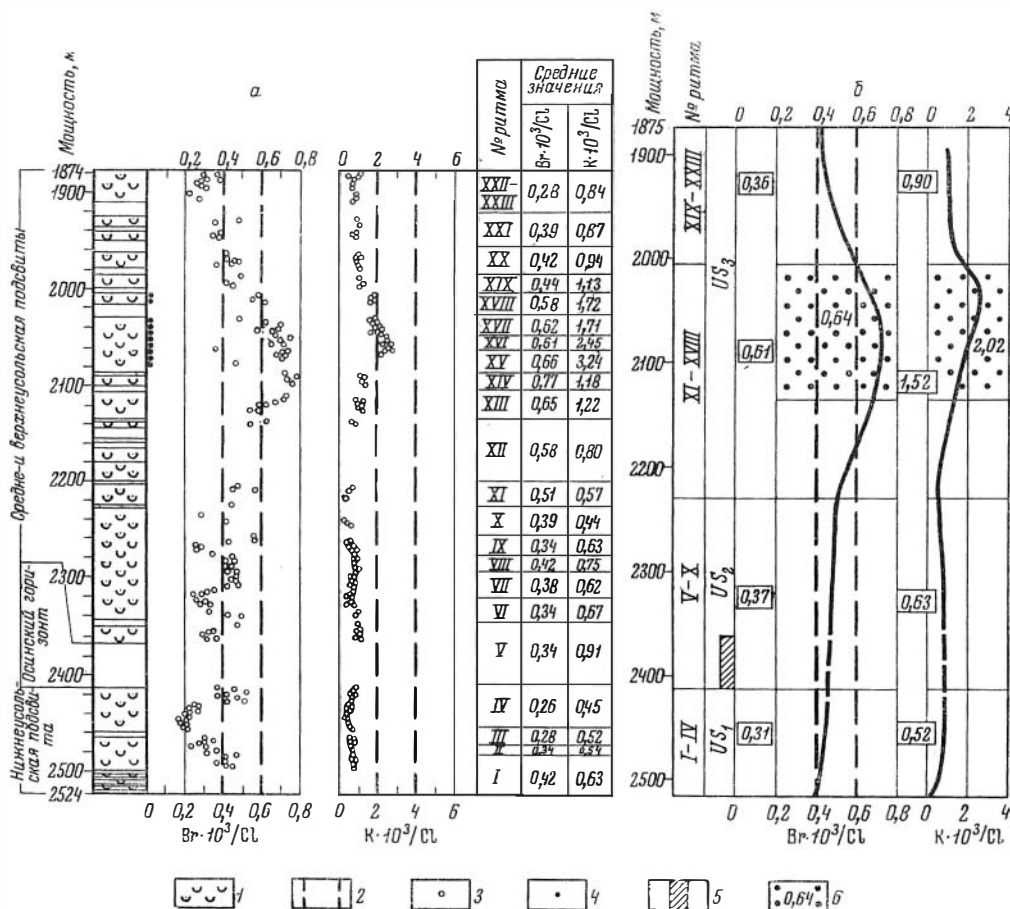


Рис. 2. Бромхлорные и калийхлорные отношения в солях (а) и график (б), характеризующий изменения среднемаксимальных значений указанных соотношений, построенный по методу «скользящего окна» (Тулунская скв. 1—О, усольская свита)

1 — галит; 2 — «сильвинитовая зона» в галите (бромхлорные отношения в пределах от 0,4 до 0,6); 3 — результат анализа секционной пробы; 4 — калиепроявления; 5 — доломиты осинского горизонта; 6 — горизонт, наиболее перспективный на поиски калийных солей по геохимическим показателям, и средневзвешенные значения бромхлорных и калийхлорных соотношений в его пределах. Цифры в рамках — средневзвешенные значения характеризующих соотношений в пределах группы ритмов

другом и нельзя ожидать, чтобы распределение калия в разрезе коррелировалось с распределением брома.

Установленная синхронность изменений содержаний этих элементов в разрезе больших циклов не оставляет сомнений в том, что процессы их накопления в галитовой толще были тесно связаны друг с другом и, следовательно, бром в галите в сочетании с другими поисковыми критериями может служить хорошим индикатором на калий в соленосной серии южной части Сибирской платформы.

В пределах участка максимума большого цикла целесообразно выделять интервал, характеризующий наибольшую концентрацию рапы при выпадении солей. По средневзвешенным значениям бромхлорных соотношений эти интервалы определяют сильвинитовую, а в некоторых случаях даже карналлитовую стадии развития бассейна (табл. 1). Следует отметить, что именно к этой зоне приурочено наибольшее количество калиепроявлений в солях. Интересно также, что значения бромхлорных соотношений в солях зоны максимума большого цикла троичко-

Т а б л и ц а 1
Бромхлорные отношения в галите зоны максимального развития больших циклов галогенеза

Структурная зона	Средневзвешенные значения бромхлорных отношений в максимуме развития цикла					
	Усольское время *		Бельское время **		Ангарское время	
	по зоне в целом	максимальные по отдельным ритмам	по зоне в целом	максимальные по отдельным ритмам	по зоне в целом	максимальные по отдельным ритмам
Пологие структуры Присяянье	0,55	0,77	0,31	0,51(?)	—	—
Западная часть Илгинской впадины	—	—	0,39	0,43	0,42***	0,46
Восточная часть Илгинской впадины	—	0,75	0,4	0,43	0,45***	0,65
Восточная часть Илимско-Ленской впадины	—	—	—	—	0,52***	0,55
Южная часть зоны Непских складок	0,55	0,70	0,42	0,5	0,47***	0,40

Примечание.

* Стратиграфическое положение максимумов развития циклов (для усольского и бельского времени). Нижняя половина верхнеусольской подсвиты.

** Верхняя часть верхнебельской подсвиты.

*** Среднеангарская подсвита.

**** Верхнеангарская подсвита. Верхнеангарская подсвита, выделяемая Г. М. Друговым и В. С. Исаковой, многими исследователями параллелизуется с литвинцевской свитой нижнего — среднего кембрия.

го времени по некоторым скважинам Троицко-Михайловского вала являются наибольшими для юго-западной части Сибирской платформы¹, переходят границу карналлитовой зоны и достигают значений коэффициентов, равных 0,7.

Контролем правомерности применения описываемого метода к выявлению перспективных зон на поиски калийных солей являются результаты сопоставления их с данными палеотектоники. Максимумы больших циклов галогенеза, бромхлорные отношения которых лежат в пределах сильвинитовой зоны, оказались приуроченными к конседиментационным впадинам (рис. 3). Использование установленных закономерностей в комплексе с другими методами исследований позволит уверенней ориентировать направление дальнейших поисковых работ на калийные соли.

В результате проведенных исследований по геохимическим показателям установлены перспективные зоны на поиски месторождений калийных солей (см. рис. 5).

1. В солях усольской свиты:

а) южная окраина Ангаро-Ленского солеродного бассейна, протягивающаяся в Присяянье полосой от г. Нижнеудинска до ст. Половины и далее на северо-восток до восточной части Илгинской впадины. Часть зоны с солями залегает на глубинах не свыше 1200 м и локализуется в Присяянье на участке от ст. Зима до ст. Половина.

б) южная часть зоны Непских линейных складок.

2. В солях бельской свиты (на глубинах менее 1200 м): в Присяянье, в районе станций Зима — Залари.

3. В солях ангарской свиты (на глубинах менее 1200 м):

а) восточные части Илгинской и Илимско-Ленской впадин;

б) зона Непских линейных складок, на глубинах свыше 1200 м — Тулунское Присяянье.

¹ Кроме солей усольской свиты.

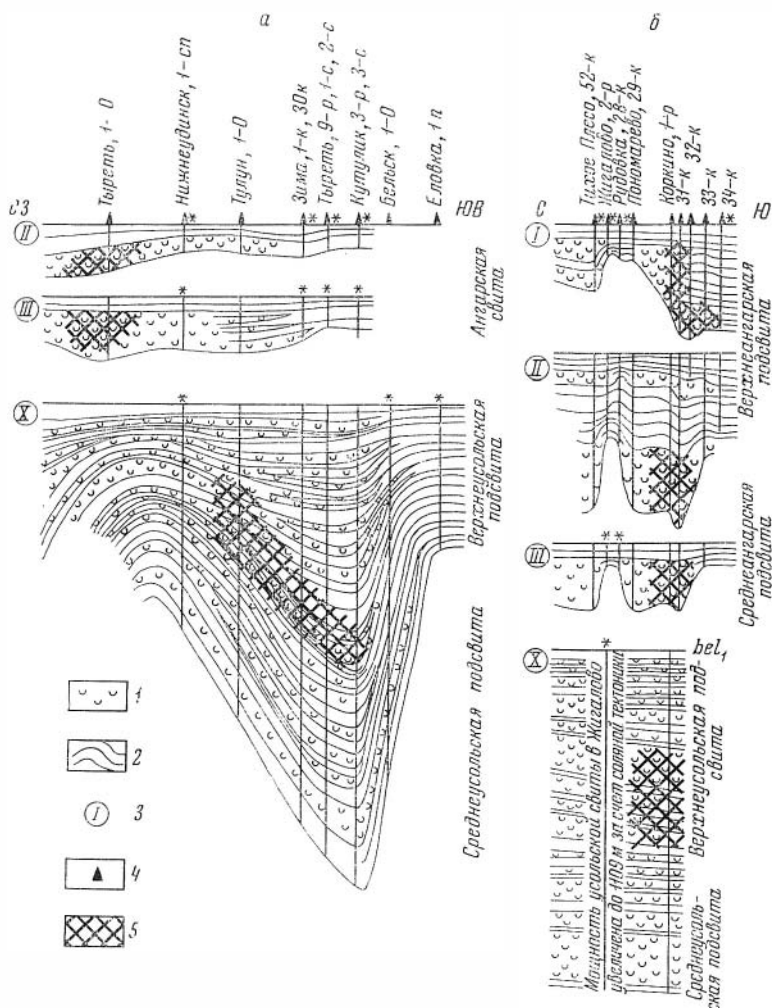


Рис. 3. Литолого-фациальные профили опорных горизонтов (по Э. И. Чичелю, Я. Г. Машиновичу, А. Ф. Василевскому, 1967) и соленосных пачек, совмещенные с геохимическими показателями калиености, максимумы которых (на рисунке заштриховано) совпадают с конседиментационными впадинами нижнекембрийских отложений. Стратиграфическая схема по Г. М. Другову, В. С. Исаковой, 1967 г.

а — Присяянье, б — восточная часть Илгинской впадины

1 — каменная соль; 2 — вмещающие породы (доломиты, ангидрит-доломиты, известняки, ангидриты и др.); 3 — номер опорного горизонта; 4 — скважины (звездочками отмечены скважины, в которых опробование солей не производилось); 5 — зона высоких геохимических показателей калиености по бромхлорным отношениям в солях

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ КАЛИЕНОСТИ

Подземные воды, обладая подвижностью, являются в то же время хорошим индикатором на месторождения солей. Так, например, основываясь на гидрохимических показателях вод источников, А. Л. Чекановский, В. А. Обручев и К. И. Богданович указывали на присутствие каменной соли в недрах Восточной Сибири за 50 лет до фактического ее открытия. Менее определены признаки месторождений калийных солей, так как, с одной стороны, далеко не всегда они проявляются в виде высоких калийных показателей в подземных водах родников и, с другой, большие содержания калия в них не во всех случаях могут служить поисковым критерием на указанные месторождения. Например, надсоле-

вые воды Предкарпатья в районах распространения залежи калийных солей, приуроченные к выходам соленосных отложений под четвертичные образования (покровные суглинки и породы гипсо-глинистой шляпы, образовавшиеся в результате растворения пластов галита), характеризуются весьма слабыми признаками калиеносности. По данным группы геологов (Захаров и др., 1959), при гидрогеологических работах, проводившихся с целью решения вопроса открытой добычи калийных солей, рассолы, взятые из четырех колодцев с глубин 23—25 м, имели хлоридный натриевый состав, минерализацию от 119 до 319 г/л и характеризовались бромхлорным отношением от 0,19, до 0,42. Содержание калия в рассолах составило 0,05—0,5% от суммы солей и лишь в одной пробе достигло 1,15%. Это говорит о том, что относительно невысокие значения гидрохимических показателей калиеносности вне связи с другими поисковыми критериями не могут служить достаточным обоснованием для отрицательной оценки перспектив регионов соленакопления.

Можно привести и другой пример (Иванов, 1962), когда по высокому содержанию калия в водах соляных источников и в рассолах из скважин Н. С. Курнаков совместно с М. К. Шматько установил широкое распространение калиеносных отложений на площади Соликамского и Усольского районов. Первая же скважина, заложенная в 1925 г. П. И. Преображенским, вскрыла на территории Соликамского солеварного завода 110-метровую толщу этих солей, положив начало открытию величайшего в мире месторождения.

Среди многих гидрохимических показателей калиеносности общим признанием пользуются лишь те, которые относятся к рассолам выщелачивания, в известной мере отображающим химизм растворяемых ими пород. Высокое процентное содержание калия в подземных водах в этом случае служит прямым поисковым критерием на залежи калийных солей. Значительные трудности возникают при решении вопросов калиеносности по гидрохимическим показателям метаморфизованных (глубинных) рассолов. В этой области единой методики нет, так же как нет единой точки зрения у исследователей на генезис рассолов. В связи с этим рекомендации ученых по поискам месторождений калийных солей порою бывают противоречивы. Так, например, И. К. Зайцев (1956) и М. Г. Валяшко (1962; Валяшко и др., 1966), исходя из теории погребенных маточных рассолов морского происхождения, считают, что высокое содержание хлорида кальция в глубинных рассолах Ангара-Ленского артезианского бассейна является благоприятным признаком, указывающим на возможную калиеносность вмещающих галогенных пород. М. П. Фивег (1967), наоборот, полагает, что обнаружение высоких содержаний калия в хлоридно-кальциевых рассолах не может рассматриваться как благоприятный признак для поисков калийных месторождений, так как в этом случае захоронение рассолов происходило до выпадения в осадок калийных солей, тогда как хлор-магниевого маточного рассола (или продукты их метаморфизации — хлор-кальциевые) с высоким содержанием брома и низким калия считаются надежным положительным поисковым признаком. Ю. П. Никольская и А. С. Колосов (1965) и Е. В. Пиннекер (1966) придерживаются той точки зрения, что повышенное содержание в метаморфизованных рассолах калия не может быть надежным показателем присутствия отложений калийных солей на глубине.

Гидрохимические признаки калиеносности в метаморфизованных рассолах мы относим к условным, т. е. требующим подтверждения со стороны геохимических данных, а в рассолах выщелачивания они служат прямым показателем.

При рассмотрении поисковых признаков на калий концентрация солей в подземных водах, равная 10 г/кг, принималась за нижний предел.

**КРАТКАЯ ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД
СОЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ
СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ**

Воды соленосных (преимущественно карбонатных) отложений литвинцевской свиты принадлежат к рассолам выщелачивания; они характеризуются низкими значениями магнийхлорного и высокими натрийхлорного отношений. Среди них обращает на себя внимание рассол из скважины на Гаженской площади, которому свойственны характерные показатели калиеносности: бромхлорное отношение составляет 0,5, калийхлорное 14,1, особенно большой величины достигает калийбромное отношение — 27,6. Калия в рассоле содержится 0,66 г/л, или 0,8% от суммы солей. Следует отметить также повышенные значения калийбромного коэффициента (до 6,8) в водах верхних горизонтов по скв. 71-пр Казаркинской площади. Формирование химического состава рассолов литвинцевской свиты на указанных площадях происходит, по-видимому, за счет выщелачивания нижележащих галогенных толщ ангарской свиты, несущих в себе прослой калийных солей.

Среди вод соленосных (преимущественно галогенных) отложений ангарской свиты встречаются в основном рассолы выщелачивания, реже метаморфизованные. К числу последних следует отнести рассолы, вскрываемые скважинами Тайшетской 1-О, Зиминской 31-к, Шелонинскими 1-Б и 2-Р, для которых характерны высокие значения магнийхлорного и калийхлорного показателей.

Среди вод выщелачивания лишь рассолы Зиминской скв. 2-к имеют относительно высокое содержание калия — 0,053 г/л, что при минерализации 14,3 г/л составляет 0,4%, и повышенное калийхлорное отношение. Рассолы выщелачивания из усть-кутского горизонта ангарской свиты, вскрываемого на юго-восточной окраине Непской зоны линейных складок усть-кутской скв. 1-р и на восточной окраине Илгинской впадины скважинами 29-к и 1-пр, также характеризуются повышенными значениями калийбромного и бромхлорного отношений.

Из перечисленных выше площадей с метаморфизованными водами наиболее обогащены калием рассолы ангарской свиты на Зиминской и Шелонинской площадях (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Гидрохимические показатели в рассолах ангарской свиты по скважинам из зоны пологих структур Прибайкалья и южной части Илимно-Ангарских поднятий

Скважина, №	Минерализация (в г/л)	Содержание калия (в г/л)	Гидрохимические показатели					Процент калия к сумме солей
			$\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	$\frac{\text{K} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	K/Br	$\frac{\text{rNa} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	rMg/Cl	
Зиминская 2-к	424,7	13,5	—	47	2	80,0	0,1	3,2
Шелонинская 1-Б	421,2	22,5	16,2	85	5,3	3,8	0,7	5,3
Шелонинская 2-Р	454,9	22,8	23,4	78	3,3	24,8	0,9	5

В булайской свите на площади Биркинской структуры скв. 4-р на глубине 1082 м вскрыт слабо метаморфизованный рассол. Его повышенные показатели калиеносности (калийбромное отношение 7,8; бромхлорное 8,7; калийхлорное 67,4, содержание калия 13,5 г/л, или 4,2% к сумме солей) свидетельствуют о близости источника обогащения калием соленосных отложений ангарской свиты.

По поисковым критериям среди вод преимущественно галогенных отложений бельской свиты исключительно высокими калийными показателями характеризуются рассолы выщелачивания, выведенные из

зоны разлома скважиной Троицкого сользавода с глубины 100 м и расположенной недалеко скважиной в с. Троицком с глубины 240 м (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Гидрохимические показатели рассолов бельской свиты по скважинам из зоны Троицко-Михайловского вала

Скважина, №	Минерализация (в г/л)	Содержание калия (в г/л)	Гидрохимические показатели					Процент калия к сумме солей
			$\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	$\frac{\text{K} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	K/Br	$\frac{\text{rNa} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	rMg/Cl	
Троицкий сользавод, 2 Село Троицкое	320	2,67	1,5	14	9,1	96,9	0,02	0,8
	247	2,05	11,2	14,1	1,3	95,9	0,03	0,8

Среди метаморфизованных рассолов бельской свиты с аномальными значениями показателей калиености могут быть отмечены рассолы, вскрытые скв. 12-с на Тыретской и несколькими скважинами (1-рс, 3, 3-рс, 4-рс) на Половининской площадях.

В преимущественно галогенных отложениях усольской свиты распространены в основном рассолы, степень метаморфизма которых характеризуется весьма высокими значениями магнийхлорного коэффициента, достигающими 0,95, и соответственно низкими натрийхлорными отношениями. Эти рассолы приурочены главным образом к двум водоносным горизонтам: балыхтинскому и осинскому. Рассолы выщелачивания вне областей питания и разгрузки встречаются редко. Высокой калиеностью среди них отличаются рассолы, вскрытые в Присаянье Северо-Кутуликской скв. 2-р и Малоерминской скв. 3-гл, гидрохимические показатели которых совпадают с благоприятными геохимическими критериями калиености, установленными для этого района пологих структур Присаянья. Среди метаморфизованных вод свиты высокими содержаниями калия отличаются рассолы, вскрытые скважинами на Атовской, Осинской, Христофоровской, Бочактинской, Тулунской и Балыхтинской площадях, сведения по которым приводятся в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Гидрохимические показатели рассолов усольской свиты по скважинам из зоны пологих структур Присаянья, южной части Илгинской впадины, Марковско-Ичерской зоны валлообразных поднятий и Жигаловского вала

Скважина, №	Минерализация (в г/л)	Содержание калия (в г/л)	Гидрохимические показатели					Процент калия от суммы солей
			$\frac{\text{Br} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	$\frac{\text{K} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	K/Br	$\frac{\text{rNa} \cdot 10^3}{\text{Cl}}$	rMg/Cl	
Атовская, 2-Р	337	17,17	16,4	72,3	4,4	36,5	0,6	4,4
Осинская, 1-О	434	19,65	11,5	64,3	5,7	0,3	0,85	4,1
Христофоровская, 1-СП	333	13,26	18,2	77,5	4,2	25	0,7	4,8
Бочактинская, 3-Р	431	23,37	20,3	78,4	3,8	59,6	0,43	5,0
Тулунская, 1-О	541	19,56	23,4	57,8	2,5	6,0	0,8	3,7
Балыхтинская, 5-Р	599	21,23	21,6	56,8	2,6	4,6	0,9	3,6

Как видно из данных табл. 4, рассолы усольской свиты указанных площадей дают основание по гидрохимическим показателям отнести галогенные толщи в пределах указанных структур к числу условно перспективных на калийные соли. Надо отметить, что больше всего ка-

лия (39,73 г/л, или 10,6% от суммы солей) содержится в рассоле Тынысской скважины в районе Троицко-Михайловского вала. Исключительно высокие магнийхлорные отношения (0,9 и выше) свойственны метаморфизованным рассолам Балыхтинской и Тыретской скважин. Соль, выпадающая из этих рассолов, состоит в основном из карналлита (на поверхность из скважин поступает по существу карналлитовая рапа).

Гидрохимические показатели калиеносности галогенных отложений усольской свиты хорошо согласуются с данными опробования керна солей по скважинам отмеченных выше площадей (за исключением Жигаловской), выявившего общую благоприятную обстановку для садки калийных солей в кембрийском бассейне верхнеусольского времени, которая при соответствующих палеотектонических условиях могла завершиться образованием месторождений калийных солей.

Воды нижележащих, преимущественно терригенных, образований мотской и ушаковской свит обеднены калием (1—2, редко до 2,9% от суммы солей), за исключением рассола из Парфеновской скв. 3-П и Осинской 9-Р, содержания калия в которых соответственно составили 21,2 и 17,8 г/л, или 4,9 и 4,2% к сумме солей. Оба рассола получены из верхних горизонтов верхнемотской подсвиты и, несомненно, представляют рассолы галогенно-карбонатных отложений нижнеусольской подсвиты, подтверждая высокие показатели их калиеносности.

Соленые и рассольные воды родников также зачастую несут в себе повышенные количества калия. Местами содержание этого элемента настолько велико, что не оставляет сомнения в участии этих вод в выщелачивании галогенных толщ, обогащенных калийными солями. Эти качества характерны для вод источников Канского, Лено-Киренгского и Непского артезианских бассейнов. Данные калиеносности рассолов выщелачивания вне этих районов малочисленны, менее показательны и не могут с достаточной полнотой характеризовать обширные территории в поисковом отношении.

Рассмотрим интересующие нас гидрохимические показатели по каждому из только что перечисленных бассейнов.

Канский артезианский бассейн. Еще в 1956 г. во время поисковых работ на нефть и газ при проходке Мурманской опорной скважины в интервале глубин 1227—1247 м по слоям ангарской свиты геологом Б. А. Фуксом впервые был обнаружен калий в промывочной жидкости в количестве от 6,57 до 7,45% в пересчете на хлористый калий. Эти данные были дополнены сведениями о калиеносности подземных вод по результатам опробования родников, выполненных в разное время И. А. Маласаевым, Г. М. Минко, Е. В. Пиннекером, А. С. Колосовым и другими исследователями.

В настоящее время доказана не только принципиальная возможность выявления калийных солей в Канско-Тасеевской впадине, расположенной в западной части Канского артезианского бассейна, но и установлено их присутствие, правда, пока еще не в промышленных количествах, но близких к ним.

Лено-Киренгский бассейн. Характерными особенностями гидрохимии соленых вод родников северной части бассейна являются хлоридный натриевый состав и незначительные магнийхлорные и бромхлорные отношения. Высокие калийбромные показатели и содержания калия, достигающие 0,37—0,56%, дают возможность отнести участок долины Лены от р. Ичеры до р. Пеледуй включительно к перспективным на калийные соли в верхних горизонтах соленосных отложений нижнего кембрия.

Непский артезианский бассейн представляет крайнюю северо-восточную часть Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Он образует одну из основных зон разгрузки соленых и рассольных вод хлоридного натри-

евого состава. Аномально высокие содержания калия в ряде источников бассейна рек Непы и Нижней Тунгуски впервые были установлены И. С. Шараповым в 1936 г. и впоследствии уточнены многими исследователями.

Воды выщелачивания соленосных отложений характеризуют калиеносность обширной территории (около 3 тыс. км²). Эти воды имеют хлоридный натриевый состав, минерализацию до 80—137 г/л и содержат калий от 0,337 до 0,896 г/л. По сравнению с гидрохимическими показателями рассолов аналогичного генезиса, но из других районов, они несомненно несут больше признаков калиеносности, чем подземные воды надсолевых горизонтов некоторых известных месторождений калийных солей (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

Гидрохимические показатели вод выщелачивания соленосных отложений

Район проявления, характеризующие воды	Место взятия пробы (источник)	Минерализация (в г/л)	Содержание калия (в г/л)	Гидрохимические коэффициенты			
				Br · 10 ³ Cl	K · 10 ³ Cl	K/Cl	Процент калия к сумме солей
Присяня, Усолье-Сибирское. Воды выщелачивания соленосных отложений	Курорт Усолье-Сибирское	67,9	0,033	1,0	0,84	0,8	0,05
	Источник	126,6	1,31	2,6	17,2	0,7	1,01
Троицкий сользавод	Зеленый Яр	118,4	0,51	0,3	7,4	28	0,43
Стебникское месторождение калийных солей							
Зона Непских линейных складок, р. Нижняя Тунгуска в устье р. Гаженки	Гаженский	102,4	0,89	0,46	14,9	32,4	0,87

На карте гидрохимических показателей описываемой территории (рис. 4) выделяются две зоны аномалий. Одна из них в виде полосы, приуроченной к разломам, протягивается на 100 км в северо-восточном направлении, пересекая р. Непу в двух местах (в 15—30 км выше устья р. Ики и в 40—60 км выше устья самой р. Непы) и р. Нижнюю Тунгуску вблизи дер. Мартыново. Другая зона аномалий зафиксирована в районе р. Гаженки — левого притока р. Нижней Тунгуски.

Доступной для постановки поискового бурения считается Гаженская площадь, в пределах которой предполагаемая глубина залегания солей составляет около 700 м, и площадь долины р. Непы в ее нижнем течении, наиболее благоприятной как по гидрохимическим, так и по геологоструктурным условиям.

Подводя итог сказанному, отметим, что воды выщелачивания несут в себе признаки калиеносности в пределах нескольких структурных зон, отнесенных нами к перспективным (рис. 5):

в солях ангарской свиты — Непская зона линейных складок, Марковско-Ичерская зона валлообразных поднятий, Пеледуйское поднятие (северная часть Лено-Киренгского артезианского бассейна), западная и восточная окраины Илгинской впадины, средняя часть Троицко-Михайловского вала;

в солях усольской свиты — зона пологих структур Присяня.

Признаки калиеносности в метаморфизованных рассолах свойственны подземным водам следующих структурных зон:

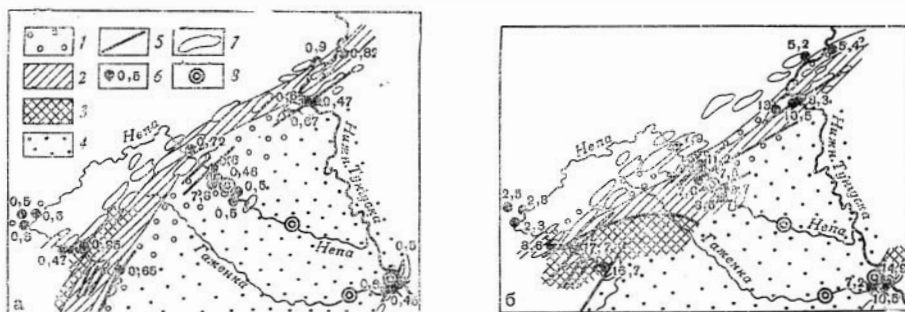


Рис. 4. Схема перспектив калиености зоны Непских структур (аномально-повышенные значения гидрохимических коэффициентов: а—бромхлорного, б—калийхлорного)

Площади, оцениваемые по гидрохимическим показателям: 1 — предположительно перспективные (значения коэффициентов: для а — 0,5—0,7, для б — 5—8); 2 — перспективные (значения коэффициентов: для а — 0,7—0,9, для б — 8—12); 3 — весьма перспективные (значения коэффициентов: для а — 0,9 и более, для б — 12 и более); 4 — площади, перспективные по гидрогеологическим показателям и геоструктурным условиям; 5 — линии тектонических разрывов; 6 — родник с высокими гидрохимическими показателями и его значение; 7 — антиклинальные складки непейской полосы; 8 — места заложения рекомендуемых поисковых скважин, обусловленные благоприятными гидрогеологическими и геоструктурными показателями

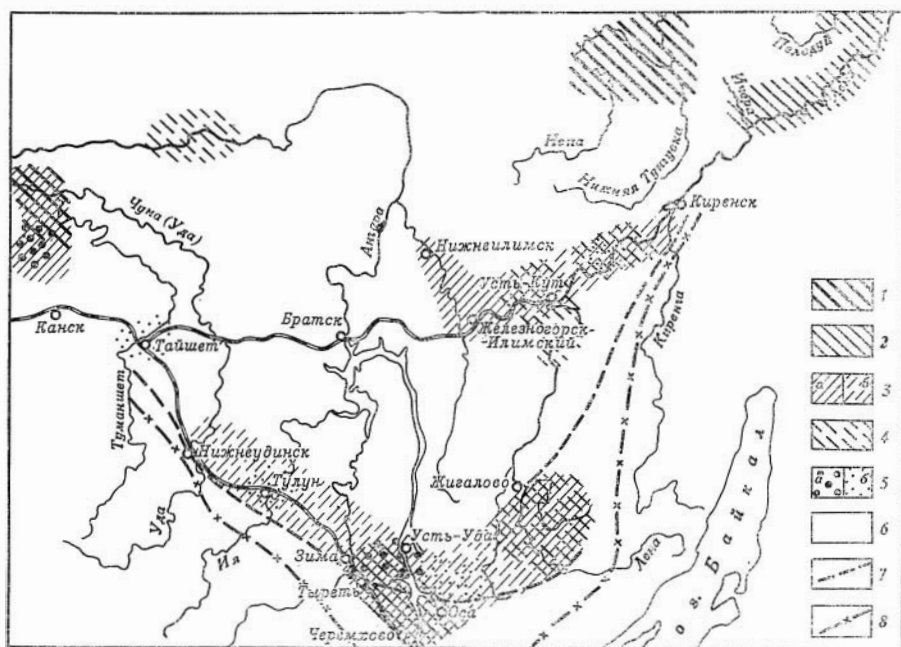


Рис. 5. Схематическая карта перспектив калиености юга Сибирской платформы по гео- и гидрохимическим показателям

1 — районы, весьма перспективные на поиски калийных солей по высоким значениям гидрохимических показателей в рассолах выщелачивания и геоструктурным условиям.

Районы, перспективные на поиски калийных солей по anomalно повышенным значениям показателей: 2 — в рассолах выщелачивания, вскрываемых на глубинах менее 1200 м; 3 — в каменной соли кембрийских отложений, залегающей на глубинах: а — менее 1200 м, б — более 1200 м.

Районы, предположительно перспективные по гидрохимическим показателям: 4 — в рассолах выщелачивания; 5 — в метаморфизованных рассолах, вскрываемых на глубинах: а — менее 1200 м, б — более 1200 м; 6 — площади (внутри границ солеродного бассейна) невыясненных перспектив или бесперспективные.

Границы распространения каменной соли в отложениях свит: 7 — ангарской, 8 — усольской

в солях ангарской свиты — часть Илимско-Ангарской зоны и зона пологих структур Присяня.

в солях усольской свиты — зона смыкания южной части Илгинской впадины и пологих структур Присяня, Жигаловский вал, Марковско-Ичерская зона валообразных поднятий, Троицко-Михайловский вал.

В пределах южной части Сибирской платформы на фоне широкого проявления калия в подземных водах лишь на двух гидрогеологических структурах — Канском и Непском артезианских бассейнах — известны чрезвычайно высокие прямые гидрохимические показатели калиеносности. Поисково-разведочные работы в пределах первой из указанных структур дают весьма обнадеживающие результаты. Несомненно, что постановка аналогичных исследований в Непском бассейне вполне обоснованна, и их осуществление ускорит решение поставленной задачи — открытие месторождения калийных солей в кембрийских отложениях Восточной Сибири.

ЛИТЕРАТУРА

- Валяшко М. Г. 1962. Закономерности формирования месторождения калийных солей. М., Изд-во МГУ.
- Валяшко М. Г., Мандрыкина Т. В. 1952. Бром в соляных отложениях как генетический поисковый признак. — Труды ВНИИГалургии, вып. 2, 3.
- Валяшко М. Г., У Би-Хао. 1964. Бромхлорное отношение в галите Старобинского месторождения как критерий цикличности развития солеродных бассейнов. — Литол. и полезные ископ., № 6.
- Валяшко М. Г., Жеребцова И. К., Садыков Л. З. 1966. Геохимические методы поисков месторождений калийных солей. М., Изд-во МГУ.
- Василевская А. Г., Колосов А. С., Никольская Ю. П., Лепешков И. Н., Соловьев В. К. 1965. Итоги физико-химического изучения соляных отложений минерализованных вод и рассолов Канско-Тасеевского района. — В сб. «Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири». Новосибирск, Сибирское отделение издательства «Наука».
- Жарков М. А. 1965. Основные вопросы тектоники юга Сибирской платформы в связи с перспективами калиеносности. — В сб. «Тектоника юга Сибирской платформы и перспективы ее калиеносности». М., «Наука».
- Зайцев И. К. 1956. К вопросу о формировании рассолов. — Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 4.
- Захаров В. Ф., Ходьков А. Е., Ковалева И. Н. 1959. Надсолевые рассолы Предкарпатья. — В сб.: «Материалы по геологии и гидрогеологии районов соленакопления». Труды ВНИИГ, вып. XXXV, Л., Гостехиздат.
- Иванов А. А. 1962. История открытия Верхнекамского месторождения калийных солей. — В сб. «Материалы по геологии месторождений неметаллических полезных ископаемых». — Труды ВСЕГЕИ, новая серия, т. 83.
- Никольская Ю. П., Колосов А. С. 1965. Признаки калиеносности юга Сибирской платформы. — Геол. и геоф., № 1.
- Пиннекер Е. В. 1966. Рассолы Ангаро-Ленского артезианского бассейна. М., «Наука».
- Страхов Н. М. 1963. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., Госгеолтехиздат.
- Ушаков И. Н. 1962. Горная геометрия (геометрия недр). М., НТИ.
- Фивег М. П. 1967. Методика поисков калийных солей. Новосибирск, Сибирское отделение издательства «Наука».
- Яншин А. Л. 1962. Перспективы открытия месторождений калийных солей на территории Сибири. — Геол. и геофиз., № 10.

ТЕКТОНИКА ГАЛОГЕННОЙ ФОРМАЦИИ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЗОН СКЛАДОК В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ КАЛИЕНОСТИ

Нижнепалеозойская галогенная формация Сибирской платформы, как широко известно, — естественный член сложно построенного парагенезиса формаций, присущих Ангаро-Ленскому и Присяно-Енисейскому край­вым прогибам. Снизу, сверху, а также в латеральном и дистальном направлениях этих прогибов галогенная формация замещается иными комплексами пород. Площадь развития соленосной формации ограничивается, в основном, акваторией названных прогибов, отличавшихся в процессе своего развития от смежных территорий (внутренних районов платформы и складчатого обрамления) более значительным темпом опускания, что в определенной степени сужает площадь поисков калийных солей.

Оценивая состояние калиепоисковых работ в галогенной формации, представляющей единое геологическое тело площадью около 1 млн. км² и мощностью до 2000 м, нельзя не отметить, что специальные поиски велись к настоящему времени на весьма ограниченной территории, тяготеющей в основном к прискладчатым бортам прогибов и центральным частям Верхне-Ленской и Канско-Тасеевской впадин. Нюйско-Джербинская, Березовская и Приенисейские впадины остаются пока в надлежащей мере не изученными. Так же не изучена калие­ность формации на внутренних бортах Ангаро-Ленского и Присяно-Енисейского прогибов.

Следовательно, мы не можем в настоящее время объективно судить о калие­ности нижнепалеозойской галогенной формации в целом.

Известно, что весь парагенез вендско-силурийских формаций, выполняющих Ангаро-Ленский и Присяно-Енисейский прогибы, сформирован в течение одного крупного тектонического цикла, который рас­падался на три более дробных (Замараев, 1967). В течение первого цикла второго порядка, охватившего нижний и часть среднего кембрия, была сформирована галогенная формация. Но и этот тектонический цикл не был непрерывным во времени, он в свою очередь распадался на более мелкие циклы, обусловившие седиментационную цикличность формаций. Циклы третьего порядка были predeterminedены, скорее всего, не сменой знака движений дна солеродного бассейна, а периодическим усилением темпа опусканий, что и вызвало в итоге периодичность галогенеза. В галогенной формации можно выделить девять таких циклов: доосинский, осинский, булаясписово-эльганеллусовый, тунгуселовый, псевдотерасписовый, надпсевдотерасписовый, поднаманойевый, наманойевый и наднаманойевый. Они соответствуют законченным циклам первого порядка в развитии осолоняющихся водоемов и прослеживаются повсеместно.

Циклы получили наименование по руководящей фации трилобитов, приуроченной к их базальным частям. Мощности циклов меняются от нескольких десятков до первых сотен метров. Каждый из них, кроме осинского, отчетливо подразделяется на три неравнозначные части. Базальные части сложены преимущественно доломитами, средние — сульфатно-соляными породами, верхние части циклов имеют карбонатно-сульфатно-терригенный состав. Для них характерны размывы слоев, присутствие тонкослоистых пород — «ритмитов» и обилие терригенной примеси.

Каждый из девяти циклов седиментации характеризует этап прогрессирующего обмеления бассейна, который последовательно проходит путь от эпиконтинентального морского с относительно свободными связями с открытыми морями внутренних районов Сибирской платформы и Саяно-Байкальской геосинклинальной области до усыхающих бассейнов лагунного типа с затрудненным водообменом. Каждый из названных циклов является самостоятельным объектом калиепоисковых работ. Естественно, больший интерес представляют наиболее соленасыщенные: осинский, надпсевдотерасписовый, намайево-и намайево-и, с которыми и связаны в Иркутской области выявленные калиепроявления.

Оценивая состояние изученности калиеносности галогенной формации с точки зрения ее цикличности, следует отметить, что наиболее соленасыщенные зоны одних циклов пространственно не всегда совпадают с таковыми других. Из-за этого при бурении снижается эффективность изучения калиеносности формации в целом и возникает необходимость в проходке дополнительных скважин для оценки большого количества галогенных циклов на этот вид полезных ископаемых.

Как широко известно, в ходе калиепоисковых работ на юге Сибирской платформы, в соответствии с решением Межведомственной комиссии по поискам калийных солей, большое значение придается структурному фактору — размещению поисковых скважин в конседиментационных синклинальных прогибах. Эта сторона проблемы поисков всегда была наиболее сложной, а поэтому и наименее ясной, так как любые складчатые формы в нашей галогенной формации сопровождаются, как правило, изменением мощностей и состава галогенных отложений, которые могут быть обусловлены характером первичной седиментации, постседиментационными перемещениями солей и гипергенными процессами. Каждый из этих факторов весьма значителен по масштабам проявления и далеко не всегда удается узнать, какой из них и где превалировал.

Галогенная и кроющие ее формации на значительной площади своего развития собраны в серию складок. По морфологическим чертам среди них выделяются складки голоморфного, промежуточного и прерывистого типов, сменяющие обычно одна другую в направлении от краев во внутренние районы платформы (Замараев, 1967). По кинематическим признакам среди них различаются складки продольного смятия, надглыбовые и складки с соляными ядрами нагнетания. Становление последних предопределялось сложным сочетанием тангенциальных и радиальных напряжений с пластичностью и относительно малым удельным весом солей и сульфатных пород. Наиболее значительны по размерам складки продольного смятия. Они группируются в отдельные зоны, протягивающиеся на сотни километров при ширине в десятки километров. В пределах галогенной формации это складки Качугской и Марковско-Ичерской зон, Тасеевская группа складок, зона пологих структур Присяня, Непская зона дислокаций и группы складок северных частей Ангара-Ленского и Присяно-Енисейского прогибов.

Обычно складки голоморфного и промежуточного типов распадаются на несколько порядков. Среди складок этих типов первое место занимают валы и прогибы. Длина их волн поперек гребня более или менее постоянна и составляет 20—25 км, а амплитуда закономерно возрастает при приближении к краям платформы от нескольких десятков и сотен до тысячи и более метров. Часто валы и прогибы осложнены в определенной закономерности складками второго порядка: синклиналями и антиклиналями, а также разрывными нарушениями.

Валы и прогибы галогенной формации отличаются от синклиналей и антиклиналей не только площадными размерами и соподчиненностью, но и глубиной заложения. Валы и прогибы охватывают всю осадочную толщу вплоть до нижних слоев усольской свиты, а антиклинали и синкли-

нали — только слои ленского яруса и вышележащие образования. В галогенной формации валы всегда содержат соляные ядра усольской свиты, высоты которых достигают 1000 м, а в прогибах мощности этих отложений заметны сокращения. Так, в прогибах Марковского района мощность усольской свиты измеряется всего в 400—500 м, в то время как в валах она достигает 1000 м, т. е. увеличивается почти в два раза. Мощность отложений ленского и амгинского ярусов в ядрах валов нередко сокращена. Для этого же Марковского района известно, что мощность их изменяется от 1000 до 1500 м, причем максимальные значения приурочены к крыльям валов, где устанавливаются соляные ядра.

Надглыбовые складки имеют обычно небольшие амплитуды — менее 100 м. Размеры их незначительны, но иногда они образуют зоны, следующие за разломами фундамента на значительном протяжении. В зонах интенсивного развития складок общего смятия надглыбовые синклинали обычно завуалированы, и только на некотором удалении от краев платформы они вырисовываются вполне рельефно.

Для поисков калийных солей важное значение имеет, как известно, возраст складчатых структур, в частности синклинальных прогибов. Консидиментационные прогибы привлекают, естественно, наибольшее внимание (Яншин, 1962). Для их выявления обращаются обычно к анализу мощностей и характеру изменения состава пластов в конкретных складках. В наших условиях вопрос о возрасте складок следует решать раздельно для складок общего смятия, в том числе с ядрами нагнетания, с одной стороны, и надглыбовых, с другой. Для первой группы складок, а они наиболее многочисленны, обычны изменения мощностей и состава соленосных свит. Подсолевые отложения в эти складки как правило не собраны, а надсолевые пласты повторяют форму залегания поверхности верхней пачки солей, но не меняют своего состава и мощностей в зависимости от нахождения в различных участках складок. При этом амплитуды складок, измеренные по подошве красноцветной формации, близки к таковым по кровле усольской свиты. Отсюда следует вывод о том, что основной эффект роста таких складок — постседиментационный по отношению к галогенной формации. Однако это не исключает того, что рост складок, в частности синклинальных, начался и в эпоху галогенеза. В меньшей мере это можно отнести к их росту в усольское время, так как в ядрах валов усольские соли не уменьшают, а увеличивают мощности. Более сложен вопрос о росте складок в ленское и амгинское время. Несмотря на то что соли этого стратиграфического интервала нередко выклиниваются или же сокращаются в мощности в ядрах антиклиналей, нельзя отнести подобные изменения целиком за счет неравномерного накопления осадков. Этому мешает, в частности, следующее. Во-первых, максимумы мощностей солей этих горизонтов нередко приурочены не к ядрам прогибов, чего следовало бы ожидать в случае предопределения мощностей только первичным галогенезом, а к крыльям прогибов и валов. Это хорошо видно в Жигаловском и Марковском районах. Во-вторых, верхние слои нередко образуют ядра, над которыми изогнуты в складки надсолевые верхоленские пласты. Следовательно, мы должны признать, что постседиментационные перемещения ленских солей, как и алданских, весьма значительны, и они вуалируют первичную структуру, затрудняя тем самым возможность выбора благоприятных для разбуривания объектов.

Несколько по-иному решается вопрос о возрасте надглыбовых складок. По ряду наблюдений можно полагать, что именно среди них скорее всего могут быть обнаружены консидиментационные прогибы, не усложненные или слабо затронутые постседиментационной тектоникой.

Следует обратить внимание на некоторые вопросы тектонического

строения тех районов Иркутской области, где в последнее время велось калийпоисковое бурение. На территории Жигаловского района работы ведутся в Илгинской и Верхнеилимской впадинах, разобщенных между собой Жигаловским валом. Нет необходимости доказывать, что выбор именно этих крупных структур был наиболее обоснованным. Вся практика бурения и обработка полученного материала показала, что именно с ними связаны наиболее обнадеживающие перспективы. Тектоническое строение района оказалось намного сложнее, чем можно было ожидать по самым оптимистическим прогнозам. Здесь настолько ярко проявилась постседиментационная соляная тектоника, что для доказательства конседиментационного развития складчатых структур требуются все новые и новые факты. На Жигаловском валу, в сопряженных с ними компенсационных прогибах Пономаревском и Бурунгинском (Тихоплесовском) происходили перемещения солей как алданского, так и ленского и амгинского ярусов. Это выразилось в создании максимальных мощностей усолевских солей в ядре Жигаловского вала с наибольшей их концентрацией в его своде и в сокращении мощностей ленских и амгинских солей по оси вала. Мощности же ленских и амгинских солей увеличиваются по обе стороны от оси вала, где они образуют даже ядра нагнетания, благодаря чему Жигаловский вал обрамляется цепочками антиклиналей. Таким образом, первичная конседиментационная тектоническая структура здесь затухевана.

В Жигаловском районе среди складок общего смятия просвечиваются и надглыбовые структуры, о чем можно судить по данным сейсморазведки, но и они в большинстве своем подверглись коренной постседиментационной переработке. Поэтому в настоящее время не изучено пока ни одного локального конседиментационного прогиба, не затронутого постседиментационными деформациями. А в том, что такие прогибы есть, вряд ли можно сомневаться. В частности, в последние годы привлекает внимание Чивидинский прогиб. Он слабо подвергнут постседиментационной переработке и вполне может оказаться конседиментационным. Представляется, что в дальнейшем, наряду с продолжением регионально-поисковых буровых работ в Жигаловском районе, направленных на пересечение крупных структур типа Илгинской впадины, необходимо перейти к разбуриванию локальных синклинальных прогибов и в первую очередь Чивидинского (он значителен по размерам— 35×20 км, а его амплитуда достигает 300 м).

В проблеме поисков калийных солей на Сибирской платформе всегда привлекает внимание геологов и гидрогеологов зона Непских дислокаций как высоко перспективная по гидрохимическим показателям (Одинцов и др., 1965). Специальное структурно-тектоническое изучение морфологии дислокаций этой зоны, механизма и времени их образования показало, что здесь развиты своеобразные напряженные складчатые и разрывные дислокации, группирующиеся в две ветви. Одна, Литвинцевско-Тунбинская, вытянута от р. Ангары до верховьев р. Катанги, другая, Куто-Непская ветвь протягивается от р. Куты через бассейн р. Непы и выходит к р. Нижней Тунгуске. В верховьях р. Непы она расщепляется на два пучка, один из которых прослеживается в ее среднем течении, а другой отклоняется к востоку. Ветви окладок разделены Илимско-Чульской подзоной слабо дислоцированных пород. Между пучками складок, испытывавшими виргацию, находится Суриндо-Гаженская подзона, также не затронутая значительными деформациями. Складчатость в ветвях—эжективная. Среди локальных складчатых структур, картируемых в верхней части осадочного чехла, можно выделить симметричные антиклиналы, асимметричные антиклиналы, складко-надвиги и складко-взбросы.

Симметричные антиклиналы имеют небольшую протяженность—от нескольких километров до первых десятков, ширину 3—7 км, расплыв-

чатые очертания в плане, наклон крыльев от нескольких минут до первых градусов и амплитуды от 20 до 250 м.

Асимметричные антиклинали имеют длину в несколько десятков, реже первых сотен километров, ширину 3—12 км. Наиболее крутые—обычно северо-западные крылья (60—90°), юго-восточные — пологие (20—35°).

Складко-надвиги представляют собой асимметричные антиклинали, осложненные продольными разрывами с горизонтальной составляющей до 1—1,5 км. Как правило, в них сорвано и перемещено юго-восточное крыло.

Складко-взбросы по морфологии близки к складко-надвигам, но отличаются большей сложностью и сжатостью. Как основные, так и второстепенные разрывы наклонены под углами более 45°. В автохтонах породы поставлены «на голову», иногда опрокинуты, но быстро выполаживаются к периферии. Поднятые крылья перемещены по серии крутых взбросов.

От участков со слабым проявлением тектонических напряжений на юге к местам их концентрации на севере происходит смена простых положительных форм более сложными, что дает основание решить вопрос о механизме их образования. Глубинное строение складчатых структур, наряду с общетектоническими причинами, определяется присутствием в осадочном чехле трех высокопластичных толщ в составе усольской, бельской, ангарской и литвинцевской свит, разделенных жесткими карбонатными слоями. Из анализа данных геофизики и глубокого бурения, по некоторым складкам наметились общие закономерности в их строении:

а) в сложении локальных складок принимает участие главным образом надсолевая толща и галогенные отложения ангарской свиты. Ядра верхней соли располагаются вблизи их осей или могут быть смещены на одно из крыльев;

б) галогенные отложения усольской свиты и межсолевые толщи образуют более широкие и пологие положительные изгибы;

в) рельеф поверхности подсолевого ложа очень спокойный, пологий.

Процесс становления складок шел по пути превращения простой симметричной антиклинали в асимметричную антиклиналь, а затем в складко-надвиг и складко-взброс. Эти структурные формы созданы тангенциальными силами. Анализ показывает, что причиной возникновения тангенциальных сил в Непской зоне были правосторонние сдвиговые движения по разломам цоколя, имеющим северо-восточное простирание 55—60° (Рязанов, 1968).

Переходя к определению времени заложения складчатых и разрывных дислокаций осадочного чехла Непской зоны, следует отметить, что по имеющимся материалам изменение мощности отложений верхнего кембрия и ордовика в системе свод — крыло или антиклиналь — синклиналь не обнаружено, их варьирование подчинено региональным причинам. Это в определенной степени говорит об отсутствии конседиментационного роста локальных складок. В осадках карбона отчетливо проявлена мелкая складчатость и закономерная для общего поля тектонических напряжений сеть разрывов. Породы юры перекрывают эродированные структуры. Поэтому верхний предел образования складок определяется триасом. Считая, что период активной жизни Ангаро-Вилуйского глубинного разлома, определяемого нами в качестве одного из материнских сдвигов, датируется пермо-триасом, можно полагать, что и складчатость создана, в основном, в этот период.

Оценивая перспективы калиеносности региона, следует отметить, что, несмотря на наличие здесь месторождений железа и перспективность территории Непской зоны на нефть и газ, изученность этого района явно недостаточна.

Отсутствие планомерных многолетних комплексных геологических ис-

следований отрицательно сказывается на научном прогнозировании калийносолевых работ. В то же время совершенно очевидно, что, исходя из данных гидрохимического опробования, перспективность территории на калийные соли достаточно высокая. Можно полагать, что здесь вполне могли быть отдельные конседиментационные впадины, благоприятные для формирования залежей калийных солей. Гидрохимические данные показывают на повышенные содержания калия в коленообразном изгибе р. Непы, а также по р. Нижней Тунгуске в районах Соснинской и Гаженской складок.

Рассматривая эту территорию со структурных позиций, следует отметить Суриндо-Гаженскую подзону слабо дислоцированных пород, которая может стать объектом поисковых работ, так как эта подзона представляется в виде обширного прогиба, который мог развиваться и во время накопления пород галогенной формации. При этом следует воздержаться от постановки калийпоискового бурения в подзонах интенсивно дислоцированных пород, потому что в них значителен масштаб постседиментационных перемещений солей.

В заключение следует отметить, что с позиций тектоники и структурной геологии калийпоисковые работы на юге Сибирской платформы ведутся методически обосновано и целеустремленно. Решение коренных вопросов структурной геологии исследуемых территорий может сделать поиски еще более направленными. Для этого следует увеличить объем бурения и поставить в самое ближайшее время специальные геофизические исследования (гравиметрия и сейсморазведка отдельными профилями).

Анализ тектонических условий формирования галогенной формации и структурных особенностей складчатых структур в сочетании с другими данными убеждает в том, что на территории Иркутской области первоочередными объектами поисков залежей калийных солей следует считать в настоящее время Чивидинский прогиб в Илгинской впадине и Суриндо-Гаженский район в Непской зоне дислокаций.

ЛИТЕРАТУРА

- Жарков М. А., Кузнецов Г. А. 1964. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности центральной части Ангара-Ленского краевого прогиба. — В кн. «Новые данные по геологии и полезным ископаемым Сибирской платформы». М., «Недра».
- Замараев С. М. 1967. Краевые структуры южной части Сибирской платформы. М., «Недра».
- Одинцов М. М., Пиннекер Е. В., Твердохлебов В. А. 1965. Основные черты тектоники и калиеносность подземных вод Иркутского амфитеатра. — В сб. «Тектоника юга Сибирской платформы и перспективы ее калиеносности». М., «Наука».
- Рязанов Г. В. 1968. Морфология и генезис складок Непской зоны. — Автореф. канд. дисс. Иркутск.
- Страхов Н. М. 1962. Основы теории литогенеза. Т. I, II, III. М., Изд-во АН СССР.
- Яншин А. Л. 1962. Перспективы открытия месторождений калийных солей на территории Сибири. — Геол. и геофиз., № 10.

ЛИТОЛОГО-ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ОТЛОЖЕНИЙ КЕМБРИЯ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ
В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ ИХ КАЛИЕНОСТИ

Соленосные отложения юга Сибирской платформы по возрасту относятся к венду, нижнему кембрию и амгинскому ярусу среднего кембрия и занимают всю внутреннюю часть Иркутского амфитеатра. На западе они ограничены терригенно-карбонатными отложениями предгорий Енисейского кряжа, а на востоке фациально замещаются одновозрастными карбонатными толщами Западного Прибайкалья, окраин Северо-Байкальского и Витимо-Патомского нагорий. В составе соленосной толщи выделяется мотская, усольская, бельская, булайская, ангарская и литвинцевская свиты. Эти отложения перекрываются красноцветами верхоленской свиты, возраст которой определяется как среднекембрийский; отложения подстилаются терригенными породами венда и рифея.

Зарождение солеродного бассейна относится к *мотскому времени*, когда на обширной территории юга Сибирской платформы в море слабоповышенной солености происходило накопление осадков доломитового и в меньшей степени сульфатного составов. Дальнейшее повышение солености моря привело к накоплению мощных толщ каменных солей в *усольский период* седиментации. В отдельные периоды соленость бассейна снижалась до стадии осаждения доломитистых известняков. Одному из таких периодов, наиболее длительному, соответствуют доломиты осинского горизонта. Коэффициент соленасыщения усольской свиты возрастает довольно быстро от окраины солеродной области по направлению к внутренним частям, но затем остается относительно постоянным (50—60%) на громадной территории Иркутского амфитеатра. И только в районах, прилегающих к Присяяню, в междуречье Оки и Ангары, отмечается некоторое локализованное увеличение соленасыщенности усольской свиты. Менее отчетливо в усольском веке выделяется Илгинская впадина. Аналогичная зона несколько повышенных значений коэффициента соленасыщения фиксируется в северных районах Иркутского амфитеатра.

Бельское время знаменуется трансгрессией моря нормальной солености, периодически доходившей до слабоповышенной. Периоды существования морских условий с нормальной соленостью в первую половину бельского времени были относительно более продолжительными, чем слабо солоноватые. Во второй половине бельского времени вновь формируется солеродный бассейн, который по сравнению с усольским имел несколько меньшую площадь развития. При анализе мощностей каменной соли, карбонатных и сульфатно-карбонатных пород бельской свиты на юге Иркутского амфитеатра выделяется Илгинская впадина. Мощность солей бельской свиты здесь возрастает от 17—24 м на периферии впадины до 60—70 м во внутренней части. Крупная впадина вырисовывается и в северной части Иркутского амфитеатра в среднем течении Ангары, охватывая районы городов Заярск и Братск и села Тангуй. Здесь мощности каменной соли достигают 130—150 м, а суммарная мощность «несоляных» пород — 400 м. Максимальная соленасыщенность (30—40%) и мощность накопившихся осадков (550—650 м) характерна для Канско-Тасеевской впадины.

Таким образом, во впадинах отмечаются наибольшие мощности как каменной соли, так карбонатных и сульфатно-карбонатных пород, что указывает на длительность процесса формирования этих структурных элементов и их конседиментационное происхождение. Такие впадины являются благоприятными для накопления калийных солей.

В *булайское время* произошло региональное опреснение бассейна седиментации, которое привело к накоплению на юге Сибирской платформы однородной толщи доломитов. В Иркутско-Тыретско-Боханском районе незначительное развитие получили сульфатные отложения. Но даже в этих участках, где разрез обогащен сульфатными породами, каменная соль в составе булайской свиты отсутствует. При движении с юга на север наблюдается постепенное снижение солености бассейна седиментации, что привело к формированию известняков в Заярском и Нижнеилимском районах. Наибольшее прогибание дна бассейна, судя по мощностям, имело место в южной и Присяянской частях Иркутского амфитеатра.

Ангарское время характеризовалось повсеместным накоплением каменных солей. Для ангарской свиты характерно переслаивание соляных пластов, имеющих мощность от нескольких сантиметров до 50—60 м, с сульфатными и карбонатными породами примерно такой же мощности. Максимальное соленасыщение (50—60%) наблюдается в пределах Илгинской и Канско-Тасеевской впадин. Мощность отложений ангарской свиты регионально увеличивается в северном направлении от 423 до 502 м. В ангарское время наиболее отчетливо вырисовывается Илгинская впадина, ограниченная зонами относительных поднятий в участках современного Божеханского вала на юге, зоной Верхнеангарских дислокаций на западе, Нотайско-Хандинской зоной складок на востоке и Жигаловским валом на севере. В ангарское время на площади современного Жигаловского вала располагалось относительное поднятие, которое нашло свое отражение как в составе, так и в мощностях накопившихся здесь осадков. В этом районе каменная соль не отлагалась, разрез ангарской свиты, по сравнению с аналогичными в районе Илгинской впадины, обогащен глинистым материалом. К внутренним участкам впадины мощность пластов каменной соли и соленасыщенность разреза увеличивается.

Начало *литвинцевского времени* характеризовалось новой трансгрессией моря нормальной солености на территории юга Сибирской платформы. В это время Иркутский амфитеатр был занят мелководным морским бассейном, где происходило формирование исключительно карбонатных осадков, нередко содержащих морскую фауну трилобитов. При этом северные районы амфитеатра имели более постоянную связь с эпиконтинентальным морем нормальной солености, что привело к формированию здесь исключительно известняковых осадков. Южные районы были удалены от моря нормальной солености, и поступавшие сюда воды были уже слабо засоленными, что обусловило выпадение доломита и образование на территории Илгинской впадины осадков смешанного известняково-доломитового состава. В дальнейшем последовало новое засоление бассейна, что и привело к садке каменных солей. Для литвинцевского времени характерно резкое сокращение площади солеродного бассейна. В настоящее время известен крупный солеродный бассейн, располагающийся на территории Илгинской и Тихоплесовской впадин. В это же время на остальной территории юга Сибирской платформы происходило накопление преимущественно сульфатно-карбонатных пород. Не исключена возможность, что значительные толщи каменной соли среднекембрийского возраста будут обнаружены и под Тунгусской синеклизой (Жарков, 1966).

Мощности отложений литвинцевской свиты увеличиваются в северном направлении от 40—80 м в Присяянских разрезах (Тангуй, Мироново)

до 140—160 м в северных районах амфитеатра (Нижеилимск). На фоне этого регионального увеличения мощностей особенно выделяется Илгинская впадина, где мощность литвинцевской свиты достигает 310—330 м, а суммарные мощности пластов каменной соли измеряются в 100—120 м.

Обособленность Илгинского солеродного бассейна способствовала обогащению осадков терригенным материалом, преимущественно пелитовым, но нередко сюда привносился и кластический кварцевый материал. Увеличение мощности литвинцевской свиты к центральным частям впадины, уменьшение мощности пластов карбонатных и сульфатных пород к ее периферии, а также выклинивание пластов каменной соли указывают на конседиментационный характер развития Илгинской впадины на протяжении амгинского века среднего кембрия.

Рассматривая условия образования соленосной толщи кембрия, видно, что эпохи соленакопления подготавливались длительными этапами карбонатакопления. В периоды накопления карбонатов на обширной территории юга Сибирской платформы существовала относительно стабильная тектоническая обстановка, и сколько-нибудь значительных конседиментационных впадин и поднятий не существовало. В результате отдельные пласты и пачки доломитов стали надежными маркирующими горизонтами и прослеживаются сейчас на многие сотни километров, не испытывая сколько-нибудь значительных изменений как по составу, так и по мощности. Периодов преимущественного карбонатакопления было много. Наши исследования показали, что на данном этапе изученности можно выделить по крайней мере 14 периодов, соответствующих времени образования опорных или маркирующих горизонтов, когда практически солеродной области на юге Сибирской платформы не существовало.

Эпохи карбонатакопления характеризовались образованием депрессионных впадин, которые в последующем выполнялись соляными осадками. Периоды засолонения и отложения каменной соли наступали относительно быстро, о чем свидетельствуют маломощные прослои сульфатных пород (ангидритов) между пачками доломитов и вышележащими солями. В результате садка каменной соли начиналась повсеместно и одновременно на больших площадях. Поэтому нижние пласты каменной соли более выдержаны и прослеживаются на значительно большей территории, чем верхние. Обратная смена условий от солеродного бассейна к бассейну повышенной солености осуществлялась через промежуточные сульфатно-карбонатные осадки, мощность которых соизмерима с пластами каменной соли и карбонатных пород. В этот период в бассейн седиментации в повышенных количествах поступал терригенный материал; в результате сульфатно-карбонатные отложения, покрывающие каменную соль, всегда обогащены кварцевым, кварц-полевошпатовым и глинистым материалом. По всей вероятности, к этому времени солеродный бассейн вступал в завершающую стадию своего существования, и именно здесь находится грань одного этапа и зарождение следующего, т. е. смена регрессивной фазы развития на трансгрессивную.

На протяжении всего времени формирования соленосных отложений наиболее отчетливо области сноса фиксируются на месте современного Восточного Саяна, а также в предгорьях Енисейского кряжа. Здесь в прибрежно-морской зоне накапливались красноцветные терригенные или терригенно-карбонатные толщи. Эти толщи являются прибрежными фациями соленосной формации, и в этом направлении происходит выклинивание соленосных пластов и пачек и обогащение разрезом обломочным материалом.

Качественно другая картина отмечается в восточной и юго-восточной частях юга Сибирской платформы. Здесь при движении от внутренних частей платформы в сторону Прибайкалья, окраин Северо-Байкальского

и Витимо-Патомского нагорий соленосная толща фациально замещается на сульфатно-карбонатную и далее на карбонатную. Фациальный ряд пород представлен в следующем виде: каменная соль — ритмиты — ангидриты или гипсы (Чечель, 1969). При подходе к собственно карбонатным разрезам сульфатные пласты и пачки выклиниваются, и им соответствуют маломощные пласты глинистых и глинисто-карбонатных пород, а также седиментационных карбонатных брекчий. Не исключено, что времени формирования соленосных пластов и пачек в карбонатных разрезах иногда отвечают перерывы в осадконакоплении. При переходе от соленосных к карбонатным разрезам четко фиксируется резкий спад мощностей между сульфатной и карбонатной зонами. Такие же взаимоотношения наблюдаются лишь в тех случаях, когда карбонатные толщи сложены хомогенным типом отложений. Если же они представлены органогенными толщами, то мощности их могут быть большими. Примером подобных соотношений служат рифогенные строматолитовые разрезы устьевской свиты р. Лены возле пос. Паршино и р. Чуи, имеющие мощности не менее 1000 м, тогда как одновозрастные с ними разрезы усольской свиты на всей территории юга Сибирской платформы не превышают 800 м при соленасыщенности разреза до 50—60%. Аналогичные взаимоотношения отмечаются и в районах Западного Прибайкалья.

Характер пород карбонатных отложений, окаймляющих с востока кембрийский солеродный бассейн, указывает на то, что они формировались в мелководном морском бассейне различной солености при непостоянном гидродинамическом режиме. На мелководность бассейна указывает относительно большое количество фитогенных пород: пластовых и столбчатых строматолитов, а также онколитовых образований, широкое развитие сгустковых, оолитовых и пятнисто-полосчатых разновидностей, волноприбойных знаков, знаков ряби, следов подводно-оползневых явлений. В относительно спокойных гидродинамических условиях при незначительном привносе в водоем обломочного материала, а также при свободном проникновении солнечного света развивались строматолиты. Широкое развитие раннедиагенетических изменений пород (перекристаллизация, доломитизация и т. д.) также характерно для мелководных отложений.

Таким образом, карбонатные отложения венда и кембрия юго-востока Сибирской платформы образовались в условиях мелководного карбонатного шельфа. Более глубоководные условия существовали во внутренних районах Иркутского амфитеатра в период формирования однородных пачек карбонатных пород по сравнению с областью шельфа.

Когда в солеродном бассейне происходило накопление слоев и пачек каменной соли, в зоне карбонатного шельфа существовали условия предельного мелководья, где нередко происходил перемыв и переотложение осадков и формирование седиментационных карбонатных брекчий. В результате на юго-востоке Сибирской платформы солеродные области отделялись от относительно более глубоководных частей моря зоной мелководного карбонатного шельфа, где накапливались карбонатные толщи доломитово-известнякового состава. Эта область охватывает северо-западное Прибайкалье, окраины Северо-Байкальского и Витимо-Патомского нагорий и, по-видимому, прослеживается дальше по восточной территории Березовской впадины и западным отрогам Анабарского массива.

Площадь развития карбонатного шельфа ранее имела значительно большие распространения, занимая обширные районы Байкало-Патомского нагорья. И те разрезы карбонатных толщ, которые мы наблюдаем в настоящее время, являются, по всей вероятности, окраинной частью некогда обширной зоны преимущественного развития мелководных карбонатных осадков. В послекембрийское время нынешняя территория Байкало-Патомского нагорья испытала поднятие, и отложившиеся здесь

толщи были денудированы, в результате чего от них остались только реликты, которые можно наблюдать по рекам Янгуда, Мамакан, Кияна, Бамбуйка и их притокам. Здесь карбонатные отложения по своему строению, набору пород, положению в разрезе, комплексам трилобитов и мощностям весьма сходны с аналогичными карбонатными разрезами Прибайкалья и периферии Байкало-Патомского нагорья. Реликты нормально осадочных карбонатных толщ внутренних районов Байкало-Патомского нагорья достаточно отчетливо свидетельствуют о том, что в нижнекембрийское время здесь существовал единый морской бассейн осадконакопления (Беличенко, 1969).

Указанные районы в тектоническом отношении были более активны, чем территория внутренних участков юга Сибирской платформы. Это привело к тому, что отдельные участки дна бассейна седиментации выходили из-под уровня моря, образуя острова и архипелаги. Продолжительность их существования была недолговечной, и время их появления совпадает с эпохами соленакопления во внутренних районах Иркутского амфитеатра. Необходимо подчеркнуть, что на протяжении всего нижнего и среднего кембрия на востоке достаточно устойчивая область суши существовала только в верхнем течении р. Витим в районе выделяемого М. М. Язмиром (1968) Байкало-Цыпинского поднятия, севернее которого располагался Бирамьино-Янгудский бассейн, сообщавшийся с морями Сибирской платформы, а южнее, в пределах Удино-Витимской зоны, находился бассейн, который сообщался с геосинклинальными морями Монголии и Восточного Саяна.

Контуры литолого-фациальных зон отложений кембрия юга Сибирской платформы повторяют в большинстве случаев современные границы горного обрамления. Для юго-западных районов это вполне объяснимо, так как вдоль Восточного Саяна и Енисейского кряжа фиксируются прибрежные или по крайней мере близкие к ним осадки, и вполне естественно, что литолого-фациальные зоны располагались здесь параллельно береговой линии. Совпадение конфигураций границ литолого-фациальных зон на востоке с современными очертаниями Иркутского амфитеатра связано, по-видимому, с тем, что вдоль современной окраины Северо-Байкальского и Витимо-Патомского нагорий располагалась долгоживущая зона глубинных разломов (Замараев, 1967; Спижарский, 1958).

Вдоль зоны глубинных разломов и вблизи нее на протяжении венда и кембрия формировались окраинные участки карбонатного шельфа, а западнее накапливались, повторяя его конфигурацию, соленосные толщи. Таким образом, конфигурация шельфовой зоны была предопределена тектоническим строением района, охватывающего окраинные части Северо-Западного Прибайкалья, Северо-Байкальского и Витимо-Патомского нагорий, в результате чего литолого-фациальные зоны венда и кембрия зависели от очертаний шельфовой зоны и повторяли ее. В последующем, примерно по этой зоне произошло воздымание горных сооружений, а фациальные зоны в Ангара-Ленском прогибе остались расположенными параллельно им. Если северо-западная окраина карбонатного шельфа в настоящее время вполне надежно прослеживается по площади и соответствует области развития карбонатных толщ в Ангара-Ленском прогибе, то юго-восточную и восточную границы этого карбонатного шельфа выяснить из-за недостатка материалов очень трудно.

Область карбонатного шельфа в целом составляет мелководную зону осадконакопления, которую можно считать областью промежуточных бассейнов между геосинклинальным морем нормальной солености и солеродным водоемом. В этой области при однонаправленном подтоке происходила последовательная прямая метаморфизация морских вод, в результате которой в солеродном бассейне накапливались соляные толщи хлоридного типа.

Перспективные районы для поисков калийных солей — Илгинская и Канско-Тасеевская впадины. Наиболее отчетливо Илгинская впадина, как крупная конседиментационная структура, выделяется по верхним горизонтам карбонатно-соленосных отложений кембрия в ангарское и литвинцевское время. Структуры, ограничивающие впадину с запада, севера и востока, обязаны своим происхождением глубинным разломам (Замараев, 1962; Савинский, 1964). Наибольшие подвижки Илгинского блока фундамента происходили по разломам, которым в осадочном чехле соответствуют Жигаловский вал и Нотайско-Хандинская зона складок. В этих условиях максимальное прогибание должно, по-видимому, происходить в северо-восточной части впадины, в районе закартированного В. А. Цобиным и Е. А. Адамовым Чавидинского прогиба. Вполне вероятно поэтому, что Чавидинский прогиб в ангарское и литвинцевское время был своеобразным углубленным заливом на краю Илгинского солеродного водоема. А как известно, такие участки могут представлять наибольший интерес в калиеносном отношении (Адамов и др., 1970). Это подтверждают и данные калиепоискового бурения по рекам Илге, Лене и Тутуре, указывающие на возрастающую интенсивность калиепроявлений к северо-восточным районам Илгинской впадины. Поэтому район Чавидинского прогиба является первоочередным объектом для поисков калийных солей на территории Иркутской области.

Несомненный интерес для постановки поискового бурения на калийные соли представляют районы Улейской и Катанской синклиналей, располагающиеся в западной периклинальной зоне Илгинской впадины. Здесь отмечаются следующие весьма благоприятные признаки возможной калиеносности соленосных отложений среднелитвинцевской подсвиты: литологический состав разреза и максимальная соленасыщенность подсвиты; высокое значение гамма-активности слоев, приуроченных к солям; конседиментационные структуры; окраинная часть конечного по времени развития солеродного бассейна, который был завершающей фазой соленакоплений на юге Сибирской платформы. Возможная калиеносность литвинцевских отложений данного района может быть установлена (без значительных затрат) бурением нескольких неглубоких скважин примерно до 200 м. Проходка таких скважин определит перспективы калиеносности верхнего завершающего цикла соленакоплений или выяснит другие причины гамма-аномалий в районе сочленения Илгинской впадины и зоны Ангарских дислокаций (Цахновский и др., 1968).

Не менее интересен для поисков калийных солей район Непской зоны складок, перспективы которого весьма высоки, судя по имеющимся гидрогеологическим данным (Одинцов и др., 1965), а также тем тектоническим предпосылкам, которые были в последнее время выяснены С. М. Замараевым и Г. В. Рязановым. Но, к сожалению, в районе Непских складок до настоящего времени почти не производилось поискового бурения, и геологическая информация по этому району ничтожна. В районе Гаженской антиклинали и смежных с ней синклиналей необходимо провести бурение профиля из трех-четырёх скважин для изучения верхних частей соленосной толщи.

Очень высоки перспективы калиеносности Канско-Тасеевской впадины. Последняя выполнена осадками окраинной части кембрийского солеродного бассейна и непосредственно примыкает к области суши, располагавшейся на территории Енисейского кряжа. Соленосные пачки в пределах Канско-Тасеевской впадины характеризуется наиболее высокой соленасыщенностью. Карбонатные и сульфатно-карбонатные породы среди них практически отсутствуют, а незначительные по мощности прослои «несоляных» пород представлены засолоненными аргиллитами, алевролитами и песчаниками. В настоящее время в результате

проведения буровых работ здесь среди отложений усольской и ангарской (троицкая пачка) свит стали известны многочисленные проявления калийных минералов, а отдельные из них по своей мощности и содержанию хлористого калия близки к промышленным.

По литологическому составу соленосные отложения Канско-Тасеевской впадины наиболее близки таковым на территории калийных месторождений Предуралья, Припятского прогиба и Предкарпатья.

Проведенные в последние годы Красноярским геологическим управлением работы в значительной мере уточнили перспективы калиеносности Канско-Тасеевской впадины. Были выявлены площади с максимальной калиеносностью разреза. Установлено, что горизонты, перспективные на калийные соли, залегают на доступных глубинах на значительной территории, располагающейся к востоку от Троицко-Михайловского вала, а также в пределах Мурской и Вельминской впадин. Буровые работы, которые необходимо провести в пределах этих территорий, позволят окончательно оценить перспективы калиеносности кембрийских соленосных отложений.

ЛИТЕРАТУРА

- Адамов Е. А., Цобин В. А., Чечель Э. И. 1970. Некоторые черты геологического строения и развития Илгинской впадины и перспективы калиеносности. — В кн. «Геология и калиеносность Сибирской платформы и других районов соленакпления СССР». М., «Наука».
- Беличенко В. Г. 1969. Нижний палеозой Западного Забайкалья. М., «Наука».
- Жарков М. А. 1965. Основные вопросы тектоники юга Сибирской платформы в связи с перспективами калиеносности. — В сб. «Тектоника юга Сибирской платформы и перспективы ее калиеносности». М., «Наука».
- Жарков М. А. 1966. Кембрийская соленосная формация Сибирской платформы. — Сов. геол., № 2.
- Замараев С. М. 1962. Тектоническое строение и история геологического развития юго-восточной части Сибирской платформы. — В кн. «Геофизические исследования и проблемы нефтегазосности юга Сибирской платформы». М., Гостоптехиздат.
- Замараев С. М. 1967. Краевые структуры южной части Сибирской платформы. М., «Наука».
- Одинцов М. М., Пиннекер Е. В., Твердохлебов В. А. 1965. Основные черты тектоники и калиеносность подземных вод Иркутского амфитеатра. — В сб. «Тектоника Сибирской платформы в связи с калиеносностью». М., «Наука».
- Савинский К. А. 1964. Глубинная структура южной части Сибирской платформы. М., «Недра».
- Спижарский Т. Н. 1958. Сибирская платформа. — В кн.: Геологическое строение СССР, т. 3. Тектоника. М., Госгеолтехиздат.
- Цахновский М. А., Чечель Э. И., Машович Я. Г. 1968. О возможной калиеносности отложений литвинцевской свиты в районе сочленения Илгинской впадины с зоной Ангарских дислокаций. — Геол. и геофиз., № 8.
- Чечель Э. И. 1969. Взаимоотношение соленосной и карбонатной формаций на юго-востоке Иркутского амфитеатра. — В сб. «Сравнительный анализ осадочных формаций». М., «Наука».
- Язмир М. М. 1958. Биостратиграфия и археоцитаты раннего палеозоя Байкало-Витимской горной страны. — Автореф. канд. дисс. Иркутск.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
<i>Британ И. В.</i> Новые данные о калиеносности нижнекембрийских отложений Канско-Тасеевской впадины и рекомендации по дальнейшим поисковым работам	5
<i>Другов Г. М., Исакова В. С., Панаев В. А.</i> Результаты поисковых работ на калийные соли в Иркутской области и рекомендации по направлению дальнейших работ	20
<i>Лаврентьев А. М., Повышев А. С., Иванов Э. И., Буддо Ю. И.</i> Итоги поисковых работ на калийные соли в Зиминском Присянье и перспективы их продолжения	30
<i>Дашкевич Н. Н., Мусатов Д. И., Яскевич В. И.</i> О перспективах поисков калийных солей в Вельминской впадине	34
<i>Минко Г. М.</i> Перспективы калиеносности среднедевонской соленосной формации Тувы	40
<i>Колосов А. С., Пустыльников А. М.</i> Основные итоги исследований по геохимии соленосных отложений юго-западной части Сибирской платформы	46
<i>Кавицкий М. Л.</i> О соотношении постоянных компонентов в солях нижнего кембрия юго-западной части Сибирской платформы	58
<i>Кавицкий М. Л., Колосов А. С., Пустыльников А. М.</i> О распределении брома в солях троицкой и тынесской пачек ангарской свиты Канско-Тасеевской впадины	61
<i>Трофимук П. И.</i> Геохимические и гидрохимические критерии калиеносности юга Сибирской платформы	63
<i>Замараев С. М., Рязанов Г. В.</i> Тектоника галогенной формации юга Сибирской платформы и структурные особенности отдельных зон складок в связи с перспективами калиеносности	76
<i>Чечель Э. И., Василевский А. Ф., Машович Я. Г.</i> Литолого-палеогеографический анализ отложений кембрия юга Сибирской платформы в связи с перспективами их калиеносности	82

Новые данные о калиености нижнекембрийских отложений Канско-Тасеевской впадины и рекомендации по дальнейшим поисковым работам. Британ П. В.— Сб. «Перспективы калиености Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 5—19.

Рассмотрены основные закономерности размещения проявлений калийной минерализации в нижнекембрийских соленосных отложениях Канско-Тасеевской впадины на юго-западе Сибирской платформы. Приведены данные, свидетельствующие о приуроченности седиментационных проявлений калийных солей (сильвина и карналлита) к региональным калиенным горизонтам и об увеличении калиенности на участках конседиментационного прогибания. Описано внутреннее строение калиенных горизонтов и зональность в размещении калийной минерализации. Обосновывается возможность выявления в калиенных горизонтах усольской и ангарской свит месторождений калийных солей. Рекомендуются методика и конкретные площади для дальнейших поисковых работ. Табл. 4 назв. Илл. 9. Библ. 13 назв.

Результаты поисковых работ на калийные соли в Иркутской области и рекомендации по направлению дальнейших работ. Другов Г. М., Исакова В. С., Панаев В. А.— Сб. «Перспективы калиености Сибири», 1972 г., стр. 20—29.

Рассматриваются основные результаты поисков калийных солей Иркутской области за период 1964—1969 гг. На основании анализа материалов поискового бурения выделены наиболее благоприятные для поисков калийных солей стратиграфические уровни. К ним отнесены надосинские отложения усольской свиты Присаянья и соленосные образования ангарской свиты Илгинской и Лено-Илимской впадин. Выделены перспективные районы для постановки поискового бурения. К числу первоочередных перспективных площадей отнесены северо-восточная часть Илгинской впадины с Чавидинским прогибом и Тунгусско-Гаженский район. Илл. 3. Библ. 10 назв.

Итоги поисковых работ на калийные соли в Зиминском Присаянье и перспективы их продолжения. Лаврентьев А. М., Повышев А. С., Иванов Э. И., Буддо Ю. И.— Сб. «Перспективы калиености Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 30—33.

Приводятся данные по итогам поисковых работ на калийные соли в Зиминском Присаянье. По изучению кернового материала обосновывается калиенность разреза ангарской, бельской и усольской свит нижнего кембрия. Петрографические исследования и высокие значения геохимических показателей позволили сделать вывод, что в соленосном бассейне этого времени могли существовать условия, соответствующие сильвинной и карналлитовой стадиям седиментации. По анализу мощностей свит произведена реконструкция ангарского, бельского и усольского времени, позволяющая наметить дальнейшие поисковые работы на калийные соли более целенаправленно. Рассматривается методика дальнейших поисков и отработки калийных месторождений на территории Иркутского амфитеатра. Илл. 3.

О перспективах поисков калийных солей в Вельминской впадине. Дашкевич Н. Н., Мусатов Д. И., Яскевич В. И.— Сб. «Перспективы калиености Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 34—39.

По гравиметрическим, аэромагнитным и электроразведочным данным в западной части Сибирской платформы выделена система крупных отрицательных платформенных структур, разделенных зонами приподнятого залегания фундамента. Одна из них — Вельминская впадина, расположенная в междуречье Ангары и Подкаменной Тунгуски восточнее Енисейского кряжа. Мощность чехлы во впадине превышает 7—8 км. Строение ее во многом аналогично Канско-Тасеевской впадине — наиболее хорошо изученной структуры юго-запада платформы.

Вельминская впадина выполнена мощной толщей терригенных пород венда и карбонатно-галогенных нижнего кембрия. Присутствие солей в составе отложений нижнего кембрия доказывается как геофизическими, так и прямыми геологическими данными. Внутреннее строение Вельминской впадины более сложное, чем Канско-Тасеевской (отмечаются многочисленные отрицательные и положительные структуры в отложениях нижнего кембрия, в том числе связанных с соляной тектоникой). По ряду признаков (более четкая структурная обособленность, способствовавшая законченности циклов солеобразования, большая дифференцированность движений дна соленосного бассейна и др.), Вельминская впадина определяется более перспективной на поиски калийных солей, чем Канско-Тасеевская. Этому способствует и меньшая глубина залегания нижнекембрийских толщ во впадине. Рекомендуется проведение специальных калиепоисковых работ на территории Вельминской впадины. Илл. 1. Библ. 16 назв.

Перспективы калиенности среднедевонской соленосной формации Тувы. Минко Г. М.— Сб. «Перспективы калиенности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 40—45.

На основании обобщения, анализа и переинтерпретации имеющегося фактического материала выдвигается представление о более широком площадном распространении среднедевонской соленосной формации Тувы и в связи с этим о более благоприятных перспективах калиенности этой формации. Рекомендуется всестороннее ее изучение. Табл. 1. Илл. 3. Библ. 17 назв.

Основные итоги исследований по геохимии соленосных отложений юго-западной части Сибирской платформы. Колосов А. С., Пустыльников А. М.— Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 46—57.

Рассмотрены закономерности распределения брома в каменной соли по разрезу троичкой и тынесской пачек ангарской свиты, особенности распределения брома между хлоридами калийсодержащих пород: химический и минеральный состав межсоловых пород и нерастворимых остатков солей. В результате уточняется физико-химическая обстановка заключительного этапа кембрийского соленакпления и показывается, что в это время неоднократно создавались благоприятные условия для осаждения калийных солей. Табл. 2. Илл. 9. Библ. 18 назв.

О соотношении постоянных компонентов в солях нижнего кембрия юго-западной части Сибирской платформы. Кавицкий М. Л.— Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 58—60.

Рассмотрены основные закономерности в поведении отношения CaSO_4 к нерастворимому остатку солей в нижнекембрийских соленосных отложениях Канско-Тасеевской впадины. Приведенные данные свидетельствуют о том, что отношение $\text{CaSO}_4/\text{H}_2\text{O}$ о. уменьшается вверх по разрезу (от рыжковской до троичкой пачки ангарской свиты Cm_1) и имеет ощутимые отличия в средних значениях для большинства пачек. В пределах пачки на всей площади распространения эти значения в основном выдерживаются. Делается вывод об использовании данного геохимического коэффициента для целей стратиграфии и о снижении роли морского питания вверх по разрезу. Отмеченные закономерности позволяют сказать, что в ангарское время происходила прогрессирующая изоляция солеродного бассейна от областей питания водами нормальной солености. Такие условия могли способствовать интенсивному осолонению бассейна вплоть до насыщения его рапы по калийным солям. Илл. 1. Библ. 3 назв.

О распределении брома в солях троичкой и тынесской пачек ангарской свиты Канско-Тасеевской впадины. Кавицкий М. Л., Колосов А. С., Пустыльников А. М.— Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 61—62.

Рассмотрены некоторые закономерности в поведении брома в солях троичкой и тынесской пачек ангарской свиты Cm_1 Канско-Тасеевской впадины. Приведенные данные свидетельствуют о том, что значения бромхлорных коэффициентов в кровле тынесской пачки равны или близки по значениям к таковым подошвы троичкой пачки. Аналогичное поведение брома для других солеродных бассейнов описано рядом исследователей, как за рубежом (Schulze, 1958; Baag, Kijhn, 1962), так и в Советском Союзе (Огненко, 1965). На основании изложенного делается вывод, что основная масса рапы в троичное время, очевидно, была унаследована от тынесского и что образование пластов, разделяющих соли тынесской и троичкой пачек, связано, в значительной мере, с вторжением в солеродный бассейн материковых вод. Табл. 1. Библ. 3 назв.

Геохимические и гидрохимические критерии калиеносности юга Сибирской платформы. Трофимук П. И.— Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 63—75.

Палеорекострукция колебаний концентрации рапы кембрийского солеродного бассейна произведена путем расчленения кривых бромхлорных отношений и солей на ритмы. Устанавливается относительное постоянство количества ритмов в пределах свит и под свит на больших площадях. Выявлены максимумы больших циклов галогенеза по бромхлорным отношениям и определены их стратиграфические положения, а также цифровые показатели геохимических коэффициентов в солях усольского, бельского и ангарского времени. Выявлен характер взаимосвязи изменения содержания брома и калия в солях. Намечены площади с максимальными значениями бромхлорного коэффициента. В работе дается характеристика гидрохимических показателей калиеносности в водах выщелачивания солей и в метаморфизованных рассолах Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Выделяются площади с наиболее высокими значениями указанных показателей. Табл. 3. Илл. 5. Библ. 15 назв.

Тектоника галогенной формации юга Сибирской платформы и структурные особенности отдельных зон складок в связи с перспективами калиеносности. Замараев С. М., Рязанов Г. В.— Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 76—81.

Приводится характеристика складок галогенной толщи кембрия юга Сибирской платформы, среди которых по морфологии выделяются голоморфные, промежуточные и прерывистые, а по кинематическим признакам — продольного смятия, надглыбовые и складки с соляными ядрами нагнетания. Особое внимание уделено выделению конседиментационных прогибов, которые на юге Сибирской платформы завуалированы постседиментационными перемещениями каменной соли. Перспективными районами для поисков калийных солей являются Чивдинский прогиб в Илгинской впадине и Суриндо-Гаженский район в Непской зоне дислокаций. Библ. 6.

Литолого-палеогеографический анализ отложений кембрия юга Сибирской платформы в связи с перспективами их калиеносности. Чечель Э. И., Василевский А. Ф., Машович Я. Г.—Сб. «Перспективы калиеносности Сибири». М., «Наука», 1972 г., стр. 82—88.

Формирование карбонатно-галоженных отложений кембрия происходило в морском мелководном бассейне. Эпохи соленакопления подготавливались длительными этапами карбонатакопления и характеризовались образованием депрессионных впадин, которые в последующем заполнялись осадками. На юго-востоке Сибирской платформы солеродный бассейн отделялся от моря нормальной солёности зоной мелководного шельфа, где происходило накопление карбонатных осадков. Эта область занимала Прибайкалье, Северо-Байкальское и Витимо-Патомское нагорья и, вероятно, проходила по восточной окраине Березовской впадины к западным отрогам Анабарского массива. Юго-западная окраинная часть солеродного бассейна располагалась вблизи береговой линии, и здесь создавались наиболее благоприятные условия для садки калийных солей. Перспективными уровнями на калийные соли являются верхние калиеносные горизонты, обнаруженные в ангарской и литвянцевской свитах. Первоочередные объекты для проведения поисковых работ на калийные соли — юго-западная часть Канско-Тасеевской впадины, зона Чивдинского прогиба и район Непских складок в пределах Сурино-Гажинского прогиба. Библ. 12 назв.

Перспективы калиеносности Сибири

*Утверждено к печати Ученым советом Института геологии и геофизики
Сибирского отделения АН СССР*

Редактор издательства Л. В. Миракова
Художественный редактор В. Н. Тикуннов. Художник Б. И. Астафьев
Технический редактор Т. Д. Панасюк

Сдано в набор 21/IV-1972 г. Подписано к печати 27/VII-72 г. Формат бумаги 70×108¹/₁₆. Усл. печ. л. 8,75
Уч.-изд. л. 8,2 Тираж 750 экз. Бумага № 1 Тип. зак. 5016 Т-12321 Цена 82 коп.

Издательство «Наука» Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография издательства «Наука» Москва, Г-99, Шубинский пер., 10