МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ СССР

МИНИСТЕРСТВО ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
ГАЛУРГИИ

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ СССР

МЕТОДЫ ИХ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ

Под редакцией
В. И. РАЕВСКОГО и М. П. ФИВЕГА

814

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ЛЕНИНГРАД • 1973

ГГИ Институт

УДК 553.632(47+57)

Месторождения калийных солей СССР. Методы их поисков и разведки. Л., «Недра», 1973. 344 с. (М-во химической промышленности СССР. Всесоюз. науч.-исслед. и проектный ин-т галургии). Авт.: В. И. Раевский, М. П. Фивег, В. В. Герасимова и др.

Книга является первой сводной работой по геологии калийных бассейнов СССР и месторождениям калийных солей, имеющим промышленное значение или являющимся перспективными. Обобщены сведения по минералогии и петрографии соленосных серий, физико-химическим и геологическим условиям их формирования. Значительное внимание уделено обоснованию методов поисков и разведки месторождений калийных солей для повышения их эффективности.

Книга предназначена для специалистов, работающих в калийной промышленности, и для геологов, занимающихся изучением месторождений минеральных солей.

Иллюстраций 66, таблиц 46, список литературы — 430 назв.

Авторы: В. И. Раевский, М. П. Фивег, В. В. Герасимова, А. Ф. Горбов, Н. М. Джинoридзе, Н. И. Банера, Е. С. Щедровицкая, В. П. Телегин, Ю. Е. Кудрявцев.

М $\frac{0294-338}{043(01)-73}$ 57—73

© Издательство «Недра», 1973

ПРЕДИСЛОВИЕ

В недрах сосредоточены огромные запасы калийных солей, пространственно и генетически связанных с каменной солью соленосных серий. В пределах СССР выявлены и частично изучены Верхнекамский, Припятский, Предкарпатский и Среднеазиатский калийные бассейны. Изучаются на уровне поисковых работ верхнепечорская соленосная серия, раннепермская в Донбассе и в Прикаспийской впадине. Поисковые работы ведутся также в границах распространения кембрийских соленосных серий в Восточной Сибири.

Только в трех наиболее крупных бассейнах (Верхнекамском, Припятском и Предкарпатском) разведано не менее 200 млрд. т калийных солей. Прогнозные запасы в несколько раз превышают эту цифру.

На основе этой сырьевой базы бурно развивается калийная промышленность СССР. В пределах Верхнекамского и Старобинского месторождений работают по три калийных комбината, строятся четвертые. В пределах Предкарпатского бассейна промышленное значение имеют Стебниковское и Калуш-Голынские месторождения, руды которых представлены в основном линзами сернокислых калийных солей. На их базе работают Стебниковский калийный и Калушский химико-металлургический комбинаты.

По объему производства калийных удобрений Советский Союз вышел на первое место в мире. И тем не менее их не хватает, особенно бесхлорных. Для удовлетворения возрастающей потребности сельского хозяйства в калийных удобрениях химическая промышленность планирует значительно увеличить объем их производства, в основном за счет строительства новых предприятий.

В 1975 г. производство калийных удобрений почти в 2,5 раза превысит его современный уровень, в 1980 г. — 3,5 раза. Это потребует ежегодного извлечения из недр около 100 млн. калийных солей. С учетом потерь и разубоживания расход калийных руд в недрах превысит 200 млн. т ежегодно.

Возрастают требования в отношении достоверности геологопромышленной оценки месторождений калийных солей. Имеющиеся факты значительного несоответствия разведочных данных по содержанию полезных компонентов и по геологическому строению рудных тел с эксплуатационными показателями создают серьезные затруднения при проектировании рудников и эксплуатации месторождений.

Настоящая книга содержит материалы, характеризующие сырьевую базу калийной промышленности СССР. В ней приведены сведения обо всех калийных бассейнах и месторождениях Союза, имеющих практическое значение или являющихся перспективными. Значительное внимание в книге уделено обоснованию методов поисков и разведки месторождений калийных солей.

Опубликованная в 1960 г. монография А. А. Иванова, Ю. Ф. Левицкого «Галогенные формации СССР» содержит для того времени весьма полную характеристику этих формаций. Однако за прошедшие 12 лет стало известно много новых фактов, которые учтены в настоящей книге. По своему построению и содержащимся в ней материалам книга не повторяет упомянутую монографию. В ней использован новый фактический материал, часть которого публикуется впервые. Отдельные выводы авторов, например о стратиграфии и внутренней тектонике верхневоротыщенской серии, о наличии десяти циклов соленакопления в полном разрезе соленосной серии Прикаспийской синеклизы, нельзя считать окончательными. Авторы выражают надежду, что настоящая книга будет полезной и поможет успешному освоению месторождений калийных солей.

Книга представляет собой коллективный труд сотрудников геологической лаборатории ВНИИГ. В написании ее принимали участие М. П. Фивег (раздел I, гл. 1, п. 2 гл. 2, п. 1, 2, 4, 5 гл. 3; раздел II, гл. 1), В. И. Раевский (раздел II, п. 1 гл. 2), В. В. Герасимова (раздел I, гл. 4), А. Ф. Горбов (раздел I, п. 3 гл. 3), Н. М. Джиноридзе (раздел I, гл. 5), Н. И. Банера (раздел II, п. 9 гл. 2), Е. С. Щедровицкая (раздел I, п. 1 гл. 2), В. П. Телегин, Ю. Е. Кудрявцев, В. А. Самойлов, В. Н. Ступницкий, Н. П. Казакова, В. Г. Войтенко (раздел I, п. 2 гл. 5).

Общее руководство и редактирование рукописи осуществляли В. И. Раевский и М. П. Фивег.

В подборе графических материалов и оформлении рукописи большую помощь нам оказала О. Г. Морачевская, которой мы приносим свою искреннюю благодарность.

В. И. Раевский, М. П. Фивег

РАЗДЕЛ I

КАЛИЙНЫЕ БАССЕЙНЫ СССР

Глава 1

КАЛИЕНОСНОСТЬ КЕМБРИЙСКИХ СОЛЕНОСНЫХ СЕРИЙ

Еще совсем недавно считалось, что соленакопление на поверхности Земли впервые осуществилось в начале кембрия и что соленосные формации являются типичными для послепротерозойского времени. Самыми древними соленосными сериями признавали нижнекембрийские Восточной Сибири, Западного Пакистана и Ирана. В докембрийских толщах были известны только ангидритовые породы гренвильской серии в районе оз. Онтарио в Северной Америке [410].

После обнаружения соляных пород в верхнем протерозое в центре Австралии, в бассейне Амадеус, граница появления соленосных серий несколько понизилась во времени. Сейчас нет оснований считать, что именно с этого срока началось образование соляных пород на Земле. Следы более древнего соленакопления скорее всего уничтожены в связи с метаморфизацией, широко проявленной в породах докембрия.

До последнего времени также считалось, что соляные породы распространены только в недрах материков северного полушария [410]. Поисковые работы на нефть и газ на всех материках, а в последнее время и в пределах шельфов привели к открытию многих новых соленосных серий в Южной Америке, Африке и Австралии. Теперь соленосные серии найдены на всех континентах и в шельфовых зонах западного побережья Африки, на дне Мексиканского залива и в восточной части Средиземного моря, в Бискайском заливе, Красном море и др. Поисковое бурение на нефть и газ продолжается на всех континентах, их шельфах и в пределах континентального склона. Нет никаких оснований полагать, что известными сейчас соленосными сериями исчерпывается все количество солей в недрах континентов. Несомненно, могут быть обнаружены новые соленосные серии и, возможно, с калийными породами.

В додевонских соленосных сериях месторождения калийных солей не найдены. Пока самые древние соленосные серии с промышленными месторождениями известны в среднем девоне Западной

Канады. Калиепроявления обнаружены в нижнекембрийских сериях Восточной Сибири и Ирано-Пакистанского бассейна.

Как видно из рис. 1, докембрийские проявления в Северной Америке представлены ангидритовыми породами. Ангидриты известны и в подстилающей нижнекембрийские соленосные серии мотской свите.

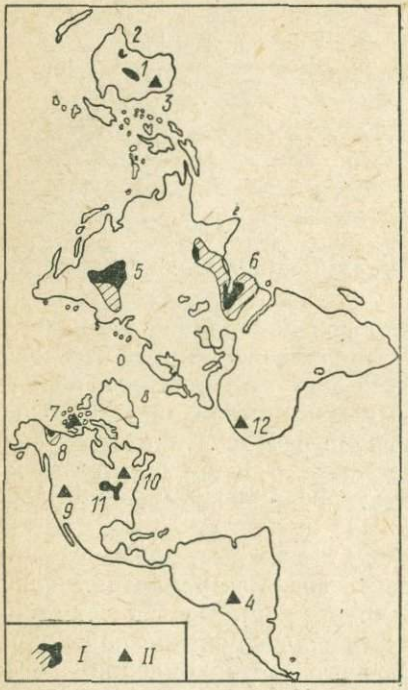


Рис. 1. Схема распространения додевонских соленосных серий (по М. Т. Казари и М. А. Жаркову).

I — известные и предполагаемые площади распространения соленосных серий; *II* — ангидритовые породы.
Докембрийские соленосные серии; *бассейны*: *1* — Амадеус, *3* — Каннинг, *7* — арктических островов, *9* — Идохо-Монтана, *10* — Онтарио (гренвильская серия). *Кембрийские, ордовикские и силурийские соленосные серии*; *бассейны*: *2* — Торренский, *4* — Южно-Боливийский, *5* — Восточно-Сибирский, *6* — Ирано-Пакистанский, *8* — Маккензи, *11* — Мичигано-Предаппалачский, *12* — Испанской Сахары.

1. Соляные источники Восточной Сибири

Соляные источники в Восточной Сибири известны с глубокой древности. В 40-х годах XVII в. первые русские землепроходцы увидели соляные варницы, работавшие на р. Ангаре ниже Иркутска, в низовьях Илима, на р. Лене близ с. Усть-Кут и в ряде других мест [303].

Большое количество соляных источников в Восточной Сибири позволило геологам, изучавшим этот район, — А. А. Чекановскому, В. А. Обручеву и К. И. Богдановичу — прийти к выводу о наличии на обширной территории залежей каменной соли. В 1923 г. каменная соль была вскрыта скважиной, пройденной на Варничном острове на р. Ангаре около Усолья. Позже в 1929—1931 гг. Восточно-Сибирским геологоразведочным трестом были пробурены скважины в Усолье Сибирском и в Нижнем Булае.

В 1932—1934 гг. каменная соль была обнаружена скважиной в заимке Лебедевой вблизи с. Половина [389]. Керн этой скважины был описан Я. Я. Яржемским [390, 391]. Тогда же И. Ф. Шепетуниным было обнаружено в рассолах Иркутского амфитеатра высокое содержание брома, калия и редких элементов. В 1938 г. И. С. Шараповым [369, 370] изучались воды соляных родников в верхнем течении р. Лены по рекам Ниж. Тунгуске, Непе, Илиму и Куте. В результате в источниках бассейна р. Куты было установлено повышенное содержание калия. Все эти данные подтвердили не только наличие большой площади

распространения соляных пород, но и присутствие в них калийных солей.

Перспективы изучения соленосных толщ кембрия резко изменились после 1945 г. в связи с бурением глубоких опорных и поисковых скважин на нефть. Эти скважины во многих местах пересекли соляную толщу. К 50-м годам бурением она была прослежена на

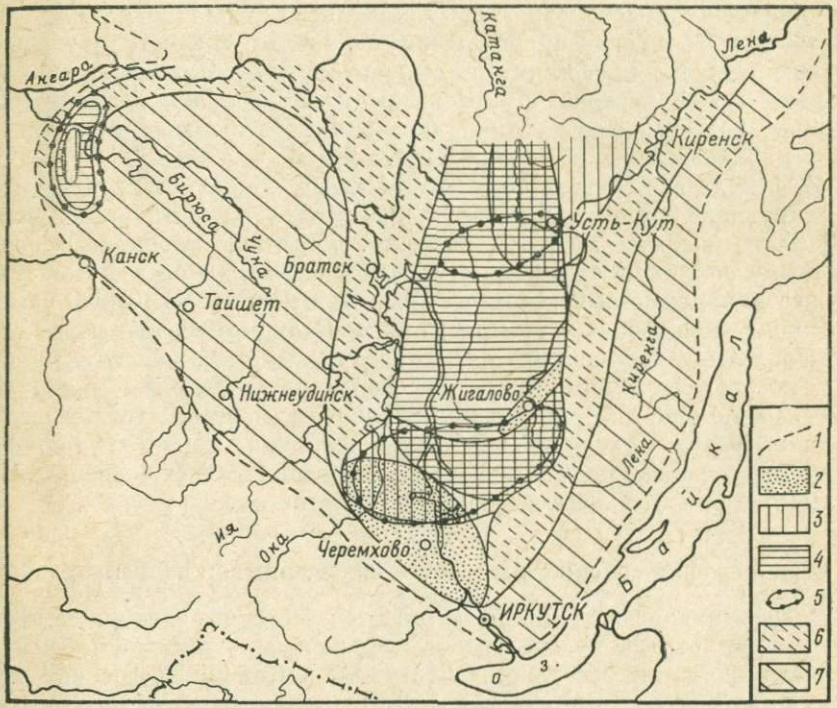


Рис. 2. Карта перспектив калиеносности.

1 — граница Иркутского амфитеатра; районы, благоприятные для поисков калийных солей в циклах соленакопления: *2* — усольском, *3* — бельском, *4* — ангарском; *5* — районы наибольшей перспективности; *6* — территория малой и невыясненной перспективности; *7* — бесперспективная территория.

большой площади в пределах Иркутского амфитеатра, в северо-западной части Канско-Тасеевского района [285, 354] и на востоке площади в Березовской впадине. На основании гидрохимических признаков было прогнозировано наличие соляных пород в пределах Ангаро-Ленского прогиба [369, 370], Пеледуйского поднятия [285] и др. Бурение проводилось с невысоким выходом керна, часть которого была изучена М. Л. Вороновой [51, 52]. Стратиграфия, литология и фации кембрийских отложений Иркутского амфитеатра были охарактеризованы Я. К. Писарчик [262], результаты исследований освещены А. А. Ивановым и Ю. Ф. Левицким [135].

При бурении на нефть в соленосных сериях калийные породы не были обнаружены, но был зафиксирован ряд данных (наличие калия в высококонцентрированных рассолах, богатых бромом, голубого галита, зерен сильвина в галите и др.), которые можно было рассматривать как положительные поисковые признаки на калийные соли. В связи с этим возникла необходимость в проходке специальных скважин с полным отбором керна, т. е. в проведении предпоисковых исследований. Первый этап этих работ был осуществлен в 60-х годах бурением как одиночных скважин, так и расположенных на профилях на северо-западе в Канско-Тасеевской впадине и на востоке Иркутского амфитеатра на правобережье Ангары, на север от Бильчира, по Лене и Илге в пределах Илгинской и Лено-Илимской впадин (рис. 2).

В результате всестороннего изучения керна были выделены маркирующие горизонты, позволившие уточнить стратиграфию верхней части разреза нижнего кембрия, выделить площади с более мощными соляными толщами, т. е. районы, где наиболее интенсивно осуществлялись конседиментационные прогибания. В галите каменной соли мощных соленосных серий были выделены горизонты с высоким содержанием брома. Некоторые из них, как выяснилось при петрографическом изучении, содержат калийные минералы. Всей совокупностью проведенных работ в мощной толще солей были выделены три горизонта калиепроявлений (один в усольской свите и два в ангарской), на которых и предполагалось сосредоточить внимание при дальнейших поисковых работах.

2. Стратиграфия соленосных серий и положение зон калиепроявления

Разрез нижнего кембрия начинается мотской свитой, которая на части площади подстилается ушаковской, относимой к венду. В краевых частях бассейна, в частности в Канско-Тасеевской впадине, мотская свита выходит за пределы распространения ушаковской и залегает на более древних породах докембрия.

В краевых частях разрез мотской свиты начинается базальными конгломератами и гравелитами, над которыми в Канско-Тасеевской впадине (рис. 3) располагается толща красноцветных песчаников с прослоями алевролитов. В верхней половине разреза наблюдается чередование пластов доломитов с песчаниками в нижней части и ангидритами в верхней. Мощность свиты 400 м.

Выше залегает нижняя соленосная серия усольской свиты с чередованием пластов каменной соли (70%), аргиллитов, алевролитов, доломитов, чаще ангидрито-доломитовых и доломито-ангидритовых тонкослоистых пород. Реже встречаются массивные ангидриты. В ряде скважин среди несолевых и соляных пород обнаружены пластовые интрузии долеритов с контактным воздействием на вмещающие породы [115]. По данным бурения Заярской и Тубинской опорных скважин Д. И. Павловым [250] описаны своеобразные анатектиты в контакте долеритов с каменной солью. В каменной

соли верхней части разреза усольской соленосной серии почти на всей территории ее распространения обнаружены вкрапленность сильвина и карналлита и в некоторых случаях сезонные прослои с калийными солями. Часть разреза с калийными солями выделена как нижний (усольский) горизонт калиепроявления.

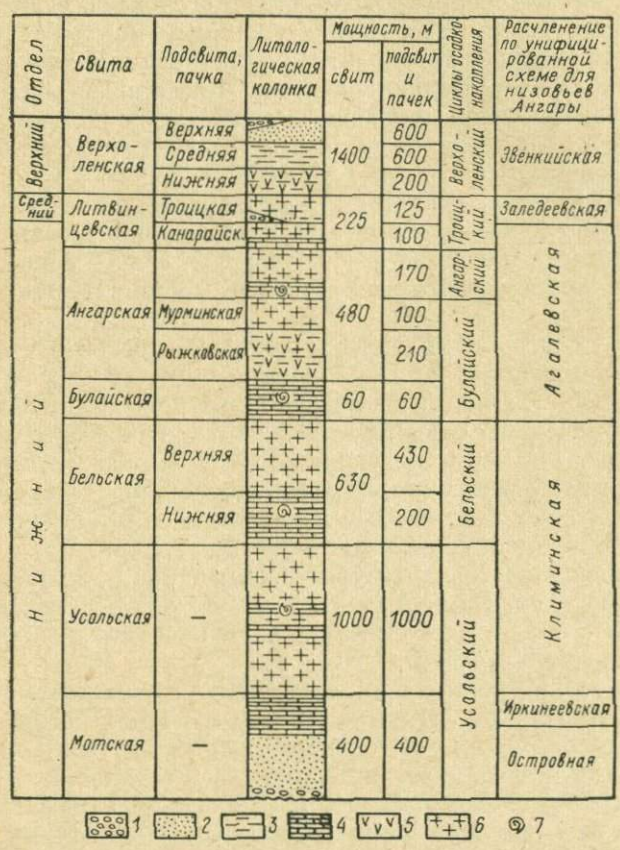


Рис. 3. Стратиграфический разрез кембрия Канско-Тасеевской впадины (по Г. С. Минко [234]).

1 — конгломераты; *2* — песчаники; *3* — алевролиты; *4* — известняки и доломиты; *5* — ангидриты и гипсы; *6* — каменная соль; *7* — фауна.

Мощность несолевых пород от 0,5 до 50—60 м, пластов каменной соли — до 85 м. Коэффициент соленасыщения по отдельным скважинам 42—75%. Мощность усольской соленосной серии для различных частей площади распространения неодинакова. Наибольшая (1000—1200 м) констатирована на юго-западе — в Канско-Тасеевском районе и в районе Жигалова (1100 м). На периферии площади распространения свиты мощность постепенно снижается. Так, в Иркутском Присаянье и Юго-Западном Прибайкалье она составляет 350—400 м.

Выше усольской залегает бельская свита. Нижняя ее подсвита существенно карбонатная с фауной трилобитов, брахиопод, выдержана на большой площади даже за пределами распространения солей, поэтому она является ценным маркирующим горизонтом, широко используемым при синхронизации разрезов в пределах всей Сибирской платформы. Бельская свита сложена серыми, иногда водорослевыми доломитами с подчиненными по мощности известняками, ангидритами и прослоями каменной соли. Мощность нижней подсвиты 180—250 м. Верхняя подсвита представлена чередованием 15—42 пластов каменной соли общей мощностью до 203 м и несолевых пород. Это вторая соленосная серия разреза. Соленасыщенность 40—50%. Общая мощность подсвиты 270—550 м.

Выше по разрезу залегают карбонатные породы булайской свиты, представленные доломитами с подчиненными им известняками. Благодаря наличию фауны породы свиты сопоставляются с разрезами других районов Восточной Сибири. Мощность свиты 50—70 м.

Выше располагается соленосная серия ангарской свиты. В Канско-Тасеевском районе, по Г. М. Минко [234], в ее разрезе выделяются три пачки, нижняя из которых (рыжковская) сложена чередующимися пластами терригенных (часто загипсованных) и сульфатных пород. На части площади развиты пласты каменной соли. В нижней трети разреза встречаются известняки. Суммарная мощность ангидритовых слоев в разрезе достигает 60 м, каменной соли — 35 м. Общая мощность пачки 180—250 м.

Залегающая выше пачка (мурминская) пород представлена переслаивающимися пластами каменной соли (13—18 пластов, соленасыщенность 60%), ангидритами, алевролитами и песчаниками. Мощность пачки 65—130 м.

Верхняя пачка (тынысская) начинается слоем доломита с пропластками известняков с фауной (15—20 м), выше которого пласты каменной соли (34 пласта, соленасыщенность 70%) чередуются с алевролитами, иногда с песчаниками. Мощность пачки 100—180 м, мощность свиты в целом 455—610 м. Некоторые горизонты пластов каменной соли тынысской пачки отличаются повышенным содержанием KCl и Br [158].

В районе Канско-Тасеевской впадины впервые в разрезе кембрия была выделена литвинцевская свита в составе двух пачек. Разрез нижней (канарайской) начинается зеленовато-серыми доломитами мощностью до 20—40 м. Выше — чередование пластов каменной соли с доломитами, доломито-ангидритами, алевролитами и песчаниками. Соляные породы составляют 20—30% разреза. Мощность пачки 100—130 м.

Разрез верхней (троицкой) пачки на западе площади начинается непостоянным по мощности конгломератом с карбонатно-глинистым и галитовым цементом, с хорошо окатанными гальками метаморфических и жильных пород (до 40 м). В восточном направлении конгломерат сменяется песчаниками и алевролитами. Выше пачка

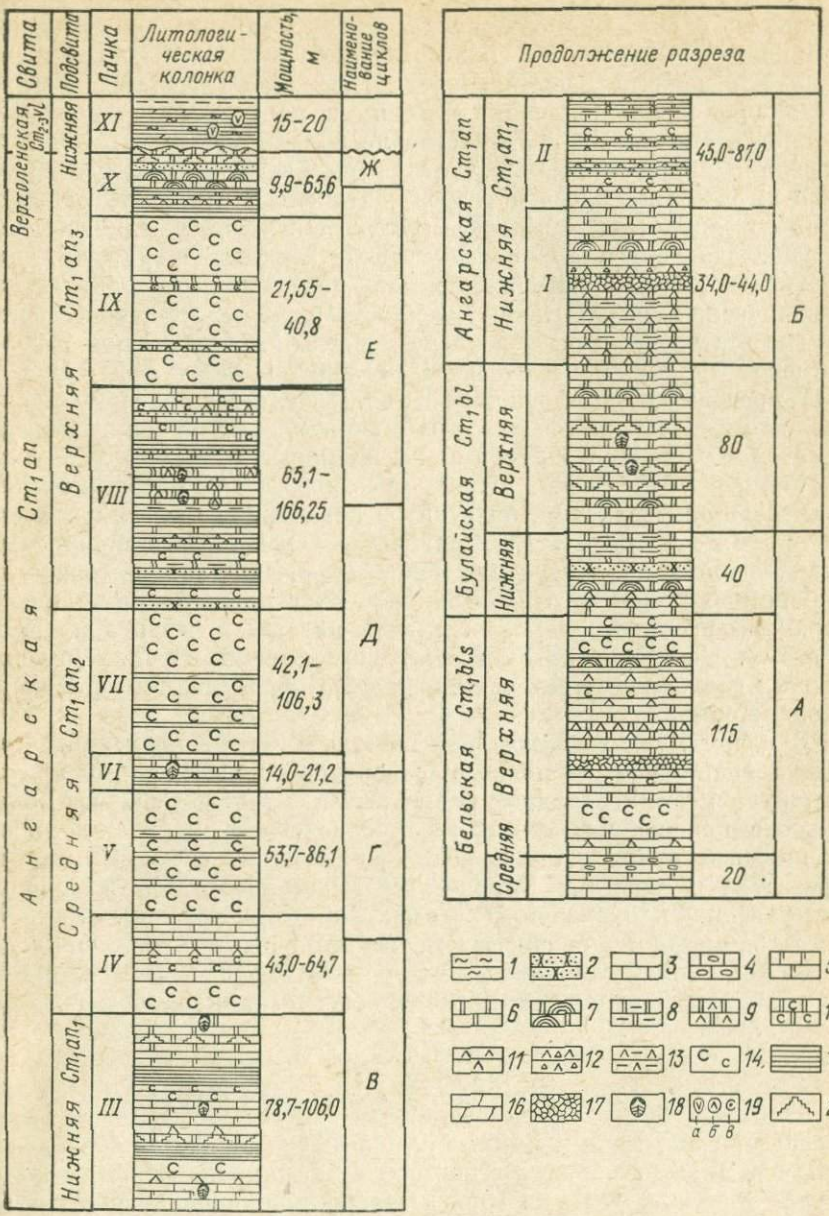


Рис. 4. Сводный разрез отложений верхнего отдела соленосной формации нижнего кембрия южной части Иркутского амфитеатра (по Г. М. Другову и др. [101]).

1 — красноцветные аргиллиты и мергели; *2* — песчаники; *3* — известняки; *4* — известняки онколитовые; *5* — известняки доломитизированные и доломиты известковистые; *6* — доломиты; *7* — доломиты водорослевые; *8* — доломиты глинистые; *9* — ангидрито-доломиты и доломито-ангидриты; *10* — доломиты засолоненные; *11* — ангидриты; *12* — ангидриты брекчированные; *13* — ангидриты глинистые; *14* — каменная соль; *15* — ритмиты; *16* — мергели; *17* — брекчии; *18* — фауна трилобитов; *19* — включения: *а* — гипса, *б* — ангидрита, *в* — соляных «катунов»; *20* — стилолитовые швы.

в основном сложена каменной солью (до 90% мощности) с прослоями алевролитов. Каменная соль этой пачки в Канско-Тасеевской впадине отличается повышенным содержанием KCl и Br [158].

Наличие калиепроявлений в соляных породах ангарской свиты Канско-Тасеевской впадины заставило более внимательно отнестись и к соляным породам верхней части разреза кембрия и на юге Иркутского амфитеатра. Здесь в разрезе ангарской свиты выделено три литолого-фациальных комплекса (подсвиты): нижний — существенно карбонатный, средний — соленосный и верхний — сульфатно-карбонатно-соленосный [101]. Верхний комплекс сопоставляется с литвинцевской свитой Канско-Тасеевского района. Наиболее обстоятельно эта часть разреза изучена в пределах Илгинской и Лено-Илимской впадин, разделенных Жигаловским валом (рис. 4).

В пределах всей площади распространения нижнекембрийских соленосных серий проведена с учетом результатов бурения на нефть и особенно поискового бурения на калийные соли четкая синхронизация свит. На всей площади прослежено три основных цикла седиментации: усольский, бельский и ангарский (с амгинским горизонтом, относимым М. А. Жарковым к среднему кембрию). Проделана работа по выделению опорных региональных горизонтов карбонатных пород. Уточнены закономерности изменения мощностей и границы распространения отдельных подсвит и пачек с соляными породами. На этом основании выявлены особенности конседиментационных движений в пределах площадей седиментации и фациальные закономерности.

«В целом можно заметить, — пишет А. Ф. Василевский, — что южная граница кембрийского солеродного бассейна постепенно мигрирует в северо-западном направлении. При этом области максимального прогибания, начиная с усольского времени и до конца литвинцевского, оставались в северо-западной части Иркутского амфитеатра в пределах Канско-Тасеевской впадины и в районах, прилегающих к Присаянью (Зима, Тыреть, Кутулик)» [36]. Во время седиментации ангарских пород интенсивные прогибания дна имели место в Илгинской [1] и Лено-Илимской впадинах [101]. Эти данные весьма существенны для обоснования поисковых работ на калийные соли.

3. Калиепроявления в соленосных сериях

Еще при описании первых образцов керна каменной соли усольской свиты было обращено внимание на наличие зерен голубого галита [390, 392] и на присутствие высококонцентрированных рассолов, содержащих калий и бром [373]. Включения же сильвина в зернах галита впервые удалось обнаружить А. А. Иванову в 1948 г. [135]. При изучении керна усольской каменной соли М. Л. Вороновой [51, 52] во многих скважинах описаны единичные включения в галите зерен сильвина (0,01—0,8 мм). В таких породах содержание KCl не превышает десятых долей процента, а при наличии в камен-

ной соли зерен сильвина (скв. у ст. Половина) достигает нескольких процентов. Сильвином оказалась обогащена каменная соль верхней трети разреза усольской свиты южной части Иркутского амфитеатра [51, 52].

Разные калийные минералы были обнаружены и в усольской каменной соли Канско-Тасеевской впадины [111, 245]. Здесь кроме сильвина были обнаружены вкрапленники карналлита. М. Л. Воронова изучала керн Тайшетской, Тулунской и других скважин. Наиболее значительное проявление калийных минералов обнаружено в Тулунской опорной скважине в низах верхней трети усольской свиты, в 58 м ниже ее кровли. В семи пачках соляных пород (2, 4 и 6) констатированы включения зерен карналлита, в одной (3) — включения сильвина и прослои бедных сильвинитов. В средней части пачки 2 обнаружены обогащенные карналлитом прослои мощностью до 3 см с содержанием карналлита до 10—15%. В пачке 3 обнаружены зерна молочно-белого сильвина размером до 3 см, которые располагаются в прослоях мощностью 12—15 см. Сильвина в этих прослоях до 10—15%. Содержание KCl в отдельных образцах керна достигает 2,2% [114]. По-видимому, именно с этим стратиграфическим горизонтом связано калиепроявление и в других местах распространения усольской серии. Зоны, обогащенные калийными солями, отличаются и повышенным содержанием брома [245, 248].

В Канско-Тасеевском районе калиеносными оказались некоторые горизонты каменной соли ангарской свиты [234]. Аналогичное явление было констатировано и восточнее, в разрезах Тайшетской и Заярской опорных скважинах, и еще восточнее, в пределах Илгинской и Лено-Илимской впадин [101]. К соляным породам ангарской свиты в последнее время был проявлен большой интерес как к менее глубоко залегающим, доступным для разработки на бóльших площадях, чем зона калиепроявлений усольской свиты.

В Канско-Тасеевском районе каменная соль троицкой пачки отличается высоким содержанием брома, увеличивающимся вверх по разрезу. Здесь бром-хлорные отношения достигают 0,4—0,6 (сильвиновый интервал) и до 0,8 (карналлитовый интервал). Часто значения этих отношений, достигнув максимума, снижаются к верхнему контакту пластов каменной соли [158]. Из калийных минералов больше всего распространен карналлит, иногда вместе с сильвином, реже встречается один сильвин. Чаще наблюдаются включения отдельных зерен калийных минералов, реже сезонные прослои. Карналлит часто выполняет трещины в глинистых прослоях. Содержание сильвина редко поднимается выше 2,5%, содержание карналлита в отдельных пробах достигает 20%, чаще 5—1% (54% всех проанализированных образцов). В керне скв. 88 в интервале глубин 222,7—223,5 м обнаружены вкрапленники и гнездообразные включения риннеита ($K_3NaFeCl_6$) с эритросидеритом ($K_3FeCl_5H_2O$), вторичным по риннеиту [158].

Для тыныссской пачки соляных пород характерны высокое содержание брома и калиенасыщенность. Для каменной соли этой пачки

бром-хлорные отношения у галита чаще отвечают галитовому интервалу (0,4 и ниже) и только в отдельных частях разреза попадают в сильвиновый интервал (0,4—0,6), с единичными более высокими значениями. Выявлено некоторое непостоянство содержания брома для различных частей площади распространения каменной соли: содержание брома несколько возрастает в южной части площади поискового бурения Канско-Тасеевского участка [158].

Калиепроявления для тынысской пачки менее интенсивны, чем для троицкой. Они наиболее четко проявлены в южной части. Калиепроявления в этой пачке иногда не совпадают с максимальными значениями бром-хлорных отношений и приходятся на области перехода от минимальных к максимальным. Из калийных минералов преобладает сильвин во вкрапленниках и реже в сезонных прослоях. Содержание его редко достигает 5% (скв. 33 на восточном крыле Тынысской структуры в центре участка поисков), чаще ниже 1%. Карналлит преимущественно выполняет трещины в глинистых прослоях [158]. Подводя итог, следует отметить, что ни в одной из скважин до сих пор не были обнаружены калийные породы с кондиционным содержанием калия.

Проведенными работами по повышенному содержанию брома и калиепроявлениям в мощной толще солей трех соленосных серий Сибирской платформы выявлено три стратиграфических уровня с калийными солями: I — в нижней части верхней трети усольской свиты (усольский горизонт калиепроявления), II — в верхней трети ангарской свиты, III — в верхней части литвинцевской свиты, в основании среднего кембрия (?), — в троицкой пачке. Калиепроявления в них увеличиваются при увеличении мощностей слоев каменной соли, т. е. в пределах площадей конседиментационного прогибания.

Калийные минералы — сильвин и карналлит — образуют вкрапленники и участвуют в составе сезонных прослоев, т. е. являются первичными (седиментационными). Их наличие подтверждает существование в отмеченные промежутки времени рассолов, насыщенных калийными солями, и факт садки калийных минералов.

Все обнаруженные до настоящего времени горизонты с калиепроявлениями отличаются невысоким содержанием калийных минералов. Участники поисковых работ полагают, что горизонты каменной соли с калийными минералами в ряде мест являются краевыми частями калийных пород, промышленные площади которых могут располагаться в пределах участков, интенсивнее прогибавшихся, в настоящее время это более глубокие части впадин.

Необходимо иметь в виду, что проведенными поисковыми работами освещена только незначительная часть площади возможного нахождения промышленных пластов калийных пород. Поэтому имеющийся фактический материал недостаточен для обоснования бесперспективности дальнейших поисковых работ. Целесообразно продолжить поисковое бурение на ангарский горизонт в Канско-Тасеевской и в примыкающей к ней с севера Вельтинской впадинах [91], в севе-

ро-западной части Илгинской впадины и Лено-Илимском прогибе [21, 114], в зоне Непских складок.

Усольский горизонт калиепроявления может представить интерес в зоне пологих структур Присаянья, в Зиминско-Шелонинском районе [21, 114, 389]. А. Л. Яншин [389] обращает внимание на перспективность для поискового бурения Березовской, Нюйской и Пеледуйской впадин Якутии.

Глава 2

ДЕВОНСКИЕ КАЛИЙНЫЕ БАССЕЙНЫ

Девонский период в истории Земли был временем интенсивного соленакопления на континентах северного полушария (рис. 5). Соленосные серии обнаружены в разрезах среднего и верхнего девона. В среднем девоне в пределах Евразии установлены значительные площади соленакопления: на севере в Усть-Енисейской впадине Хатангского прогиба (мантуровская свита) и в Вилюйской синеклизе; на юге в Тувинской впадине. В Европе соленосные серии известны в южной части Московской синеклизы, в Моссоловско-Почельском прогибе, где соляные породы залегают в основании трансгрессивного комплекса среднего девона (морсовская соленосная толща). Калийные соли мощной соленосной серии Западной Канады (формация Эвапориты прери) имеют промышленное значение. С этой формацией связано одно из наиболее крупных в мире месторождений сильвинита — Саскачеванское.

В соленосных сериях севера Сибири отмечены только калиепроявления. В Туве в структуре Туз-Таг Тувинской впадины известны в каменной соли сезонные прослои сильвинита и вкрапленники сильвина. В отдельных образцах содержание KCl доходит до 39%. Сильвинит обнаружен и в соседних структурах (сообщение

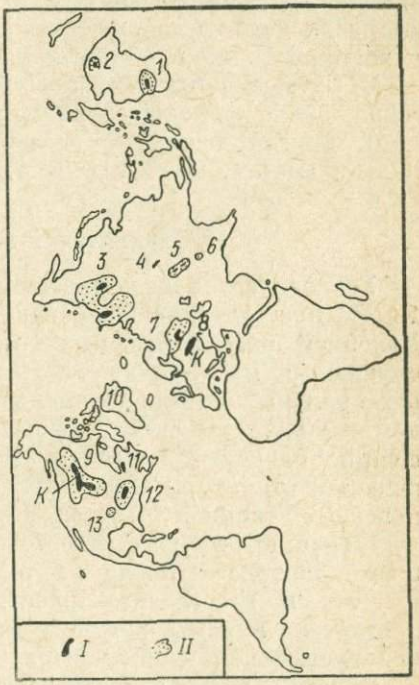


Рис. 5. Схема распространения девонских соленосных серий (по М. Т. Казари и М. А. Жаркову).

Площади распространения пород: I — соляных, *II* — ангидритовых; *K* — калийные бассейны.

Австралия, бассейны: 1 — Кеннинг, *2* — Эдавеил. *Евразия, бассейны: 3* — Северо-Сибирский, *4* — Тувинский, *5* — Чу-Сарысуйский, *6* — Ферганский, *7* — Морсовский, *8* — Днепровско-Донецкий и Припятский. *Северная Америка, бассейны: 9* — Западно-Канадский, *10* — арктических островов, *11* — Джемс-Бей, *12* — Мичиганский, *13* — Южной Иовы.

Г. М. Минко). Поисковое бурение на калийные соли здесь не проводилось. В разрезе морсовской соленосной толщи в скважине у г. Ярцево на глубине 680 м был обнаружен слой сильвинита мощностью 1,2 м с содержанием 3—16% KCl. Поисковое бурение здесь также не производилось.

Верхнедевонские соленосные серии известны в Евразии и Северной Америке. В азиатской части СССР соляные породы обнаружены в Чу-Сарысуйской впадине, где они залегают над красноцветами предположительно фаменского возраста. Соляные породы здесь образуют диапировые и криптодиапировые соляные штоки [88].

К верхам франского и фаменского ярусов приурочены соленосные серии Днепровско-Донецкой и Припятской впадин. С верхней половиной разреза верхней соленосной серии связаны пласты сильвинитов, разрабатывающиеся в западной части прогиба в пределах Старобинского месторождения. В каменной соли Днепровско-Донецкого прогиба пока обнаружены только калиепроявления.

В Северной Америке известны два крупных солеродных бассейна. Один расположен на юге Гудзонова залива (серия Джемс-Бей), другой южнее, в бассейне оз. Мичиган. Калийных пород в этих местах не обнаружено.

1. Припятский калийный бассейн

Геологическое строение. Припятский прогиб (юго-восточная часть БССР) представляет собой одно из звеньев Припятско-Днепровско-Донецкой рифтовой зоны. Кристаллический фундамент прогиба, опущенный на глубину от 1,5—2,0 до 5—6 км, разбит системой региональных субмеридиональных и субширотных разломов разной глубины заложения, формирующих систему взаимно перемещенных блоков. Движением этих блоков образованы крупные ступенчатые структуры II порядка (Берзинская, Первомайская, Шатилковская, Речицкая, Червоно-Слободская и др. (рис. 6).

В границах прогиба заполняющие его отложения девона, карбона, перми и триаса после длительного континентального перерыва с угловым несогласием располагаются в северо-западной части прогиба на породах верхнего протерозоя, а в юго-восточной — на кристаллическом фундаменте.

Бóльшая часть разреза девонской осадочной толщи мощностью 3,5—4 км представлена соленосными сериями. Соляные породы распространены в пределах всего прогиба на площади около 26 тыс. км². На породах верхнего докембрия (вендский комплекс) залегают кварцево-полевошпатовые песчаники пярнуского горизонта живетского яруса, которыми начинается разрез девонских отложений, подразделяющихся на подсолевую, нижнюю соленосную, межсолевую, верхнюю соленосную и надсолевую толщи. Подсолевая толща делится на терригенную и карбонатную. Терригенная сложена морскими породами (песчаниками, алевролитами, глинами,

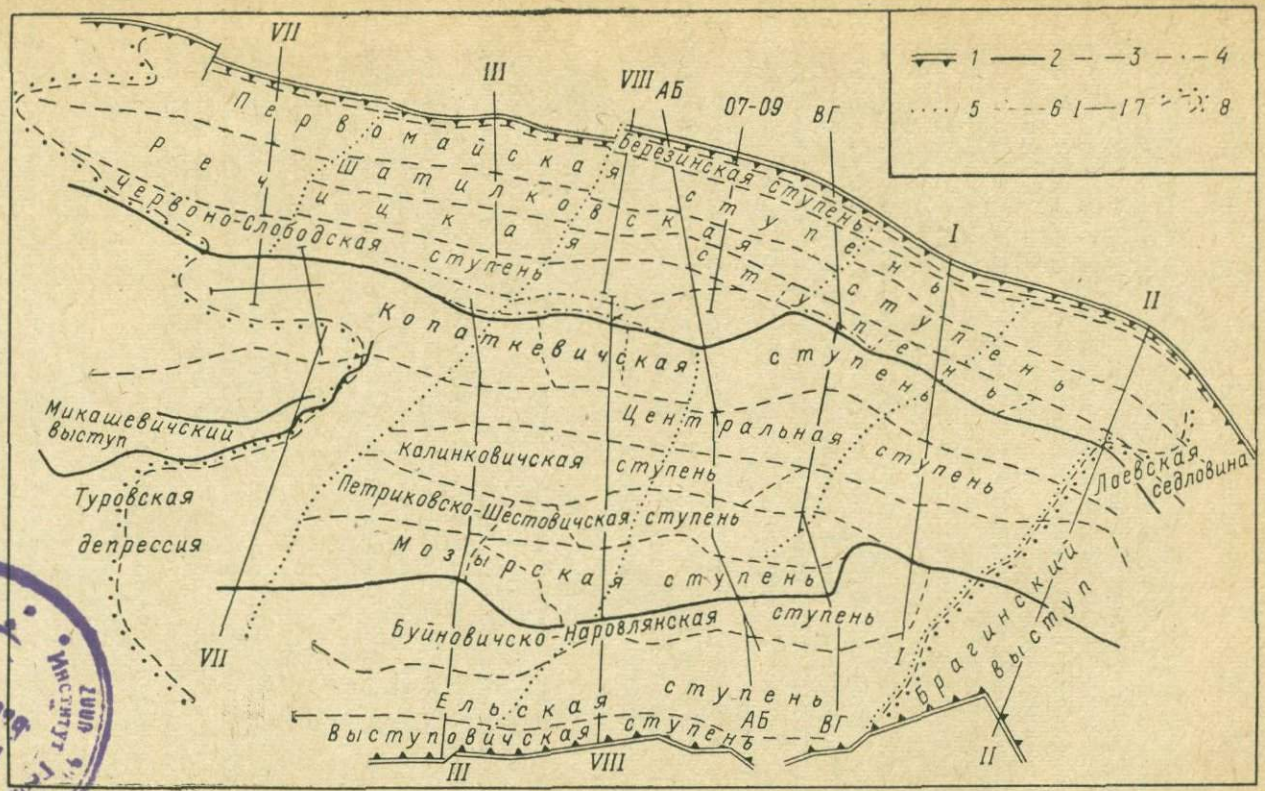


Рис. 6. Карта тектонического районирования Припятской впадины по поверхности фундамента. Составил П. В. Анцупов по материалам Управления геологии при СМ БССР, ИГН (Минск) и ВНИГНИ.

Разломы: 1 — глубинные, ограничивающие Припятскую впадину, *2* — межзональные, *3* — субширотные ступенеобразующие, *4* — субширотные локальные, *5* — субмеридиональные региональные, *6* — субмеридиональные локальные, *7* — линии региональных профилей, *8* — контуры распространения соленосных образований.

мергелями) пярнуского, наровского, старооскольского (лужского) и пашийско-кыновского горизонтов. В наровском горизонте среди частично загипсованных мергелей встречена каменная соль [53]. Это наиболее раннее проявление галогенеза в девоне Припятского прогиба.

Выше по разрезу залегает карбонатная подсолевая толща мощностью 50—60 м. Для всей площади, кроме западной части, она делится на две подтолщи, из которых нижняя сложена устойчивым по составу и мощностям комплексом известняков, доломитов и мергелей саргинского, семилукского и петинского горизонтов. В основании подтолщи появляются прослои ангидритов. Верхняя подтолща, залегающая на размытой поверхности подстилающих отложений, более разнообразна по составу пород, менее выдержанных по простиранию и мощностям, слагается отложениями воронежского и нижней половины евлановского горизонтов. Воронежский горизонт сложен известняками, мергелями, доломитами и глинами. В ряде мест, особенно в западной части, появляются прослои ангидрита, а в восточной части — вулканогенных пород. В западной части прогиба в разрезе преобладают доломиты, иногда с прослоями ангидрита. Мощность горизонта возрастает от 20 м на западе до 192 м на востоке.

Выше залегают породы евлановского яруса мощностью от 11 м на западе до 130 м на востоке. Здесь развиты мергели, глинистые мергели, карбонатные глины, сульфатно-карбонатные породы с прослоями известняков, доломитов и вулканогенных пород. Состав пород фациально изменяется: к краям прогиба возрастает количество глинистого материала, на юго-восток — вулканогенного. Непостоянство мощностей пород евлановского яруса многие исследователи объясняют как результат начавшегося дифференциального движения блоков фундамента в связи с началом более интенсивного общего прогибания дна прогиба [230].

Выше по разрезу располагается нижняя соленосная серия евлановско-ливенского возраста. Детальное сопоставление ее разрезов с нижними соляными слоями показывает, что «переход к нижней соленосной толще во многих районах Припятского прогиба постепенный, соленакопление на разных участках началось неодновременно и галитсодержащим пачкам в ряде разрезов (Ельск, Наровля и др.) соответствуют отложения, не содержащие солевых прослоев (Речица, Стреличево и др.)» [231]. К сожалению, далеко не везде переход от несолевой толщи к солевой описан достаточно подробно. Кроме постепенного перехода в ряде скважин констатировано залегание с перерывом осадконакопления.

Нижняя соленосная серия развита на всей площади прогиба. На западе в пределах Старобинского месторождения она сменяется гипсоносной толщей (41—89 м), на юго-востоке — нижней вулканогенно-осадочной, сложенной туфами, туффитами, туфобрекчиями и лавами. Количество эксплозивного материала уменьшается в направлении на северо-запад [166, 231]. Нижняя соленосная серия

сложена многократным переслаиванием пластов и пачек каменной соли с тонкослоистыми мергелями, часто доломитовыми, доломито-ангидритовыми породами, глинистыми известняками и ангидритами, иногда туфами, туффитами, полимиктовыми песчаниками с известково-доломитовым цементом.

Каменная соль представлена светло-серыми, серыми, грязно-серыми, бурыми и желтовато-розовыми разностями. Более чистые разности встречаются в нижней части толщи. Отмечается невысокое содержание брома в галите с колебаниями в интервале 0,005—0,022%. Во всех пройденных скважинах калийные соли не были обнаружены [53].

При изучении разрезов 99 скважин соленосная серия была разделена на шесть циклов [271]. В наиболее полных разрезах (Ельская структура) выделено 9 ритмопачек [53]. Здесь мощность соляной толщи достигает 1100 м. Каждая ритмопачка начинается несолевыми породами (30—40% мощности), которые иногда многократно переслаиваются с пластами каменной соли. Выше располагается пласт или группа пластов каменной соли. Мощность отдельных ритмопачек, как правило, изменяется в интервале 50—100 м.

Нижняя соленосная толща вскрыта поисковыми на нефть скважинами, которые проходились без отбора керна. Для расчленения на ритмопачки использовались данные комплексного каротажа. Выделение ритмопачек позволило уточнить палеогеографию времени седиментации нижней соленосной серии. Удалось установить, что в тех разрезах, которые начинаются породами первого цикла, переход к подстилающим породам постепенен. «Смена морских условий в конце евлановского времени условиями солеродного и засолоненного бассейна происходила постепенно» [231]. Постепенный переход осуществлялся своеобразно. Например, на Ельской площади подпачка I—I в скв. Р-13 представлена «глинисто-карбонатно-ангидритовыми, андгидрито-карбонатно-глинистыми породами, мергелями глинистыми с ангидритом и глинистыми доломитами» [231]. В керне скв. Р-14 в этом интервале присутствуют прослои ангидрита и каменной соли. Таким образом, здесь смена евлановских морских карбонатных пород происходит без образования пластов базального ангидрита.

В ряде скважин наблюдаются резко выраженные перерывы осадконакопления (породы соленосной серии залегают непосредственно на кристаллическом фундаменте). Именно такие контакты наблюдаются на Наровлянской и Первомайской площадях. На части Наровлянской площади на кристаллическом фундаменте залегают породы первого цикла соленосной серии, а на остальной — второго цикла (так же, как и на Первомайской площади) [231].

Полный разрез нижней соленосной серии развит далеко не везде. В некоторых местах выпадают ритмопачки той или иной части разреза. Так, например, на Петриковской площади в разрезе нет пород II, III и IV ритмопачек. Здесь мощность соляной толщи по отдельным

скважинам изменяется от 136 до 211 м [231]. В границах бассейна мощность нижней соленосной серии изменяется от 97 до 1044 м при глубине залегания верхнего контакта 1475—3196 м.

Нижняя соленосная серия на всей площади своего развития перекрывается задонско-елецкой межсолевой толщей. Там, где она перекрывает верхний цикл нижней соленосной серии, наблюдается постепенный переход. На стратиграфически более низкие горизонты породы межсолевой толщи ложатся только на закарстованных участках.

В разрезах межсолевой толщи выделяются три фациальных типа: карбонатно-терригенный, карбонатный и вулканогенный [231]. Карбонатный тип, развитый в западной и северо-западной частях прогиба, представлен глинисто-мергелистыми и карбонатными породами, частично доломитизированными. В карбонатных породах содержится обильная и разнообразная фауна: брахиоподы, фораминиферы, конодонты, криноидеи, пелециподы, спикулы губок, черви, радиолярии, скелеты рыб, водоросли. Карбонатно-терригенный тип развит преимущественно в юго-восточной части Припятского прогиба. Для этого типа характерны карбонатные (известняки и доломиты), глинисто-карбонатные (мергели, карбонатные глины) и терригенные (гравелиты, песчаники, глины) породы. На Ельском валу в основании разреза в толще карбонатных глин, мергелей и известняков обнаружены прослои ангидрита [231]. Вулканогенный тип разреза приурочен к юго-западной части прогиба и примыкает к Брагинскому выступу. Для этого типа разреза характерно чередование осадочных пород (известняков, доломитов, доломито-ангидритов, мергелей и ангидритов) с вулканогенно-осадочными (туфами, туффитами, туфобрекчиями) и эффузивами непостоянного состава (трахиты, трахибазальты, трахиандезито-базальты, фонолиты) [166]. Лавы развиты на небольшой площади. Значительно чаще встречаются радиоляриты и окремнение, связанное с вулканизмом. Мощность пород вулканогенного комплекса достигает 1,5—2 км [2].

Мощность межсолевой толщи изменяется в широких пределах: от 40 м в районе Старобина до 166 м на Шестовичской и до 1027 м на Первомайской площадях. С межсолевой толщей связаны промышленные залежи нефти, обнаруженные на Речицкой, Осташковской, Тишковской и Давыдовской площадях.

Далее следует верхняя соленосная толща. На части площади ее распространения в основании располагается переходная пачка преимущественно массивных ангидритов с прослоями и слоями глинисто-мергелистых пород, известковистых мергелей и известняков. Мощность переходной пачки непостоянна и на Давыдовской площади достигает 112 м [53].

Площадь распространения верхней соленосной толщи около 26 тыс. км². Глубина залегания 583 —1700 м. Мощность изменяется от десятков до 3000 м (рис. 7). Возраст верхней соленосной серии елецко-данково-лебедянский [78, 343]. Она сложена многократно

чередующимися пластами каменной соли и несолевых пород. К некоторым пачкам каменной соли приурочены калийные породы.

Распределение несолевых пород в разрезе верхней соленосной толщи неравномерное. Ими более богата верхняя половина разреза. Это обстоятельство и послужило основанием для разделения верхней соленосной толщи на две подтолщи: нижнюю — галитовую, с соленасыщенностью 80—96%, и верхнюю — глинисто-галитовую или калиеносную, с соленасыщенностью 26—70%.

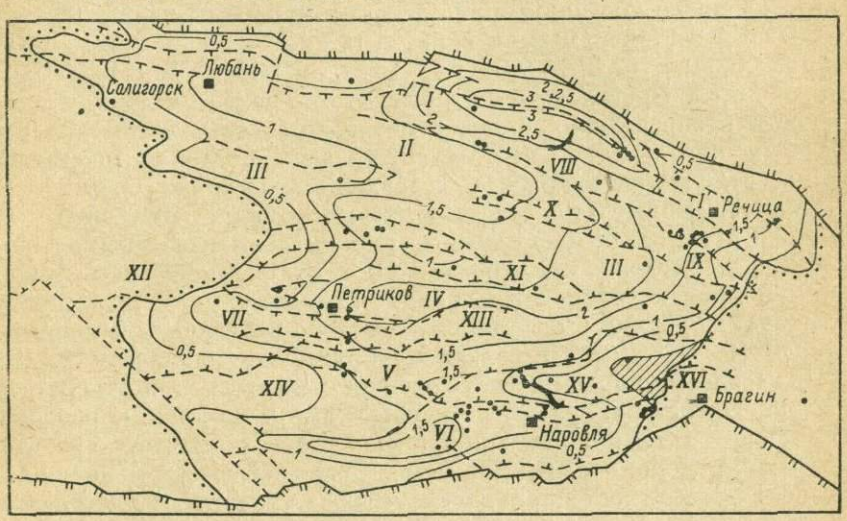


Рис. 7. Схематическая карта изопахит верхней соленосной толщи Припятской впадины. Составили В. К. Голубцов, Ю. И. Лупинович, В. З. Кислик, 1966 г. (с упрощениями).

1 — глубинные разломы, ограничивающие Припятскую впадину; *2* — граница распространения соленосных отложений; *3* — основные тектонические нарушения Припятской впадины (по Б. В. Бондаренко и В. Н. Макаревичу); *4* — изопахиты верхней соленосной толщи (мощность в километрах); *5* — площадь, на которой верхняя соленосная толща отсутствует; *6* — скважины глубокого бурения. Материалы Б. В. Бондаренко, Ж. П. Хотько и В. Н. Макаревича; *депрессии: I* — Шатилковская, *II* — Василевичская, *III* — Копаткевичская, *IV* — Калинковичская, *V* — Мелешковичская, *VI* — Ельская, *VII* — Туровская; *выступы: VIII* — Речицкий, *IX* — Червоно-Слободской, *X* — Мелешковичский, *XI* — Центральный, *XII* — Микашевичский, *XIII* — Мозырский, *XIV* — Злодиевский, *XV* — Наровлянский, *XVI* — Брагинский.

Галитовая подтолща, развитая на площади около 24 тыс. км², отсутствует в северо-западной части прогиба, где она фациально замещается доломито-ангидритовыми породами. Мощность галитовой подтолщи меняется в широком интервале. Средняя мощность 1200 м. Значительные изменения мощности наблюдаются в районе развития соляных структур и происходят за счет деформации пластов каменной соли [53].

Как уже отмечалось, несолевые породы в разрезе галитовой подтолщи имеют подчиненное значение. Это затрудняет сопоставление разрезов по данным комплексного каротажа, поэтому для подтолщи нет деления на ритмопачки.

Преобладающая в разрезе каменная соль окрашена преимущественно в серые тона. В некоторых случаях наблюдается сезонная слоистость. Как правило, каменная соль обладает массивной текстурой. Структура неравномернозернистая, иногда встречаются зерна с сохранившейся скелетно-зональной структурой. В соляных структурах каменная соль приобретает четко выраженную текстуру течения, подобную описанной М. П. Фивегом [336] для нижней каменной соли Верхнекамского месторождения. Кроме галита в породе постоянно присутствуют минералы глин и битумы.

Средний состав каменной соли, %: $NaCl$ — 98,48; KCl — 0,036; $MgCl_2$ — 0,04; $CaCl_2$ — 0,015; $CaSO_4$ — 0,65; $BaSO_4$ — 0,054; н. о. — 0,65. Бром-хлорное отношение $Br \cdot 10^3/Cl = 0{,}076$. Закономерности распределения брома в разрезе не установлены. Из приведенных цифр видно, что каменная соль подтолщи достаточно чистая, отличается невысоким содержанием калия и брома.

Имеются данные о присутствии лития и рубидия. По Э. А. Высоцкому [53], *литий был обнаружен в 9 из 31* проанализированных проб. Среднее содержание его — $16 \cdot 10^{-5}$. Этот элемент здесь, так же как и в других соленосных сериях, находится в составе жидких включений. Рубидий был установлен только в 7 пробах. Содержание его — $9 \cdot 10^{-4} - 9 \cdot 10^{-5}$. Он связан с терригенными включениями [53].

Из несолевых пород наиболее распространены ангидриты и породы *смешанного состава*: сульфатно-карбонатные, сульфатно-карбонатно-глинистые, галито-сульфатно-карбонатные, глинисто-карбонатно-сульфатные, доломито-ангидритовые. Реже встречаются песчаники, алевролиты и в восточной части туфы и туффиты. С несолевыми породами связаны многочисленные нефтепроявления.

Выше по разрезу на площади около 14 тыс. км² залегает калиеносная подтолща. На основании интерпретации геофизических данных было установлено, что калиеносная подтолща на преобладающей площади распространения подстилается породами галитовой подтолщи, которая, как уже отмечалось, на площади Старобинского месторождения сменяется глинисто-ангидрито-доломитовым комплексом, что эта толща представлена многократно *чередующимися* пластами различной мощности каменной соли и несолевых пород. С некоторыми пластами каменной соли связаны горизонты калийных пород. Мощность калиеносной подтолщи колеблется в широком интервале, достигая 2000 м и более (Березинская, Шатилковская, Первомайская площади). В полосе развития соляных структур в сводовых частях она *резко сокращается вплоть до выклинивания*. Мощность пластов каменной соли изменяется от нескольких метров до 35—60, иногда до 170—280 м. Мощность несолевых пластов редко превышает 30 м [53, 216].

Периодичность в строении калиеносной подтолщи давно обратила на себя внимание, и ряд авторов пытались выявить ее закономерности. *Каменная соль отличается* хорошо выраженной неравномернополосчатой текстурой, обусловленной чередованием сезонных прослоев. Набор повторяющихся прослоев, соответствующих годич-

ному ритму, мощностью от 4 до 13—15 см, состоит из тонкого «глинистого прослоя» мощностью 1—6 мм и галитового прослоя, как правило, неравномернозернистого с зернами перистого галита. В нижней части этот прослой окрашен в более темные серые тона. Иногда выше располагается прослой мелкозернистого чаще светло-серого галита. В пластах, вмещающих калийные горизонты, мелкозернистая соль окрашена в желтые, оранжевые и красные тона.

Сезонные соляные прослои после нескольких лет садки солей (30—70 см) разделяются многолетними глинистыми прослоями мощностью 5—15 см. В своей совокупности они образуют горизонты каменной соли, которые чередуются с пластами несолевых пород. Строение некоторых горизонтов каменной соли усложняется появлением в их средней части пластов калийных пород (чаще всего сильвинитов), чередующихся со слоями каменной соли (иногда с прослоями несолевых пород). Периодичность III порядка определяется сочетанием горизонтов каменной соли и несолевой породы. Несколько циклов III порядка объединяются в ритмопачки. Такие ритмопачки первоначально были выделены для площади Старобинского месторождения [22, 136, 379]. Выделенные ритмопачки нумеруются римскими цифрами снизу вверх. В каждой ритмопачке выделены пачки. В некоторых случаях это — несколько перемежающихся маломощных слоев каменной соли и несолевых пород, в других — один слой (рис. 8). Нечетные пачки представлены несолевыми породами, или перемежающимися прослоями, или маломощными слоями каменной соли и несолевых пород, четные — каменной солью, иногда с калийной породой.

Мощность ритмопачек, число их и соленасыщенность меняются в широком интервале:

Ритмопачки *	Количество	Мощность, м	Соленасыщенность, %
I	10	86—258	42—79
II	20	147—452	14—15
III	12	138—319	30—72
IV	14	132—303	75—83
V	10	104—242	48—76
VI	12	60—200	31—63
VII	10	204—362	50—75
VIII	8	144—206	32—54
IX	10	255	48
X	6	137	55

* По данным Э. А. Высоцкого.

Сопоставление разрезов калиеносной подтолщи по отдельным пачкам показало [53], что в пределах площади ее распространения вышележащие пачки, как правило, имеются только на части площади, занимаемой пачками, расположенными ниже. Далеко не всюду наблюдается полный разрез калиеносной подтолщи с десятью ритмопачками. В небольшом количестве скважин отсутствуют нижние

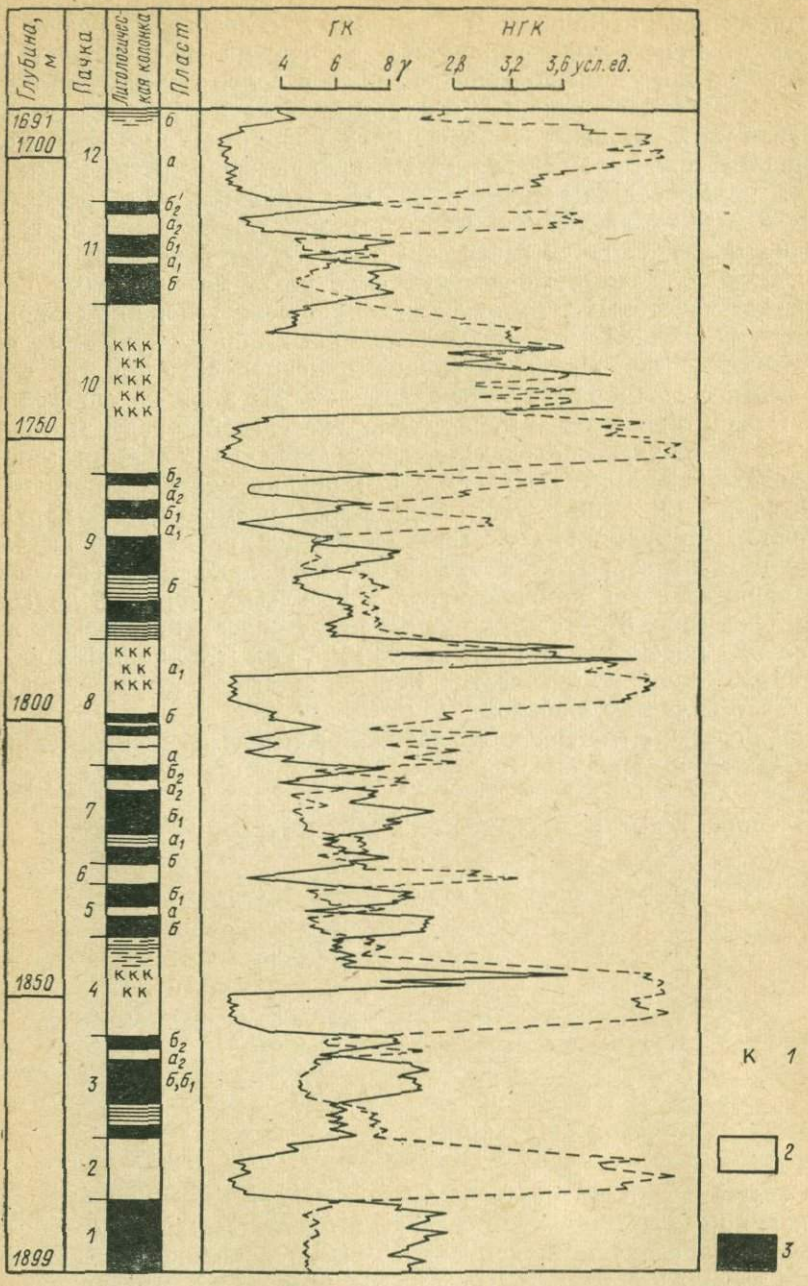


Рис. 8. Строение ритмопачки III (по Э. А. Высоцкому и др.).
1 — калийные породы; *2* — каменная соль; *3* — несолевые породы.

ритмопачки (I, II). Неполнота разреза в этом случае была обусловлена тектоническими причинами. Чаще в разрезе скважин нет верхних пачек в связи с широко проявленным подземным выщелачиванием, более интенсивно прошедшим на периферии площади распространения солей и в присводовых частях соляных структур. Особенно это касается IX и X ритмопачек.

В присводовых частях всех структур мощность ритмопачек сокращается и увеличивается в депрессиях. В ряде случаев здесь отображаются седиментационные закономерности, связанные с конседиментационными движениями дна солеродных водоемов. При сравнении разрезов ритмопачек в разных частях площади распространения соляных пород было установлено, что соленасыщенность их закономерно меняется, уменьшаясь по направлению к северной границе [53]. Э. А. Высоцкий, сравнивая максимумы и минимумы мощностей отдельных ритмопачек, обращает внимание на разные значения отношения $M_{max}/M_{min} = d$ (табл. 1).

Таблица 1

Мощности ритмопачек

Ритмопачки	M_{min}, м	M_{max}, м	d
I	22	95	4,3
II	14	75	5,3
III	35	130	3,7
IV	43	140	3,2
V	52	160	3,1

Именно во время седиментации этих пачек наиболее интенсивно и по-разному проявлялись конседиментационные движения. К сожалению, из-за отсутствия керна скважин осталась невыясненной текстура каменной соли, а поэтому нет уверенности в том, что на изменения мощности не влияло и течение соли.

Породы, покрывающие соленосную серию. Соленосная серия на всей площади распространения перекрывается данково-лебедянской глинисто-мергелистой толщей. Состав слагающих ее пород неодинаков в различных частях прогиба. Выделяется западная часть с карбонатно-глинистой толщей (толща глинистых мергелей мощностью 250—500 м). В юго-восточной части прогиба серия представлена глинисто-карбонатно-песчаным комплексом с явным преобладанием терригенных пород (120—620 м). На северо-востоке карбонатно-глинистые и терригенно-карбонатные породы перемежаются со слоями и прослоями туфов и туффитов (до 1050 м). Почти повсеместно в нижней части разреза присутствуют рассеянный в породе гипс и прослои гипса и ангидрита, в связи с чем часто выделяется нижняя гипсоносная (сульфатная) подтолща [230].

В местах проявления соляной тектоники мощность глинисто-мергелистой толщи отличается большим непостоянством. В начале изучения калийных месторождений считалось [22, 136], что глинисто-мергелистая толща без перерыва сменяет в разрезе и по простиранию соленосную серию. Когда выяснилось, что породы глинисто-мергелистой толщи залегают на разных стратиграфических горизонтах верхней соленосной серии [116, 271], был сделан вывод, что эта толща залегает с перерывом на глубоко эродированной поверхности соленосной серии. А. Е. Ходьков [347], изучая керн глинисто-мергелистой толщи в районе Старобинского месторождения, обратил внимание на наличие в нижней части разреза прослоев, обогащенных гематитом, которые, по его мнению, являются аналогами выщелоченных калийных горизонтов. Следовательно, нижняя часть толщи образована путем своеобразного подземного выщелачивания каменной соли. Ее нижний контакт — карстогенный, и некоторая часть объема толщи представляет собой кору выветривания, а поверхность соляной толщи — соляное зеркало. Верхняя граница коры выветривания отбивается по распространению тонкорассеянного гипса.

Подземное выщелачивание наиболее интенсивно проявилось над сводами соляных структур и на периферии площади распространения солей. В связи с этим современные структуры распространения отдельных пластов солей и соленосной серии в целом не соответствуют границам солеродных бассейнов. Выщелачивание не ограничивается площадью Старобинского месторождения, а является региональным и распространяется на всю площадь бассейна [106].

На породах данково-лебедянского горизонта верхнего девона в южной половине Припятской впадины залегают отложения нижнего (турнейский, визейский и намюрский ярусы) и среднего (башкирский и московский ярусы) карбона. На большей площади развиты турнейские и визейские преимущественно морские терригенные породы. Для пород визейского возраста характерна мощность 50—100 м. Только на небольшой площади Ельской впадины она достигает 400 м. В этой же впадине наблюдается резкое увеличение мощности пород визейского яруса, достигающей 300 м. На остальной площади мощность визейского яруса составляет 50—70 м. Породы среднего отдела карбона развиты на меньшей площади, в пределах юго-западной части прогиба. Для башкирского яруса характерно чередование пластов песчаников и глин. В восточной части появляются прослои и слои известняка. В разрезе пород московского яруса преобладают песчаники и глины. Мощность пород среднего отдела непостоянна. Во впадинах (например, Слободской) она достигает 400 м. Преобладают площади мощностью до 50 м. Отложения верхнего карбона в Припятской впадине отсутствуют. Общая мощность карбона достигает 1000—1300 м.

С перерывом на породах карбона и девона залегают нижне-пермские отложения (сакмарские и артинские). Они обнаружены на большей части прогиба и отсутствуют в самых западных его частях.

Сложены они красноцветными глинистыми породами с прослоями песчаников и алевролитов (черниговская свита), в нижней части толщи — прослоями и гнездами гипса. У восточной границы впадины появляются прослои и слои известняков и доломитов с фауной швагериновой зоны в средней части. Мощность черниговской свиты в осевой части достигает 170 м. Разрез заканчивается породами *пересажской свиты, развитыми на большей площади*, чем черниговская. Нижняя часть разреза представлена глинами, верхняя — песчаниками, по-видимому, артинского возраста. Мощность пород пересажской свиты 25 м.

Из отложений верхней перми в прогибе известны только татарские. В основании залегает красно-бурая песчано-конгломератовая свита, выше которой располагается толща песчаников с тонкими прослоями листоватых известковистых глин. Мощность непостоянная, до 370 м в осевой части прогиба.

Отложения триаса в Припятском прогибе представлены окским ярусом (ветлужская серия) нижнего триаса и рэтским ярусом верхнего. Породы окского яруса развиты на большей площади, чем верхнепермские. Разрез их начинается базальным конгломератом, над которым залегает фаунистически охарактеризованная розово-красная глинисто-песчаная толща (21—128 м), голубовато-серая глинисто-мергелистая (13—158 м) и зеленовато-серая глинистая (53 м). Мощность пород нижнего триаса возрастает в осевой части прогиба, достигая 300—450 м.

При сопоставлении разреза скважин в пределах всей площади была составлена карта выходов ритмопачек на поверхности соляного тела (рис. 9). Чем меньше номер ритмопачки, тем больше площадь ее распространения. К периферии площади у поверхности располагаются первые четыре пачки. Распределение их в значительной степени связано не только с седиментационными границами и внутренней тектоникой, но и в значительной мере с широко прошедшим региональным подземным выщелачиванием соляной толщи. X ритмопачка развита только в двух местах на севере. Там же, но на большей площади, выходит на поверхность IX ритмопачка.

Отложения среднего отдела юрской системы в Белоруссии известны *только в восточной части Припятского прогиба. Породы байосского* яруса залегают трансгрессивно с галечником и гравелитами в основании, выше которых располагаются песчано-глинистые породы с растительными остатками. Мощность пород байоса 23 м.

Отложения батского яруса распространены на большей площади, чем байосские, и представлены глинами с линзами сидерита. В южной и западной частях площади распространения они сменяются тонкослоистыми алевритами и глинистыми песками. Мощность батских отложений достигает 96 м (Ельская депрессия).

Породы нижнего келловея развиты только в осевой части на севере и в центре прогиба. Сложены глинистыми известняками, алевролитами, алевритами черного и темно-серого цвета. Мощность

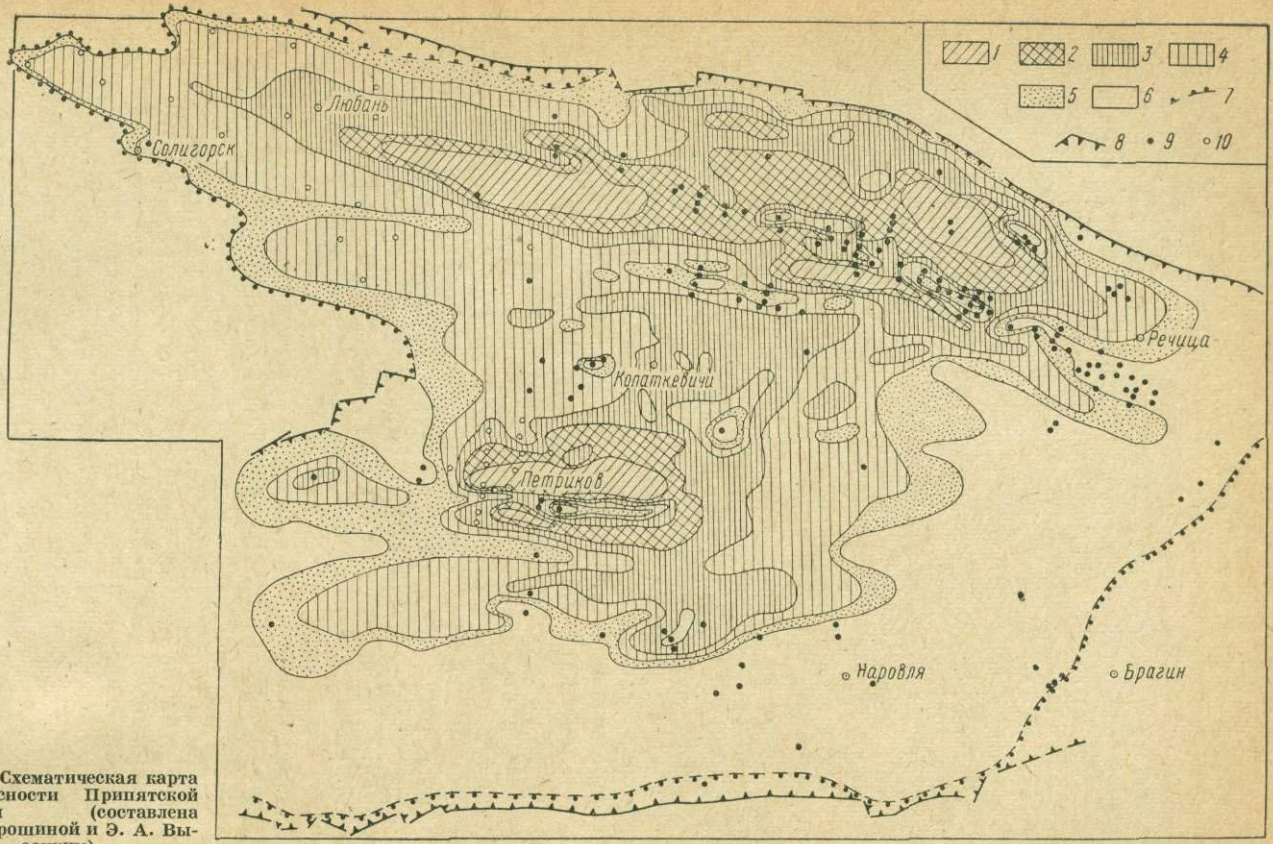


Рис. 9. Схематическая карта калиеносности Припятской впадины (составлена Д. М. Ерошиной и Э. А. Высоцким).

Количество калийных горизонтов в разрезе: *1* — от 13 и более, *2* — 9—12, *3* — 5—8, *4* — 1—4; *5* — калиеносная подтолща без калийных горизонтов; *6* — верхняя соленосная толща без калиеносной подтолщи; *7* — контур развития соленосных отложений; *8* — глубинные разломы, обрамляющие впадину; *9* — скважины глубокого бурения; *10* — поисково-разведочные скважины на калийные соли.

45 м. Перекрываются они на большей части площади среднекелловейскими мергелями с прослоями известняков с морской фауной. Их мощность 20—30 м. Верхнекелловейские отложения, известные в Припятском прогибе, представлены известняками, частично окремнелыми, с прослоями мергелей.

Из пород нижнего отдела меловой системы известны песчано-глинистые отложения неокома и апта, частично размытые во время сеноманской трансгрессии. Мощность их достигает 77 м. Эти отложения, так же как и юрские, часто отсутствуют над сводами соляных структур.

Наиболее полный разрез пород верхнего отдела меловой системы в Припятском прогибе известен в крупных отрицательных структурах и депрессиях между соляными структурами. Больше всего распространены отложения сеноманского и туронского ярусов. Сеноманский ярус сложен кварцевыми песками, которые вверх по разрезу становятся глауконитово-кварцевыми глинистыми и карбонатными с конкрециями песчанистых фосфоритов и песчаников с фосфатным (штаффелитовым) цементом (фосфоритовая плита, «курский самород», мощность до 0,1 м). Мощность пород этой части разреза до 34 м. Карбонатные глауконито-кварцевые пески вверх по разрезу сменяются мелоподобным мергелем мощностью 2—5 м. Расположенные выше отложения турона представлены однообразными мелоподобными мергелями с достаточно выдержанной мощностью порядка 30 м. На небольших площадях известны отложения коньякского и сантонского ярусов.

На меловых породах залегают палеогеновые опоки и опоковидные алевролиты сумской свиты с прослоями опоковидных глин и кварцевого песка с зернами глауконита мощностью 20 м. В южной части Припятского прогиба развиты глауконито-кварцевые пески каниевской свиты (нижний эоцен). В восточной части прогиба встречены серые или светло-серые кварцевые пески бучакской свиты (средний эоцен) с редкими зернами глауконита. Мощность 36 м. В юго-восточной части Припятского прогиба на бучакских и верхнемеловых породах залегают отложения киевской свиты, представленные песчанистыми мергелями и песками. В основании разреза скопления галек фосфорита. Из всех кайнозойских пород больше всего распространены по площади отложения киевской свиты. Они достигают максимальной мощности в 35 м в юго-восточной части Припятского прогиба при средней мощности порядка 20 м.

Вверх по разрезу породы киевской свиты сменяются нижнеолигоценовыми песками харьковской свиты мощностью 30 м. Неогеновые отложения полтавской серии, развитые в Припятском прогибе, — континентальные образования долин палеорек, пониженных заболоченных пространств и озер. Представлены они плохо отсортированными серыми песками, часто глинистыми с угольной пылью, разложившимися остатками растений с линзами бурых углей и торфа, с прожилками и линзами глин. Мощность пород этой серии редко превышает 10—15 м.

Антропогеновые отложения сплошным чехлом перекрывают коренные породы. Это ледниковые и аллювиально-ледниковые отложения. В разрезе известен один горизонт морены днепровского оледенения. Мощность покрова ледниковых отложений 70—90 м.

Вулканизм. Продукты вулканизма в разрезе девонских пород Припятского прогиба появляются в воронежском горизонте франского яруса (время образования глубинных разломов). На первых этапах развития прогиба количество продуктов вулканизма возрастает в восточном направлении.

«Геологические условия и характер залегания вулканогенных отложений говорят о их формировании в водной среде. Извержения носили трещинный характер, но с размещением вдоль трещин аппаратов центрального типа, дававших несколько различные по составу дифференциаты поднимающейся магмы» [231].

Вулканическая деятельность периодически усиливалась и в отдельные отрезки времени «почти совершенно подавляла осадочный процесс». На востоке у Лоевской седловины и Брагинского выступа мощность вулканогенно-осадочных и эффузивных пород достигала 1000—1500 м. Излияние магмы происходило по субмеридиональным разломам на границе между Припятским и Днепровско-Донецким прогибами.

Среди вулканических пород преобладающая роль принадлежит трахитам и их туфам. Трахиандезиты встречаются реже и известны в эффузивной и эксплозивной фациях. Трахибазальты и трахиандезитобазальты встречаются редко и, как правило, в эксплозивной фации. Щелочные нефелиновые и лейцитовые базальтоидные породы известны в эффузивной и туфовой фациях. Их туфы пользуются широким распространением. В одной из скважин установлено наличие оливино-пироксеновых пород. Все перечисленные породы принадлежат к щелочно-ультраосновной — щелочной базальтоидной формации, являющейся образованием платформенного типа, связанной с зонами глубинных разломов земной коры.

Тектоника. Припятский прогиб — одно из звеньев Днепровско-Припятской рифтовой зоны, которую по классификации Е. Е. Милановского, следует отнести к щелевому слабовулканическому типу [233]. Глубинные разломы отделяют прогиб от расположенного на северо-востоке Белорусского массива и на юго-западе — Украинского кристаллического щита. На северо-западе прогиб ограничен Полесской седловиной и Микашевичским выступом, а на юго-востоке глубоко погруженной Лоевской седловиной и Брагинским выступом. Две последние структуры отделяют Припятский прогиб от Днепровско-Донецкого. В отмеченных границах прогиб вытянут на 250 км при ширине 140 км. Площадь его около 34 тыс км^2.

С конца 60-х годов у тектонистов утвердилось представление о том, что в пределах прогиба существуют ступенеобразующие разломы, моноклинально наклоненные к центру прогиба. Разломы образуют 12 ступеней, которые «представляют собою преимущественно моноклинально залегающие однокрылые структуры, со-

членяющиеся по разломам» [20]. Детали сочленения еще не изучены. Амплитуды смещений по разломам достигают 1200—2600 м. Помимо субширотных выделены еще и субмеридиональные разломы, более короткие по простиранию и с меньшими амплитудами. Они делят ступени на блоки.

В верхней соленосной серии в пределах шахтного поля II Солигорского калийного комбината горными выработками в 1968 г. были обнаружены в соляной толще субширотные зоны нарушений с непостоянной амплитудой, достигающей 110 м. Длительное развитие этих нарушений подчеркивается и фактом проявления их в современном рельефе.

В комплексе пород, выполняющих прогиб, выделяют два структурных яруса: нижний, в состав которого входят подсолевые породы (терригенный и карбонатный комплексы), нижняя каменная соль, межсолевая толща, и верхний, сложенный верхней соленосной серией и покрывающей ее толщей глинистых мергелей, нижнекаменноугольных и пермских отложений. Формирование прогиба как региональной структуры началось с воронежского времени [230].

Во время седиментации пород обоих структурных ярусов происходило неравномерное опускание отдельных блоков. Более интенсивно погружались блоки центральной и особенно юго-восточной частей. Амплитуда поверхности блоков, как правило, не превышает 300—400, иногда достигая 700—1000 м [80]. Эта неоднородность движения фиксировалась изменением мощности пород. Об этом говорит и более полный разрез пород восточной части прогиба. Наиболее интенсивные прогибания имели место при седиментации верхней соленосной серии.

При движении блоков после седиментации верхней соленосной серии породы нижнего яруса, разделенные на отдельные блоки, деформируются согласно. Четко выраженных текстур течения в нижней каменной соли пока не обнаружено. В объеме же верхней соленосной серии в восточной половине прогиба наблюдается четко выраженная деформация соляных пород, приуроченная к линейным зонам региональных разрывов. Особенно четко они проявлены в тех местах, где амплитуды сбросов достигают 1 км и более. Здесь образуются протяженные соляные антиклинали с локальными соляными поднятиями, диапировыми складками и куполами. Мощность пород верхнего яруса, покрывающих девонские отложения, над положительными формами соляных структур уменьшается. Поэтому изолинии поверхности яруса передают рельеф поверхности соли в смягченном виде. Интенсивность прогибания Припятской впадины после триаса резко уменьшается. Мощность послепалеозойских пород в наиболее прогнутых частях прогиба не превышает 500—600 м. Отмечается увеличение мощности сеноманских пород над крыльями и размыв их над сводами соляных структур. Следовательно, рост структур замедленно продолжался и в послепалеозойское время.

Калийные горизонты. На территории Старобинского месторождения, расположенного в северо-западном углу Припятской впадины,

разведочным бурением обнаружено четыре горизонта калийных пород, которые отмечаются римскими цифрами сверху вниз. II и III горизонты сейчас вскрыты горными выработками рудников и обстоятельно изучены. Они описаны ниже в специальной главе, посвященной Старобинскому месторождению.

С востока к Старобинскому месторождению примыкает площадь поисковых работ. При бурении на площади поисковых работ было обнаружено, что в восточном направлении возрастает мощность

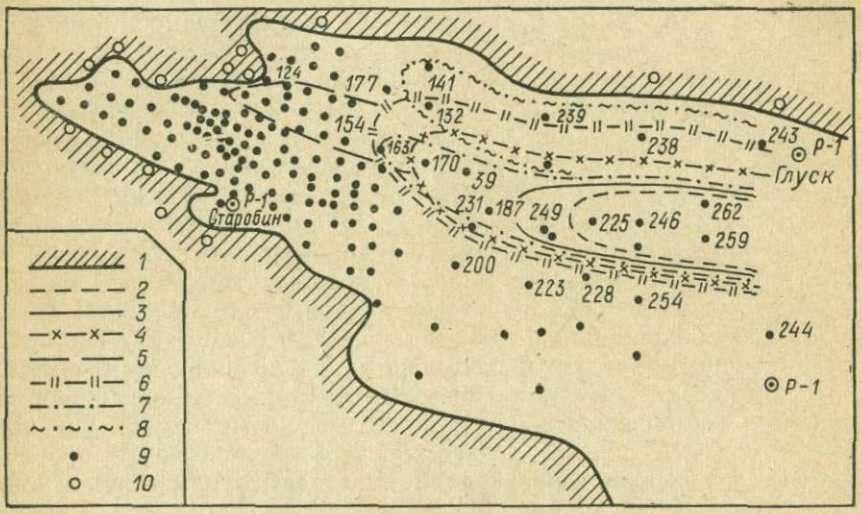


Рис. 10. Карта распространения вновь обнаруженных калийных горизонтов западной части Шатилковской депрессии.

Границы распространения: *1* — соленосной толщи, *2* — горизонтов 0-13, 0-12, 0-11, *3* — горизонтов 0-7, 0-6; *4* — горизонта 0-3, *5* — горизонта I-2; *6* — горизонта II-7, *7* — горизонта III-4, *8* — горизонта *V*; *9* — скважины, вскрывшие соленосную толщу; *10* — скважины, пройденные за пределами развития соленосной толщи.

калиеносной подтолщи за счет появления новых соляных пачек преимущественно в верхней и нижней частях разреза. Прослежены все четыре горизонта калийных солей Старобинского месторождения и обнаружен ряд новых. Выходы этих горизонтов на поверхность соляной толщи показаны на рис. 10. Как видно, они приурочены к центральной части Шатилковской депрессии и погружаются к оси депрессии и на восток.

Сведения о новых калийных горизонтах приведены в табл. 2. Каждый из них пересечен двумя, тремя и в редких случаях бóльшим количеством скважин. Все калийные горизонты, как правило, представлены сильвинитами. Карналлитовая порода обнаружена только в верхних пластах горизонтов 0-7 и III.

Во всех сильвинитах ряд годичных пачек сезонных прослоев, в состав которых входят и сильвинитовые, образует слои, которые в пласте чередуются с галитовыми слоями и несолевыми породами.

Таблица 2

Новые калийные горизонты участка поисковых работ

(по Д. М. Ерошиной и И. И. Зеленцову)

Индекс	Глубина залегания, м	Состав пород	Мощность, м	KCl, %	$MgCl_2$, %	Н. о., %
0-13	562—788 *	С	6,6—10,7	11—13	0,4	15—18
0-12	610—633	С	1,8—2,7	14,8—23,6	0,1—0,2	15,8—17,0
0-11	696—756	С	2,4—3,3	38,1—43,0	0,1	16,3—24,4
0-7	680—900	К	2,6—9,5	19,14—21,6	13,9—29,8	Не более 10
		С	6,0—7,6			2,8—14,5
0-6	837—950	С (К)		22,6—24,8	0,1—0,6	0,2—1,1
0-3	569—1152 **	С	0,5—13,6	34,6—35,9	0,1	До 42
I-2	775—1365	С	2,5—7,0	16,6—20,5	0,1	1,2—5,2
II-7	556—1190	С	2,4—5,7	До 17,3	До 0,1	5,6—8,2
III-4	485—1236 ***	С	5,9—9,3	32—34	До 0,3	1,2—7,7
V	778—1488	С	1,5—24,7	8,5—16,3	0,1—0,3	4,6—22,6

Примечание. С — *сильвинит*, К — карналлитовая порода.

* Для верхних 1,2—3,7 м KCl 14,6—25,9%.

** Цифры относятся к нижней сильвинитовой части.

*** Цифры относятся к сильвинитовым слоям в верхней и нижней частях пласта.

Некоторые горизонты представлены одним пластом сильвинита (0-11, 0-6, 0-1, I—I, II, II-5, II-6) и состоят чаще из двух слоев мощностью 1,5—2,5 м, некоторые (0-12, I-2, II-7, III-2, IV и др.) сложены 5—18 сильвинитовыми слоями. В этом случае мощность горизонтов возрастает от 3 до 20 м и более.

Есть горизонты, построенные более сложно. В их разрезе выделяется два или чаще три пласта калийных пород (0-13, 0-11, 0-5, 0-3, II-1, III-4, VI и др.). Карналлитовые породы были встречены только в двух горизонтах: 0-7 и III. Они состоят из трех пластов, нижние из которых сильвинитовые (6—8 м). Средние сложены карналлитовой породой, иногда с большим количеством слоев несолевых пород (III горизонт). Верхние пласты сильвинитовые.

Все выявленные горизонты вблизи выхода на поверхность соленосной серии залегают на глубинах 550—830 м. Восточнее месторождения они выходят за пределы доступности для подземных горных работ (глубже 1200 м). Многие пласты обладают рабочими мощностями, иногда с кондиционным содержанием сильвина. Осложняющим фактором для многих горизонтов является высокое содержание нерастворимого в воде остатка. Калийные горизонты располагаются в различных частях разреза пластов каменной соли. Наиболее загрязненные нерастворимым остатком располагаются ближе к верхнему контакту пласта каменной соли.

На основании имеющихся данных представляют интерес горизонты 0-6, 0-11 и III-4. Горизонт III, нижний сильвинитовый пласт которого является промышленным на площади Старобинского месторождения, привлекает внимание и на площади поисковых работ, несмотря на возросшее содержание нерастворимого остатка.

Восточнее площади поисков располагается территория, на которой бурились скважины для поисков и разведки только нефтяных месторождений. Здесь калийные горизонты выделялись и коррелировались по данным геофизических исследований с использованием диаграмм КС, ГК, НГК и кавернометрии.

При изучении данных по скважинам было выделено 34 калийных горизонта с нумерацией снизу вверх (табл. 3). Мощность калийных горизонтов колеблется от 0,5 до 25 м, с глубиной залегания 650—3140 м. При бурении керн из калийных горизонтов поднимался редко, поэтому петрография и качество калийных пород на значи-

Таблица 3

Стратиграфическое положение калийных горизонтов
(по Э. А. Высоцкому)

Индексы калийных горизонтов		Пачки	Ритмопачки	Индексы калийных горизонтов		Пачки	Ритмопачки
для нефтяных площадей	для Старобинского месторождения			для нефтяных площадей	для Старобинского месторождения		
34-С	—	10	IX	17-С	II	6	V
33-С	—	8		16-С	—	4	
32-С	0-11	2		15-С	—	14	IV
31-С	0-10	8	VIII	14-С	—	8	
30-С	0-9	6		13-С	—	6	
29-С	0-8	4		12-С	—	2	
28-С	0-7	2		11-С	—	2	
27-С	—	10	VII	10-С	II-7	12	III
26-С	—	2		9-С	III	10	
25-С	0-3	12	VI	8-С	—	9	
24-С	0-1	11		7-С	III-4	8	
23-С	—	8		6-С	—	4	
22-С	—	6		5-С	—	2	
21-С	—	4		4-С	IV	20	II
20-С	1	2		3-С	—	2	
19-С	I-1	10	V	2-С	V	10	I
18-С	—	8		1-С	VI	4	

тельной площади их распространения не охарактеризованы. Наиболее высоким значением естественного гамма-излучения (до 30—45 мкр/ч) отличаются горизонты 7-С, 9-С, 13-С и некоторые другие. Вполне вероятно, что горизонты 9-С и 28-С сложены карналлитовой породой. Наиболее выдержанными на больших площадях оказались горизонты 1-С, 7-С и 9-С, из которых два последних залегают на глубинах, превышающих 1230 м.

Калийные горизонты отсутствуют в сводовых частях соляных структур. Однако они встречены в депрессиях. Выклинивание на крыльях сводов, как полагает Э. А. Высоцкий, вызвано нетектоническими причинами. Сводовые части структур были островами калийных водоемов, которые представляли собой систему относительно мелководных сообщающихся «озер», расположенных в конседиментационных впадинах дна галитовых бассейнов.

Как видно из схемы калиеносности Припятского прогиба (см. рис. 9), наибольшее количество калийных горизонтов располагается в полосе Шатилковской и на юге Калинковичской и Шестовичской депрессий. Здесь на отдельных вытянутых в субширотном направлении впадинах больше 16 калийных горизонтов. На преобладающей площади прогиба развито 4—5 калийных горизонтов.

Старобинское месторождение калийных солей находится в 28 км южнее Слуцка. Оно расположено в пределах Солигорского и Любанского районов Минской области (рис. 11).

Месторождение открыто в 1949 г. Поисковые и разведочные работы и подсчет запасов выполнялись в 1951—1971 гг. Южно-Белорусской экспедицией Управления геологии при Совете министров БССР (С. Х. Баязитов, Е. П. Брунс, В. С. Блецко, В. Н. Вишневский, И. И. Зеленцов и др.). Здесь распространены отложения только верхней соленосной толщи, стратиграфически соответствующие елецко-данково-лебедянским осадкам фаменского яруса.

Скважинами вскрыты две пачки каменной соли. Нижняя пачка мощностью 5,5—48,5 м обнаружена только в юго-восточной части (IV шахтное поле) и сложена светло-серой разнозернистой каменной солью с редкими прослоями и пластами глинисто-ангидритовой породы мощностью 2—3 м. Вторая пачка вскрыта в центральной части месторождения. Ее мощность 20,1—54,5 м.

Калиеносная подтолща имеет в пределах месторождения повсеместное развитие. В восточной и центральной частях она залегает на пачках каменной соли галитовой подтолщи, а в северо-западной — на глинисто-ангидрито-доломитовых отложениях. Верхняя граница калиеносной подтолщи совпадает с верхней границей верхней соленосной толщи. Определяется она чаще всего глубиной древнего подземного выщелачивания кровли соляной толщи и только в центральной полосе месторождения местами отражает постепенный переход [107, 149, 215, 347, 349, 350, 367]. К периферии соляных отложений заметнее влияние подземного выщелачивания. Оно захватывает все большее количество пачек соленосной толщи.

В районе месторождения калиеносная подтолща образует синклинальную складку с асимметричным залеганием крыльев — на южном угол падения пластов не превышает 1—2°, а на северном достигает 5—7, местами 10°. Шарнир синклинальной складки полого погружается в восточном направлении.

Кровля соленосной толщи в границах месторождения вскрывается на глубинах от 342 (скв. 4) до 584,5 м (скв. 163). В пределах шахт-

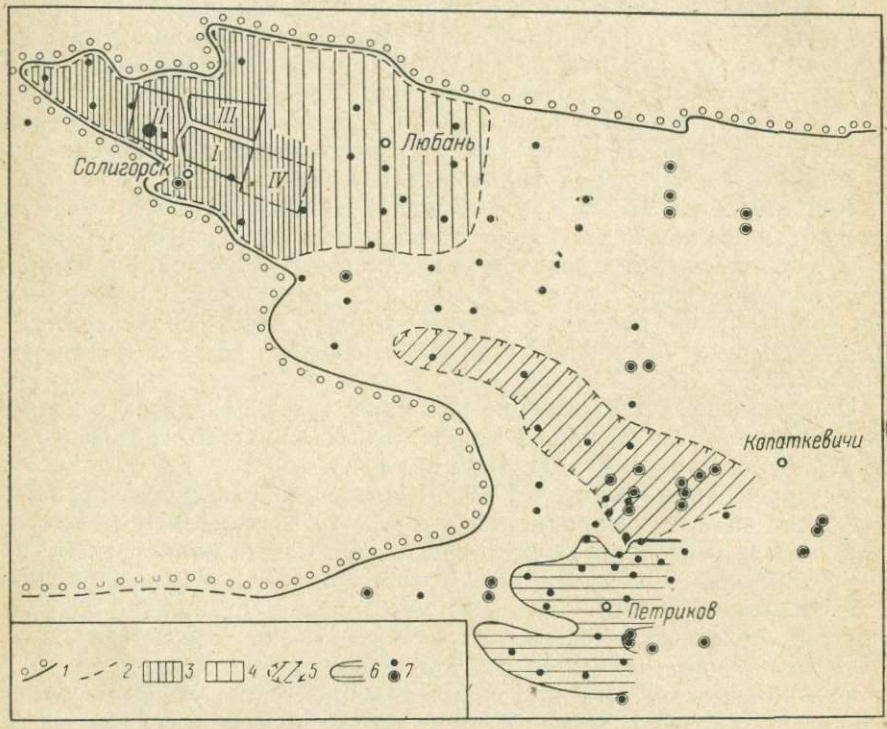


Рис. 11. Обзорная карта размещения калийных месторождений западной части Припятской впадины (по материалам БелНИГРИ).

1 — граница распространения соленосной толщи; *2—4* — Старобинское месторождение: *2* — граница, *3* — разведанная площадь, *4* — площадь поисковых работ; *5* — Копаткевичское месторождение; *6* — разведанная площадь Петриковского месторождения; *7* — скважины поисковые и роторные; *I—IV* — шахтные поля.

ных полей поверхность соленосной толщи располагается на отметках от —200—250 на юге и до —400 м на севере. Кровля соленосной толщи полого поднимается, в то время как соляные и карбонатно-глинистые пачки образуют пологую синклиналь. Это объясняется значительно большей интенсивностью процессов древнего выщелачивания на периферии [217].

Калиеносная подтолща только единичными скважинами пересечена на полную мощность. Полный ее разрез вскрыт скв. 148 (II шахтное поле, рис. 12). Выше отмечалось, что в разрезе калиеносной подтолщи четко выделяется периодичность отложений с циклами

I, II, III и IV порядков. В каждом из четырех калийных горизонтов, вскрытых на Старобинском месторождении, несколько циклов III порядка: от двух во II до восемнадцати в IV. Строение калийных

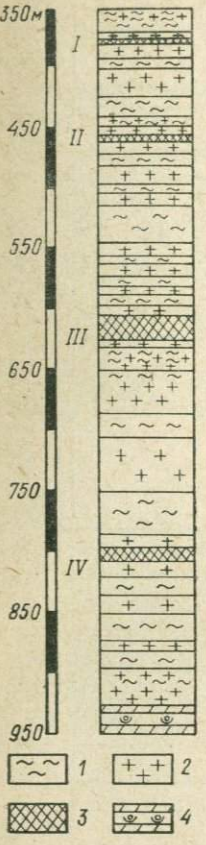


Рис. 12. Разрез по скв. 148 на II шахтном поле Старобинского месторождения.

1 — несолевые прослои; *2* — каменная соль; *3* — калийные горизонты; *4* — доломито-ангидритовые породы. *I — IV* — калийные горизонты.

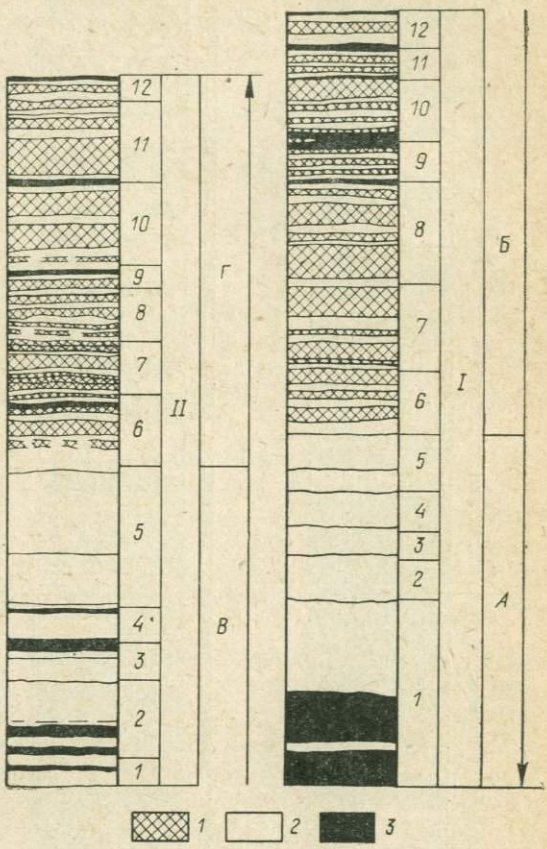


Рис. 13. Разрез II калийного горизонта Старобинского месторождения. Составил А. Л. Протопопов.

I, II — циклы периодичности третьего порядка; *1—12* — циклы второго порядка; *А*, *В* — каменная соль; *Б*, *Г* — сильвинитовые слои. *1* — сильвиниты; *2* — каменная соль; *3* — несолевые породы.

горизонтов может быть наглядно проиллюстрировано на примере II и III горизонтов (рис. 13, 14).

Для подсчета запасов в рудничной геологии принято также объединять циклы по литологическому признаку в слои, а слои в пласты каменной соли, сильвинитов или карналлитовой породы. Понятия «слой», «пласт», «горизонт» генетической нагрузки в данном случае не несут.

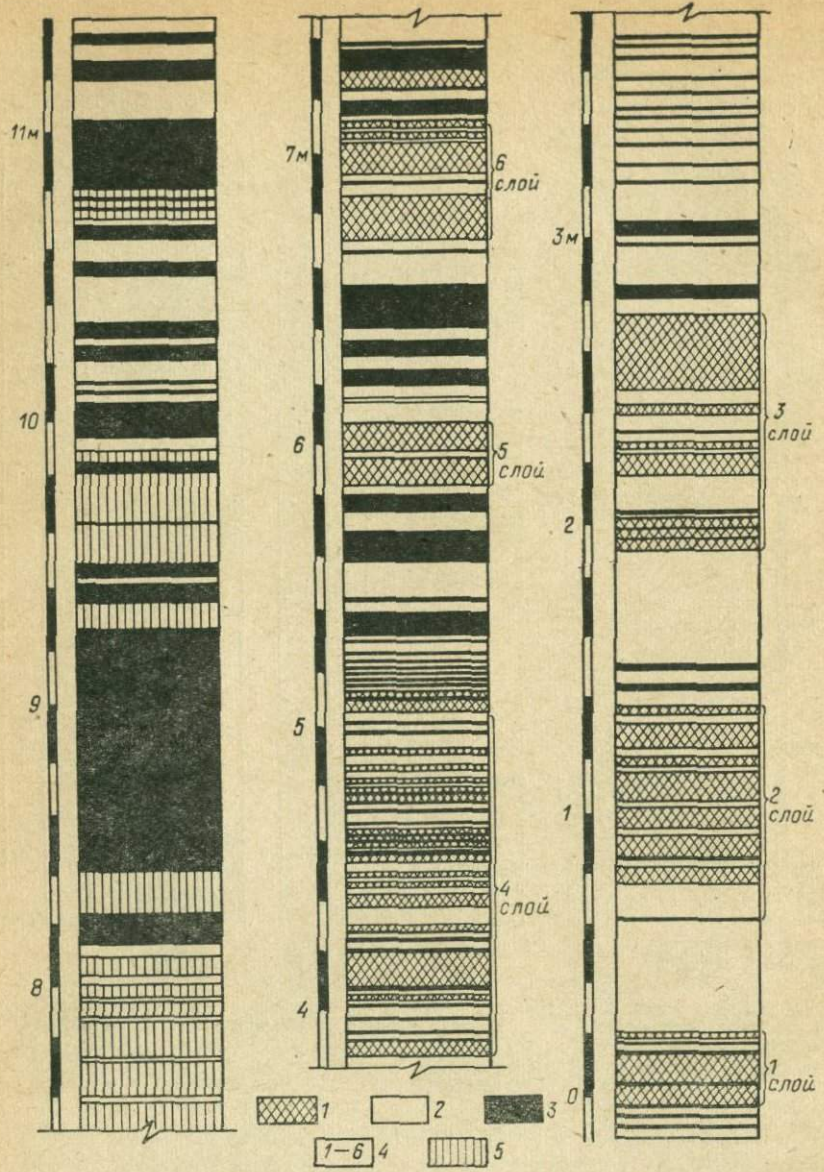


Рис. 14. Разрез нижнего сильвинитового и среднего глинисто-карналлитового пластов III калийного горизонта Старобинского месторождения (по материалам Старобинской ГРЭ).

1 — сильвиниты; *2* — каменная соль; *3* — несолевые породы; *4* — сильвинитовые слои в нижнем сильвинитовом пласте; *5* — глинисто-карналлитовые породы.

Тектоника. Полученные за последнее время данные геофизических исследований позволяют утверждать, что помимо региональных глубинных разломов, определяющих границы Припятского прогиба, в западной части существуют разветвленные нарушения южнее регионального разлома, совпадающие с северной границей месторождения (А. Папко и др.).

На востоке разлом раздваивается — одна ветвь продолжается в восточном направлении, затем уходит на северо-восток, другая развивается в юго-восточном направлении. Существенно, что обе ветви развиты в пределах распространения соленосных отложений (рис. 15).

В западной части месторождения при вскрытии II и III калийных горизонтов горные выработки вошли в зону нарушений, имеющих северо-восточное простирание. Ширина зоны нарушения в горизонтальной проекции достигает 1,2 км. Участок месторождения за зоной нарушений приподнят на 100—110 м. Нарушение является, по-видимому, ступенчатым сбросом, так как в забоях штреков амплитуда сброса составляет всего 10—15 м (В. З. Кислик, Ю. И. Лупинович и др.).

Предварительный анализ материалов позволяет предположить, что зона нарушений является одним из поперечных разломов, секущих Припятский грабен. Подобные разломы известны в восточной части прогиба. Амплитуда смещения по субмеридиональным разломам меньше, чем по субширотным. Можно предположить, что эти разломы являются результатом подвижек отдельных блоков фундамента.

Для эксплуатации месторождения чрезвычайно важны точные представления о литологии и гидрогеологических условиях пород, непосредственно покрывающих соленосную серию (породы глинисто-мергелистой толщи, представленные переслаиванием глин, аргиллитов и мергелей). Доломиты присутствуют в подчиненном количестве. Песчаники встречены только на участках, где соленосная толща отсутствует или представлена нижней частью разреза. Эти песчаники аналогичны песчаникам, залегающим ниже III калийного горизонта (С. С. Козлов).

Породы глинисто-мергелистой толщи разбиты трещинами, в верхней части залеченными кальцитом, в нижней — гипсом. Верхняя граница распространения гипса отмечается на глубине 200—300 м.

В нижней части разреза породы засолены — встречаются гнезда, прожилки, отдельные кристаллы каменной соли. Изучение водных вытяжек показало, что верхняя часть толщи имеет засоленность не более 0,6—1,6%. Среди водорастворимых солей присутствуют в убывающем порядке $CaSO_4 \rightarrow NaCl \rightarrow MgSO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow Ca(HCO_3)_2$ [147]. Засоленность нижней части разреза значительно выше — от 2,0 до 5,8%. Среди водорастворимых солей преобладают уже хлориды $NaCl \rightarrow CaSO_4 \rightarrow MgSO_4 \rightarrow KCl \rightarrow Ca(HCO_3)_2$.

Мощность глинисто-мергелитовой толщи 235—560 м. Минимальные мощности установлены в центральной и южной частях месторождения.

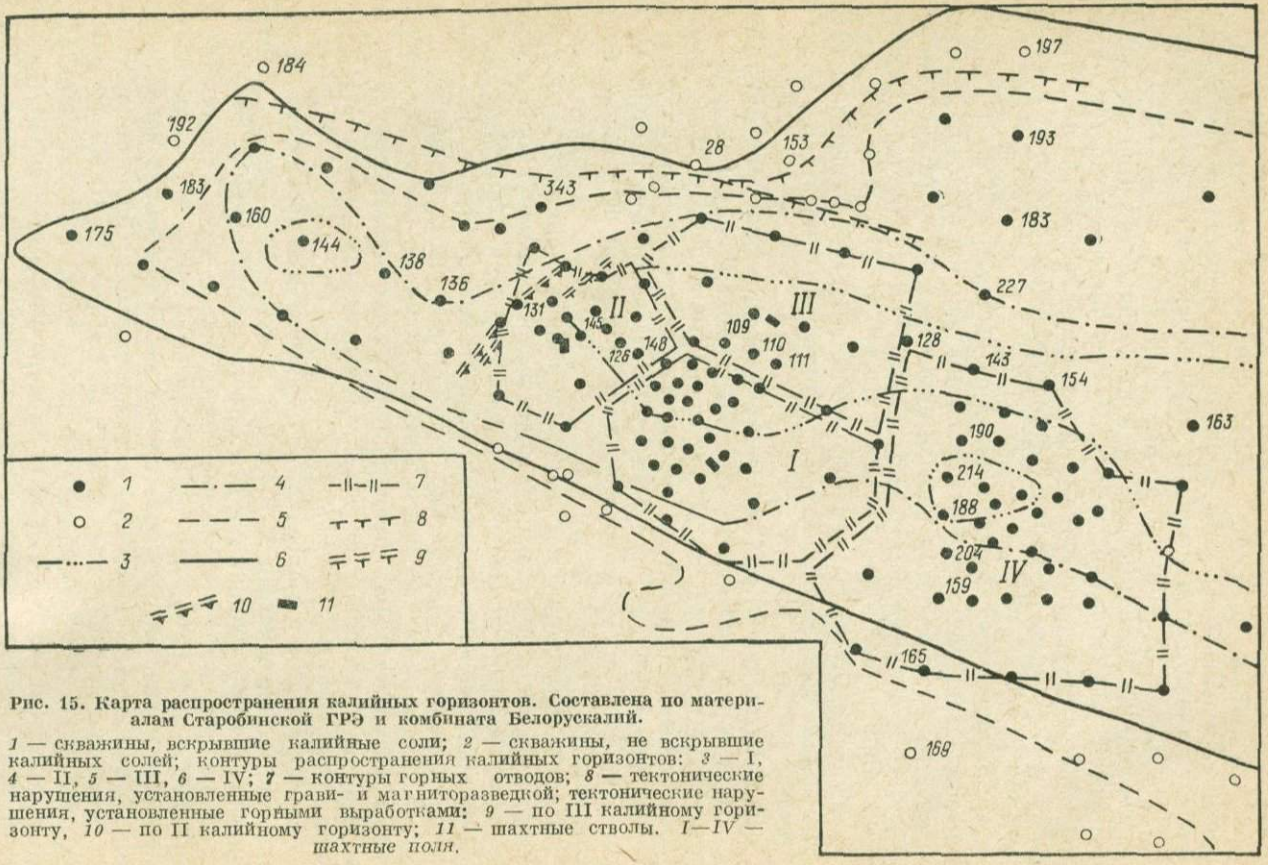


Рис. 15. Карта распространения калийных горизонтов. Составлена по материалам Старобинской ГРЭ и комбината Белорускалий.

1 — скважины, вскрывшие калийные соли; *2* — скважины, не вскрывшие калийных солей; контуры распространения калийных горизонтов: *3* — I, *4* — II, *5* — III, *6* — IV; *7* — контуры горных отводов; *8* — тектонические нарушения, установленные грави- и магниторазведкой; тектонические нарушения, установленные горными выработками: *9* — по III калийному горизонту, *10* — по II калийному горизонту; *11* — шахтные стволы. *I—IV* — *шахтные поля.*

Как установлено некоторыми исследователями [149, 152, 215, 347—350], а также В. Н. Вишневским, С. С. Козловым, нижняя часть глинисто-мергелистой толщи является корой выветривания галогенных пород, сформировавшейся в результате подземного выщелачивания пластов каменной соли, калийных горизонтов и ангидритов.

Сохранились многочисленные следы, указывающие на генетическую связь нижней подтолщи глинисто-мергелистой толщи с галогенной формацией: а) гематитовые прослои — нерастворимый остаток калийных горизонтов, б) глинисто-сульфатно-карбонатные «корочки» — несоляные породы из выщелоченных пластов каменной соли, а также брекчии выщелачивания и монтмориллонитовые глины. Мощность нижней подтолщи 155—420 м. Граница между верхней и нижней подтолщами проводится по поверхности распространения гипса. Мощность верхней подтолщи в районе месторождения 100—195 м.

Детальное изучение строения глинисто-мергелистой толщи позволяет утверждать, что границы развития калиеносной подтолщи были значительно шире современных ее контуров, также установлено изначальное существование еще двух калийных горизонтов над первым Старобинского месторождения (горизонты 0-1, 0-2).

Гидрогеологические условия. Специальное изучение гидрогеологических условий Старобинского месторождения позволило выделить водоносные горизонты, связанные с различными отложениями (А. Я. Зингерман, В. Н. Вишневский, С. С. Козлов и др.).

Водоносные горизонты четвертичных, третичных, меловых и юрских отложений, приуроченные к пескам и песчаникам, гидравлически связаны между собой и представляют по существу единый водоносный горизонт. Общая его мощность в среднем 130 м. Воды пресные, с дебитом до 30 м³/ч, используются промышленностью и в быту.

Воды глинисто-мергелистой толщи изучались при проходке шахтных стволов и бурении специальных скважин. Установлено, что обводнена только ее верхняя часть. Воды напорные, приурочены к мелким трещинам. Пьезометрический уровень устанавливается на глубине 7—25 м от поверхности. Откачки, проведенные из гидрогеологических скважин, показали, что дебиты с глубиной уменьшаются — от 3,2 м³/ч при понижении уровня на 73 м до 0,013 м³/ч при понижении уровня на 149 м. Соответственно коэффициенты фильтрации снижаются от 0,105 до 0,00003 м/сутки. Мощность обводненной части толщи изменяется от 63 до 130 м и более. По данным специальных исследований (В. Н. Вишневский и др.), нижняя часть толщи с залеченными трещинами представляет собой региональный водоупор. Это подтверждают наблюдения в южной части I шахтного поля, где горные выработки вскрывают сухой контакт глинисто-мергелистой толщи с соляной толщей. В верхней части толщи воды пресные, по преобладающим компонентам гидрокарбонатно-кальциевые. На глубине 150 м минерализация достигает 0,5—1 г/л, в составе преобладающих компонентов сульфаты; на

глубине 170—200 м минерализация 5—6 г/л, преобладают хлориды.

Подземные рассолы были впервые вскрыты скв. 153 в северной бортовой части в интервале глубин 438—441,4 м. Они приурочены к песчаникам соленосных отложений, залегающим ниже III калийного горизонта (С. С. Козлов). Вскрытые воды дали самоизлив с уровнем +2,5 м, дебит 0,52 л/сек при пьезометрическом уровне +0,38 м. Аналогичные рассолы были вскрыты скв. 7-г. Удалось установить, что рассолы имеют площадное распространение, так как при откачке скважины, расположенные в 640 м друг от друга, взаимодействовали (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав рассолов, г/л

Номер скв.	Na^{+}	K^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Cl^{-}	SO_4^{--}	HCO_3	Сухой остаток
7-г	110.7	3,0	4,76	2,04	188.76	1,35	0,030	315,58
153	113,27	3,19	4,33	1,90	189.89	1.43	0,036	318,8

При бурении гидрогеологической скв. 343 в 1971 г. на контакте глинисто-мергелистой толщи и соляных отложений обнаружен незначительный приток рассолов хлоридного типа. Это подтвердило обводненность северной бортовой зоны и в западной части месторождения. Подземными выработками на I и II шахтных полях установлена безводность песчаных отложений в южной прибортовой части месторождения.

Соленосные отложения Старобинского месторождения практически безводны. Подземными выработками обнаружены слабые водо-рассолопроявления, которые сравнительно быстро прекращались. Во всех случаях рассолы хлоридного типа, с минерализацией 370—400 г/л. Эти рассолы являются маточными Практической опасности при разработке месторождения они не представляют.

Подземные воды подсолевого комплекса вскрыты только одной скважиной в доломито-ангидритовых отложениях. Воды напорные. Пьезометрический уровень их устанавливается на глубине 5,7 м. Дебит скважины 0,91 м/сек при понижении на 318 м. Состав вод хлоридный, с концентрацией на уровне рассолов. При эксплуатации месторождения опасными могут быть воды верхней части глинисто-мергелистой толщи и песчаников соленосных отложений, а также воды, встреченные в краевой зоне месторождения. Надежным водоупором считается наличие в кровле калийного горизонта 8—10-метрового пласта каменной соли. *Исследования, проведенные на* II горизонте в южной части I шахтного поля, показывают, что приближение к краевой зоне устанавливается не только по выклиниванию каменной соли в кровле, но и по анализам водных вытяжек из соляных глин. В краевой зоне сокращается содержание $CaCl_2$ (до 0,77

против 3,45% в условиях нормального разреза), $MgCl_2$ (до 0,43 против 1,34%) и в 2 раза содержание KCl и NaCl [341]. Если в нормальных условиях отношение $CaCl_2/MgCl_2$ постоянно и равно 2,74 [385], то в краевой зоне, где $CaCl_2$ оказывается вынесенным, величина этого отношения резко снижается. Кроме того, в краевой зоне увеличивается содержание $CaSO_4$.

Характеристика калийных горизонтов. Из четырех калийных горизонтов, вскрытых на Старобинском месторождении, самое большое распространение имеет IV (нижний), самое ограниченное — I.

IV калийный горизонт впервые был обнаружен в 1960 г., в пределах месторождения он вскрыт 36 скважинами. Калийный горизонт заключен между пластами каменной соли, из которых нижний имеет мощность 15—20 м, верхний 5—10 м. Мощность калийного горизонта колеблется от 11 до 23 м, чаще 15—17 м. Границы его распространения незначительно отступают от границ соленосной толщи. Кровля горизонта вскрыта на глубинах от 500—600 м на севере и юге до 1000—1490 м в центральной части месторождения.

IV *калийный горизонт* залегает всего в 20—30 м от подошвы калиеносной подтолщи (рис. 16). Полный его разрез установлен

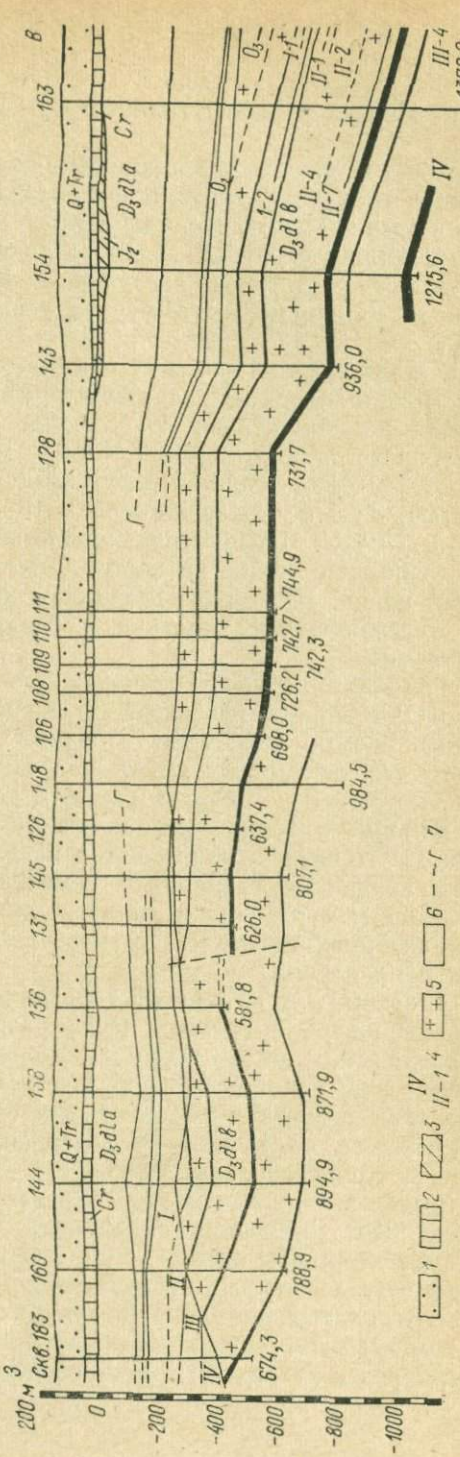


Рис. 16. Разрез через Старобинское месторождение. Составили Д. М. Еропина и О. К. Ляхович по материалам Старобинской ГРЭ.

Отложения: 1 — четвертичные и третичные, 2 — меловые, 3 — юрские; 4 — калийные горизонты; 5 — соленосная толща; 6 — глинисто-мергелистая толща; 7 — граница проявления прослоев гипса.

на севере и северо-востоке месторождения; к югу верхние слои выклиниваются. В полном разрезе горизонта установлено 18 слоев мощностью 0,4—3,5 м, чаще 1,5—2,5 м. Каждый слой состоит из ряда сезонных прослоев галопелита, каменной соли и сильвинита [217].

В разрезе горизонта сильвинитовые слои отделены друг от друга, особенно в нижней и верхней его частях, слоями каменной соли. Только в средней части несколько слоев (7—9 снизу и прослои в 11) сближены между собой. В связи со значительной разобщенностью калийных слоев среднее содержание KCl в горизонте низкое, в нижней и верхней его частях составляет соответственно 4,4 и 3,5%.

В пределах средней части IV горизонта выделяются два продуктивных пласта: верхний, соответствующий 11 слою, и нижний, состоящий из сближенных 7—9 слоев [217]. Мощность верхнего продуктивного пласта всего 0,56—0,8 м. Содержание KCl в нем достигает 24—44%. Нижний пласт имеет мощность (вместе с каменной солью) 3—4 м. Содержание KCl 16—24%; $MgCl_2$ 0,08—0,12%; н. о. — 3—10%. Продуктивные пласты прослежены в пределах II шахтного поля, а также на востоке и северо-востоке за границами шахтных полей. При более детальном изучении возможно обнаружение перспективных участков в центре месторождения, сейчас не изученном.

III калийный горизонт одновременно со II и I открыт в 1949 г. при бурении первых разведочных скважин. Он вскрыт более чем 200 скважинами, шахтными стволами и горными выработками. Горизонт залегает между двумя пластами каменной соли: нижним мощностью 3,5—8 м и верхним — от 4 до 11,7, чаще 7—10 м. Мощность калийного горизонта на юге 18—20, на севере 20—22 м. Кровля III горизонта вскрывается на глубинах от 451 до 1083 м. Площадь его распространения — немногим меньше площади IV горизонта. Пласты солей имеют пологое синклинальное залегание; ось синклинали проходит по центру месторождения и погружается в восточном направлении.

В основании III калийного горизонта выделяется нижний сильвинитовый пласт, в средней части разреза расположен глинисто-карналлитовый и выше верхний сильвинитовый пласты. Нижний сильвинитовый пласт состоит из шести сильвинитовых слоев, чередующихся в разрезе с пластами каменной соли. Изменения мощности каждого из пластов и содержания полезных компонентов и вредных примесей даны в табл. 5.

В пределах нижнего пласта сильвинитов горными выработками вскрыты зоны замещения сильвинита каменной солью. Величина зон — от нескольких метров до 300—400 м. Это участки, в пределах которых сильвин сильвинитовых сезонных прослоев замещен мелкозернистым галитом, часто окрашенным в желто-красный цвет (псевдосильвинит). Можно считать установленной связь между трещиноватостью пород и развитием зон замещений [342].

Таблица 5

Характеристика мощностей и содержаний KCl и н. о. в промышленных пластах по четырем шахтным полям
(материалы комбината Белорускалий)

Калийный горизонт	Пласты, слои	I поле			II поле		
		Мощность, м	Содержание, %		Мощность, м	Содержание, %	
			KCl	н. о.		KCl	н. о.
II	Слои:						
	верхний сильвинитовый	0,72—0,90	31,64—41,81	3,18—5,90	0,74—1,19	28,99—42,86	4,14—11,64
	средний слой каменной соли	0,47—0,79	2,86—5,15	3,44—9,13	0,61—0,93	0,82—3,47	5,60—13,27
	нижний сильвинитовый	0,87—1,05	39,72—43,92	1,81—5,16	0,84—1,22	33,91—46,55	3,10—8,97
	По пласту	2,06—2,74	30,19—32,2	2,71—6,59	2,19—3,34	23,03—35,27	4,15—11,14
III	Верхний сильвинитовый пласт	1,0—3,0	12,0—20,0	1,5—6,0	1,5—2,67	11,75—20,00	3,30—10,94
	Нижний сильвинитовый пласт. Слои:						
	6	0,17—0,30	35,00—41,00	3,00—14,00	0,29—0,60	18,65—44,75	5,56—17,04
	5—6	0,60—0,80	3,00—7,00	6,00—13,00	0,35—0,91	2,44—6,43	2,52—19,47
	5	0,15—0,30	30,00—48,00	3,00—6,00	0,20—0,80	14,82—51,54	1,07—11,79
	4—5	0,60—0,75	2,00—8,00	5,00—18,00	0,62—1,69	1,87—8,79	5,67—16,50
	4	0,80—1,40	23,00—35,00	3,00—9,00	0,92—1,49	20,20—31,79	3,35—10,04
	3—4	1,15—1,30	2,00—5,00	3,00—9,00	0,85—1,15	1,22—4,92	3,34—15,18
	3	0,80—0,90	27,00—34,00	3,00—5,00	0,43—0,98	19,49—42,05	2,67—13,56
	2—3	0,60—0,65	3,00—11,00	4,00—10,00	0,40—0,79	2,94—9,71	2,49—16,91
	2	0,65—0,70	35,00—52,00	2,00—4,00	0,40—0,79	34,82—48,42	0,94—6,54
	1—2	0,60—0,70	2,50—7,80	4,00—10,00	0,34—0,59	0,50—5,28	1,29—15,53
	1	0,18—0,20	30,00—41,00	1,00—2,00	0,23—0,36	23,91—31,14	1,33—8,34
	По пласту	4,78—5,85	15,64—24,51	3,04—7,78	3,57—6,15	14,22—26,74	2,57—15,18

Продолжение табл. 5

Калийный горизонт	Пласты, слои	III поле			IV поле		
		Мощность, м	Содержание, %		Мощность, м	Содержание, %	
			KCl	н. о.		KCl	н. о.
II	Слои:						
	верхний сильвинитовый	0,43—1,07	24,52—40,44	2,15—9,42	0,54—0,80	16,28—50,49	1,49—9,40
	средний слой каменной соли	0,51—0,79	0,27—3,18	4,60—13,94	0,39—0,88	1,64—4,42	0,32—10,75
	нижний сильвинитовый	0,75—1,22	18,13—49,17	4,30—12,04	0,48—0,89	25,91—41,88	0,86—9,40
	По пласту	1,69—2,98	14,37—35,53	3,84—12,00	1,41—2,57	15,51—31,73	0,94—9,86
III	Верхний сильвинитовый пласт	1,50—3,79	14,53—22,09	4,55—8,53	1,50—2,84	9,92—18,34	3,41—8,27
	Нижний сильвинитовый пласт. Слои:						
	6	—	—	—	—	—	—
	5—6	—	—	—	—	—	—
	5	—	—	—	—	—	—
	4—5	—	—	—	—	—	—
	4	1,13—1,60	31,10—41,42	6,07—14,88	0,60—1,44	—	—
	3—4	0,75—1,23	0,78—3,15	5,32—17,17	0,30—1,16	—	—
	3	0,60—0,95	32,69—53,04	2,41—13,46	0,50—1,02	—	—
	2—3	0,39—1,00	3,20—13,31	4,37—17,35	0,35—0,70	—	—
	2	0,58—0,90	42,47—56,81	1,81—13,98	0,64—0,96	—	—
	1—2	0,47—0,56	0,74—3,16	2,02—12,30	0,26—0,64	—	—
	1	0,23—0,35	18,90—28,93	1,85—11,74	0,13—0,36	—	—
	По пласту	2,27—4,76	22,36—26,62	2,45—11,29	2,39—5,28	15,76—35,09	3,05—12,89

В пределах III и IV шахтных полей два верхних сильвинитовых слоя отсутствуют (рис. 17). Поскольку залегающий выше пласт глинисто-карналлитовой породы в горных выработках неустойчив, на I и II шахтных полях при разработке пласта в потолочине оставляется 5 и 6 слои сильвинитов, а на III шахтном поле — 4. Мощность глинисто-карналлитового пласта в пределах месторождения изменяется от 3—4 до 20 м, увеличиваясь в восточном и северо-восточном направлениях. Высокое содержание глин делает пласт некондиционным. В верхнем сильвинитовом пласте выделяются четыре слоя сильвинитов общей мощностью 1,5—4,4 м. Пласт отличается неустойчивым содержанием KCl (8—22%) и значительной примесью карналлита, в связи с чем промышленного интереса не представляет.

На тех участках месторождения, где над III горизонтом залегает II калийный горизонт, разработка запасов III горизонта, с точки зрения обводнения, не представляет никакой опасности. Однако на периферии месторождения, особенно в северо-западной части за зоной нарушений, где водозащитные соляные отложения имеют незначительную мощность, вопрос о возможности отработки запасов калийных солей III горизонта должен быть дополнительно изучен.

II калийный горизонт, так же как и остальные, залегает между двумя пластами каменной соли; нижний пласт каменной соли имеет мощность 17—19, верхний — 10—12 м. Мощность калийного горизонта 1,5—3,8 м. Кровля горизонта вскрыта на глубинах от 868 до 817 м. Площадь распространения в пределах месторождения значительно меньше, чем нижележащих горизонтов, и составляет около 220 км². Для II калийного горизонта, так же как и для нижележащих, наибольшие глубины залегания и мощности приурочены к осевой части депрессии. Горизонт представлен одним пластом, слагаемым тремя слоями — нижним сильвинитовым, средним каменной соли и верхним сильвинитовым. Как и на III горизонте, здесь встречены многочисленные участки с зонами замещения сильвинитов каменной солью. Данные об изменениях мощностей и содержании полезных компонентов и вредных примесей по II пласту приведены в табл. 6.

I калийный горизонт имеет мощность 3—6 м. Он залегает между пластом нижней каменной соли мощностью 9—12 м и верхней, мощностью 5—7 м. Кровля горизонта вскрыта на глубинах 364—374 м. В пределах шахтных полей месторождения площадь его распространения составляет всего 83 км². Северная граница горизонта определяется первично-седиментационным выклиниванием, южная и западная — процессами подземного выщелачивания. В разрезе горизонта выделяются шесть слоев, из них пять — сильвинитовых. Эти слои могут быть объединены в два пласта, отличающихся высоким содержанием KCl: нижний — 22,7—28,4% и верхний — 20,9—30% при высоком содержании несолевых примесей. В нижнем пласте содержание нерастворимого остатка обычно более 20%, а в верхнем — 12—16%.

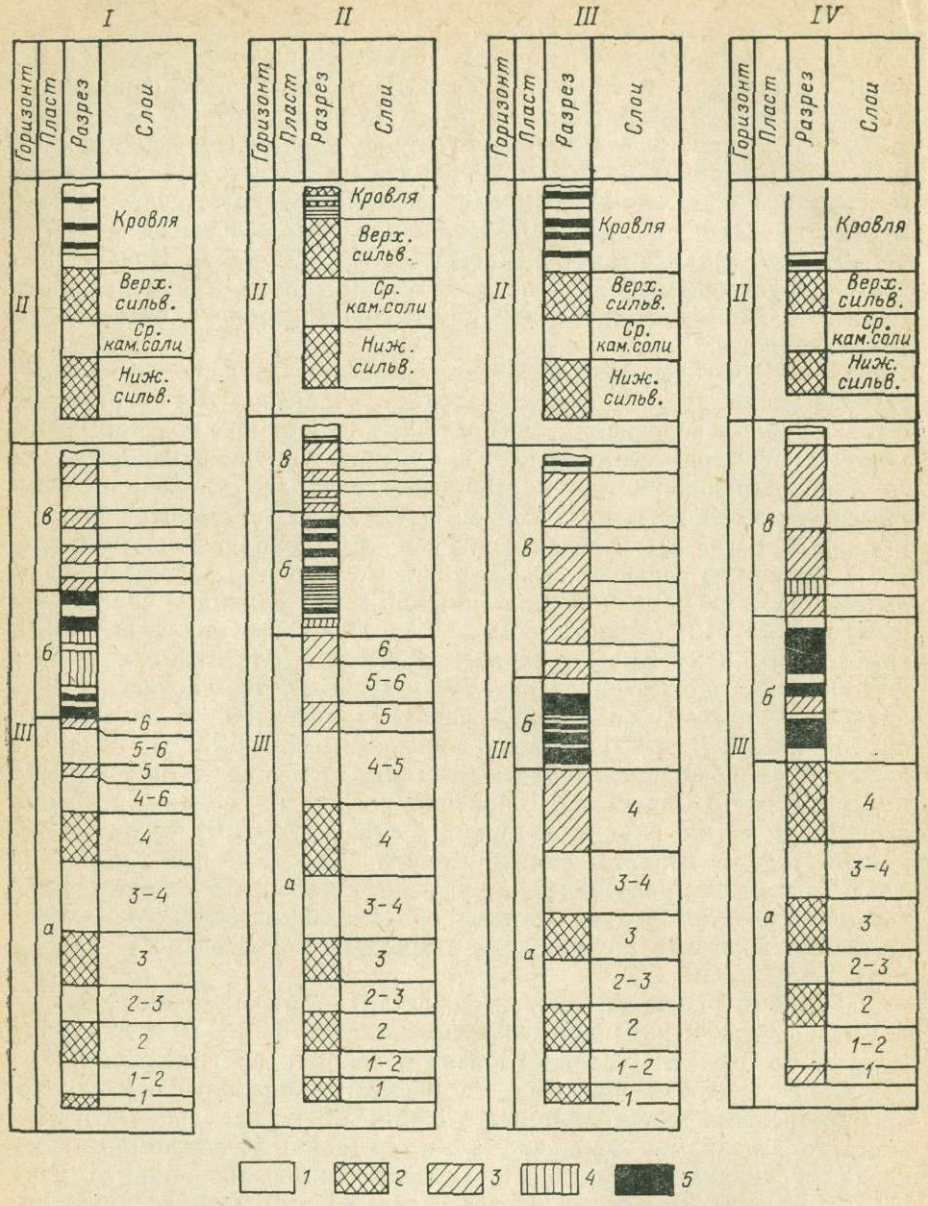


Рис. 17. Строение промышленных горизонтов по шахтным полям (материалы комбината Белорускалий).

I—IV — шахтные поля. *II, III* — калийные горизонты. *Пласты*: *а* — нижний промышленный, *б* — глинисто-карналлитовый, *в* — верхний сильвинитовый непромышленный. *1* — каменная соль; *2* — промышленные слои сильвинитов; *3* — некондиционные и не подлежащие отработке по техническим причинам пласты сильвинитов; *4* — карналлит; *5* — глины.

Таблица 6

Запасы по шахтным полям

Шахтное поле	Запасы в пересчете на соль	A+B+C, тыс. т	C, тыс. т	Забалансовые, тыс. т
I	KCl	874 814	13 671	—
	K_2O	123 755	1 645	—
II	KCl	641 593	—	—
	K_2O	91 732	—	—
III	KCl	597 032	—	—
	K_2O	111 304	—	—
IV	KCl	1 644 783	562 164	1 888 583
	K_2O	256 548	79 948	169 431

Эксплуатация запасов I калийного горизонта, составляющих по высоким категориям более 350 млн. т, затруднена не только из-за высокого содержания нерастворимого остатка, но также из-за ненадежности водозащитной толщи, так как на значительной площади непосредственно над I калийным горизонтом залегают отложения глинисто-мергелистой толщи. Максимальная мощность соленосных отложений над горизонтом, в осевой части синклинали, составляет 50—80 м [217]. В связи с перечисленными особенностями залегания горизонта и его качеством запасы отнесены к забалансовым. Требованиям кондиций отвечают сильвинитовый пласт II калийного горизонта и нижний сильвинитовый пласт III калийного горизонта. Из общих запасов на II приходится 23%, на III — 77%.

Распределение запасов по площади месторождения позволило разбить его на четыре шахтных поля (см. табл. 6).

Частично прирост запасов может быть осуществлен за счет перевода в более высокие категории запасов C_2, частично за счет освоения IV и, может быть, I калийных горизонтов, в основном же за счет внедрения при эксплуатации сплошной системы разработки.

Петриковское месторождение калийных солей расположено в 215 км к юг-юго-востоку от Минска. Территория месторождения административно относится к Гомельской области БССР. Разведочные работы выполнены Южно-Белорусской экспедицией (И. И. Зеленцов, В. Н. Вишневский, В. С. Блецко, Н. А. Пекарь и др.), технико-экономический доклад составлен ВНИИГ (О. П. Горкун, А. Л. Протопопов, В. В. Микицинский и др.). В геологическом плане месторождение приурочено к центральной части Припятского бассейна (рис. 18).

Нижняя соленосная толща, вскрытая на Петриковской структуре на глубинах 1613—1684 м, имеет мощность 115—208 м; на Шестовичской структуре она залегает глубже: на глубине 2436—2604 м при мощности 230—252 м. Эта толща ливенского горизонта верхнего девона сложена чередующимися слоями каменной соли и несоляных пород. Межсолевые отложения — глины, мергели,

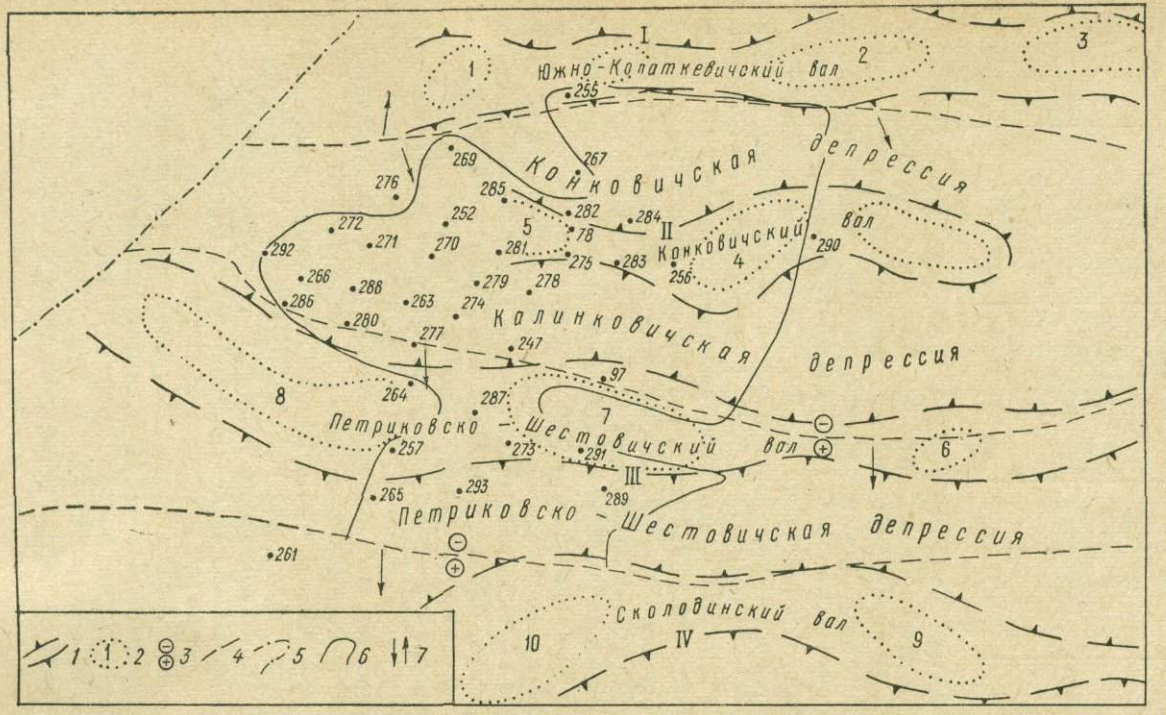


Рис. 18. Тектоническое строение Петриковского месторождения (по В. К. Голубцову, Ю. И. Лупиновичу, В. З. Кислику, 1966).

Границы структурных элементов: 1 — контуры структур третьего порядка по кровле верхнесолеиосного комплекса, *2* — контуры локальных положительных структур четвертого порядка по кровле верхнесолеиосного комплекса; *3* — относительное положение отдельных ступеней; *4* — разрывные дислокации. *Региональные (ступенеобразующие) разломы субширотного простирания: 5* — субмеридиональные зоны разрывных дислокаций; *6* — Петриковское месторождение калийных солей; *7* — направление падения поверхности фундамента и отложений нижнего структурного яруса.

Структуры второго порядка (ступени): *I* — Центральная, *II* — Калинковичская, *III* — Петриковско-Шестовичская, *IV* — Мозырская. *Локальные структуры*: 1 — Боричевская, 2 — Южно-Копаткевичская, 3 — Гороховская, 4 — Конковичская, 5 — Западно-Конковичская, 6 — Скрыгаловская, 7 — Шестовичская, 8 — Петриковская, 9 — Казимировская, 10 — Сколодинский вал.

известняки — вскрыты на глубинах от 1040 (Петриковская структура) до 2371 м (Шестовичская). Мощность отложений меняется от 166 до 576 м.

Верхняя данково-лебедянская соленосная толща в пределах Петриковского месторождения распространена повсеместно. Мощность ее изменяется от 537 м на локальных поднятиях до 1988 м в депрессиях. Кровля толщи вскрыта на глубине от 317 (свод Шестовичского вала) до 700 м (Петриковско-Шестовичская депрессия). На восточной границе месторождения установлено резкое погружение толщи — до глубины 1150 м и более. Отмечается незначительное понижение залегания кровли верхней соленосной толщи и в южном направлении.

Верхняя соленосная толща, как и на других участках Припятского прогиба, подразделяется на нижнюю галитовую и верхнюю калиеносную. Галитовая подтолща вскрыта на глубинах 775—1385 м. Мощность ее по роторным скважинам более 1200 м. Галитовая подтолща слагается мощными пачками каменной соли с резко подчиненным количеством несоляных пород. Каменная соль белая, мало загрязненная, перекристаллизованная, со следами течения. Соленасыщенность толщи 85—96%.

Верхняя подтолща — калиеносная — на участке Петриковского месторождения отчетливо подразделяется на три части. Нижняя часть от подошвы подтолщи до пласта несоляных пород, залегающего на 10—15 м ниже калийного горизонта VII—П, характеризуется повышенным содержанием несоляных пластов (известняки, доломиты, ангидриты) мощностью от 1 до 40—60 м при мощности соляных пачек 1—30 м. Общая мощность нижней части подтолщи 350—660 м. Соленасыщенность всего 36—64%; у ее основания вскрыт горизонт калийных солей VIII-П. Средняя часть подтолщи имеет мощность 422—513 м; она сложена в основном каменной солью. Соленасыщенность 92—95%. К нижнему интервалу средней части подтолщи приурочено 8 калийных горизонтов. Кроме хорошо выраженных горизонтов калиепроявление установлено также в виде вкрапленности в каменной соли. Верхняя часть подтолщи мощностью 25—160 м представлена каменной солью, в значительной мере загрязненной, с частым переслаиванием с несоляными породами (глины, глинистые мергели). Соленасыщенность 52—81%. К этой части калиеносной подтолщи приурочен прослой монтмориллонитовой глины, который прослеживается и на Старобинском месторождении.

Каменная соль верхней подтолщи окрашена в серый, желтоватый и красноватый цвет, разнозерниста, иногда сохраняет неизмененную первично-седиментационную структуру, иногда перекристаллизована. Соответственно текстура меняется от слоистой до массивной. Соль загрязнена сульфатным, карбонатным и глинистым материалом. Встречается также песчаниковидная соль.

Несоляные пачки сложены в основном карбонатной глиной, мергелями и ангидритами. Присутствием значительного количества анги-

дрита несоляные породы Петриковского месторождения отличаются от старобинских. Породы трещиноваты, трещины выполнены каменной солью в виде гнезд и прожилков.

Глинисто-мергелистая толща развита на Петриковском месторождении повсеместно. Ее мощность изменяется от 164 (скв. 290) до 350 м (скв. 247) и увеличивается в южном направлении, а также к центру северного участка месторождения. Кровля толщи вскрыта на глубинах от 204 (скв. 291) до 408 м (скв. 289). Структурный план кровли в общих чертах увязывается со структурным планом верхней *соленосной толщи. Глинисто-мергелистая толща подразделяется на* три пачки: нижнюю — глинисто-мергелистую, среднюю — сульфатно-карбонатно-глинистую и верхнюю — глинисто-сланценосную.

На размытой поверхности надсолевых отложений залегают каменноугольные, представленные только нижним отделом (турнейским и визейским ярусами). Глубина залегания каменноугольных отложений определяется структурным положением и составляет от 186 до 387 м. Мощность отложений изменчива — от 3—5 до 122 м. Отложения нижнего отдела — турне и визе — представлены глинами, известняками, прослоями песчаников.

К пермским отложениям условно отнесены кварцевые мелкозернистые оранжевые и желтые пески. Вскрыты они двумя скважинами в интервалах глубин 288—314 и 209—216 м. Пески залегают трансгрессивно на отложениях карбона, иногда девона. Отложения триаса встречены повсеместно, за исключением Петриковско-Шестовичского вала, в интервале глубин 179—387 м. Залегают трансгрессивно на отложениях карбона. Представлены песками, переслаивающимися с глинами. Мощность отложений 115 м. Юрские песчано-глинистые отложения с углистыми включениями представлены средним и верхним отделами. Среднеюрские породы распространены повсеместно, залегают трансгрессивно на триасовых осадках. Глубина их залегания 136—245 м, мощность 22—90 м. Верхнеюрские отложения: известняки на юго-востоке и пески в других местах — *также имеют широкое, но не повсеместное распространение.* Мощность верхнеюрских отложений 2—50 м. Глубина залегания 136—245 м.

Меловые отложения представлены только верхним мелом — сеноманом и туроном. Распространены повсеместно, залегают трансгрессивно на юрских осадках. В основании разреза — песчаники, выше мел, мелоподобный мергель. Общая мощность осадков верхнего мела 1—100 м. Глубина залегания кровли 119—186 м.

Мощность кайнозойских отложений 78—125 м.

Палеоген констатирован на всей площади месторождения, представлен песками глауконитовыми, кварцевыми, слюдистыми, глинистыми; неогеновые отложения — песками; в верхней части разреза встречены глины. Четвертичные отложения имеют мощность 10—60 м; они слагаются комплексом разнообразных осадков: ледниковых, озерных, болотных.

Тектоника. Месторождение расположено в пределах западной части следующих структур III порядка: Южно-Копаткевичского вала, Конковичской депрессии, Конковичского вала, Калинковичской депрессии, Петриковско-Шестовичского вала и Петриковско-Шестовичской депрессии. Сколодинский вал является предполагаемой южной границей месторождения (см. рис. 18).

Все структуры III порядка осложнены локальными структурами IV порядка. Так, в пределах Южно-Копаткевичского вала — брахиантиклинали субширотного простирания — выделяются два сводовых поднятия. В пределах сводов кровля соленосной (верхней) толщи залегает на отметке 300 м. Между сводами имеется погруженный участок, в пределах которого кровля соленосной толщи также погружается. Конковичская депрессия осложнена двумя понижениями: западным — 1200 и восточным — 1700 м и седловиной между ними. Восточный участок имеет форму мульды с углами падения 12—15°, размером 6×4 км. По-видимому, такое же строение и площадь имеет IV-П калийный горизонт. На Конковичском валу выделяются два поднятия, между ними — седловина. Восточное поднятие (Конковичское) имеет площадь 8×4,5 в пределах изогипсы — 500 м, углы падения 15°. Кровля соляных отложений вскрыта на отметке — 428 м, однако продуктивная зона калийных солей в этой скважине отсутствует. Месторождение расположено в основном в западной части Калинковичской депрессии. Эта депрессия погружается на восток. В западной части она замыкается по изогипсе —400 м. По этой изогипсе ширина депрессии составляет 7—9 км. Углы падения северного крыла увеличиваются с запада на восток с 3—4 до 9° (уклон 170 м на 1 км). Угол падения южного крыла больше — у скв. 277 достигает 9—18°. Петриковско-Шестовичский вал представлен двумя структурами с седловиной между ними. В Петриковско-Шестовичской депрессии также намечаются три локальные структуры — две синклинали и структурный «нос» Петриковской структуры. К востоку от месторождения отмечается резкое погружение кровли соленосной толщи до отметок — 1000 м и более.

Приведенные выше построения являются более бесспорными для северной части месторождения как более изученной. Структурный план южной части еще мало изучен. Результаты бурения в северной части месторождения свидетельствуют о проявлении тектоники внутри соляной толщи. В керне отмечаются значительные углы в слоистых отложениях, не совпадающие с углами падения структур и достигающие 40—60 и даже 80° (северное крыло Калинковичской депрессии). Иногда несовпадение углов падения пластов и углов в слоистых породах отмечается и в калийных пластах, и в надсолевой толще. Разрывные нарушения по данным бурения пока не обнаружены.

Для Петриковского месторождения характерна трещиноватость пород, широко распространены также плоскости скольжения. Эти явления больше присущи глинисто-мергелистой толще, но встречаются также и в соляных породах.

Гидрогеологические условия. Мезозойско-кайнозойский комплекс объединяет воды четвертичных, третичных, меловых и юрских отложений. Они приурочены к песчаным отложениям или к трещинам в известняках, мелу и мелоподобных мергелях. Глубина залегания вод этого комплекса 2—3 м от поверхности, иногда до 245 м. Воды всех горизонтов, кроме юрского, имеют дебит 3—7 л/сек; воды же юрского горизонта обладают бóльшим дебитом — от 2—3 до 100 л/сек. Воды пресные. Минерализация от 0,05 до 0,4—0,7 г/л, по преобладающим компонентам воды гидрокарбонатно-кальциевые. Используются для водоснабжения.

Водоносный комплекс пород верхнего девона—триаса включает водоносные горизонты триасовых, пермских, каменноугольных отложений и глинисто-мергелистой толщи верхнего девона. Воды триасовых отложений развиты повсеместно, за исключением Петриковско-Шестовичского вала. Залегают на глубинах 179—387 м; пресные и солоноватые, по преобладающим компонентам гидрокарбонатно-кальциевые и сульфатно-хлоридно-натриево-магниевые. Воды пермских пород, приуроченные к песчаникам и глинисто-алевролитовым отложениям, встречены в пределах Калинковичской и Сколодинской депрессий, имеют дебит 1,5—2 л/сек, температуру 16,6°С, минерализацию — 35 г/л, хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевые. Глубины залегания 210—315 м. Воды каменноугольных отложений вскрыты повсеместно, за исключением свода Шестовичской структуры, на глубинах 186—387 м, приурочены к трещиноватым известнякам, алевролитам и слабо сцементированным песчаникам. По данным близлежащих площадей, возможно выделение нескольких подгоризонтов. Минерализация вод возрастает с глубиной от 10,8 до 33 г/л. По преобладающим компонентам воды хлоридно-кальциевые, содержат значительные количества йода — 2,7—7,9, брома 1,7—10,6 мг/л.

В глинисто-мергелистой толще вóды приурочены к трещинам в известняках и доломитах, к маломощным прослойкам песчаников и алевролитов (0,05—0,3 м). Специальными наблюдениями на гидрогеологических скважинах установлено, что коэффициент фильтрации составляет 0,0066 в верхней части толщи; 0,00149 в средней и 0,00010 м/сутки в нижней у контакта с соленосной толщей. Соответственно снижается обводненность толщи (в интервалах 315—389 и 400—470 м удельные дебиты составляют соответственно 0,00516 и 0,00138 л/сек, а в нижнем интервале 524—538 м — 0,0000211 л/сек). Водоносный горизонт обладает напором, уровень вод устанавливается на глубине 5,55—69,79 м от дневной поверхности. Минерализация возрастает с глубиной: в верхнем интервале 71, в среднем 92, в нижнем 316,8 г/л. По преобладающим компонентам воды хлоридно-натриевые. Рассолы содержат высокое количество брома —0,0666 г/л.

Питание водоносного горизонта водами происходит за счет вышележащих водоносных горизонтов триаса, перми и каменноугольных отложений, с которыми имеется прямая гидравлическая связь.

Обводненность глинисто-мергелистой толщи усложняет условия разработки месторождения. Максимальный водоприток, рассчитанный по формуле Дюпюи, 42,2 м³/ч. В верхней соленосной толще скважинами рассолов не встречено. Породы водоупорны.

Задонско-елецкий водоносный комплекс связан с межсолевыми отложениями, залегающими на глубинах 1036—2468 м, имеет мощность 189—575 м, заключен между двумя мощными водоупорами. Дебит скважин, вскрывших горизонт, меняется от 0,7 при понижении на 1378 м до 330 м³/сутки при понижении на 459 м. Температура воды изменяется от 30 до 70° С, минерализация превышает 300 г/л. По преобладающим компонентам рассолы хлоридно-кальциево-натриевые.

В подсолевых отложениях вскрыты воды, приуроченные к песчаникам на глубинах 1728—2870 м. Температура вод 40—90° С, дебиты изменяются от 1—60 до 900 м³/сутки. Минерализация высокая. Воды хлоридно-кальциево-натриевые, содержат повышенные количества брома, йода, бора.

Характеристика калийных горизонтов. На месторождении выявлено девять калийных горизонтов (табл. 7). Им присвоены нумерация сверху вниз и буквенный индекс П. Пласты каменной соли, залегающие между горизонтами III-П и IV-П, обозначены как III-I-П. Горизонты от I-П до VII-П, приуроченные к продуктивной части разреза, сконцентрированы в пределах 200-метровой толщи; горизонт VII-П находится на 400—600 м ниже горизонта VII-П.

Породы, слагающие калиеносную подтолщу, характеризуются рядом особенностей. Каменная соль Петриковского месторождения отличается низким содержанием несоляных примесей; их прослойки миллиметровой мощности залегают на расстоянии 15—20 и 40—50 см друг от друга.

Галит крупнозернистый (5—10 мм). Отдельные прослойки сложены гигантозернистым шпатовым галитом. В пределах всей продуктивной зоны в каменной соли имеется примесь зерен карналлита и сильвина. Каменная соль окрашена в светло-серый, светло-желтый цвет, часто бесцветна. Наряду с этим широкое распространение имеет синяя и голубая каменная соль. Обычно эта разность связана с прослойками сильвинита.

Сильвиниты Петриковского месторождения разнообразны, чаще всего встречаются белые и розовые, а также пестрые с беспорядочной текстурой. Красные сильвиниты, аналогичные старобинским, распространены реже.

Горизонт IV-П является основным продуктивным горизонтом месторождения. Имеет самую большую площадь распространения, составляющую более 450 км², в том числе 265 км² в северной части месторождения и около 180 км² в южной. Горизонт залегает на 7—16 м выше горизонта V-П в депрессиях, на крыльях валов и в седловинах между сводами. В сводовых частях отсутствует. Границы горизонта, кроме северной части, везде носят следы древнего подземного выще-

Таблица 7

Характеристика горизонтов калийных солей

Горизонт	Количество скважин, вскрывших пласт	Глубина залегания горизонта, м	Мощность горизонта, м	Количество скважин, вскрывших отложения, отвечающие временным кондициям	Мощность продуктивного пласта, м
I-П	18	525,3—1006,50	2,10—4,50	16	1,10—3,80
II-П	14	557,78—1021,85	0,53—1,78	8	0,80—1,72
III-П	21	504,50—1061,04	0,50—3,45	3	1,40—2,20
III-I-П	2	628,10—993,90	2,15—3,01	1	2,10
IV-П	30	518,70—1162,45	0,95—21,95	28	1,33—5,25
V-П	28	532,90—1176,45	0,43—3,31	4	1,44—1,66
VI-П	14	578,70—1207,50	0,70—3,12	2	1,25—3,07
VII-П	13	568,20—1223,50	0,40—1,18	2	1,10—1,18
VIII-П	9	748,05—1630,02	3,50—19,55	6	0,55—7,25

Горизонт	Средневзвешенное содержание по продуктивным пластам, %				
	KCl	NaCl	$MgCl_2$	Br	н. о.
I-П	15,44—23,57	57,84—77,80	2,31—8,86	0,07—0,131	0,33—1,32
II-П	18,63—26,63	57,86—68,18	4,07—9,31	0,12—0,15	0,11—0,85
III-П	15,51—18,60	66,18—67,58	5,28—7,11	0,09—0,12	0,53—1,01
III-I-П	15,80	79,40	4,50	0,108	1,01
IV-П	17,75—24,93	69,05—76,02	0,12—3,82	0,09—0,12	0,22—4,23
V-П	15,13—20,29	70,92—77,59	0,72—5,19	0,058—0,112	1,64—1,95
VI-П	19,90—20,02	70,90—73,34	0,41—1,81	0,047—0,061	2,14—6,40
VII-П	21,22—22,42	62,23—62,61	6,79—7,03	0,131—0,156	0,36—0,45
VIII-П	15,36—50,54	25,47—83,64	0,08—18,02	0,04—0,184	0,33—14,88

лачивания; на севере, возможно, имело место первично-седиментационное выклинивание (И. И. Зеленцов, В. Н. Витневский, В. С. Блецко, В. З. Кислик, Ю. И. Лупинович, И. А. Седун и др.).

Кровля горизонта вскрыта на глубинах 516—1162 м. Существенно, что на большей части площади месторождения горизонт залегает на глубине менее 1000 м. Как и вся калиеносная подтолща, он постепенно погружается на восток, а на восточной границе месторождения констатировано резкое его погружение. Мощность горизонта изменяется от 1 до 22 м, а продуктивной его части — от 1,3 до 5,3 м. Разрез горизонта IV-П напоминает строение III горизонта на Старо-

бинском месторождении: нижний его пласт сильвинитовый; средний представлен переслаиванием каменной соли, несоляными породами с карналлитовыми слоями. Мощность этого пласта 1,8—6,8 м. Верхний пласт сложен каменной солью с маломощными прослоями сильвино-карналлитовой породы. Мощность его 2—5 м.

В нижнем, продуктивном, пласте горизонта выделяются четыре слоя сильвинитов, разделенных каменной солью. Слои хорошо выдерживаются на площади месторождения, особенно первые три. Четвертый, верхний, слой более изменчив по мощности и составу (рис. 19). Первый снизу слой сложен в центральной части сильвинитом с содержанием $MgCl_2$ не более 1%. По периферии всего месторождения содержание $MgCl_2$ увеличивается до 2, иногда 3% (скв. 266). Содержание KCl высокое —23—37, чаще 30—34%, мощность слоя изменяется от 0,7 до 1,6 м, средняя 1,3 м. Второй слой в центральной части также представлен сильвинитами с низким, не более 1%, содержанием $MgCl_2$. К северу и юго-западу содержание хлористого магния увеличивается до 2 и в отдельных скважинах до 6%. Содержание KCl 26—40, чаще 30%. Мощность слоя меняется от 0,25 до 0,5 м. Третий слой сложен в основном карналлито-сильвиновой породой с содержанием $MgCl_2$ 1—2%, а на севере до 5%. Меньшая площадь занята сильвинитами. Содержание KCl 32—40%. Мощность изменяется от 0,7 до 1,2 м, средняя 1 м. Четвертый слой состоит из карналлито-сильвинитовой породы с содержанием $MgCl_2$ 2—10%, KCl — около 30%. Мощность слоя 0,2—1,0 м. Общая мощность нижнего пласта горизонта IV-П 6—11,9 м, продуктивной части 4,5—6 м.

В настоящее время перспективен только горизонт IV-П. Запасы калийных солей в нем составляют от 893 млн. т сырых солей при валовой выемке трех слоев нижнего пласта до 1213 млн. т при валовой выемке четырех слоев, при селективной добыче — от 436 млн. до 623 млн. т в зависимости от вовлечения двух, трех или четырех слоев. 1/3 запасов представлена сильвинитами, 2/3 — карналлито-сильвиновой породой.

Между Старобинским и Петриковским месторождениями в непосредственной близости от северной площади Петриковского месторождения геологоразведочными работами 1970—1971 гг. выделена перспективная площадь в пределах западной части Копаткевичской депрессии (Ю. И. Лупинович, Д. М. Ерошина, Э. А. Высоцкий, В. З. Кислик, И. И. Зеленцов и др.). Кондиционным в пределах этой площади является пласт VI-П.

Севернее и северо-западнее Копаткевичской депрессии горизонт VI-П вскрыт большим количеством поисковых скважин на нефть и соли на глубинах 547—1250 м. Горизонт VI-П коррелируется с горизонтом III-4. Данные о составе, глубинах залегания и мощностях горизонта по скважинам сведены в табл. 8. Из таблицы видно, что по всем параметрам, кроме н. о., горизонт VI-П на Копаткевичской площади и севере Петриковской является кондиционным. Этот горизонт представит интерес для промышленности

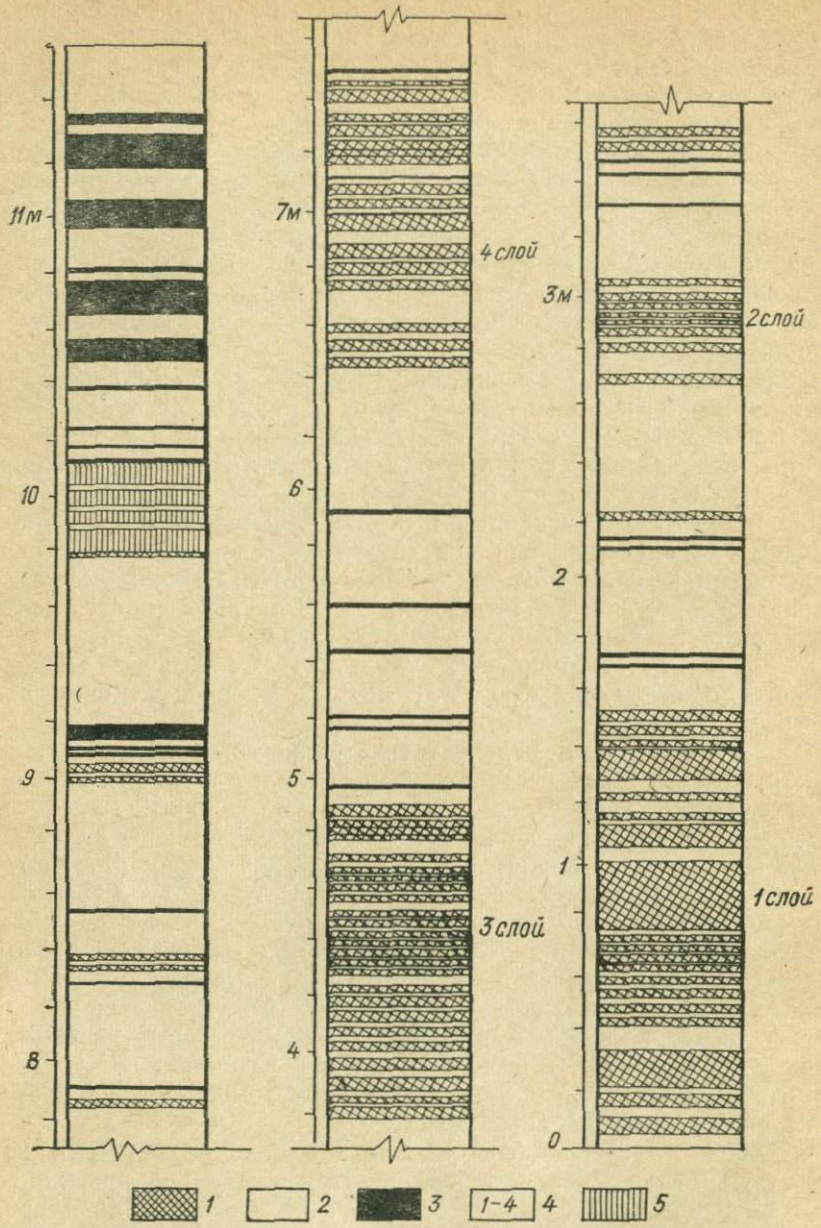


Рис. 19. Калийный горизонт IV-II (по материалам Южно-Белорусской экспедиции [111]).

Нижний сильвинитовый и средний глинисто-карналлитовый пласты: *1* — сильвиниты, *2* — каменная соль; *3* — соляная глина; *4* — обозначения продуктивных сильвинитовых слоев; *5* — глинисто-карналлитовая порода.

в том случае, если технологи повысят допустимое содержание нерастворимого остатка до 8%. Следует иметь в виду, что запасы, подсчитанные на площади ~560 км² при глубине залегания калийных пород не глубже 1000 м, превышают 2 млрд. т сырых солей.

Таблица 8

Глубина залегания и качество калийных горизонтов

Номер скв.	Глубина залегания продуктив. пласта, м	Мощность, м	Средневзвешенное содержание, %		
			KCl	$MgCl_2$	н. о.
255	547,37—550,89	3,52	17,96	1,15	4,23
282	724,48—727,55	3,07	20,02	1,81	2,14
284	1043,75—1045,0	1,25	19,9	0,41	6,40
297	596,85—599,9	3,05	19,57	0,14	5,20
294	1170,05—1172,55	3,50	22,48	0,36	3,40
311	728,5—731,75	3,25	17,59	0,37	4,10
319	836,39—839,61	3,22	16,30	0,96	6,02
334	587,90—588,05	1,15	24,27	0,20	8,04
250	846,98—849,70	2,80	19,7	0,10	5,89
253	864,72—866,50	1,78	28,49	—	4,2
245	781,11—881,87	0,76	48,0	0,08	7,40
240	771,28—772,96	1,68	24,85	Нет	5,81
248	1247,35—1248,28	0,93	50,25	Нет	7,87
64	619,4—622,5	3,1	23,3	Нет данных	
64	624,6—626,3	1,7	29,2	»	»
67	873,7—875,1	1,4	55,8	»	»

2. Калиепроявления в девонских соленосных сериях Днепровско-Донецкого прогиба и Донбасса

Днепровско-Донецкий прогиб — одно из звеньев рифтовой зоны юго-восточной части Русской платформы — возник одновременно с Припятским прогибом в середине раннефранского времени. Зонами глубинных разломов он отделен от Воронежского кристаллического массива (антеклизы) на северо-востоке и Украинского щита с юго-запада.

Девонские соляные породы развиты на всей площади Днепровско-Донецкого прогиба, они интенсивно дислоцированы и собраны в систему разного размера штоков, проникающих в покрывающие породы. Бурение в пределах штоков соли давало мало материала для изучения стратиграфии соленосных серий. Поэтому долгое время оставался дискуссионным вопрос даже о количестве соленосных серий в девоне.

По мере изучения площади распространения соляных пород вблизи краевых разломов прогиба в ряде скважин эти породы были вскрыты в нормальном залегании. Здесь, на Адамовской площади, в 70 км восточнее г. Чернигова, впервые были обнаружены две

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
Щорс
Любеч
Чернигов
Десна
Сумы
Киев
Лохвица
Харьков
Сев. Донец
Оскол
Днепр
Супа
Полтава
Псел
Ворскла
Орель
Сахновщина
Лозовая

Рис. 20. Схема распространения девонских соленосных образований в Днепровско-Донецкой впадине.
(из Путеводителя Львовского симпозиума, 1971).

1 — краевые разломы, ограничивающие грабен Днепровско-Донецкой впадины (по М. В. Чирвинской); *2* — склоны Украинского кристаллического щита и Воронежского кристаллического массива (бортовые части Днепровско-Донецкой впадины); *3* — локальные поднятия, главным образом соляные; *границы распространения*: *4* — девонских образований, *5* — девонских соленосных образований, *6* — верхней соленосной толщи; *7* — участки в пределах грабена, на которых девонские отложения отсутствуют; *площади*, на которых: *8* — девонские отложения вскрыты бурением на полную мощность, *9* — девонские соленосные образования в нормальном залегании вскрыты на полную мощность, *10* — девонские соленосные образования в нормальном залегании вскрыты частично, *11* — вскрыты в нормальном залегании только образования фаменского яруса, *12* — в соленосных образованиях кристаллические породы не встречены, *13* — соленосные образования содержат вулканические породы, *14* — девонские образования выражены главным образом вулканическими породами; *15* — соляные поднятия, на которых девонские породы не выявлены; *16* — соляные поднятия, в которых встречены вулканические породы. Площади, на которых девонские отложения вскрыты в нормальном залегании: *1* — Адамовская, *2* — Видельцевская, *3* — Олишевская, *4* — Мринская, *5* — Лосиновская, *6* — Пирятинская, *7* — Калайдинская, *8* — Петривцевская, *9* — Великобогачинская, *10* — Остапевско-Белоцерковская, *11* — Черниговская, *12* — Туньковская, *13* — Смолякская, *14* — Грибово-Рудницкая, *15* — Седиевская, *16* — Березовская, *17* — Борковская, *18* — Лесковская, *19* — Максаковская.

соленосные толщи. К настоящему времени в северо-западной половине прогиба соляные толщи в нормальном залегании вскрыты на 20 площадях (рис. 20).

Сопоставлением разрезов выявлено наличие двух соленосных серий, из которых верхняя (максаковская свита) четко установлена в разрезах Адамовской площади и на Видельцевской, западнее Чернигова. Максаковская свита состоит из трех пачек: верхней — сульфатно-аргиллито-карбонатной, средней — сульфатно-галогенной и нижней — сульфатно-карбонатно-песчаной. Возраст свиты елецко-лебедянский. Мощность свиты достигает 400 м. Залегающая ниже нижнефаменская межсолевая толща в объеме елецкого и задонского горизонтов известна на всей площади распространения солей. Верхняя половина этой толщи сложена терригенными породами (250—400 м), нижняя — глинисто-карбонатными (800—900 м).

Нижняя соленосная серия входит в состав исачковского комплекса (воронежский, евлановский и ливенский горизонты) и распространена шире, чем верхняя. В разрезах исачковского комплекса с солью выделяются три свиты: верхняя — руднянская сульфатно-карбонатно-глинистая, средняя — смолежская соленосная и нижняя — борковская сульфатно-карбонатно-глинистая. В последнее время при изучении керна скважин, пробуренных в юго-западной прибортовой зоне, обнаружена фауна брахиопод, на основании которой нижнюю часть пород соленосной серии можно отнести к воронежскому горизонту франского яруса; таким образом, диапазон времени седиментации этой серии расширился [50]. Ее отложение началось раньше нижней соленосной серии Припятского прогиба. Мощность пород исачковского комплекса колеблется в пределах *41—1312*, чаще *300—600* м. В штоках вертикальная мощность соляных пород достигает 2000 м и более [302]. Отложения исачковского комплекса залегают несогласно на породах среднего девона и кристаллического фундамента. При корреляции соляных пластов установлено, что площадь соленакопления постепенно расширялась и достигла максимума в ливенское время [50].

На преобладающей части Днепровско-Донецкого прогиба соляные породы интенсивно деформированы. Они собраны в систему разного размера соляных штоков, внедренных в породы, покрывающие соль. К настоящему времени главным образом геофизическими исследованиями выявлено более 300 соляных штоков. Некоторые из них в связи с поисками нефти разбурены небольшим количеством скважин.

Для организации добычи солей методом подземного выщелачивания были выделены 42 наиболее перспективные соляные структуры. На пяти из них проведена разведка бурением. Каменная соль разбуривалась на глубину 200—400 м и в редких случаях глубже (до 1000 м на Ефремовской структуре). При бурении вскрыта однородная, преимущественно крупнозернистая серая каменная соль, в массе которой обнаружены глыбы несолевых пород тех слоев, которые переслаивались с каменной солью до возникновения соляных штоков. Реже попадаются глыбы базальтов. Количество этих «ксенолитов» составляет 10—20 об.%. Каменная соль преимущественно однородная (NaCl — 91—99%) при невысоком содержании калия (0,01, иногда до 0,05%).

Несмотря на значительный объем бурения по соли, калийные породы были обнаружены только на Роменской структуре при проходке первой скважины еще в 30-х годах. В этой скважине описана вкрапленность сильвина в каменной соли в интервале 354,54—364,74 м. Содержание KCl в отмеченном интервале 2,06—3,18%. При бурении было констатировано содержание калия и в промывных водах [224].

В 1961 г. на этой же структуре Полтавнефтеразведкой было пройдено 8 скважин, в двух из которых обнаружены прослои сильвинита: скв. 4 в интервале 467,95—492,95 м со средним содержанием KCl — 5,34% и в интервале 493,4—497,4 м — 3,18%; скважиной, пройденной в 450 м к северо-западу от скв. 4, обнаружена сильвинсодержащая каменная соль в интервалах 528—534 и 606,3—702,0 м (забой). Учитывая крутое падение, мощность верхнего слоя следует считать равной 1,0, а нижнего 10,0 м. Скв. 6 вскрыто четыре горизонта сильвинитов с содержанием KCl от 23% (слой в интервале 611—616 м) и до 35% (нижний слой в интервале 680—685 м). Следовательно, в разрезе девонской каменной соли имеются сильвиниты с кондиционным содержанием сильвина.

Сильвиниты обладают неравномернополосчатой текстурой. По данным Ф. П. Хрущова, содержание сильвина в нижнем слое непостоянно, колеблется в широком интервале, достигая 55,8% [358]. В полные годичные ритмы сильвинитов входят сезонные прослои каменной соли, глинисто-карбонатные, иногда с ангидритом, сильвинитовый и глинисто-карбонатный. Структура галитовых прослоев гранобластовая, сильвинитовых — гипидиоморфнозернистая с идиоморфными более крупными зернами галита и ксеноморфными киноварно-красными, иногда светло-розовыми зернами сильвина, хорошо заметными на общем сером фоне породы.

В настоящее время мы не знаем, с верхней или нижней соляной сериями связаны калийные породы Роменского купола. С. М. Кореневский отмечает, что по данным гамма-каротажа есть основание предполагать наличие калийных солей в структурах южной части Днепровско-Донецкого прогиба — Краснопавловской (скв. 550 в интервале 930—937 м) и Крестищенской (скв. 7-р). По данным же геохимической съемки А. В. Павленко, можно предположить наличие калийных солей в Карайкозовском соляном штоке (приблизительно на половине расстояния между Роменской и Краснопавловской структурами).

Подводя итог, можно сказать, что в периферических недислоцированных участках соляных отложений калийные породы отсутствуют. Калийные водоемы существовали, вероятно, в центральных частях территории соленакопления. Сейчас нет фактического материала для суждения о том, сколько завершенных циклов галогенеза имело место при седиментации соляных пород, каковы размеры и расположение в прогибе калийных бассейнов. Четко выявился только серьезный отложняющий фактор: объемы пород с калийными горизонтами участвовали в интенсивном течении соляных масс, создававших штоки. Внутренняя тектоника соляных куполов резко осложняет как подземные горные работы, так и выщелачивание.

Глава 3

ПЕРМСКИЕ КАЛИЙНЫЕ БАССЕЙНЫ

Пермский период в истории Земли отмечается как время наиболее интенсивного соленакопления, происходившего на больших площадях платформенных впадин, в пределах которых было отложено большое количество солей. В соленосных сериях этого периода сосредоточены наиболее крупные месторождения калийных, магниевых солей, боратов и других полезных ископаемых (рис. 21).

Несмотря на то, что пермский период был выделен Р. И. Мурчисоном еще в 1841 г., до настоящего времени не прекращается оживленная дискуссия о границах системы и ее ярусном делении. Мы придерживаемся стратиграфической схемы с делением перми на два отдела: нижний (ассельский, сакмарский, артинский и кунгурский ярусы, последний в составе филипповского и иреньского горизонтов) и верхний (уфимский, казанский и татарский ярусы).

Наиболее интенсивное соленакопление в нижней перми происходило в восточной части Русской платформы и в Предуральском прогибе (рис. 22). В Азии в Чу-Сарысуйской впадине соленакопление происходило в континентальной обстановке. В настоящее время чу-сарысуйская соленосная серия считается наиболее древней из образованных без участия океанической воды.

Среди соленосных серий калийные породы известны: 1) в Предуральском прогибе, в пределах Верхнепечорского и Верхнекамского бассейнов, 2) на юго-востоке Русской платформы — в Федорово-Стерлибашевском вале и в Прикаспийской синеклизе, 3) в цехштейне Польско-Германской впадины (Польша, ГДР, ФРГ, Нидерланды, Англия), 4) в США в северной части Делаварской впадины на юге Пермского бассейна (Карлсбадское месторождение), 5) калиепроявления в краматорской соленосной толще в Днепровско-Донецкой впадине.

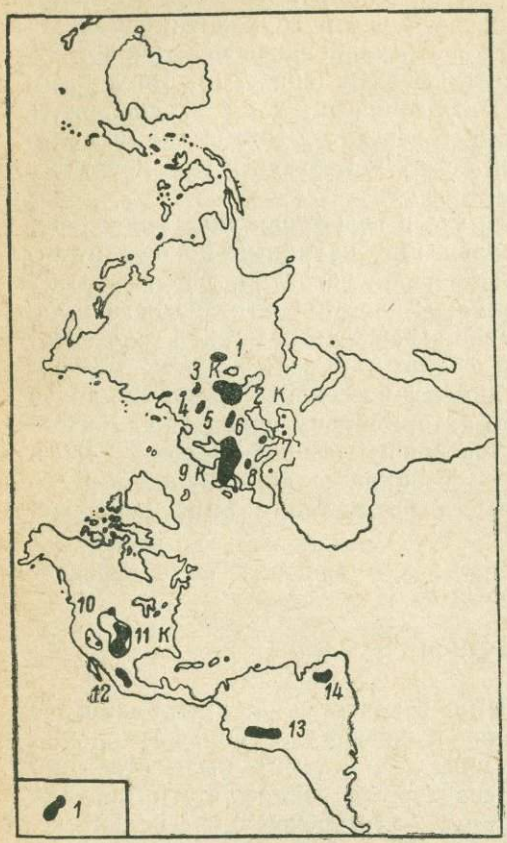


Рис. 21. **Расположение пермских соленосных серий (по М. Г. Козари и М. А. Жаркову).**

1 — площади распространения соленосных серий, *К* — промышленные выходы калийных пород. *Соленосные серии: 1* — Чу-Сарысуйская, *2* — Прикаспийской синеклизы, *3* — Верхнекамская, *4* — Верхнепечорская, *5* — Московской синеклизы, *6* — Днепровско-Донецкого участка рифтовой зоны, *7* — Мировский соляной шток (Болгария), *8* — Альпийская межгорная впадина (Австрия), *9* — цехштейн Польско-Германской впадины, *10* — плато Колорадо, *11* — впадины Мидконтинента, *12* — Северо-Мексиканская синеклиза, *13* — Прединдийская впадина, *14* — впадины Педро-Фога.

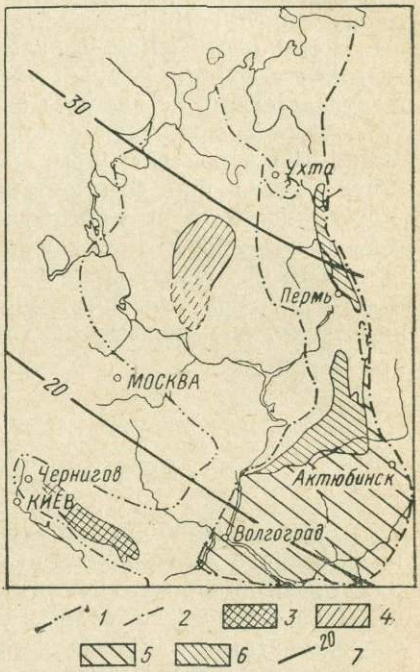


Рис. 22. **Площади раннепермского соленакопления на востоке Русской платформы и в Предуральском прогибе (по М. П. Фивегу и Н. И. Банере).**

1 — западная граница максимального распространения эпиконтинентального моря ранней перми (швагериновый горизонт); *2* — граница распространения кунгура; соленосные серии: *3* — ассельского века, *4* — сакмарского века, *5* — кунгурского века (нерасчлененная), *6* — иреньского горизонта; *7* — палеомагнитные параллели (по В. Д. Наливкину и Н. Н. Форшу, 1962).

1. Калийные бассейны юго-востока Русской платформы и Предуральского прогиба

На юго-востоке Русской платформы соленакопление началось в пределах рифтовой зоны в Днепровско-Донецком прогибе (см. рис. 25). Известная здесь бахмутская соленосная серия была отложена в конце ассельского и начале сакмарского веков.

С начала кунгура соленакопление осуществлялось на обширной площади Прикаспийской синеклизы. По-видимому, оно закончилось в середине ирени. В конце ирени соленакопление проявилось в пределах Соликамской и Верхнепечорской впадин Предуральского прогиба в заключительную фазу его существования. В это же время происходило соленакопление и в пределах Оренбургского Поволжья (Федоровско-Стерлибашевский вал).

2. Калиепроявления Днепровско-Донецкого прогиба

Здесь каменная соль сначала была обнаружена в Бахмутской котловине, а затем в 1947 г. в связи с широко развернувшимся поисковым бурением на нефть была вскрыта пермская соль и в дальнейшем прослежено ее распространение в центральной полосе всего Днепровско-Донецкого прогиба вплоть до г. Чернигова (рис. 23).

В составе нижнепермских пород Днепровско-Донецкого прогиба выделяются картамышская, никитовская, славянская и краматорская свиты. Первые три свиты относятся к ассельскому, а краматорская к сакмарскому ярусу. И. Ю. Лапчик проводит границу между ассельским и сакмарским ярусами внутри славянской свиты. Самый нижний горизонт каменной соли был обнаружен в разрезе никитовской свиты на Славянском куполе, где каменная соль изменчивой мощности, достигающей 42 м, залегает на ангидритовой породе.

Выдержанные пласты каменной соли появляются в славянской свите, которая согласно залегает на породах никитовской свиты. Наиболее полный разрез славянской свиты установлен к юго-западу от Артемовска, где ее мощность достигает 610 м. Свита сложена ритмично чередующимися пластами каменной соли, ангидритов, аргиллитов, известняков и доломитов. Каменная соль в разрезе свиты составляет 70—94%. В породах свиты выделяются четыре карбонатных маркирующих горизонта (S_1—S_4), между которыми залегают пласты каменной соли: карфагенский, подбрянцевский, брянцевский и надбрянцевский.

Расположенная выше свита была обнаружена только в 1959 г. в районе Славянского купола при бурении, проводимом трестом Артемуголь. Свита сложена преимущественно каменной солью. М. Л. Левенштейн выделил ее в самостоятельную краматорскую свиту, венчающую разрез бахмутской (по В. Д. Когану) соленосной серии. Все данные по краматорской свите и ее калийным горизонтам сведены и проанализированы в монографии С. М. Кореневского и других [167].

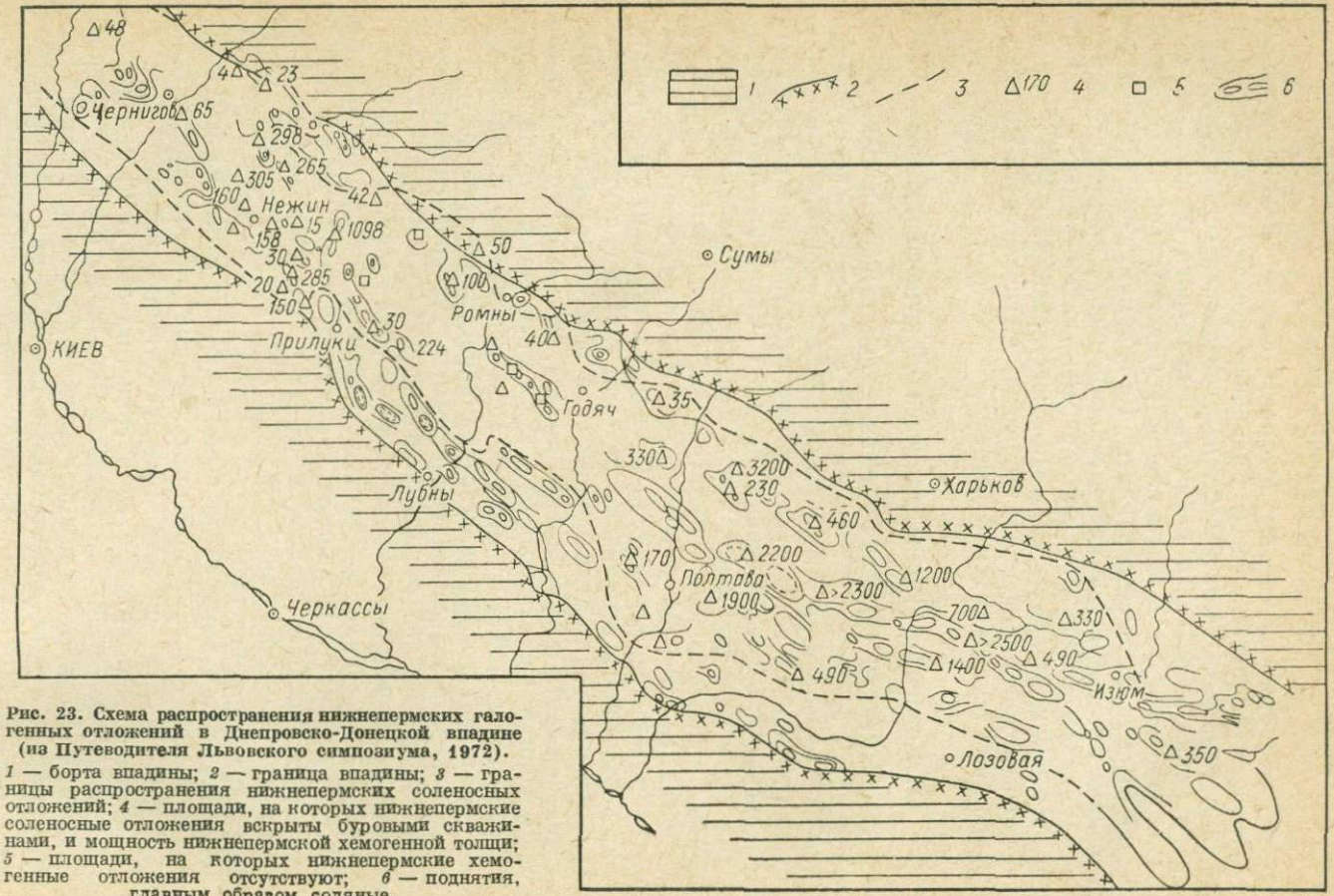


Рис. 23. Схема распространения нижнепермских галогенных отложений в Днепровско-Донецкой впадине (из Путеводителя Львовского симпозиума, 1972).

1 — борта впадины; *2* — граница впадины; *3* — границы распространения нижнепермских соленосных отложений; *4* — площади, на которых нижнепермские соленосные отложения вскрыты буровыми скважинами, и мощность нижнепермской хемогенной толщи; *5* — площади, на которых нижнепермские хемогенные отложения отсутствуют; *6* — поднятия, главным образом соляные.

Краматорская свита представлена чередованием преобладающих по мощности пластов каменной соли (50—120 м) с ангидритами, терригенными известковистыми красно-бурыми алевролитами, песчаниками, галопелитами и галоалевритами. В ней в отличие от нижележащих свит отсутствуют карбонатные и присутствуют калийные породы.

В. П. Бобров и С. М. Кореневский (1964) провели дробное расчленение краматорской свиты, развитой во впадинах Донбасса, и выделили маркирующие горизонты, сложенные алевролитами и ангидритовыми породами (T_1—T_6), а С. М. Кореневский и К. С. Супронюк (1965) проследили маркирующие горизонты и в пределах Днепровско-Донецкого прогиба. Проведенная синхронизация разрезов на фоне выделенных маркирующих горизонтов позволила С. М. Кореневскому с соавторами [169] сопоставить разрезы на всей площади распространения соляных пород. Это сопоставление привело авторов к выводу о том, что наибольшая площадь распространения была у бассейнов до отложения T_3. Уточнено в разрезе положение горизонтов с вкрапленниками калийных минералов и калийных пород. Создалось впечатление, что именно до T_3 в Днепровско-Донецком прогибе концентрация солей была наиболее высокой, несколько раз достигая уровня насыщения калийными солями.

Первый по времени образования горизонт калийных солей был подсечен в скв. 5 на глубине 2802 м на северо-восточном крыле Мошевской структуры (около г. Красноград). Здесь карналлитокизеритовая порода (6 м) покрывается слоем кизерито-галитовой. В других скважинах на этом горизонте отмечалась вкрапленность полигалита в каменной соли с кизеритом. Выше в разрезе этой же скв. 5 по данным гамма-каротажа отбивается слой калийной породы (глуб. 2620—2650 м). С глубины 2655 м взят образец, который оказался сильвинитом. В штуфных пробах из этого интервала содержание калия 7,7—31,3%. На этом же стратиграфическом уровне на северо-западе Бахмутской котловины отмечена вкрапленность сильвина в каменной соли.

После отложения T_3 площадь бассейна сокращается. Днепровско-Донецкий прогиб обсыхает. Садка солей продолжается во впадины на северо-западе Донбасса. В пределах Бахмутской котловины в разрезе краматорской толщи на долю каменной соли падает до 85% мощности породы, 5—6% составляют маломощные пласты ангидрита. Карбонатные породы отсутствуют. Карбонаты (чаще доломит) встречаются в виде отдельных зерен. Из терригенных пород присутствуют песчаники и алевролиты, иногда известковистые галопелиты. Эти породы образуют прослои, реже маломощные слои. В каменной соли на нескольких горизонтах бурением обнаружены калийные породы и вкрапленники калийных минералов.

Нижний сильвинитовый пласт на глубине 757 м встречен в скв. 6901 у г. Часов Яра. Здесь вскрыт пестрый сильвинит с массивной текстурой, с ксеноморфнозернистой структурой, в некоторых

прослоях порфиробластовой, идиоморфнозернистой. Сильвина в породе 15—20% (при средневзвешенном KCl 17,3%), галита 65—77%, ангидрита 2,2—3,54, н. о. 3,0—6,5%. Пласт непосредственно перекрывается красно-бурым галопелитом мощностью 0,6 м, с зернами сильвина. Ниже пласта сильвинита приблизительно в стометровом слое каменной соли встречаются прослои и вкрапленники сильвина с 2—5% KCl. В сильвините описанного слоя наблюдается пониженное содержание брома (бром-хлорные отношения 0,07—0,18) [169]. В том же районе у Часов Яра (скв. 6950) обнаружены выше маркирующего T_4 два горизонта сильвинитов: нижний на глубине 1005 м, верхний — 994 м.

В скважинах у г. Славянска (76, 6809) на том же стратиграфическом горизонте выше маркирующего T_4 обнаружена пачка калийных пород с карналлитовой породой в нижней части и сильвинитом — в верхней. Для карналлитовой породы отмечается неустойчивый минеральный состав. В ней карналлита содержится 15,9—32,9%; галита 5,0—79,7%; н. о. 0,5—52,5%. *Пластом каменной соли* в 3,5 м карналлитовый пласт отделяется от залегающего выше сильвинито-карналлитового (5,8 м). Нижняя часть пласта сложена карналлитовой породой, а верхняя — сильвинитом с примесью карналлита. В карналлитовой породе 50—52% карналлита, содержание галита от 33 (нижняя часть пласта) до 14% (верхняя), н. о. соответственно 4,7—28%. Содержание брома в карналлитовой породе высокое. Бром-хлорные отношения 1,0—1,57. Сильвинит (1,3 м) неясно-слоистый, крупнозернистый, со значительной вкрапленностью карналлита. Сильвин опаловидный, размер зерен более 1 см. Содержание сильвина 16,8; галита 66,6; карналлита 9,9; ангидрита 5,9%.

Выше залегает каменная соль (2,9 м), над которой располагается третий пласт (917,7 м). Нижний слой этого пласта (1 м) представлен крупнозернистым сильвинитом. Содержание сильвина 16,1; карналлита 5,8; ангидрита 2,2; н. о. 1,2%. Выше второго слоя, представленного каменной солью (0,4 м) с вкрапленниками калийных минералов, залегает следующий, третий, слой крупнозернистого сильвинита (2,4 м), более богатого сильвином в верхней половине слоя (1,4 м). Содержание сильвина 33,2—48,1%. Еще выше в каменной соли встречаются прослои полигалитовой породы. Этот пласт каменной соли отделяет четвертый слой калийной породы (1,25 м), представленный в основном карналлито-галитовой породой. Следует отметить, что среди калийных минералов описанной пачки в отдельных слоях каменной соли встречаются вкрапленники сильвина, карналлита, полигалита, лангбейнита и кизерита.

В районе Славянска горизонт калийных пород вскрыт на глубине 1068,3—1089,7 м. Он слагается чередованием слоев карналлитовой породы, иногда с примесью сильвина и каменной соли. Пласт калийных пород на сравнительно небольшой глубине (579 м) встречен и у Светогорска. Более богата калием верхняя часть (1,5 м). Нижняя часть (0,5 м) сложена двумя прослоями сильвинитов (10,3 и 0,4 м), разделенных прослоем лангбейнитовой породы (0,2 м)

с содержанием до 75% лангбейнита. Выше залегают два слоя сильвинита по 0,4 м, разделенные слоями каменной соли 0,8 и 0,7 м.

В заключение мы приводим составленную С. М. Кореневским карту прогноза калиеносности по Днепровско-Донецкому прогибу и Западному Донбассу (рис. 24). Как видно, калийные породы здесь образуют три площади: северо-западную, центральную и юго-восточную (Западный Донбасс). Из этой карты следует, что калийные породы только на небольших площадях в пределах юго-восточной



Рис. 24. Карта прогноза калиеносности нижнепермских галогенных отложений Днепровско-Донецкой впадины (по С. М. Кореневскому, 1965 г., с упрощениями).

1—3 — глубина залегания калиеносных горизонтов (м): *1* — до 1000, *2* —1000—1500, *3* — более 1500; *4* — контуры распространения отложений краматорской свиты.

части площади залегают на глубинах менее 1000 м. В пределах центральной площади они располагаются глубже 2500 м и в северо-восточной части залегают на глубине от 1500 м.

Следует отметить, что калийные породы краматорской толщи — преимущественно пестрые сильвиниты с карналлитом и карналлитовые породы. По-видимому, эти породы сменяют друг друга на площади своего развития. В ряде мест сильвиниты по своим мощностям и качеству кондиционны.

Предпоисковые исследования для всего бассейна проведены С. М. Кореневским, В. П. Бобровым, К. С. Супронюком и Д. П. Хрущовым. На основании этих исследований для поисков могут быть выделены площади с залеганием калийных пород на глубинах не более 1500 м и только в пределах крыльев синклинальных структур Бахмутской котловины.

3. Прикаспийский калийный бассейн

Обширную территорию юго-востока европейской части РСФСР и северо-западной части Казахстана занимает Прикаспийская низменность. В структурном отношении рассматриваемая территория представляет собой крупнейшую в мире тектоническую депрессию, которая простирается от Доно-Медведицкого вала на западе до герцинид Южного Урала на востоке и от поднятий Общего Сырта на севере до Каспийского моря на юге. Вся эта территория, прикрытая довольно мощным чехлом морских четвертичных отложений, является областью развития солянокупольных структур, по характеру и масштабам проявления не имеющих себе равных в мире.

В недрах этой тектонической депрессии сосредоточены колоссальные залежи разнообразных нерудных полезных ископаемых, имеющих огромное народнохозяйственное значение. Именно этим и объясняется неослабевающий интерес исследователей к геологии Прикаспийской синеклизы, изучение которой может идти лишь с применением глубокого структурного бурения и геофизических методов.

Особое место занимает изучение геологии соляных месторождений, представляющих собой практически неисчерпаемую сырьевую базу для развития различных отраслей химической промышленности. Например, нахождение уникальных пластовых отложений бишофита открывает совершенно новые перспективы в развитии магниевой промышленности.

Следует подчеркнуть, что благодаря проявлениям соляной тектоники скрытые на глубине соляные породы были выведены к поверхности и оказались доступными для подземной разработки. Однако сложный характер соляной тектоники, обусловленный проявлениями пластических деформаций и интрузивных структур течения соли, создал исключительные трудности для изучения геологических условий залегания полезных ископаемых по данным разрезов буровых скважин. Остается неизвестным полный разрез соляной толщи и стратиграфическое положение горизонтов калийных, калийно-борных и бороносных соляных пород, вскрываемых скважинами в солянокупольных структурах. Более того, по керну из скважин в случае опрокидывания слоев нельзя установить нормальную последовательность отложения соляных пород. Поэтому нужно было начать с изучения прибортовых, периферических частей Прикаспийской синеклизы, т. е. областей, переходных между депрессией и платформой, где соляные отложения еще не так глубоко погружены и встречаются в нормальном, ненарушенном залегании.

Действительно, исследования последних лет в прибортовой зоне Прикаспийской синеклизы, особенно в ее западном, северо-западном и северном секторах, позволили установить нормальный стратиграфический разрез соляной толщи и выявить циклический характер ее накопления. Результаты этих исследований являются основой характеристики соленакопления в Прикаспийской синеклизе в кунгурское время. Это не значит, что все вопросы уже решены. Нужно

найти маркирующие горизонты для сопоставления разрезов соляной толщи в различных участках Прикаспийской синеклизы.

По мере накопления фактического материала все больше появлялось данных о наличии калийных солей в разрезе соляных пород, вскрываемых на различных структурах (Н. И. Буялов, А. Н. Волков, А. А. Иванов, Н. С. Курнаков, И. Н. Лепешков и другие).

На протяжении ряда лет различными научно-исследовательскими и геологоразведочными организациями проводились рекогносцировочные и поисковые работы, в результате которых на многих соляно-купольных структурах были обнаружены горизонты калийных солей и проявления различных форм борной минерализации. В 50-х годах исследования с последовательным разбуриванием соляно-купольных структур в пределах Прикаспийской синеклизы были начаты X аэрогеологической комплексной экспедицией (С. Л. Подгорбунский). В 1954 г. работами этой экспедиции, в частности были открыты проявления калиеносности на крупнейшем в Прикаспии Челкарском поднятии, которые послужили основанием для постановки здесь более детальных поисковых и геологоразведочных работ (Ю. С. Горюнов, Б. С. Рякин и другие). На Индерском поднятии и на соляных куполах в ближайших его окрестностях многолетние поисковые и геологоразведочные работы проводила Индерская комплексная геологоразведочная экспедиция (А. А. Скробов, М. В. Руднева, М. Диаров, К. Тухфатов и другие).

С 1955 г. систематически изучают геологию, минералогию и геохимию новых калиеносных солянокупольных структур Прикаспийской депрессии сотрудники ВНИИГ (Я. Я. Яржемский, А. Ф. Горбов, В. В. Лобанова, В. В. Герасимова, С. М. Кореневский Р. Э. Шлеймович и другие). Результаты этих исследований обобщены и опубликованы в ряде трудов ВНИИГ, а также в работе С. М. Кореневского и М. Л. Вороновой [168]. За последние десять лет накопилось много новых данных, главным образом по геологии и стратиграфии соляной толщи Прикаспийской синеклизы. В настоящей работе калиеносность рассматриваемого региона освещается с учетом этих данных.

Общие черты геологического и тектонического строения синеклизы. В структурно-тектоническом отношении Прикаспийская синеклиза (рис. 25) — обширная область, характеризующаяся субокеаническим строением земной коры с присущими ей глубоким погружением фундамента, сокращением мощности «гранитного» слоя, заметным поднятием поверхности верхней мантии (границы Мохо) и накоплением мощной толщи платформенных осадочных образований [182, 242, 340]. В настоящее время большинство исследователей в пределах Прикаспийской синеклизы и в ее обрамлении выделяют четыре основных этажа: докембрийский, подсолевой, соленосный и надсолевой. Каждый этаж несет информацию об основных этапах тектонического развития рассматриваемой территории.

На поверхности кристаллического фундамента выделяется несколько крупных тектонических сооружений, которые формирова-

лись в разное время. Наиболее приподнятые блоки докембрийского фундамента фиксируются по двум основным направлениям, сходящимся в области Татарского свода на севере. Одно из них трассируется по линии Доно-Медведицких дислокаций, зоны Саратовских поднятий и Жигулевско-Пугачевского свода, которые составляют

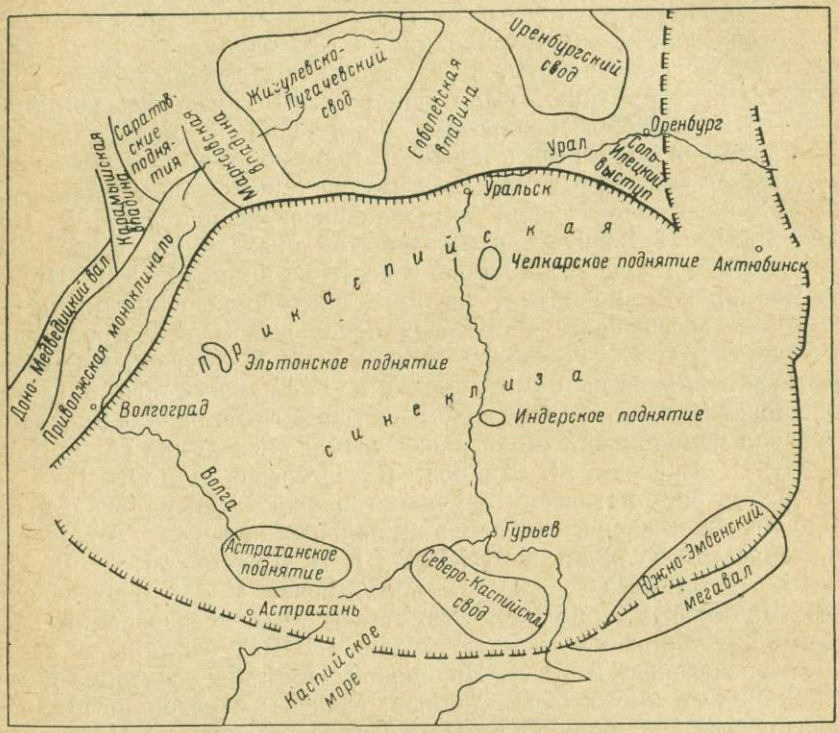


Рис. 25. Схема тектонического строения Прикаспийской синеклизы и ее обрамления.

западные и северо-западные борта Прикаспийской синеклизы [388] и западное обрамление Соболевской впадины [110]. Другое валообразное поднятие фундамента прослеживается от широты Южной Эмбы до Соль-Илецкого выступа, вдоль юго-восточной и восточной бортовой зоны Прикаспийской синеклизы [388]. Далее к северу выступы кристаллического фундамента выражены в виде Оренбургского свода или так называемого Восточно-Оренбургского палеовала, который отделяет Соболевскую впадину на западе от Предуральского прогиба на востоке [4]. С юга и юго-запада Прикаспийская синеклиза также, по-видимому, обрамляется валообразными поднятиями кристаллического фундамента, которые выражены здесь Астраханским, Северо-Каспийским и Южно-Эмбенским краевыми поднятиями палеозоя, осложненными флексурами и региональными разломами большой амплитуды [178].

На фоне указанных выступов кристаллического фундамента в структуре осадочного чехла отчетливо выражены два типа тектонических структур, характеризующихся прогибанием фундамента. Наиболее крупным тектоническим сооружением является Прикаспийская синеклиза. По данным глубокого сейсмического зондирования в ее центральных областях поверхность фундамента опущена на глубину порядка 15—17 км [157, 159, 242]. Эта поверхность полого повышается к периферии и приподнятыми блоками фундамента сочленяется с системами ступенчатых сбросов. Другими тектоническими сооружениями являются более мелкие впадины и грабены, в пределах которых поверхность кристаллического фундамента занимает некоторое промежуточное положение между двумя крайними. К таким тектоническим сооружениям относятся Соболевская впадина, расположенная к северу от Прикаспийской синеклизы между Восточно-Оренбургским палеовалом и Жигулевско-Пугачевским сводом, Марксовская и Карамышская впадины, расположенные между последним и зоной Саратовских поднятий и между этой зоной и системой Доно-Медведицких дислокаций. К этому же типу тектонических сооружений относится и Приволжская моноклиналь, расположенная между зоной Доно-Медведицких поднятий и Прикаспийской синеклизой [242]. Заложение этих тектонических сооружений относится к началу девонского времени, о чем свидетельствуют древнейшие отложения, выполняющие указанные депрессии.

Поверхность кристаллического фундамента как в области Приволжской моноклинали, так и в пределах Соболевской впадины полого или по отдельным ступеням погружается в сторону Прикаспийской синеклизы и в бортовой зоне последней сменяется резким погружением на глубину нескольких километров, которое происходит, очевидно, по системе ступенчатых сбросов. В структуре осадочного чехла этот тектонический уступ выражен системой флексур и региональных разломов, захватывающих кунгурские соленосные отложения, и возрастающей мощностью всех надсолевых отложений в пределах Прикаспийской синеклизы. Это свидетельствует о послекунгурском заложении современной структуры синеклизы, и с этой точки зрения вполне оправданным является выделение в осадочном чехле подсолевого, соленосного и надсолевого структурных этажей [117].

Таким образом, по поверхности кристаллического фундамента Прикаспийская синеклиза представляет собой огромную тектоническую депрессию с наиболее глубоко прогнутой центральной частью, соответствующей наименьшей мощности сиалической коры, и с четко выраженными бортовыми уступами, осложненными флексурами и региональными разломами. Начиная с девонского времени (в центральных и восточных частях, возможно, и раньше) вся область Прикаспийской синеклизы и прилежащих к ней впадин испытывала непрерывное и неравномерное прогибание и заполнялась различными комплексами осадочных образований. В характере

распределения их мощностей находит отражение история тектонического развития синеклизы.

Нижний структурный этаж в разрезе платформенных осадочных образований Прикаспийской синеклизы и в ее обрамлении составляет комплекс подсолевых отложений. По геофизическим данным, поверхность подсолевых отложений полого погружается от периферии к центру синеклизы и в центральных ее областях отбивается на глубинах до 10 000 м [157]. Подсолевые отложения имеют мощность 4000—6000 м, которая в центральных наиболее прогнутых областях достигает 7000 м [242], и, по данным бурения, в западной и северной частях прибортовой зоны представлены преимущественно морскими отложениями девона, карбона и докунгурскими отложениями нижней перми. Накопление мощной толщи подсолевых отложений отвечает длительному периоду медленного погружения фундамента в краевой части герцинской геосинклинали, расположенной к востоку.

Следующий структурный этаж составляет комплекс кунгурских соленосных отложений, представленных в основном каменной солью, переслаивающейся с ангидритами, калийными и магнезиальными солями. Эти отложения занимают огромные пространства, распространяясь далеко за пределы собственно Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба. В нормальном ненарушенном залегании кунгурские соленосные отложения в настоящее время встречаются только по западной и северо-западной периферии, во внешней прибортовой зоне, представленной Приволжской моноклиналью, а также к северу от Прикаспийской синеклизы, на площади Соболевской впадины. Мощность соленосной толщи здесь быстро возрастает в сторону синеклизы и в прибортовой зоне достигает 1000—1200 м в Поволжье и 1200—1400 м в западной части Оренбургской области. В зоне бортового уступа Прикаспийской синеклизы кунгурские соленосные отложения резко погружаются на большую глубину и нигде в пределах синеклизы в нормальном залегании не встречаются.

Вследствие глубокого захоронения и проявления пластических свойств соли соляные породы испытали сложные дислокации. Причем во внутренней прибортовой зоне они имеют форму линейновытянутых гряд и валов, простирающихся параллельно бортовому уступу, а на всей остальной площади форму различного размера солянокупольных структур. Нормальная мощность кунгурских соленосных отложений в пределах Прикаспийской синеклизы различными исследователями оценивается по-разному, но, вероятно, не превышает 3000—3500 м [157, 159].

Накопление мощной соленосной толщи за сравнительно короткий промежуток времени соответствует периоду тектонической активизации краевых частей Русской платформы на границе с Уральской геосинклиналью, вступившей в стадию «главной складчатости». Наиболее мобильными участками с интенсивным прогибанием фундамента в этот этап тектонической активизации платформы были

Предуральский прогиб и Прикаспийская синеклиза, которые отличались наибольшим соленакоплением. К концу кунгурского времени относится заложение бортового уступа Прикаспийской синеклизы, вызванное неравномерностью прогибания фундамента, что отражено в резком погружении кунгурских соленосных отложений и возрастании мощностей всех надсолевых отложений в зоне депрессии.

Комплекс надсолевых отложений составляет верхний структурный этаж. Он слагается породами верхней перми, мезозоя и кайнозоя, распределение мощностей которых отражает несколько этапов тектонического развития Прикаспийской синеклизы [117]. Бо́льшую часть надсолевого комплекса пород составляют преимущественно терригенные отложения верхнепермского и нижнетриасового возраста. Общая мощность этих отложений по Аралсорской скважине достигает 4000 м [276], и с накоплением их связывается главный этап формирования солянокупольных структур [117]. Основным материалом надсолевых отложений явились продукты разрушения молодой горной страны, сформировавшейся на востоке [309]. Формирование солянокупольных структур и поднятий способствовало местному перераспределению терригенного материала. Отложения верхнего триаса, юры, мела и палеогена, как правило, перекрывают размытую поверхность солянокупольных структур. Однако и в этот период продолжается движение соли, что находит отражение в возрастании мощностей мезозойских и кайнозойских отложений в межкупольных пространствах.

Покровный комплекс пород составляют верхненеогеновые и четвертичные отложения. Общая мощность надсолевых отложений в центральных наиболее погруженных областях Прикаспийской синеклизы 6500—7000 м и более [159, 276].

Таким образом, в пределах Прикаспийской синеклизы кунгурские соленосные отложения встречаются главным образом в виде соляных штоков, солянокупольных структур и поднятий различных форм и размеров. Соляные породы находятся в них в сильно нарушенном и сложно дислоцированном залегании. Вместе с тем хорошо известно, что формирование солянокупольных структур и поднятий с присущими им пластическими деформациями соляных пород происходит при сравнительно высоких давлениях и протекает в условиях повышенных температур. Следовательно, в указанных структурах мы встречаемся по существу с комплексом метаморфических соляных пород, т. е. с породами, претерпевшими сложные термодинамические и метасоматические преобразования. Эта очень важная особенность соляных пород в сильно дислоцированных структурах заслуживает самого пристального внимания. Однако не менее важным представляется знание нормальной последовательности соленакопления, имевшей место в кунгурское время на площади Прикаспийской синеклизы.

Как уже отмечалось, в нормальном залегании и сравнительно мало измененном состоянии соляные породы встречаются в краевых, периферических частях Прикаспийской синеклизы, т. е. в областях,

переходных между впадиной и континентом, где соляные отложения не испытали глубокого погружения и захоронения. Одна из наиболее пригодных в этом отношении, можно сказать классических, областей — Приволжская моноклиналь, расположенная в западном обрамлении Прикаспийской синеклизы. На этой обширной территории в процессе поисков нефти и газа кунгурские соленосные отложения были изучены наиболее детально [104, 110, 396]. Здесь был установлен наиболее полный разрез соленосной толщи с набором всех типов соляных пород, встречавшихся в разрезах различных солянокупольных структур. Все это позволяет рассматривать Приволжскую моноклиналь в качестве отправного пункта к пониманию особенностей соленакопления в Прикаспийской синеклизе в кунгурское время.

Типовой разрез соляной толщи в пределах Приволжской моноклинали. Обширное пространство, главным образом правобережной части р. Волги, которое непосредственно примыкает к Прикаспийской низменности, занимает Волгоградское Поволжье. В тектоническом отношении эта территория характеризуется сложным структурным планом фундамента, выровненным подсолевыми, а затем кунгурскими соляными отложениями, и в целом как структурная единица известна под названием Приволжской моноклинали.

В пределах Приволжской моноклинали поверхность подсолевого ложа в общем характеризуется пологим погружением в восточном и юго-восточном направлении, от краевых частей Русской платформы в сторону Прикаспийской синеклизы. Западную границу Приволжской моноклинали составляет система поднятий Доно-Медведицкого вала, а также Саратовская зона поднятий на северо-западе. Восточная граница моноклинали — тектонический уступ бортовой зоны Прикаспийской синеклизы, по линии которого отмечается резкое погружение подсолевого ложа и смена моноклинального залегания соляной толщи диапировыми соляными структурами. В южном направлении Приволжская моноклиналь сливается с Чирской или Преддонбасской, а в северном направлении она заметно сужается и переходит в моноклиналь Саратовского Заволжья.

В геологическом строении Приволжской моноклинали важная роль принадлежит кунгурским соленосным отложениям. Эти отложения залегают с перерывом на размытой поверхности сакмарo-артинских карбонатно-сульфатных отложений, а в западной части, на восточных склонах Доно-Медведицкого вала, трансгрессивно перекрывают карбонатные отложения ассельского яруса [105]. В фациальном отношении состав кунгурских отложений в пределах Приволжской моноклинали изменяется от глинисто-карбонатно-сульфатных и сульфатных пород в западной прибрежной части солеродного бассейна до галогенных с прослоями ангидрита в восточной ее части. Мощность собственно соляных отложений на этой территории быстро возрастает в восточном направлении, в сторону Прикаспийской синеклизы, и в зоне ее бортового уступа достигает 1000—1200 м. Возрастание мощности соляной толщи в общем происходит в соответ-

ствии с погружением поверхности подсолевого ложа в сторону депрессии, т. е. в пределах Приволжской моноклинали соляная толща имеет характер отложений выполнения, компенсирующих неравномерности прогибания фундамента в период соленакопления.

Анализ большого фактического материала позволяет подчеркнуть две существенные особенности в разрезе кунгурской соленосной толщи: во-первых, четко выраженную ритмичность в строении соляных отложений, которая проявляется в закономерной повторяемости определенных пачек соляных пород; во-вторых, исключительную выдержанность указанной ритмичности на всей площади Приволжской моноклинали, а также и за ее пределами, что должно свидетельствовать об однообразном циклическом характере процессов соленакопления в пределах всего солеродного бассейна. Изменения мощностей отдельных циклов соленакопления при этом отражают, очевидно, неравномерности прогибания фундамента на различных этапах в акватории солеродного водоема. Указанные особенности соленакопления в кунгурском веке позволяют уверенно сопоставлять стратиграфический разрез соленосной толщи на различных участках Приволжской моноклинали, используя некоторые маркирующие горизонты и характерные признаки.

На рис. 26, *а*, *б*, *в* приводится сопоставление наиболее представительных разрезов соленосной толщи, вскрытой скважинами в различных частях Волгоградского Поволжья. В разрезе кунгурских отложений на этой территории устанавливается до десяти циклов, каждый из которых начинается базальным доломито-ангидритовым или ангидритовым горизонтом и завершается пачкой галогенных пород.

В основании кунгурской соленосной толщи залегает развитый повсеместно базальный горизонт, который в нижней своей части обычно представлен тонким переслаиванием магнезита, доломита и ангидрита с включениями целестина, а в верхней — обычно массивными ангидритами с полигалитом. По разрезам единичных скважин в почве базального горизонта отмечается небольшой мощности слой конгломератов и брекчий с глинистым магнезито-доломито-ангидритовым цементом. В восточной погружающейся части Приволжской моноклинали в кровле базального горизонта появляется гамма-активный интервал, обусловленный, по-видимому, присутствием в ангидрите включений и прослоев полигалита [104, 105].

По литологическим признакам этот базальный горизонт условно относится к филипповскому горизонту кунгурского яруса [326]. Здесь он рассматривается как базальный горизонт I цикла соленакопления в Прикаспийском солеродном бассейне. I цикл соленакопления завершается отложением пачки каменной соли, обычно содержащей включения и редкие прослои полигалита. Скопления последнего чаще всего встречаются в нижней половине пачки каменной соли, которая выделяется повышенным фоном гамма-активности. Общая мощность отложений первого цикла соленакопления в пределах Приволжской моноклинали весьма непостоянная и изменяется от 130—150 м в южной части до 200—290 м в северной.

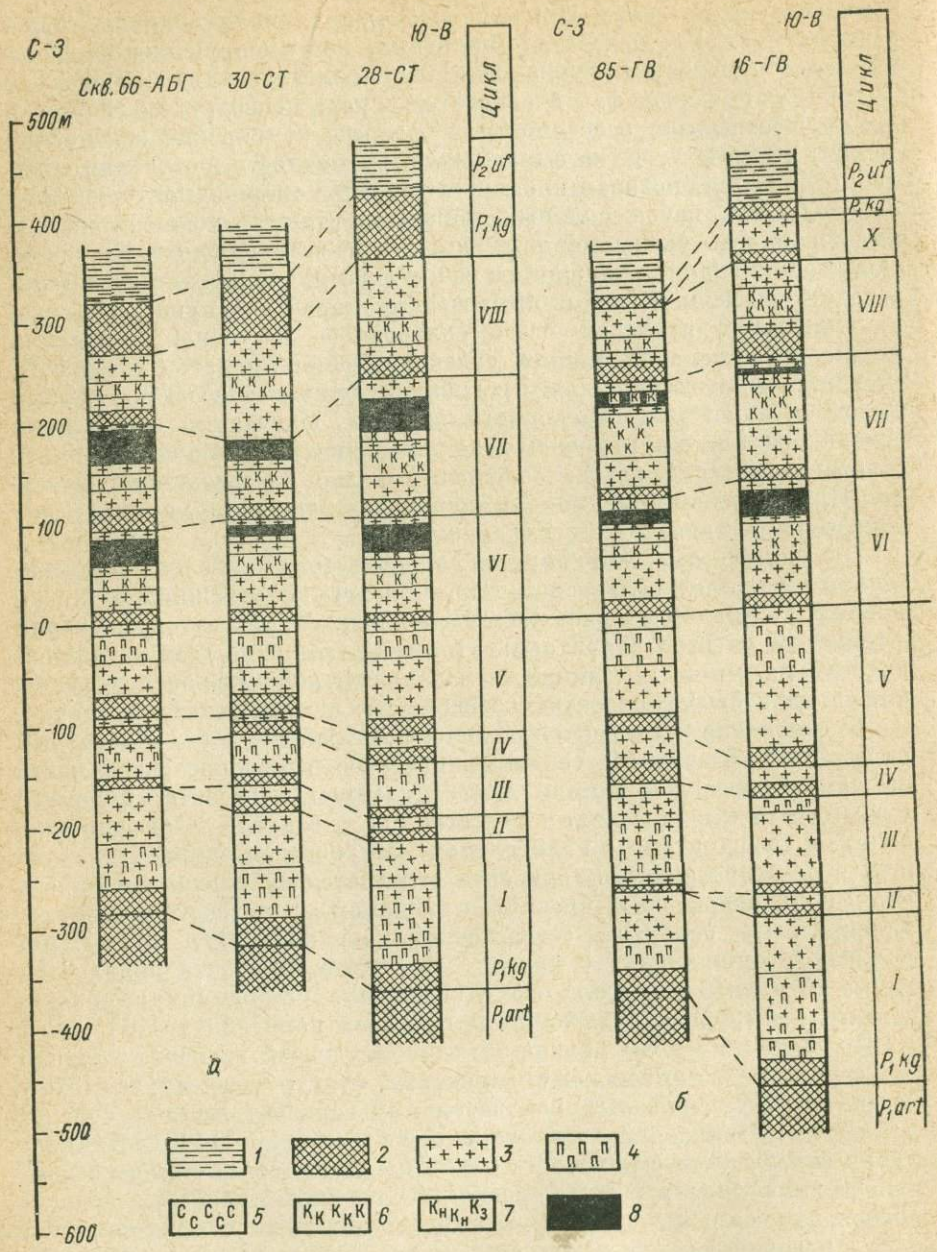
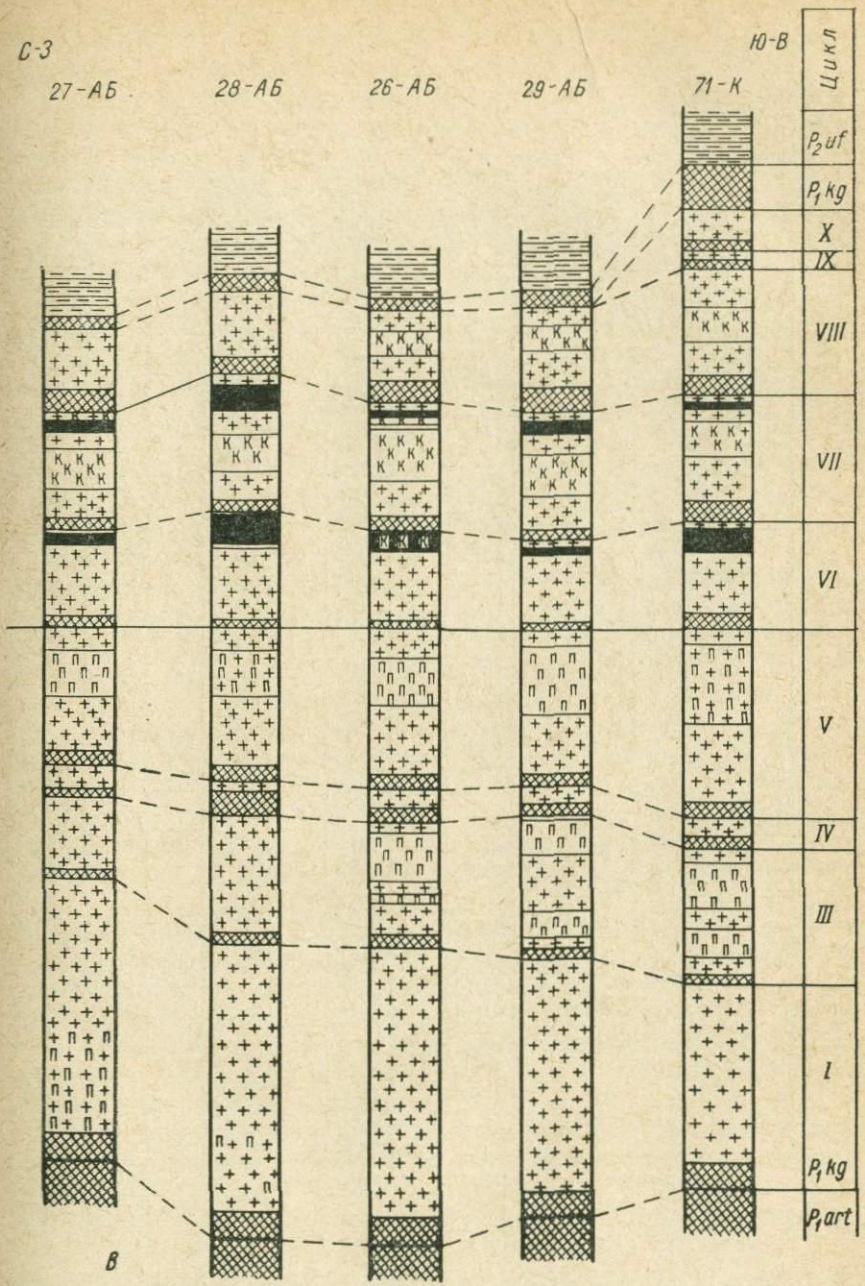


Рис. 26, *а*; *б*; *в*. Разрезы кунгурской соленосной толщи в пределах Приволжской моно
Составили Н. И. Ба

1 — несолевые отложения; *2* — ангидриты; *3* — каменная соль; *4* — полигалитовая порода; бишофито



клинали. Поперечный профиль (*а* — южный, *б* — центральный, *в* — северный районы). нера и А. Ф. Горбов.

5 — сильвиниты; *6* — карналлитовая порода; *7* — каинитовая и кизеритовая породы; *8* — вая порода.

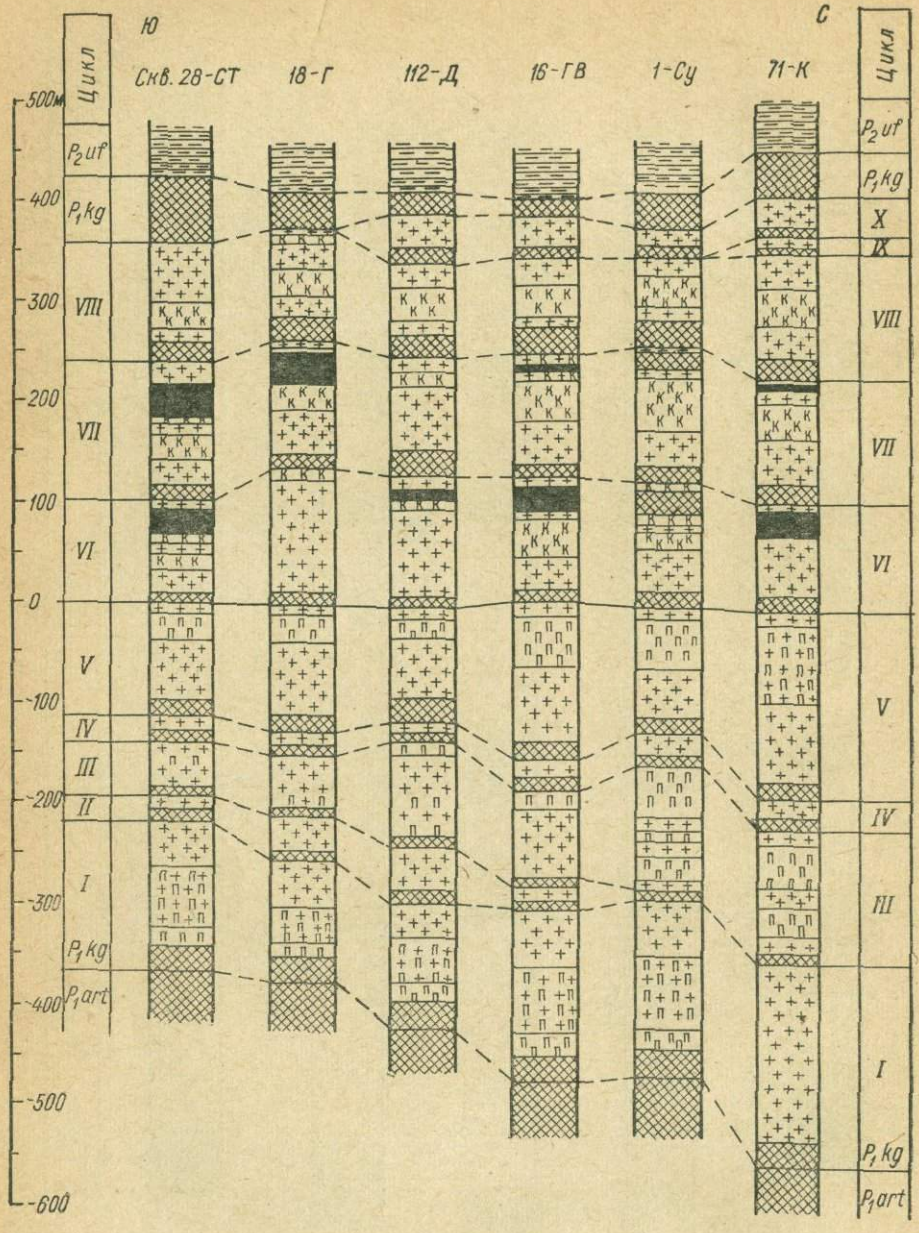


Рис. 26, *г*. Разрезы кунгурской соленосной толщи в пределах Приволжской моноклинали. Продольный профиль. Составили Н. И. Банера и А. Ф. Горбов.

Условные обозначения см. на с. 78 — 79.

II цикл соленакопления распространяется только на юго-восточную краевую часть Приволжской моноклинали. Он представлен здесь клином каменной соли между двумя пластами ангидрита, мощность которой медленно возрастает в сторону Прикаспийской синеклизы от нуля до 25—30 м. В западном, северо-западном и северном направлениях пласты ангидрита в почве и кровле указанного клина каменной соли сливаются в один пласт мощностью 7—10 м, который является базальным горизонтом III цикла соленакопления.

III цикл соленакопления, в отличие от II, пользуется повсеместным распространением. Он начинается отмеченным выше базальным горизонтом и завершается пачкой каменной соли, содержащей прослои полигалита или галито-полигалитовой породы. Характерным признаком рассматриваемого цикла является почти повсеместное присутствие в верхней части горизонта полигалитовой породы (см. рис. 29, *а*, *б*). Общая мощность отложений III цикла значительно меньше, чем I, и составляет 50—75 м в южной и 125—135 м в северной частях Приволжской моноклинали. Следует отметить, что в западном направлении мощность отложений III цикла довольно быстро уменьшается до 15—20 м, что свидетельствует о близости береговой линии солеродного бассейна в это время.

Особое место в истории соленакопления в Прикаспийской синеклизе вообще и на Приволжской моноклинали в частности занимает IV цикл. Повсеместно он представлен базальным ангидритовым горизонтом с прослоями доломита внизу мощностью 12—25 м и слоем каменной соли мощностью 10—30 м. Этот короткий цикл соленакопления общей мощностью 25—50 м четко проявлен в разрезах всех скважин и является важным маркирующим репером [104].

Важное место в истории соленакопления занимает также V цикл. Как и все предыдущие, он начинается базальным горизонтом ангидритовой породы с прослоями доломита в нижней части мощностью 15—20 м. Выше залегает пачка собственно соляных пород, которая внизу представлена каменной солью, а вверху сильвинополигалитовой породой. Этот калиеносный горизонт прослеживается на всей исследуемой площади, но имеет несколько изменчивый состав и непостоянную мощность. Общая мощность отложений V цикла соленакопления, как и I, возрастает с юга на север со 120—150 до 215—230 м. В западном направлении общая мощность отложений изменяется мало. Она составляет 50—100 м, но здесь возрастает доля ангидритов.

Уникальными в разрезе соляной толщи на Приволжской моноклинали являются следующие два однотипных по литологии ритма, которые завершаются отложениями пластов бишофитовых пород. Характерной особенностью отложений VI и VII циклов соленакопления является постоянство и выдержанность их мощностей на всем протяжении Волгоградского Поволжья и за его пределами. Это значит, что V циклом соленакопления на рассматриваемой территории как бы завершается определенный этап седиментации, выравнивающий неравномерности прогибания фундамента и отражающий

стабилизацию тектонического режима на всей этой территории. Именно это обстоятельство, очевидно, и обусловило возможность накопления достаточно мощных пластов бишофитовых пород в рассматриваемом районе.

VI цикл соленакопления начинается отложением пласта ангидритовой породы мощностью 10—15 м. Выше залегает пачка каменной соли, в верхней части с примесью карналлита и, вероятно, кизерита [160]. Еще выше почти повсеместно в разрезах скважин отмечается калиеносный горизонт, по данным комплексного каротажа, а также по разрозненному керновому материалу представленный в основном карналлитовой породой, местами с кизеритом и сильвином. Возможно, что в ряде мест этот горизонт представлен типичным хартзальцем (высокая гамма-активность при малой каверне).

Венчается разрез VI цикла соленакопления отложением пласта бишофитовой породы. Этот пласт повсеместно имеет характерный разрез. Основу его составляет бишофитовая порода — обычно почти чистый бишофит (95—98% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$) с небольшой примесью карналлита и галита. В кровле и почве пласта как бы в качестве рубашки находятся прослои карналлитовой породы с сильвином мощностью 2—5 м, которые в свою очередь обрамляются оболочкой из каменной соли также мощностью 2—5 м, иногда более. Местами, то ли вследствие тектонических причин и постседиментационных процессов, то ли вследствие локальных конседиментационных изменений в процессах соленакопления, бишофит замещается карналлитовой породой с уменьшением или без существенного изменения общей мощности пласта. Это явление отмечается, например, в разрезе скв. 26 на Антиповско-Балыклейской площади в северной части района, а также в разрезе скв. 18 на Городищенской площади, где пласт бишофитовой породы замещается в основном карналлитовой породой с примесью бишофита и кизерита. Наконец, в разрезе 30 на Сарпинско-Тингутинской площади в южной части района этот пласт представлен по существу переслаиванием карналлито-бишофитовой и бишофито-карналлитовой породы. Однако на большей части территории Волгоградского Поволжья этот пласт представлен довольно чистой, почти мономинеральной бишофитовой породой, содержащей лишь небольшую примесь карналлита и галита. Мощность пласта 21—26 м.

Весьма примечательно, что в период VI цикла соленакопления границы солеродного бассейна распространялись далеко на запад и на большой площади Приволжской моноклинали общая мощность отложившихся солей оказывается удивительно выдержанной (90—110 м). В западном направлении происходит только заметное сокращение мощности и местами выклинивание пласта бишофитовой породы, что может быть следствием сокращения площади солеродного бассейна к моменту садки бишофита или же отражает влияние близости береговой линии.

VII цикл соленакопления по комплексу отложившихся солей в общем совершенно аналогичен предыдущему и отличается только

мощностями отдельных пластов и пачек соляных пород. В почве этого цикла залегает базальный горизонт, представленный доломито-ангидритовыми породами мощностью 15—25 м, затем следует пласт каменной соли мощностью 25—30 м, а выше устанавливается калиеносный горизонт мощностью 30—50 м, который слагается карналлитом и сильвином с прослоями галита и кизерита. Венчается разрез этого цикла соленакопления пластом бишофитовой породы, которая обрамляется в почве и кровле, как и в предыдущем цикле, слоями карналлитовой породы с сильвином и каменной соли мощностью 2—5 м каждый.

Общая мощность соляных отложений VII цикла соленакопления, как и VI, удивительно выдержанная на всей площади Приволжской моноклинали (110—130 м). Интересно распределение мощностей верхнего бишофитового пласта в пределах Волгоградского Поволжья. На большей части этой территории, к северу от линии скважин 16—85 Горно-Водяной площади (рис. 26, *а*, *б*), мощность верхнего бишофитового пласта в общем невелика, обычно 5—10 м. Лишь в некоторых местах отмечаются раздувы до 20—25 м, например в скв. 28 Антиповско-Балыклейской площади. Во всей южной части мощность второго пласта бишофитовой породы по сравнению с северной резко возрастает и колеблется обычно в пределах 25—35 м.

Таким образом, распределение мощностей бишофитового пласта в VII цикле соленакопления свидетельствует о неоднородности тектонического режима в пределах солеродного бассейна во время его отложения. Во всяком случае в южной части Волгоградского Поволжья садка бишофита продолжалась более длительное время, чем в пределах большей, северной, части территории.

Для бишофитового пласта VII цикла, как и для VI, местами устанавливаются изменения в его составе. Так, в разрезе скв. 30 на Сарпинско-Тингутинской площади в составе бишофита отмечается значительная примесь карналлита, а в разрезе скв. 112 на Дубовской площади (к северу от Волгограда) этот пласт замещается карналлитовой породой, содержащей примесь бишофита и кизерита, без существенного изменения мощности.

VIII цикл соленакопления в пределах Приволжской моноклинали имеет довольно простой разрез. Как и во всех предыдущих циклах, в его основании залегает базальный горизонт, представленный доломито-ангидритовыми породами. Мощность его 5—25 м. Только в разрезе скв. 30 на Сарпинско-Тингутинской площади, по которой отмечаются изменения в составе обоих бишофитовых пластов, базальный горизонт отсутствует. Возможно, это обусловлено тектоническими причинами, связанными с пластическими движениями солей вблизи бортового уступа Прикаспийской синеклизы. Выше залегает пачка каменной соли, в нижней половине которой почти повсеместно отмечается присутствие калиеносного горизонта или пласта каменной соли, содержащей включения и прослои карналлита и сильвина. Мощность отложений VIII цикла, в отличие от двух предыдущих, весьма непостоянная — от 60 до 120 на юге и от 75 до 220 м на севере

Приволжской моноклинали. Причем мощность отложений быстро уменьшается в западном направлении, но это происходит уже вследствие эрозии.

Процессы соленакопления еще дважды распространялись на площадь Приволжской моноклинали, но они имели уже явно эпизодический характер. Так, отложения IX цикла соленакопления отмечены только в самой северо-восточной части Волгоградского Поволжья и по разрезам скважин на Камышинской площади представлены быстро выклинивающимся слоем каменной соли, залегающим между двумя пластами ангидрита.

Более широко распространены отложения последнего, X, цикла соленакопления, но и они ограничены лишь сравнительно узкой полосой — самой восточной прибортовой частью Приволжской моноклинали. Отложения представлены базальным ангидритом мощностью 5—10 м и слоем каменной соли сравнительно небольшой мощности, который вскоре выклинивается как в западном, так и в южном направлениях.

Разрез кунгурской соленосной толщи, вскрытой на площади Приволжской моноклинали, повсеместно венчается горизонтом покровных ангидритов, иногда переслаивающихся с доломитами и глинами. В прибортовой зоне этот горизонт носит характер нормально залегающих отложений. Однако в западном направлении отмечается несогласное налегание покровных ангидритов на различные горизонты соляной толщи, срезанной эрозией в краевых частях бассейна, и здесь в составе покровного горизонта могут присутствовать остаточные образования типа кепрока. Мощность покровных ангидритов вследствие эродированности с поверхности весьма непостоянная — от 5—8 до 50—60 м и более.

На размытой поверхности покровных ангидритовых пород залегает комплекс надсолевых отложений, представленных преимущественно терригенными породами верхнепермского, мезозойского и кайнозойского возраста общей мощностью 1000—1500 м.

Таким образом, на обширной территории Волгоградского Поволжья, в пределах так называемой Приволжской моноклинали, составляющей западное обрамление Прикаспийской синеклизы, мы встречаемся с кунгурской соленосной толщей, сохранившейся в ненарушенном нормальном залегании, в которой нашли отражение десять циклов соленакопления, различных по продолжительности и минеральному составу слагающих их комплексов соляных пород. В этом отношении особенно выделяются VI и VII циклы, каждый из которых завершился отложением пластов почти мономинеральных бишофитовых пород. Не менее характерна калиеносность разреза кунгурской соляной толщи.

В длительной истории формирования кунгурской соленосной толщи в пределах Приволжской моноклинали садка калийных солей происходила многократно. Характерно при этом, что состав и распространенность калиеносных пород изменяются в вертикальном разрезе, а мощность калийных горизонтов зависит от продолжитель-

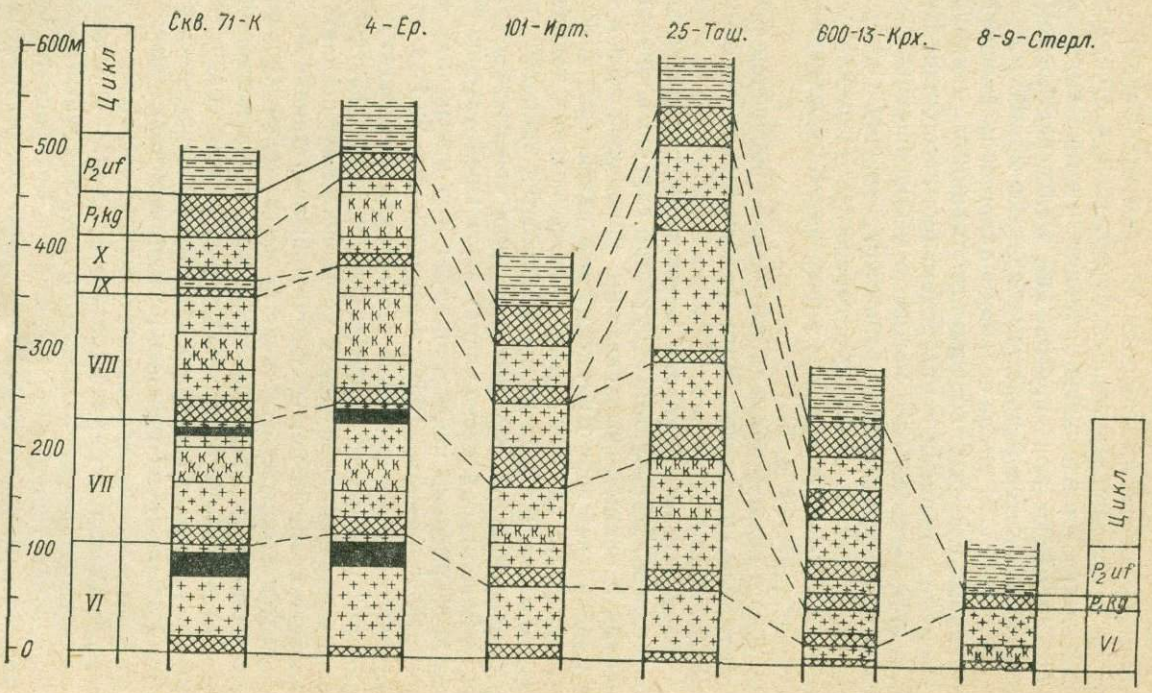
ности циклов соленакопления. Следует подчеркнуть, что наиболее заметные отложения калийных пород в рассматриваемом районе происходили в I, III, V, VI, VII и VIII циклах соленакопления. Установлено, что калийные горизонты, связанные с I, III и V циклами, представлены главным образом отложениями галито-полигалитовых или полигалитовых пород, иногда с сильвином. Особенно выделяется V цикл соленакопления, с отложениями которого связан устойчивый на всем протяжении Волгоградского Поволжья горизонт полигалитовой породы мощностью 25—80 м.

Начиная с VI цикла соленакопления калиеносные горизонты представлены главным образом отложениями карналлитовых пород обычно с сильвином и кизеритом, иногда с бишофитом. Характерно при этом, что наиболее мощными и выдержанными по простиранию здесь являются калийные горизонты, связанные с VII и VIII циклами соленакопления. Калийные горизонты VI цикла по направлению к северу выклиниваются и в разрезах Камышинского района отсутствуют (рис. 26, *а*, *б*).

Таков *полный нормальный разрез* кунгурской соленосной толщи в западном обрамлении Прикаспийской синеклизы, на Приволжской моноклинали.

Разрез соляной толщи в северном обрамлении Прикаспийской синеклизы. В результате бурения глубоких опорных, параметрических и промысловых скважин, проводившегося в последние годы в прибортовой зоне Прикаспийской синеклизы, был получен ценный материал по разрезу кунгурской соленосной толщи в северном ее обрамлении. На рис. 27 сопоставляются наиболее представительные разрезы скважин, которые пересекли соленосную толщу в Саратовском Заволжье, в юго-западной части Оренбургской области, а также в платформенной части Башкирии (по материалам Б. И. Близеева и А. К. Вишнякова, 1969), с разрезом скв. 71 Камышинской в северной части Волгоградского Поволжья. Уже беглый взгляд на этот рисунок показывает удивительное сходство разрезов соляной толщи во всех указанных пунктах по числу ритмично повторяющихся комплексов соляных пород, которые были установлены и на Приволжской моноклинали. Это сходство не случайно. Оно является прямым свидетельством единства процессов соленакопления на обширной территории, охватывающей Прикаспийскую синеклизу и ее обрамление, а также Соболевскую впадину и Предуральский прогиб. Отметим наиболее существенные различия, которые выражаются главным образом в изменениях литологического состава и мощностей соляных пород отдельных циклов соленакопления.

В Саратовском Заволжье *наиболее полный разрез* кунгурской соленосной толщи вскрыт скв. 4 на Ерусланской площади. Можно прямо сказать, что здесь во всех деталях повторяется разрез соляной толщи, вскрытой на Приволжской моноклинали. Существенным отличием является заметное возрастание мощности отложений X цикла соленакопления и проявление в нем мощного горизонта калийных пород. В разрезе VI цикла, как и в северной части



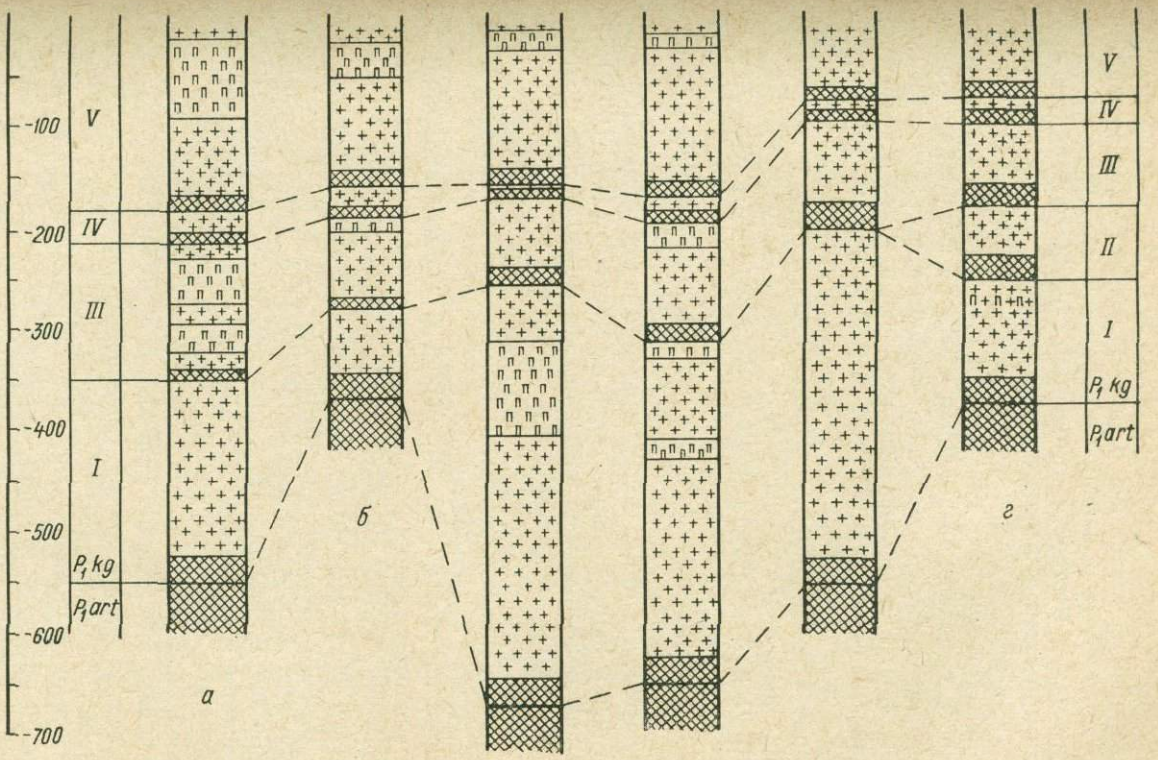


Рис. 27. Сопоставление представительных разрезов кунгурской соленосной толщи по западному и северному обрамлению Прикаспийской синеклизы: *а* — Волгоградское Поволжье, *б* — Саратовское Заволжье, *в* — Оренбургская область, *г* — Платформенная Башкирия.

Усл. обозначения см. к рис. 26.

Волгоградского Поволжья, калиеносные отложения отсутствуют, в VIII цикле мощность их, напротив, заметно возрастает, достигая 65 м. Полигалитовый горизонт V цикла соленакопления продолжается и в Саратовском Заволжье, имея мощность 35 м. В северном обрамлении Прикаспийской синеклизы в разрезе вскрытой здесь соляной толщи, по сравнению с западным обрамлением, устанавливается резкое возрастание мощности отложений I цикла соленакопления. Характерно при этом, что указанное возрастание мощности отложения солей в начале кунгурского века одинаково выражено как по скважинам Иртекской и Ташлинской площадей, расположенных в осевой части Соболевской впадины, так и по скважинам Краснохолмской площади, находящейся на западном крыле Соль-Илецкого выступа (см. рис. 27). Вполне возможно, что в области сочленения Соболевской впадины с Прикаспийской синеклизой интенсивное прогибание подсолевого ложа обусловило непрерывное соленакопление в течение I и II циклов, перерыв между которыми отмечается лишь в краевых частях бассейна, в западном обрамлении (см. рис. 29, *а*, *б*) и в платформенной части Башкирии (см. рис 30). Но и в этом случае общая мощность соляных отложений очень велика — 335—415 м, что значительно превышает суммарную мощность отложений двух первых циклов в указанных областях.

В следующем, III цикле соленакопления в северном обрамлении отлагается пачка соляных пород такой же мощности (70—100 м), как в Саратовском Заволжье и на всей площади Приволжской моноклинали. То же самое можно сказать и в отношении IV короткого цикла соленакопления, который всюду четко выражен и является поистине региональным опорным горизонтом. Отклонения начинаются в следующем, V, цикле соленакопления.

Как видно из рис. 27, на Иртекской и Ташлинской площадях в V цикле отлагается пачка соляных пород такой же мощности, как и в западном обрамлении Прикаспийской синеклизы, причем в верхней части этой пачки отмечается полигалитовый горизонт мощностью 15—20 м. Однако на Краснохолмской площади мощность пачки соляных пород V цикла заметно сокращается и калиеносный горизонт выклинивается, что является, по-видимому, следствием замедления прогибания фундамента в области Соль-Илецкого выступа.

Распределение мощностей пачек соляных пород всех последующих циклов соленакопления свидетельствует о том, что в северном обрамлении наиболее интенсивное прогибание дна солеродного бассейна продолжалось по осевой линии Соболевской впадины, на Ташлинской площади. Значительное отставание в прогибании фундамента на Краснохолмской площади выразилось в резком сокращении мощностей отложений всех циклов соленакопления и выклинивании горизонтов калийных солей. Некоторое отставание в прогибании фундамента на Иртекской площади особенно отчетливо выразилось в выпадении из разреза отложений IX цикла соленакопления, наиболее мощно представленного на соседней Ташлинской площади. Характерно, что на этих интенсивно прогибающихся участках

калиеносные горизонты встречаются только в отложениях VII цикла. Отложения VI цикла, как и в северной части Волгоградского Поволжья, и в Саратовском Заволжье, здесь некалиеносны (см. рис. 27).

В разрезе соляной толщи, вскрытой скважинами в северном обрамлении, отложения бишофитовых пород не были встречены даже на наиболее прогибающихся участках. Однако они были встречены южнее, на Озинской структуре, расположенной уже во внутренней прибортовой зоне Прикаспийской синеклизы. Следует подчеркнуть при этом, что в сводовой части указанной структуры несколькими скважинами было вскрыто по два пласта бишофитовой породы мощностью от 4,2 до 19,2 м, разделенных пачкой калиеносной каменной соли мощностью около 100 м [170]. Примечателен также и тот факт, что в почве каждого бишофитового пласта каменная соль содержит включения карналлита и прослои карналлитовой и кизеритовой пород. Указанные особенности состава соляных пород не оставляют сомнений в том, что на Озинской структуре некоторыми скважинами вскрыта та часть разреза соляной толщи, которая может соответствовать только отложениям VI и VII циклов соленакопления в стратотипе западного обрамления Прикаспийской синеклизы.

Таким образом, эвтонические рассолы на стадии садки бишофита в соответствующие периоды VI и VII циклов соленакопления не представляли локального явления. Они занимали обширные площади Северного Прикаспия и распространялись на восток от Волгоградского Поволжья вплоть до районов северного обрамления Прикаспийской синеклизы, только граница отложения бишофитовых пород здесь проходила южнее участков, вскрытых скважинами. В качестве фациального продолжения пласта бишофитовых пород в пределах Ташлинской площади можно рассматривать калиеносные породы, находящиеся в кровле отложений VII цикла соленакопления (см. рис. 27).

Недавно были опубликованы интересные материалы, касающиеся ритмичности и калиеносности разреза кунгурской соленосной толщи, вскрытой на Стерлибашевской площади в платформенной части Башкирии [13]. Эта площадь расположена на восточном крыле Оренбургского свода, разделяющего Соболевскую впадину и Предуральский прогиб. Поэтому в характере осадконакопления естественно ожидать единства тектонического режима по обе стороны структурного выступа кристаллического фундамента, что позволяет сопоставить разрезы соленосной толщи Прикаспийской синеклизы и Предуральского прогиба.

В качестве маркирующего признака для такого сопоставления мы сочли возможным избрать короткий IV цикл соленакопления, отложения которого в разрезе соляной толщи, вскрытой на Стерлибашевской площади, также нашли проявление в виде ритма Г [13].

Как показывает сопоставление разрезов буровых скважин, приведенное на рис. 27, на Стерлибашевской площади отсутствует значительная часть верхней половины полного разреза соляной толщи и вскрывается главным образом нижняя ее половина, которая

представлена здесь отложениями всех пяти циклов соленакопления. В этом отношении она имеет сходство с разрезом нижней половины *соляной толщи, вскрытой в южной части* Волгоградского Поволжья (см. рис. 26, *а*, *б*). Но особенно обращает на себя внимание почти полная аналогия разрезов соляной толщи, вскрытой на Стерлибашевской и Краснохолмской площадях по обе стороны выступа фундамента (см. рис. 27). Единственным отличием является заметное уменьшение суммарной мощности отложений I и II циклов соленакопления, что, может быть, и обусловлено наличием перерыва между ними.

На Стерлибашевской площади химическими анализами керна проявления калиеносности установлены только в верхней части разреза отложений I цикла. Имеются указания на проявления калиеносности отложений II и III циклов соленакопления на других площадях юго-востока и в прилежащих частях Предуральского прогиба [12, 46]. Таким образом, и в этом отношении устанавливается известное сходство в характере соленакопления в Прикаспийской синеклизе и в Предуральском прогибе.

Верхняя часть разреза соляной толщи на Стерлибашевской площади, *так же как и на Краснохолмской, представлена в очень сокращенном* виде, причем здесь она носит характер эрозионных останцев, сохранившихся от размыва и выщелачивания, которые имели место в послекунгурское время (см. рис. 27) [13]. В этих останцах устанавливаются отложения лишь одного законченного цикла соленакопления, которые представлены базальным горизонтом глинистого ангидрита мощностью 9—10 м и пачкой каменной соли мощностью 40—48 м. Характерно, что в почве этой пачки залегает калиеносный горизонт мощностью 3,3—14 м, который слагается каменной солью с включениями сильвина и двумя прослоями сильвинита. В кровле этой пачки пород залегает пачка покровных гипсово-ангидритовых пород, а в наиболее приподнятых участках иногда устанавливается присутствие отложений нижней части еще одного цикла соленакопления. *Они представлены базальным горизонтом глинистого* ангидрита с доломитом мощностью 3,5 м и каменной солью мощностью 4—6 м, содержащей в верхней части включения сильвина.

Следует отметить, что поисковым бурением на площади Федоровско-Стерлибашевского вала было оконтурено несколько линз сильвинитов мощностью до 2,7 м и средневзвешенным содержанием сильвина до 46,5% [170]. Это свидетельствует о возможной калиеносности кунгурских отложений к востоку и к югу от указанного района, в более глубоких частях Предуральского прогиба.

Таким образом, на Стерлибашевской площади в разрезе соляной толщи устанавливаются отложения, по крайней мере, семи циклов соленакопления. Однако, если в центральных областях Соболевской впадины еще продолжалось интенсивное прогибание и отложение соляных пород, в платформенной части Башкирии процессы соленакопления сменились размывом и выщелачиванием солей. Указанные особенности тектонического режима на восточном крыле Орен-

бургского свода вполне согласуются с отставанием прогибания фундамента, установленным и для области Соль-Илецкого выступа по характеру соленосных отложений на Краснохолмской площади.

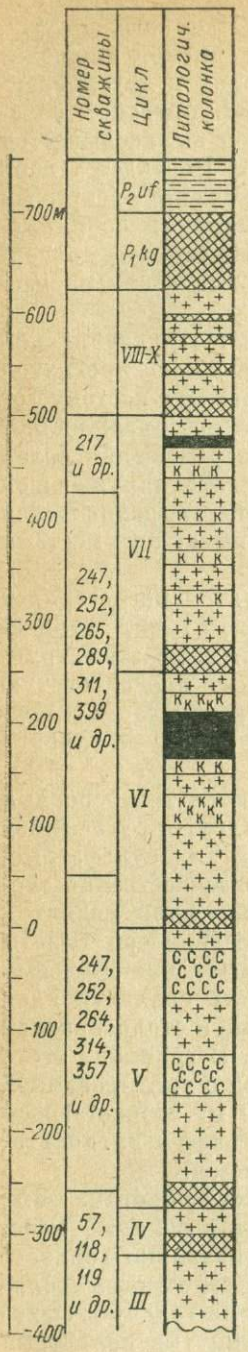
Таковы характерные особенности соленакопления и обусловленный ими нормальный стратиграфический разрез кунгурской соленосной толщи в Прикаспийской синеклизе, как он вырисовывается по материалам глубокого бурения в ее обрамлении. Перейдем теперь к рассмотрению конкретных разрезов соляных отложений, вскрытых скважинами на отдельных калийных месторождениях и солянокупольных структурах в пределах Прикаспийской синеклизы, придерживаясь выявленной стратиграфической схемы циклических процессов соленакопления.

Челкарское поднятие находится в северной части Прикаспийской синеклизы и приурочено к осевой, наиболее глубоко прогнутой части этой депрессии. Оно расположено к юго-юго-востоку от г. Уральска в районе оз. Челкар, котловина которого представляет собой компенсационную впадину. В результате перемещения солей Челкарское поднятие отчетливо выражено в рельефе окружающей равнины в виде полого-увалистой возвышенности, выделяющейся обнажениями мезозойских пород, которые прорываются местами кунгурскими гидрохимическими отложениями.

В геологическом отношении Челкарское поднятие представляет собой солянокупольную структуру прорванного типа, отличающуюся необычайно большими размерами. Сводовая часть этой структуры оконтуривается на площади 650 км^2 и имеет продолговатую форму, длиной 35 и шириной 24 км. По геофизическим данным подсолевое ложе в районе Челкарской структуры находится на глубине около 10 км.

В разрезе Челкарского поднятия устанавливаются три основных комплекса пород, последовательно сменяющих друг друга снизу вверх: соляные породы, слагающие ядро поднятия, сульфатные, составляющие покровную толщу (кепрок), и преимущественно терригенные породы надсолевого комплекса. Соляное ядро поднятия слагается главным образом каменной солью, содержащей пласты и прослои ангидрита, сильвинита, карналлитовых, бишофитовых и кизеритовых пород. По форме апикальная часть соляного ядра имеет характер обширного плато с крутыми склонами и столообразной ступенчато понижающейся к югу поверхностью. В границах этого плато развита покровная толща сульфатных пород с эродированной закарстованной поверхностью мощностью до 280 м, возрастающей в южном направлении. Она слагается пластами гипса и ангидрита, содержащими линзы глин, реже песков и песчаников.

В формировании соляной структуры Челкарского поднятия важную роль играли процессы пластического движения соляных масс, которые обусловили сложную деформацию первоначально горизонтально отложенной соляной толщи. В результате галокинеза (соляной тектоники) пласты соляных пород поставлены на голову и выходят на поверхность соляного плато, образуя замкнутые кольцевые



структуры вокруг центров движения соли. После выявления общих закономерностей формирования кольцевых структур геологическое строение соляных куполов можно было изучать, применяя обычные методы картирования соляной поверхности.

Судя по материалам разведочного и картировочного бурения на Челкарском поднятии по особенностям развития ступенчатого рельефа кровли соли выявляются семь отдельных центров движения (интрузии) соли, которые на поверхности соляного массива выражены выходами пластов базальных ангидритов, калиеносных, бороносных и бишофитовых пород в виде семи изолированных кольцевых структур. Каждая такая структура соответствует в сущности отдельным соляным штокам, выжатым с разных сторон в одну область разгрузки. В соответствии с механизмом внедрения штоков в центральных частях кольцевых структур на поверхность соли были выведены нижние горизонты, а по направлению к внешней их стороне расположились верхние, более молодые, горизонты соляной толщи.

Сопоставление разрезов буровых скважин, вскрывших различные части соляной толщи на Челкарском поднятии, позволило составить сводный ее разрез, причем маркирующими горизонтами были пласты бишофитовых пород, калийных солей и ангидритов (рис. 28). Нам представляется, что на Челкарском поднятии к поверхности выведены отложения главным образом V—VII циклов, которыми и представлена так называемая продуктивная зона Челкарского месторождения [170]. Однако так называемые нижняя и верхняя галитовые зоны представлены здесь частями отложений III и IV снизу и VIII—X сверху циклов соленакопления.

Следует подчеркнуть, что для соляной толщи, вскрытой на Челкарском поднятии, весьма характерен хлоридный состав солей. Из сульфатных солей присутствуют только ангидрит и значительно реже кизерит. Это хорошо видно уже по отложениям V цикла соле-

Рис. 28. Сводный разрез соляной толщи, вскрытой на Челкарском месторождении.

Усл. обозначения см. к рис. 26.

накопления, которые представлены пачкой каменной соли, содержащей пласты и прослои сильвинитов. Полигалит в их составе обычно отсутствует. Пласты сильвинитов на Челкарском месторождении отличаются высоким содержанием KCl и местами имеют значительную мощность. Так, скв. 247 на глубине 289,1—344,7 м пересекла пласт сильвинита, падающий в среднем под углом 60° и имеющий истинную мощность около 28—30 м, в котором содержание калия колеблется от 23,93 до 43,63%. В пересчете на минеральный состав содержание сильвина в этом пласте изменяется от 45,6 до 83,0%. Основные породообразующие компоненты — сильвин и галит, в качестве небольшой примеси отмечаются карналлит и ангидрит. Нерастворимый остаток в пластах сильвинитов присутствует в весьма незначительном количестве, не превышающем обычно десятых долей процента. Такие богатые сильвиниты были обнаружены также на Индерском месторождении (центральная часть Прикаспийской синеклизы), но в других месторождениях мира не встречались.

Карналлитовые породы встречены буровыми скважинами на всей площади Челкарского поднятия. Они связаны с отложениями VI и VII циклов соленакопления, которые завершаются накоплением бишофита. Истинная мощность пластов карналлита местами достигает 35 м, угол их падения в среднем 70°. Многими скважинами (336, 339, 399 и др.) были встречены карналлитовые породы с содержанием карналлита порядка 80—95%, в составе которых в качестве примеси отмечались лишь галит и сильвин или галит и бишофит.

Челкарское поднятие отличается исключительно широким распространением бишофита, встречающегося в виде мощных пластовых отложений. Так, например, в разрезе скв. 265 в интервале 364,4—369,0 м пройдена бишофитовая порода с карналлитом и кизеритом в качестве примеси, в которой содержание бишофита колеблется от 67,6 до 79,1%. Ниже, в интервале 369,0—381,2 м, в той же породе содержание бишофита колеблется от 80,5 до 91,8%. В разрезе скв. 452 встречена бишофитовая порода с довольно постоянным содержанием бишофита, колеблющимся в узких пределах — от 83,7 до 85,7%. В скв. 440 были пройдены пласты бишофитовых пород истинной мощностью 4,5—15 м, в которых содержание бишофита достигает 97,2%. В разрезе скв. 399 отмечается частое чередование слоев почти мономинерального карналлита (до 95%) и почти мономинерального бишофита (до 91,6%).

Кизерит на Челкарском месторождении в качестве значительной примеси встречается довольно часто, особенно с карналлитовыми породами, связанными с отложениями VI цикла. Значительно реже он встречается в виде пластовых отложений кизеритовой породы. Пласты этой породы были встречены скв. 288, 311, 361 и некоторыми другими. Содержание кизерита в пластах колеблется в очень широких пределах — от 14,3 до 79,6%, но чаще всего 43,6—71,5%.

С отложениями VI и VII циклов соленакопления связаны горизонты, содержащие значительную примесь борных минералов — чаще всего борацит, хильгардит и джинорит, реже сульфоборит,

калиборит и некоторые другие. Все эти минералы по условиям образования являются сравнительно высокотемпературными, а по форме нахождения послеседиментационными.

Таким образом, по разрезу соляная толща Челкарского поднятия существенно не отличается от типового разреза кунгурских отложений, вскрытых в обрамлении Прикаспийской синеклизы. Наибольшее отличие — появление среди отложений V цикла соленакопления богатых сильвинитов вместо обычных здесь полигалитовых пород. В заключение следует подчеркнуть, что Челкарское поднятие представляет собой одно из крупнейших в Прикаспии калийных месторождений, по степени разведанности подготовленных для постановки детальной подземной разведки.

Индерское поднятие находится южнее Челкарского поднятия и севернее г. Гурьева, в центральной, наиболее прогнутой части Прикаспийской синеклизы. Оно расположено в левобережной части р. Урала, в районе большого соляного оз. Индер, котловина которого занимает область наиболее глубокой просадки толщи надсолевых отложений на место выжатой с глубины соли. Области нагнетания соли собственно Индерского поднятия к северу и Джаман-Индерского к югу от котловины озера, напротив, выражены в рельефе окружающей степной равнины полого-увалистыми возвышенностями, образованными надсолевыми отложениями, или резко очерченными грядами и кольцевыми сопками, образованными гипсово-ангидритовыми породами соляных отложений.

В геологическом отношении Индерское поднятие представляет собой крупную солянокупольную структуру прорванного типа. Сводовая часть этой структуры, выведенная на поверхность и срезанная плоскостью денудации на площади около 250 км^2, скрывается лишь под комплексом пород гипсовой шляпы сравнительно небольшой мощности (40—60 м). Ядро Индерского поднятия слагается сложно дислоцированными соляными породами, наиболее жесткие и малорастворимые ангидритовые горизонты которых, выступая над соляным зеркалом, образуют в рельефе гипсовой шляпы «теневые структуры» соляной толщи. Надсолевые отложения, представленные верхнепермскими, мезозойскими, третичными и четвертичными образованиями, обнажаются только по периферии поднятия.

В соответствии с механизмом формирования солянокупольных структур соляные породы в ядре Индерского поднятия, так же как и в Челкарском, претерпели сложные пликативные дислокации, в результате которых они были поставлены на голову с изменением мощностей, но с сохранением общей седиментационной последовательности. Выходы различных по составу пачек соляных пород на соляное зеркало образуют замкнутые кольцевые структуры, оконтуривающие центры направленного вверх течения соли.

По материалам разведочного и картировочного бурения на соляном зеркале Индерского поднятия выявляются две основные области интрузии соли — восточная и западная. На геолого-литологической карте соляного зеркала (рис. 29) они выражены двумя кольцевыми

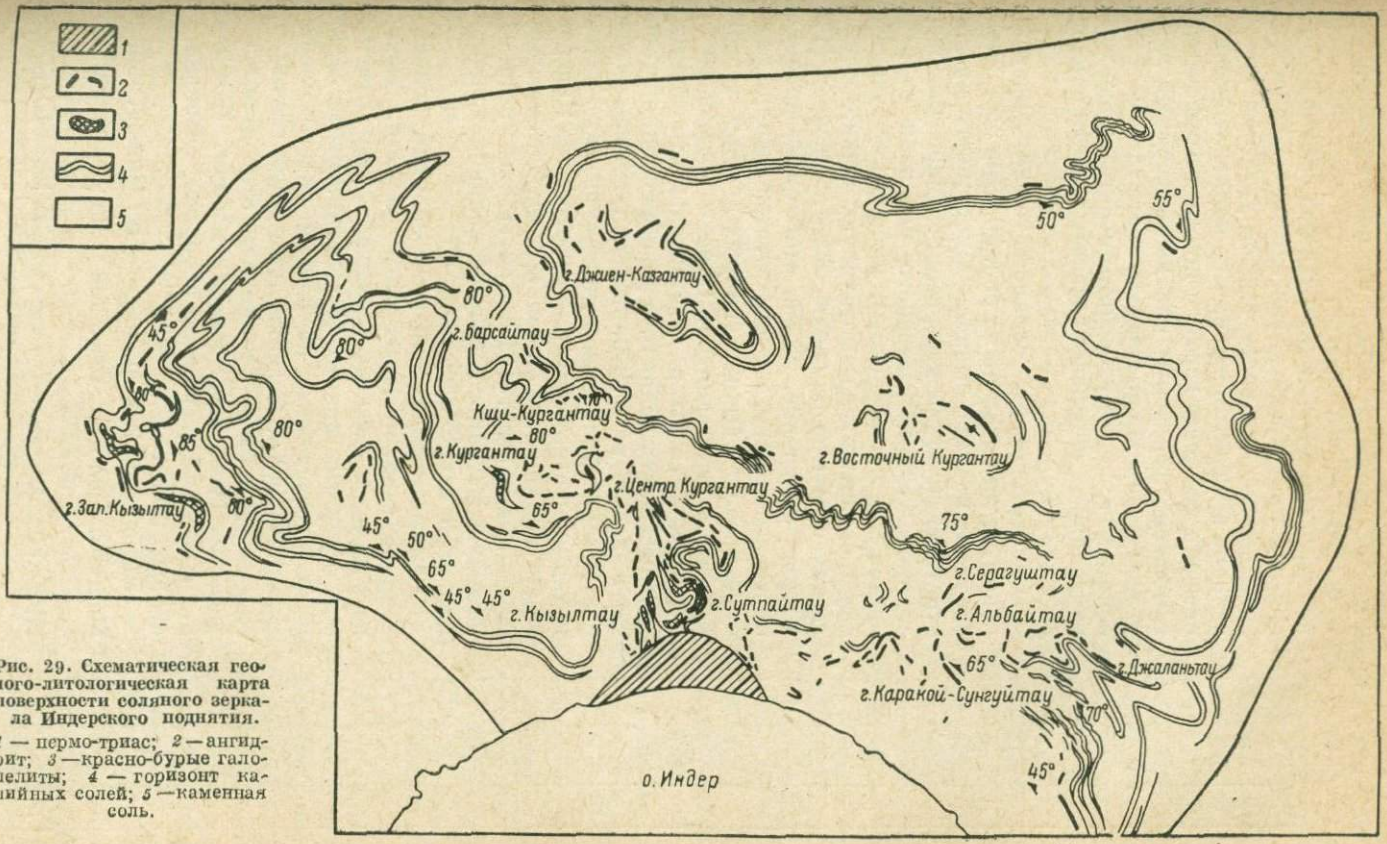
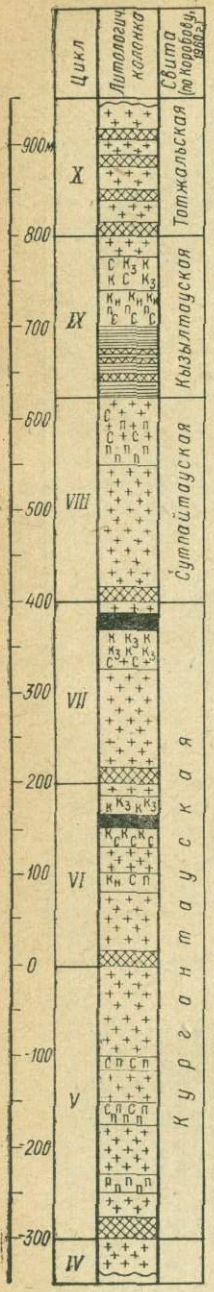


Рис. 29. Схематическая геолого-литологическая карта поверхности соляного зеркала Индерского поднятия.

1 — пермо-триас; *2* — ангидрит; *3* — красно-бурые галопелиты; *4* — горизонт калийных солей; *5* — каменная соль.

структурами, которые трассируются выходами поставленных почти на голову пластов базальных ангидритов, а также калиеносных пород, занимающих в разрезе соляной толщи определенное стратиграфическое положение. В центральных частях кольцевых структур на соляное зеркало выходят нижние, а по направлению к периферии все более верхние по стратиграфическому положению горизонты или пачки соляных пород, поэтому можно проследить нормальный разрез соляной толщи Индерского поднятия, следуя от центральных к периферическим областям кольцевых структур.



Сводный разрез соляной толщи Индерского поднятия представлен на рис. 30. При составлении сводного разреза выявились неточности прежних стратиграфических построений. Вскрытый разрез соляной толщи Индерского поднятия подразделяется на четыре свиты: нижнюю — сутпайтаускую, среднюю — кызылтаускую, верхнюю — кургантаускую и покровную — тотжальскую [173]. Как видно из рис. 33, в этой схеме правильно определено лишь место тотжальской свиты, охватывающей выходы соляных пород в северной краевой части поднятия. Однако отложения кургантауской свиты в действительности занимают нижнюю часть вскрытого разреза соляной толщи, в то время как сутпайтауская и кызылтауская свиты стратиграфически лежат выше. Учитывая путаницу в стратификации вскрытых на Индерском поднятии комплексов соляных пород, существующую ныне стратиграфическую схему, не отражающую истинного разреза соляной толщи, мы признаем неприемлемой.

Самые нижние горизонты соляной толщи на соляное зеркало Индерского поднятия выходят во внутренних частях кольцевых гор Джиен-Казгантау и Восточного Кургантау. Здесь обнажаются поставленные на голову пласты слоистой каменной соли, содержащей лишь тонкие прослойки ангидрита. Эти породы относятся к отложениям IV цикла соленакопления, базальный ангидритовый горизонт которых, очевидно, не обнажается.

Выходы пласта ангидритовых пород, образующих в рельефе гипсовой шляпы гряды ука-

Рис. 30. Сводный разрез соленосной толщи на Индерском поднятии. Усл. обозначения см. к рис. 26.

занных выше кольцевых гор, являются базальным горизонтом отложений V цикла соленакопления, которые вскрываются буровыми скважинами с внешней стороны этих гряд. Отложения V цикла представлены пачкой каменной соли весьма изменчивой мощности, обусловленной соляной тектоникой, в разрезе которой часто встречаются прослои и линзы полигалитовых сильвинитов, полигалито-галитовых пород или каменной соли с обильными включениями сильвина, полигалита, кизерита, карналлита и боратов.

VI цикл соленакопления начинается базальным ангидритом мощностью 10—15 м, за которым следует довольно мощная пачка каменной соли, содержащая в верхней части линзы, прослои и горизонты калийных, калийно-магниевых и бороносных соляных пород весьма изменчивого состава. Здесь устанавливается частая перемежаемость и смена по простиранию пластов и прослоев сильвинитов, сильвино-полигалитовых, каинитовых, лангбейнитовых и нередко существенно глазеритовых пород, которые снизу подстилаются сильвино-полигалито-галитовыми породами, а кверху обычно переходят в сильвино-карналлитовые породы с кизеритом и бишофитом. Реже в верхней части разреза встречаются прослои существенно бишофитовых пород, залегающие среди сильвино-карналлитовых и кизерито-карналлитовых пород. В кровле этих пород, как правило, устанавливается пласт каменной соли, а затем следует пласт глинистого ангидрита сравнительно небольшой мощности [173], который является базальным горизонтом следующего цикла соленакопления.

Отложения VII цикла соленакопления особенно хорошо прослежены в самой западной части Индерского поднятия, в районе горы Западный Кызылтау. Здесь они представлены довольно мощной пачкой каменной соли, содержащей в верхней части прослои кизерито-карналлитовой породы с сильвином, которые сменяются пластом бишофитовой породы. В восточной части поднятия отложения этого цикла также представлены пачкой каменной соли, содержащей в верхней части пласт карналлито-кизеритовых пород, которые кверху переходят в существенно карналлитовые породы с бишофитом. Отложения VII цикла, как и предыдущего, завершаются обычно слоем каменной соли, имеющей в кровле базальный ангидритовый горизонт следующего цикла соленакопления.

Разрез отложений VIII цикла соленакопления довольно прост. Над базальным ангидритом вскрывается мощная пачка каменной соли, лишь в самой верхней части содержащей линзы и прослои сильвино-галитовой, полигалито-галитовой и реже полигалитовой пород, иногда бороносных. Отложения именно этого цикла соленакопления неправильно были выделены в качестве нижней сутпайтауской свиты [173].

В основании отложений IX цикла соленакопления залегает мощный горизонт характерных по внешнему виду, но весьма изменчивых по составу красно-бурых галопелитов. Основной фон этого базального горизонта составляют глины характерного красно-бурого цвета,

обусловленного присутствием значительного количества гидроокислов железа (2—5% Fe_2O_3), которые сцементированы различными солями. Среди них наиболее важное место занимают ангидрит, галит, сильвин и карбонаты, а также полигалит и гидроборацит. Местами ангидрит выступает в качестве главного породообразующего минерала. Нижняя граница горизонта обычно резкая, верхняя — расплывчатая вследствие постепенного перехода к вышележащим калиеносным соляным породам. Мощность этого горизонта весьма изменчива и колеблется от 80 до 250 м и более.

Над базальным горизонтом залегает довольно мощная пачка калиеносных пород. Внизу эту пачку пород составляют глинистые полигалитовые сильвиниты, иногда с глазеритом или каинитом, выше они переходят в богатые сильвиниты, содержащие в переменных количествах полигалит, нередко глазерит и каинит, а также калиборит. Иногда среди сильвинитов встречаются прослои полигалитовых и каинитовых пород. На некоторых участках, особенно в районе Западного Кызылтау, в верхней части калиеносной пачки залегают смешанные сильвино-кизерито-карналлитовые породы переменного состава. Завершаются отложения цикла пачкой каменной соли с тонкими прослойками ангидрита.

Отложения IX цикла соленакопления на поверхность свода Индерского поднятия выходят разрозненными блоками. Наиболее значительные из них по протяженности образуют массивы гор Кызылтау и Западного Кызылтау. Отдельные выходы их установлены также в районе горы Кургантау, к югу от горы Кши-Кургантау и в изоклинальной складке, зажатой среди ангидритов горы Центральный Кургантау.

Отмеченные особенности выходов отложений IX цикла обусловлены, очевидно, сравнительной жесткостью базального ангидрито-галопелитового горизонта, который в процессах галокинеза подвергался дроблению и выносился к поверхности отдельными блоками. Характерная окраска пород базального горизонта послужила основанием для выделения рассматриваемой пачки соляных пород под названием кызылтауской свиты [173].

По периферии соляного свода Индерского поднятия глубокие структурные скважины вскрыли самые верхние части соляной толщи, залегающие между калиеносными породами IX цикла соленакопления, с одной стороны, и надсолевыми отложениями — с другой. Эту часть разреза соляной толщи составляют отложения X, возможно, непоследнего цикла соленакопления, а также пачка покровных сульфатных отложений.

В районе горы Западный Кызылтау скв. 2180 непосредственно в кровле калиеносной пачки IX цикла (кызылтауская свита) вскрыла пачку каменной соли с прослоями и пластами ангидрита. В соляной толще мощностью 570 м эта скважина пересекла семь пластов ангидрита мощностью по несколько метров каждый и была остановлена в восьмом, пройдя по нему 15 м. Эти отложения знаменуют собой резкие изменения в процессах соленакопления после отложе-

ния калийных солей IX цикла и могут быть приняты за базальные отложения X цикла соленакопления.

К югу от горы Кызылтау скв. 2860 под отложениями пермотриаса мощностью 75 м пересекла пласт покровных гипсово-ангидритовых пород мощностью 27,5 м и вошла в толщу слоистой каменной соли. Местами в этой толще встречаются прослои, содержащие включения сильвина, полигалита и гидроборацита, иногда тонкие прослойки полигалита и полигалито-галитовой породы. Эти отложения составляют самую верхнюю часть соляной толщи, вскрытой на Индерском поднятии.

Таким образом, в разрезе соляной толщи, обнажающейся на эрозионном срезе свода Индерского поднятия, мы встречаемся по существу с тем же характером циклического соленакопления, который был установлен в разрезах западного и северного обрамления Прикаспийской синеклизы, а также на Челкарском поднятии. Важными маркирующими признаками для составления нормального сводного разреза соляной толщи здесь послужили два цикла соленакопления, которые завершились отложениями пластов бишофитовых пород. Принадлежность этих пород к отложениям VI и VII циклов соленакопления вряд ли можно оспаривать. По отношению к ним положение других комплексов соляных пород в сводном разрезе устанавливается совершенно определенно. При этом следует иметь в виду, что истинные мощности отдельных пачек пород вследствие проявления соляной тектоники и метаморфизма солей не поддаются точному определению, а состав пород исключительно изменчив.

В заключение следует обратить внимание также на существенные отличия в минералогическом составе калиеносных пород Индерского и Челкарского поднятий. В разрезе соляной толщи Индерского поднятия, в отличие от Челкарского, в составе калиеносных горизонтов всех циклов соленакопления заметное место занимают сульфатные минералы. Повышенная сульфатность калиеносных горизонтов Индерского месторождения выражается в частом нахождении в качестве породообразующих таких минералов, как полигалит, кизерит, каинит, глазерит, лангбейнит, иногда сингенит и гергеит. Причины указанного явления еще не совсем ясны.

В разрезе той части соляной толщи, которая была вскрыта на Индерском поднятии, наиболее важное значение имеют отложения VI и VII циклов соленакопления, которые соответствуют кургантауской свите [173]. Эти отложения обнажаются на всей площади соляного свода Индерского поднятия, причем содержащиеся в них довольно мощные пласты сильвинитов, сильвино-карналлитовых, карналлитовых, каинитовых и лангбейнитовых пород, обычно в значительной степени бороносных, представляют большой практический интерес в связи с возможностью их комплексной переработки. Особенно богатые залежи сильвинитов и полигалитовых сильвинитов, местами с высоким содержанием каинита или глазерита, отмечаются в связи с крупными блоками отложений IX цикла соленакопления.

Жилянское месторождение калийных солей, в восточном обрамлении Прикаспийской синеклизы, интересное как в тектоническом, так и в минералогическом отношении, находится в 10 км восточнее г. Актюбинска. Это месторождение представлено двумя калиеносными горизонтами, залегающими в кунгурской соленосной толще. Наиболее важным по запасам является нижний калиеносный горизонт, который слагается полигалитовыми породами.

В структурно-тектоническом отношении район месторождения можно охарактеризовать как зону, переходную между Прикаспийской синеклизой и Уральской складчатой областью. В докунгурское время эта зона испытала пликативные дислокации, согласные с общим направлением уральской складчатости. В период формирования кунгурской соленосной толщи в Прикаспийской синеклизе переходная зона имела неустойчивый тектонический режим и в общем испытывала значительное опускание.

В результате антиклинальные гряды оказались «утопленными» в кунгурских соленосных отложениях, которые носят характер отложений выполнения. В предмезозойское время зона испытала поднятие, которое сопровождалось дизъюнктивными дислокациями и чешуйчатыми надвигами, согласными с общим простиранием Уральской складчатой области. На протяжении всего мезо-кайнозоя рассматриваемая структурно-тектоническая зона ведет себя уже как вполне консолидированная платформа, прикрытая сравнительно маломощным плащом мезозойских и кайнозойских отложений.

На участке Жилянского месторождения разведочными скважинами кунгурские соленосные отложения прослежены на протяжении более 20 км в виде узкой полосы шириной 2,0—2,5 км, вытянутой в субмеридиональном направлении. В поперечном разрезе в направлении на восток эти отложения выклиниваются к докунгурскому антиклинальному поднятию артинского фундамента, а с западной стороны соляная толща срезается надвигом, плоскость которого проходит параллельно шарниру артинской антиклинали.

По плоскости надвига кунгурские отложения приходят в контакт с верхнепермскими терригенными породами. Именно к этой узкой полосе кунгурских соленосных отложений, зажатых между антиклинальным выступом артинского фундамента на востоке и плоскостью послеверхнепермского надвига на западе, и приурочены известные ныне калиеносные горизонты Жилянского месторождения.

Соляные породы в Жилянском желобе вследствие тангенциального давления, созданного надвигом, и проявления пластических деформаций очень сложно дислоцированы, причем пласты более жестких пород оказались разорванными на отдельные блоки. Поэтому не всегда можно сопоставить и увязать разрезы даже двух соседних скважин. Принимая во внимание указанные особенности соляной тектоники кунгурских отложений, при анализе всего фактического материала, полученного в результате разведки, мы ориен-

тировались на наиболее представительные разрезы буровых скважин, последовательно вскрывающих различные части соляной толщи. При этом в качестве опорных, маркирующих признаков были использованы пласты калийных пород двух калиеносных горизонтов, резко различающихся по составу, а также пласты ангидритов и перемежающихся с ними терригенных пород. Разбраковка и сопоставление полученных таким образом отдельных дополняющих друг друга фрагментов позволили в конечном счете построить схематический сводный разрез соляной толщи, вскрытой на площади Жилянского месторождения (рис. 31).

Как видно из рисунка, сводный разрез кунгурской соленосной толщи в рассматриваемом районе составляют отложения семи циклов соленакопления, и в этом отношении он сходен с разрезом соляной толщи, вскрытой на Стерлибашевской площади в Платформенной Башкирии. В то же время по интенсивности проявления и характеру калиеносности устанавливается определенное сходство с разрезом соляной толщи, вскрытой в западном обрамлении Прикаспийской синеклизы, на Приволжской моноклинали.

По материалам разведки в разрезе вскрытой соляной толщи С. С. Сахно выделил два калиеносных горизонта, нижний — полигалитовый и верхний — сильвинитовый, разделенные ангидрито-галитовым горизонтом [170]. В полигалитовом горизонте выделялось три пачки каменной соли, содержащей пласты полигалитовых пород. Каждая из этих пачек начинается базальным ангидритом, обычно переслаивающимся с терригенными породами, и завершается пластом полигалитовой породы мощностью 20—40 м.

Таким образом, каждую из трех пачек составляют по существу отложения отдельного цикла соленакопления, стратиграфическая последовательность которых определяется тем, что базальный ангидрит самого нижнего, или I, цикла, так же как и в области Приволжской моноклинали [104], залегает непосредственно на артинских отложениях. Не менее четко определяется и верхняя граница III цикла.

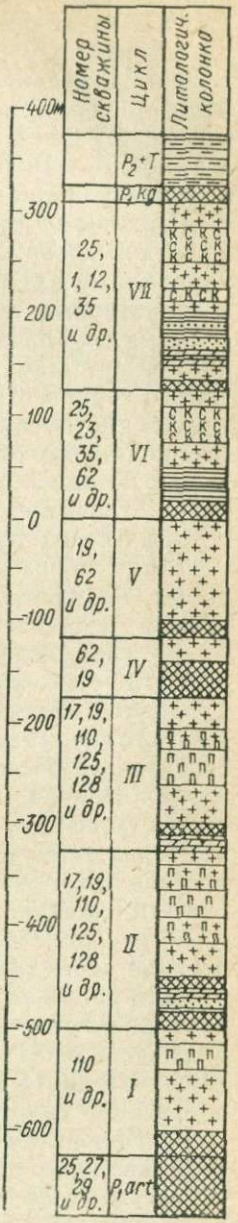


Рис. 31. Схематический сводный разрез кунгурской соленосной толщи на Жилянском месторождении.

Усл. обозначения см. к рис. 26.

Ангидрито-галитовый горизонт, разделяющий калиеносные, представлен пачкой каменной соли, в основании которой по разрезам ряда скважин устанавливается два пласта ангидрита мощностью 35 и 20 м, разделенные пластом каменной соли мощностью около 25 м. Эти отложения, как видно, соответствуют IV короткому (маркирующему) и V циклам соленакопления, причем отложения последнего, в отличие от Волгоградского Поволжья, но так же, как и в Платформенной Башкирии, не калиеносны.

Верхний калиеносный горизонт, по данным разведки, состоит из двух пачек каменной соли, содержащих пласты сильвинитов и реже карналлитовых сильвинитов, которые разделены пластами ангидрита и терригенных пород. Следовательно, эти две пачки калиеносных соляных пород составляют отложения VI и VII циклов соленакопления. Отсутствие бишофитовых пород обусловлено, очевидно, близостью горной страны на востоке, временные потоки вод с которой могли влиять на характер осадконакопления в солеродном бассейне. Это подтверждается, в частности, присутствием в разрезе соляной толщи Жилянского месторождения пластов и прослоев терригенных пород, главным образом глин, мергелей и песчаников, мощность которых возрастает к востоку, к локальным областям сноса.

Таким образом, в восточном обрамлении Прикаспийской синеклизы, на площади Жилянского калийного месторождения, выявляется в сущности тот же самый стратиграфический разрез соляной толщи, связанный с циклическим характером соленакопления, который был установлен на всех ранее рассмотренных площадях и соляно-купольных структурах. Нельзя не отметить при этом черты сходства в деталях разреза соляной толщи, вскрытой в предуральской части солеродного бассейна. Так, в районе Жилянского месторождения, как и в Платформенной Башкирии, наиболее полное развитие получили отложения, связанные со II циклом соленакопления, которые здесь являются калиеносными. По-видимому, в этот период наиболее интенсивное прогибание фундамента имело место в восточной половине Прикаспийской синеклизы и в Предуральском прогибе. Кроме того, в обоих указанных выше районах Предуралья отсутствуют верхние части разреза соляной толщи, которые соответствуют отложениям последних трех циклов соленакопления. Создается впечатление, что в конце кунгурского века наступило региональное поднятие Уральской складчатой области, которое захватило и всю область Предуральского прогиба. В результате этого области интенсивного прогибания сместились к западу, в центральные и северные районы Прикаспийской синеклизы, распространились на площади Соболевской впадины и Саратовского Заволжья, где продолжались еще процессы соленакопления. В районе Жилянского месторождения в этот период происходило формирование мергельно-сульфатной покровной толщи, а на Стерлибашевской площади Платформенной Башкирии процессы аккумуляции сменились выщелачиванием и размывом [13]. Может быть, именно с этим поднятием на востоке связано в отложениях IX цикла соленакопления центральных областей

Прикаспийской синеклизы (Индер) появление красно-бурых галопелитов, материал которых доставлялся сюда временными потоками с Уральских гор.

Участки некогда единой соленосной формации, сохранившейся в нормальном ненарушенном залегании, мы встречаем ныне в обрамлении Прикаспийской синеклизы, во внешней части ее прибортовой зоны. Изучение геологического строения именно этой зоны позволило установить не только нормальный разрез соляной толщи, но и разобраться в процессах соленакопления на всей этой территории.

Многочисленные данные указывают, что на огромной территории Прикаспийской синеклизы и ее обрамления, а также Южного Предуралья, несмотря на тектоническую гетерогенность, процессы соленакопления в кунгурский век носили единый циклический характер. В пространственном размещении и распределении мощностей отложений отдельных циклов соленакопления важное значение приобретала гетерогенность тектонического режима в акватории солеродного бассейна в кунгурское время, которая отчетливо выявляется при региональных сопоставлениях разрезов соляной толщи.

Было установлено, что полный разрез кунгурских соленосных отложений в рассматриваемом регионе составляют отложения десяти циклов соленакопления. Каждый из них начинается базальным ангидритом и завершается отложением пачки каменной соли, содержащей пласты и прослои калийных или калийно-магниевых солей, реже — бишофитовой породы. Выявляются два цикла соленакопления, которые завершаются отложениями мощных пластов бишофита. Каждый из десяти циклов калиеносен, за исключением, может быть, короткого IV, однако площадная распространенность залежей калийных пород меняется от цикла к циклу. Так, например, отложения I цикла соленакопления являются калиеносными только в южной части Волгоградского Поволжья и в Южном Предуралье, в районе Жилянского месторождения. Отложения II цикла калиеносны только в восточном обрамлении Прикаспийской синеклизы, где они являются наиболее мощными. Калиеносность отложений III и VII циклов соленакопления развита почти повсеместно, а калиеносность, связанная с отложениями V цикла, выклинивается по направлению к восточному обрамлению Прикаспийской синеклизы.

Заслуживают внимания изменения характера калиеносности в вертикальном разрезе. Отложения первых пяти циклов соленакопления в обрамлении Прикаспийской синеклизы несут главным образом полигалитовую минерализацию. Отложения V цикла местами содержат пласты сильвинитов или полигалитовых сильвинитов, а в центральных областях Прикаспийской синеклизы местами несут горизонты богатых сильвинитов (Челкар). Отложения верхних циклов соленакопления сопровождаются в основном пластами и прослоями карналлитовых пород, обычно с сильвином и кизеритом, иногда с бишофитом, или богатых сильвинитов, обычно с полигалитом, местами переслаивающихся с каинитовыми, лангбейнитовыми и глазеритовыми породами. При этом мощность прослоев, пластов

и горизонтов калиеносных пород возрастает в сторону Прикаспийской депрессии соответственно возрастанию общей мощности кунгурских отложений и составляющих их циклов соленакопления.

Таким образом, все имеющиеся ныне данные показывают, что на площади Прикаспийской синеклизы и ее обрамления в кунгурский век сформировалась крупнейшая калиеносная серия. Она не имеет себе равных ни по числу циклов соленакопления, ни по числу содержащихся в ней пластов калиеносных пород. Наконец, ни одна соленосная формация мира не может сравниться с рассматриваемой по разнообразию минерального состава пластов калиеносных пород.

Нет сомнения в том, что дальнейшие исследования многочисленных соляных поднятий и солянокупольных структур Прикаспийской синеклизы приведут к открытию новых перспективных калийных месторождений и сопутствующих им полезных ископаемых, как это было сделано поисковыми и разведочными работами в районе Сатимола, а также на Эльтоне [294] и в других местах.

4. Верхнекамский калийный бассейн

Географическое положение. Верхнекамский калийный бассейн расположен на левом берегу р. Камы в пределах Чердынского, Соликамского и Усольского районов Пермской области. К настоящему времени поисковым бурением охвачено 65% площади калийного бассейна, а разведкой — 9,2% (рис. 32).

Калийные породы бассейна располагаются на части территории распространения соляных пород. Последние занимают площадь 6,5 тыс. км², вытянутую в меридиональном направлении от Чердыни на 200 км на юг, при ширине до 50 км (рис. 33).

Площадь распространения калийных пород (около 3,5 тыс. км²) располагается внутри контура соляной толщи несколько асимметрично, примыкая к западной ее границе (рис. 34). В меридиональном направлении калийные породы прослеживаются на 136, в широтном — до 40 км. Дуринской и Боровицкой впадинами площадь распространения калийных пород делится на три почти равные части: северную — около 1 тыс., центральную — 1,2 тыс., и южную — 1,3 тыс. км².

Стратиграфия пород Соликамской впадины изучена неравномерно. Наибольшее количество скважин, пройденных в калийном бассейне, пробурено немного ниже толщи калийных пород, до так называемого маркирующего горизонта. Вся соленосная серия пересечена небольшим количеством скважин.

Ценные сведения были получены при бурении нефтяных опорных скважин. Скв. 1 западнее г. Березников (1964—1965 гг.) пробурена до глубины 2970 м. Она остановлена в вендском комплексе, по породам которого прошла 336 м. В 1965 г. пробурена Яйвенская опорная скважина, повторившая разрез опорной скв. 1. В пределах бассейна

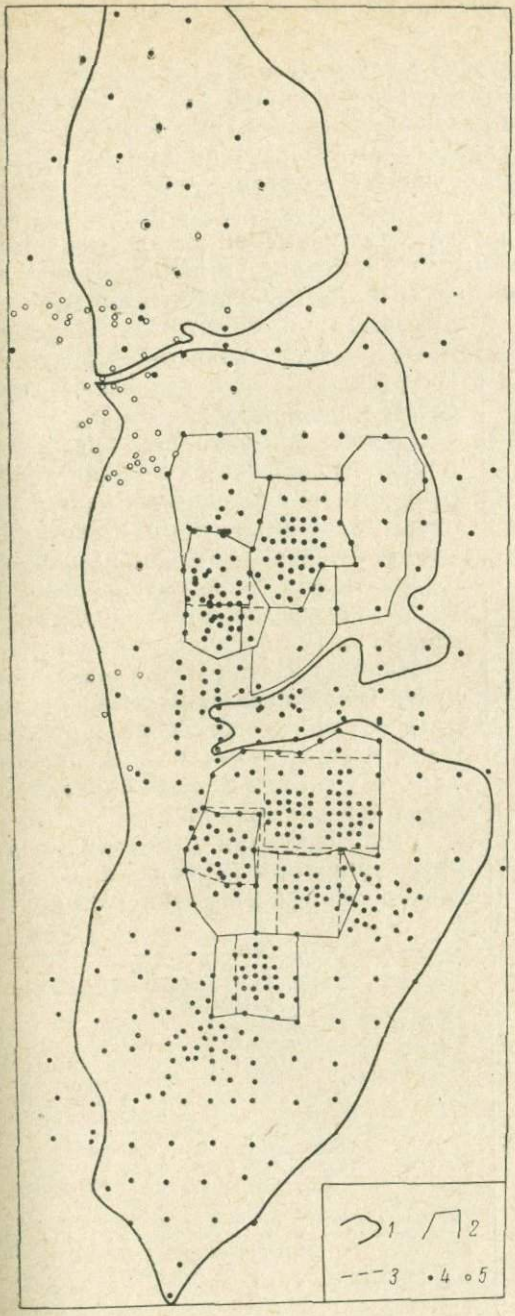


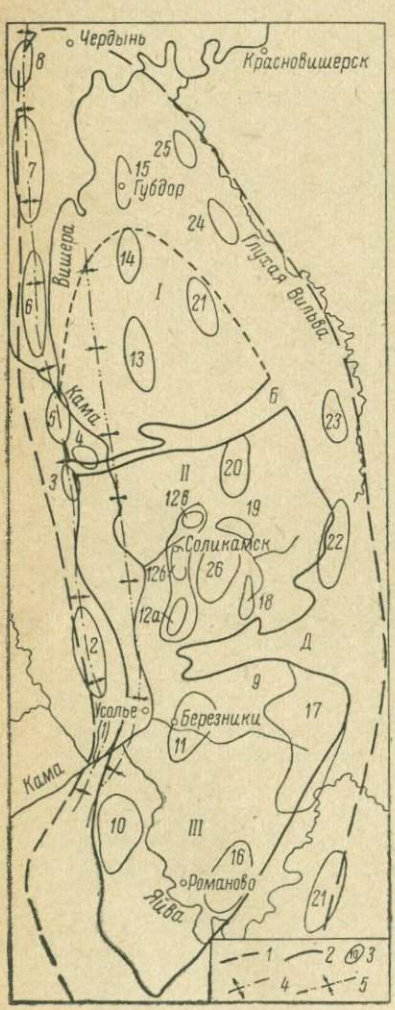
Рис. 32. Схематическая карта Верхнекамского бассейна.

1 — контур калийной залежи; *2* — контур разведочных участков; *3* — предполагаемая граница шахтных полей; *4* — скважины Соликамской ГРП, *5* — скважины Гидропроекта и Пермьнефтеразведки.

был пройден ряд параметрических скважин, остановленных в артинских породах. Скважины в Дуринском прогибе закончены проходкой в нижнем карбоне.

На основании данных бурения последних лет профиль подсолевых пород может быть охарактеризован начиная с верхних толщ венда. Вскрытая бурением кудымкарская свита венда сложена чередующимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками от красно-бурых до светло-серых. Судя по данным геофизики, породы кристаллического фундамента располагаются здесь глубже на 2—3 км.

Палеозойские породы в пределах Соликамской впадины залегают на размытой поверхности вендского комплекса и начинаются маломощной пачкой среднедевонских аргиллитов, алевролитов и песчаников. Такие же породы слагают и нижнюю часть разреза среднего девона (пашинский и кыновский горизонты мощностью 11—30 м).



Выше, вплоть до визейского яруса, располагается мощная толща (350—560 м) карбонатных пород. Это преимущественно серые известняки, фаунистически охарактеризованные, с прослоями доломитизированных и окремнелых разностей, иногда с прослоями битуминозных сланцев.

Нижняя часть разреза визейского яруса (малиновский и яснопольский подъярусы) представлена аргиллитами, алевролитами и песчаниками. Только в верхах разреза появляются прослои известняков.

Выше, начиная с окского подъяруса нижнего карбона и до саргинского горизонта артинского яруса,

Рис. 33. Тектоническая схема Верхнекамского месторождения.

Границы распространения: *1* — каменной соли, *2* — калийного бассейна; *3* — контуры положительных структур. *Оси:* *4* — Камско-Вишерской антиклинали, *5* — Камской синклинали. *Части бассейна:* *I* — северная, *II* — центральная, *III* — южная. *Прогибы:* *Б* — Боровицкий, *Д* — Дуринский. *Локальные поднятия:* *1* — Усольское, *2* — Пыскорское, *3* — Дубровское, *4* — Усть-Вильвинское, *5* — Ушаковское, *6* — Могильниковское, *7* — Остяцкое, *8* — Чердынское, *9* — Дуринское, *10* — Белопашненское, *11* — Березниковское, *12, а, б, в* — Соликамское, *13* — Клепиковское, *14* — Кузнецовское, *15* — Губдорское, *16* — Романовское, *17* — Еловское, *18* — Пашковское, *19* — Харюшинское, *20* — Подтымковское, *21* — Татарское, *22* — Малосурмогское, *23* — Верхборовицкое, *24* — Немзинское, *25* — Нижнеязьвинское; *26* — Тверитинская впадина.

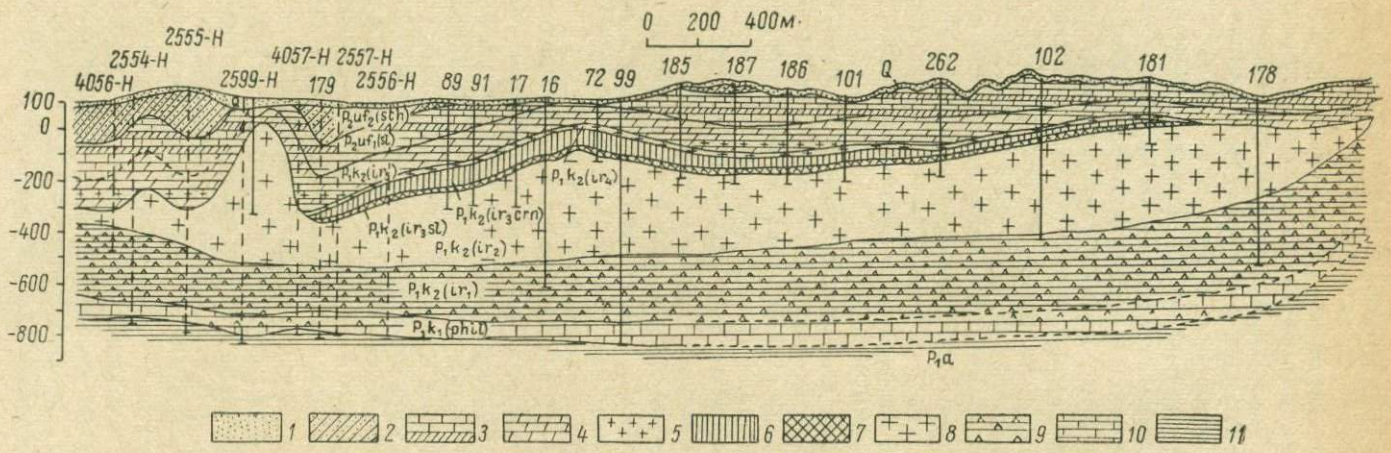


Рис. 34. Широтный геологический разрез Верхнекамского месторождения.

1 — четвертичные отложения; *2* — пестроцветная толща; *3* — терригенно-карбонатная толща; *4* — соляно-мергельная толща; *5* — покровная каменная соль; *6* — карналлито-сильвинитовая пачка; *7* — сильвинитовая пачка; *8* — подстилающая каменная соль; *9* — глинисто-ангидритовая толща; *10* — отложения филипповского горизонта; *11* — артинские отложения.

располагается толща карбонатных пород общей мощностью до 1000 м, представленная известняками и доломитами. Только в разрезе верейского горизонта московского яруса известняки переслаиваются с аргиллитами. В породах саргинского горизонта артинского яруса в пределах площади Соликамской впадины наблюдается смена фаций. Отдельные фациальные комплексы образуют меридиональные полосы.

На западе по границе с платформой располагается полоса (15—20 км) саргинских рифов. С востока к ней примыкает полоса карбонатных пород, сменяющихся в восточном направлении серыми, зеленовато-серыми доломитами, доломитизированными, окремненными и глинистыми известняками, в верхней части разреза переслаивающимися с мергелями, аргиллитами и глинами. Этот фациальный комплекс слагает дивью свиту (80—130 м), которая у восточного края впадины переходит в урминский фациальный комплекс (свиту). В его разрезе преобладают песчаники, алевролиты с прослоями конгломератов.

Общая мощность артинских пород возрастает в восточном направлении от 100—120 до 500—600 м.

Расчленение кунгура на филипповский и иреньский горизонты, выделение в их объеме фациальных комплексов мы приводим по работе [86], где изложена стратиграфия, принятая пермскими геологами и одобренная специальным совещанием по унификации стратиграфических схем (февраль, 1960, ВНИГНИ, Москва).

Отложения филипповского горизонта залегают на фаунистически охарактеризованных артинских породах (см. ниже рис. 38). В них развиты преимущественно мелкие фораминиферы. Породы этого яруса на участке платформы, обрамляющие с запада Соликамскую впадину, обладают четырехчленным разрезом.

Разрез горизонта начинается нижним ангидритовым пластом (10—45 м), выше которого залегает пласт карбонатных пород (8—38 м), затем верхний ангидритовый пласт (8—38 м), и завершается верхним пластом карбонатных пород (5—24 м). Ангидритовые породы голубовато-серые, массивные, с 95—98% ангидрита. В небольшом количестве в породе присутствуют зерна доломита, пирита и др., прожилки выполнены гипсом. На долю ангидритовых пород приходится 40—80% мощности горизонта. Пласты карбонатных пород сложены известняками, доломитизированными известняками, доломитами, мергелями и карбонатными глинами. Встречаются отдельные прослои и включения ангидрита и гипса. Фауна карбонатных пород Соликамской впадины беднее фауны пород, расположенных западнее на платформе. В отдельных прослоях здесь кроме мелких фораминифер встречаются также пелециподы. В восточном направлении постепенно происходит смена пород на сульфатно-карбонатно-терригенный комплекс. Мощность 60—95 м.

Восточнее, уже за пределами площади распространения иреньских соляных пород, развит терригенный комплекс, сложенный мощными пластами песчаников, конгломератов и ангидритов. Для

западной части этой полосы мощности слагающих ее пород 75—130 м.

Отложения филипповского горизонта связаны постепенными переходами с вышерасположенными иреньскими. В пределах поля распространения иреньских пород выделяются отдельные литолого-фациальные комплексы (типы). Наиболее обстоятельно в стратиграфическом отношении изучен иреньский фациальный комплекс, развитый в Пермском Прикамье. Он в виде полосы шириной 50—60 км прослеживается западнее Соликамской впадины. В разрезе четко выделяются семь пачек (снизу вверх): ледянопещерская, неволинская, шалашинская, елкинская, демидовская, тюйская и лунежская. Нечетные пачки сложены серыми и голубовато-серыми ангидритами с подчиненными по мощности прослоями доломитов, иногда с пелециподами. Мощности первой, третьей и пятой пачек 9—30 м, седьмой — 50—60 м. Четные пачки сложены доломитами, доломитизированными известняками, оолитовыми, органогенно-обломочными и пелитоморфными, реже встречаются мергели и глины.

Карбонатные породы второй и четвертой пачек содержат разнообразную фауну (во второй — 170, в четвертой — 120 видов): брахиоподы, пелециподы, мшанки, мелкие фораминиферы. Судя по фауне неволинской пачки, в это время восточнее Соликамской впадины существовал морской бассейн с нормальной соленостью. В шестой — тюйской — пачке в карбонатных породах редко встречаются мелкие пелециподы и растительные остатки.

Западнее отмеченной полосы ангидриты трех нижних пачек постепенно выклиниваются, сменяясь доломитами, иногда загипсованными. Более выдержанной оказывается верхняя лунежская пачка. Слагающие ее ангидриты прослеживаются на 70—100 км западнее выклинивания ангидритов, расположенных ниже нечетных пачек.

В Соликамской впадине иреньский комплекс фациально сменяется березниковским, состоящим из подсоляной, соляной и надсоляной толщ. Состав пород, слагающих подсоляную толщу, в разных местах впадины не одинаков. Так, на севере бассейна в районе Чердыни (скв. 21) резко преобладает ангидрит (80% мощности), у Соликамска (скв. 33) — мергели (70%), у Березников (скв. 99) доминируют ангидритовые породы и доломиты, у Володина Камня (скв. 1005) — мергели (66%) и ангидриты (10—15%). У восточного края в центре бассейна (скв. 178, 1-я) в разрезе появляются алевриты и песчаники (33%) и аргиллиты (20%) [131, 125]. Приведенные цифры дают представление о фациальных изменениях в разрезе толщи. В связи с отмеченным непостоянством слагающих подсолевую толщу пород нецелесообразно называть ее глинисто-доломито-ангидритовой.

Следует отметить, что в подсоляной толще были встречены засолоненные глины и каменная соль. На юге бассейна у Володина Камня в основании разреза описаны засолоненные глины мощностью 24 м (скв. 1005). В основании разреза у восточного края месторождения

на широте г. Березников (скв. 178) и у г. Соликамска (скв. 33) был обнаружен пласт каменной соли мощностью более 26 м, отделенный от кровли филипповских пород пластом ангидрита мощностью 7 м.

В ряде других скважин в восточной части Березниковского широтного профиля и севернее его был подсечен в средней части толщи один горизонт каменной соли (скв. 99, 178, 179), а в некоторых скважинах (скв. 60, 33) — два. Создается впечатление, что на отдельных участках Соликамской впадины трижды за срок седиментации подсоляной толщи возникали на части ее площади солеродные водоемы.

Наличие каменной соли в разрезе подсоляной толщи имеет большое значение, так как этим отмечается периодичность седиментации с тем же числом циклов, что и для иреньского комплекса на платформе. Правда, в связи с ограниченной площадью распространения соляных пород не представляется возможным в пределах всех впадин выделить пачки, синхроничные платформенным. Поэтому подсоляную толщу Соликамской впадины, синхроничную шести пачкам ирени, не расчленяют [122]. Мощность подсоляной толщи на севере у г. Чердыни — 379 м (скв. 21), у Соликамска — 381 м (скв. 33), у Березников — 350 м (скв. 91) и на юге, у Володина Камня, — 295 м (скв. 1005).

Соляная толща обыкновенно делится на пачки подстилающей (нижней) каменной соли, сильвинитовую, сильвинито-карналлитовую и покровной каменной соли.

Первые 40—80 м разреза подстилающей каменной соли представлены чередованием пластов каменной соли (8—30 м) с тремя слоями (5—20 м) мергелей и карбонатных глин, лишенных фауны, с прослойками ангидрита, иногда засолоненными. Эта часть разреза прослеживается в пределах всей площади распространения подстилающей каменной соли. Последняя обладает хорошо выраженной полосчатостью. Наблюдаются многочисленные сезонные и многолетние ангидритовые и галопелитовые прослои.

Выше располагается мощная однородная серая и светло-серая неравномерно полосчатая с хорошо выраженными текстурами течения каменная соль [336]. В верхней части разреза на 25—30 м ниже контакта с сильвинитовой пачкой залегает слой загипсованного и засолоненного мергеля с желваками (капустниками) ангидрита и хорошо образованными кристаллами пирита размером до 1—1,5 см. Этот слой мощностью 1,5—2 м прослеживается в пределах всей площади распространения каменной соли и является хорошим маркирующим горизонтом. Обыкновенно скважины разведочного бурения на калий бурятся до этого горизонта.

Расположенная выше каменная соль обладает четко выраженной полосчатостью, которая обусловлена многократным чередованием сезонных прослоев, различных по минеральному составу и структурам. Совокупность сезонных прослоев образует годичный набор. В основании годичного набора располагается тонкий (1—2 мм) прослой несолевых минералов: кальцита, доломита, ангидрита и глинистых минералов. К этому прослою в Верхнекамском бассейне

приурочены шарообразные конкреции (журавчики, капустники) ангидрита.

Выше располагается прослой перистого галита, окрашенный органикой в темно-серый цвет. Прослой состоит из удлиненных скелетно-кристаллических зерен галита, собранных иногда в систему радиально-лучистых пучков. Мощность прослоя от 0,5—2,0 до 4,0 см.

Над прослоем перистой соли располагается прослой галитовых «лодочек» — матово-белых, бесцветных скелетно-кристаллических зерен галита, кристаллизовавшихся на поверхности рапы в период испарения. Промежутки между «лодочками» выполнены прозрачным, иногда желтоватым галитом. Мощность прослоя 0,5—4 см.

Выше залегает прослой средне- и мелкозернистой каменной соли высаливания, бесцветной, иногда розовой. Мощность прослоя 3—5 мм. В некоторых из этих прослоев появляются крупные идиоморфные кристаллы галита (шпатовая соль).

Далеко не во всех годичных пачках присутствует полный набор сезонных прослоев. В верхней части разреза нижней каменной соли в годичных слоях преобладают прослои зернистой каменной соли. При приближении к границе с сильвинитовой пачкой эти прослои приобретают светло-желтую и розовую окраску (зона розовой соли).

Однородная по текстурам и минеральному составу подстилающая каменная соль была по содержанию брома в галите разделена на три толщи. Распределение брома (рис. 35) было изучено Р. Э. Шлеймович и В. П. Ерехович (1960) по керну скв. 99 (у г. Березников).

Нижняя толща мощностью 90 м (620—530 м) со слоями несолевых пород и большим количеством многолетних глинисто-ангидритовых прослоев отличается неустойчивым содержанием брома. Бром-хлорные отношения изменяются в широком интервале — от 0,04—0,06 и до 0,18—0,20, в прослоях каменной соли у нижнего контакта — 0,1. В средней толще мощностью 150 м (530—380 м) наблюдается более выдержанное содержание брома. Бром-хлорные отношения изменяются в интервале 0,12—0,17. Для верхней толщи мощностью 145 м (380—235 м) характерно постепенное увеличение содержания брома к верхнему контакту. Бром-хлорные отношения с 0,15 в нижней части толщи возрастают до 0,19—0,25 в верхней.

О качестве каменной соли можно судить по цифрам, приводимым Б. М. Голубевым. Он отмечает чаще встречаемые интервалы с NaCl 94—96; $CaSO_4$ 2,5—3; $MgCl_2$ 0,03—0,25; н. о. 1—3%; KCl — следы. Количество н. о. возрастает в восточном направлении [74].

Скв. 403, 424 в юго-западной части бассейна немного ниже маркирующего были обнаружены два слоя красного сильвинита с мощностями 0,8 — 2,5 м [7].

Мощность подстилающей каменной соли достигает 400 м.

Выше в разрезе соляной толщи располагается сильвинитовая пачка. Средняя ее мощность 21 м. Над нею без разделяющего слоя каменной соли (на горизонте А) располагается сильвинито-карналлитовая пачка. В генетическом отношении эту пачку правильнее назвать карналлитовой, так как во время ее седиментации из

калийных минералов садился только карналлит. Сильвиниты в этой толще возникли в послеседиментационные этапы формирования. Термин «сильвинито-карналлитовая» фиксирует современное распределение пород в ее объеме. Пачка красных сильвинитов сложена чередующимися пластами красных сильвинитов (Кр.IIIв, Кр.IIIб, Кр. IIIа, Кр. II и Кр. I), полосчатого сильвинита (А) и каменной соли (Кр. IIIв—Кр.IIIб; Кр.IIIб—Кр.IIIа; Кр. IIIа—Кр. II; Кр. II—Кр. I; Кр. I—А) (рис. 36).

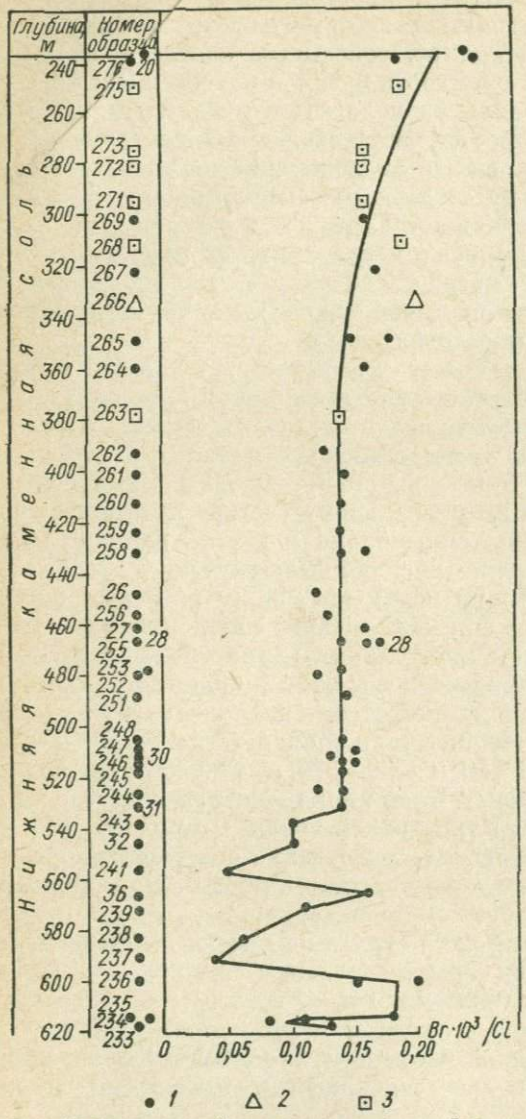


Рис. 35. Изменения бром-хлорных отношений в разрезе нижней каменной соли (по Р. Э. Шлеймович).
Образцы пород: 1 — зернистой каменной соли, *2* — перистой каменной соли, *3* — годового слоя в целом.

Пласт Кр.II делится на семь слоев, из которых нечетные представлены красными сильвинитами, а четные — каменной солью. Каждый слой сложен, в свою очередь, чередующимися сезонными прослоями. Сильвинитовые прослои располагаются над прослоем с «лодочками» галита на месте зернистой соли. Иногда сильвинитовый занимает часть прослоев зернистой соли. Такое положение сильвинитовых прослоев говорит о том, что они были образованы в осенне-зимний период.

Полосчатый сильвинит А несколько отличен от красных. Он имеет четко выраженную полосчатую текстуру. Его сильвинитовые сезонные прослои содержат темноокрашенные красные зерна сильвина только в нижней половине, вверх по разрезу они сменяются бледноокрашенными розовыми и почти белыми. Зерна галита в этих прослоях часто имеют синюю окраску, и годичные слои в верхней половине раз-

реза заканчиваются мелкозернистыми разностями галита с голубой или синей окраской.

В основании каждого слоя каменной соли в кровле сильвинитовых слоев располагаются несколько слоев многолетних галопелитовых прослоев («коржи», по терминологии горняков). Количество и мощность этих прослоев увеличиваются в восточном направлении. Все породы пачек красных сильвинитов обладают хорошо выраженной неравномернополосчатой текстурой. На небольших по площади участках сильвиниты замещаются каменной солью. Общая площадь зон замещения уменьшается вверх по разрезу. Как правило, зоны вышерасположенных горизонтов находятся в контуре проекции площади нижерасположенных.

Непосредственно над пластом А без разделяющего слоя каменной соли залегает нижний пласт сильвинито-карналлитовой пачки — пласт Б. Пачка сложена чередующимися пластами калийных пород (Б, В, Г, Д, Е, Ж, З, И, К) и каменной соли (см. рис. 36). Пласты калийных пород на части площади представлены карналлитовой породой, а на остальной — пестрым сильвинитом. Наиболее мощные пласты (В, Г, Д, Е) располагаются в нижней половине пачки, в которой на долю карналлитовых пластов приходится 60—70% мощности.

Карналлитовые породы отличаются от сильвинитов окраской и текстурой. Окраска не постоянна в пределах слоя. В нижней части доминирует сургучно-красная, красно-оранжевая и оранжево-красная. Верхняя часть слоя чаще окрашена в бледно-желтый с отдельными красными и белыми зернами карналлита.

Полосчатая текстура породы чаще проявляется в нижней части слоев. В преобладающем объеме породы развита *неясно брекчиевидная, полосчатая*

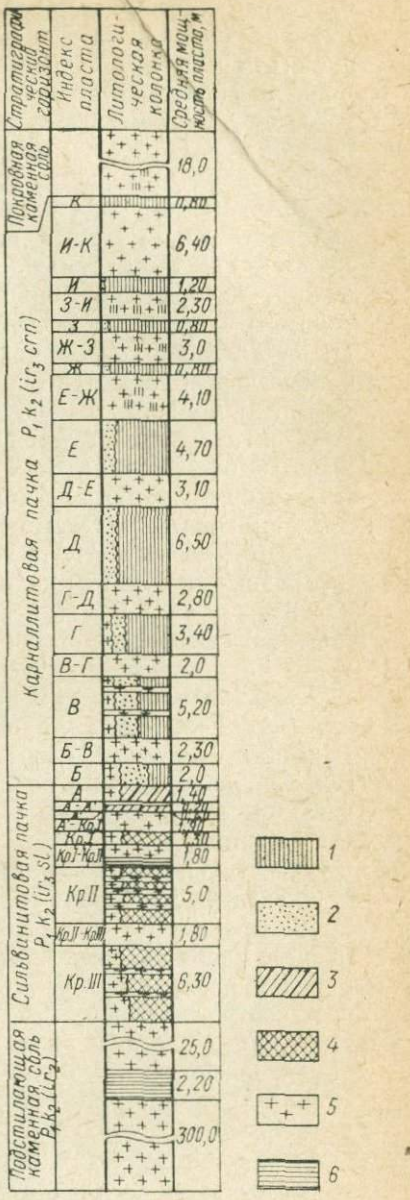


Рис. 36. Сводный стратиграфический разрез продуктивной толщи Верхнекамского месторождения.

1 — карналлитовая порода; *2* — сильвинит пестрый; *3* — сильвинит полосчатый; *4* — сильвинит красный; *5* — каменная соль; *6* — глина

текстура с тонкими прослоями галита высаливания и глинистыми минералами. Смена режима седиментации в карналлитовых водоемах отмечается появлением слоев глинистой каменной соли с хорошо выраженной полосчатой текстурой и многолетними галопелитовыми прослоями. Эти слои являются маркирующими. По ним карналлитовые пласты подразделяются на слои. Так, в пласте В выделяются шесть слоев и т. д. [375].

На части площади карналлитовые породы замещаются пестрыми сильвинитами, которые иногда, в свою очередь, частично замещаются каменной солью. Образуются так называемые зоны замещения, которые на больших площадях развиты вдоль восточной границы бассейна и особенно на северо-востоке южной его части. На остальной площади пестрые сильвиниты в виде отдельных «островов» располагаются среди поля распространения карналлитовых пород. В большинстве случаев пестрые сильвиниты более высоких горизонтов располагаются над пестрыми сильвинитами нижерасположенных, иногда в пределах всего разреза (скв. 14, 96, 133, 262 и др.). В некоторых случаях пестрые сильвиниты залегают над замещенными каменной солью пластами сильвинитовой пачки (скв. 137, 269, 295 и др.). По подсчетам А. А. Иванова [130], для пласта Б пестрый сильвинит развит на 90% площади его распространения, для В — на 36%, Г — на 28%, Д — 13,5 и для вышерасположенных — не более 10—15%. Мощность карналлитовых горизонтов весьма непостоянна. Карналлитовые породы деформируются при образовании дисгармоничных складок течения пластов каменной соли. В связи с этим обстоятельством для карналлитовых пород характерны брекчиевидные текстуры. Глинисто-галитовые слои, расположенные внутри карналлитовых пластов, обыкновенно собраны в систему складок течения и разорваны на отдельные глыбы, распределенные на своем стратиграфическом уровне.

Пласты пестрых сильвинитов обладают более выдержанными мощностями, дробление в них не проявляется. Их средние мощности приблизительно в два раза меньше, чем карналлитовых пластов. В разрезе слоев пестрых сильвинитов глинисто-галитовые многолетние прослои располагаются на тех же стратиграфических уровнях, как и в соответствующих им карналлитовых пластах. Брекчиевидные текстуры в пестрых сильвинитах отсутствуют. Пестрый сильвинит характеризуется массивной текстурой и на части площади неясно-слоистой крупнозернистой, синей и голубой окраской части зерен галита, белыми, иногда с красной оторочкой, крупными преимущественно идиоморфными кристаллами сильвина [39, 40, 102].

Встречается еще одна разновидность сильвинитов, замещающая карналлитовую породу в сводовых частях соляных структур, доступных воздействию вод надсолевой толщи. Это маломощные слои буроватых и мясо-красных сильвинитов с яснослоистой текстурой и мелкозернистой структурой. Зерна сильвина ксеноморфные, иногда вытянутые вдоль слоистости. Галит более идиоморфный. Эти вторичные сильвиниты иногда располагаются до 32 м ниже верхнего контакта

соляной толщи [132]. Пласты каменной соли между калийными породами сильвинито-карналлитовой зоны сложены серыми разностями с хорошо выраженной неравномернополосчатой текстурой. Мощность их более постоянна, чем карналлитовых, и возрастает вверх по разрезу от 2—2,8 до 3—5,4 м. Общая мощность карналлитовой пачки на разведанной части месторождения 20—115, в среднем 60—70 м. Калийные породы в среднем составляют 45—50 м мощности пачки [74].

Выше сильвинито-карналлитовой пачки располагается покровная (верхняя) каменная соль. Мощность ее непостоянна и колеблется от 0 до 55 м, в среднем для отдельных участков 18—20 м. Изменения мощности связаны не с особенностями седиментации, а интенсивностью подземного выщелачивания. Мощность уменьшается на положительных формах рельефа поверхности соляной толщи. Над сводами некоторых из них она отсутствует. Светло-серая каменная соль этого горизонта обладает хорошо выраженной неравномернополосчатой текстурой. Она богаче многолетними «глинистыми» прослоями мощностью до 1 см, ритмично повторяющимися в разрезе через 3 — 10 см. Содержание нерастворимого остатка поднимается до 5%. Прослои пористой соли здесь, как правило, отсутствуют. Иногда наблюдаются вкрапленность или даже прослои калийных минералов.

Над покровной каменной солью залегает переходная (соляно-мергелистая) пачка, сложенная пластами мергелей, аргиллитов, глин и каменной соли. Разрез и мощность этой пачки изменяются в зависимости от рельефа поверхности соляной толщи. В депрессиях она возрастает до 157 м, а над положительными формами рельефа сокращается до 15 м, в среднем 100 м.

Число пластов каменной соли 2—10, мощность их — от долей метра до 10 м. Два нижних слоя развиты на всей территории бассейна, остальные в депрессиях поверхности покровной каменной соли. Некоторые исследователи под переходной пачкой склонны понимать только часть разреза с этими двумя пластами мощностью 4—6 и до 25 м, в среднем 14,7 м [7]. Переходной пачкой заканчивается разрез ирени. Каменная соль переходной пачки серая, разных оттенков, с неясно выраженной полосчатой текстурой, с неравномернозернистой структурой, внешне мало отличается от покровной каменной соли.

Породы березниковского комплекса восточнее площади распространения соляной толщи сменяются поповским фациальным комплексом (поповская свита), сложенным серыми и темно-серыми мергелями, глинами и аргиллитами с прослоями алевролитов и линзами каменной соли. Мощность этого комплекса 400—500 м.

Далее на восток выделяется кошелевский фациальный комплекс. В его разрезе доминируют алевролиты и аргиллиты. В подчиненном количестве встречены прослои глин, ангидрита. Попадаются линзы каменной соли. Мощность комплекса 100—350 м. Выше в разрезе располагаются породы уфимского яруса верхней перми, преимущественно терригенно-карбонатные и терригенные, в объеме

которых выделяются соликамский и шешминский горизонты. Раньше соликамский горизонт подразделялся на глинисто-мергелистую и расположенную над нею известняково-мергелистую толщи [131]. В связи с отсутствием резко выраженной границы между этими толщами в настоящее время их объединяют в одну терригенно-карбонатную, относя ее целиком к соликамскому горизонту [7].

На сводах соляных структур глинисто-мергелистая толща обнажается под четвертичными породами. На остальной площади она перекрывается плитняками. Только при значительном погружении поверхности соли появляются породы шешминского горизонта.

Нижняя часть разреза (глинисто-мергелистая толща) сложена чередованием серых и буровато-серых мергелей, глинистыми известняками, иногда доломитизированными, и доломитами. Чаще мощность этой толщи изменяется в интервале 40—90 м. Выше залегают зеленовато-серые и серовато-бурые плитчатые глинистые известняки и мергели (плитняки), переслаивающиеся с алевролитами и песчаниками. Мощность пород соликамского горизонта 10,7—159,2, средняя 105 м.

Шешминский горизонт слагается породами пестроцветной толщи, развитыми в пределах почти всего калийного бассейна, за исключением сводовых частей ряда структур и восточной окраины бассейна. Толща сложена глинами, аргиллитами и алевролитами буровато-коричневыми и зеленовато-серыми с прослоями коричневато-серых известняков, мергелей и конгломератов. К некоторым горизонтам толщи приурочено медное оруденение (халькозин, борнит, халькопирит, ковеллин, куприт). Мощность пластов, обогащенных медью, 1,3—12,0 м. Мощность толщи 7—675, средняя 102 м. Наибольшая мощность отмечена для Дуринского прогиба.

Выше располагается белебеевская свита казанского яруса. Ее отложения известны пока только в Дуринском прогибе. Породы яруса обладают более яркой красно-бурой окраской песчаников, аргиллитов и глин.

Мезозойские и палеогеновые отложения в районе не известны. Неогеновые породы развиты в пределах узкой полосы на западе Соликамской впадины в основании разреза пород пра-Камы и на небольшом участке в долине р. Боровицы (у с. Селище). По Г. И. Горецкому [81], в основании разреза залегают продукты перемыва коренных пермских пород. По обильным растительным остаткам их возраст определен как миоценовый. Они перекрываются преимущественно глинистыми отложениями плиоценового возраста (5—8 м). Общая мощность неогеновых пород достигает 75 м. Они развиты в пределах полосы длиной 5—8 км (отложения Усольреки [81]).

Наиболее полный разрез антропогеновых пород известен на западе Соликамской впадины — в полосе пра-Камы и современной Камы (50—60 м), где бурением обнаружены различные по минеральному составу и крупности пески, супеси, суглинки, глины, мергели. По возрасту это нижне- (соликамская, веденеевская и орловская

свиты), средне- (нижнекривичская, верхнекривичская и днепровская свиты), верхнеантропогеновая (II и I надпойменные террасы) и голоценовые (осадки высокой поймы и прирусловые) породы. На водоразделах — элювий коренных пород, перигляциальные и делювиальные суглинки.

Типы подземных вод. Соликамская впадина представляет собой своеобразную гидрогеологическую провинцию, специфика которой определяется мощной толщей солей. Ее положением в разрезе выделяются горизонты надсолевых и подсолевых вод и рассолов [93].

В породах соляной толщи при проходке многочисленных разведочных скважин и шахтных стволов признаков обводненности соляных пород не наблюдалось. В горных выработках калийных рудников были констатированы слабо выраженные локальные рассолопроявления (увлажнения, капеж, выбросы).

О подсолевых водах имеется мало сведений. При бурении опорной скв. 1 (у г. Березников) были собраны пробы воды из карбонатных пород ассельского горизонта на глубине 1395 м. Эти воды напорные (напор порядка 1300 м). Их состав:

$$M268\,\frac{Cl100}{Na82Ca12}.$$

Они содержат до 300 мг/л сероводорода.

Имеются сведения о водах из карбонатных пород филипповского горизонта, вскрытых и изученных в скв. 99 у г. Березников. Обнаруженные здесь рассолы приурочены к 50-метровой толще слаботрещиноватых доломитизированных известняков. Состав их следующий:

$$M310\,\frac{Cl99SO_41}{Na86K3Mg9}.$$

Содержание брома 162 мг/л. Температура рассола около 15° С. Напор 876 м. При понижении уровня на 45 м расход составил 0,1 л/сек. Коэффициент фильтрации 0,005 м/сутки.

В ряде горных выработок на действующих рудниках при бурении шпуров и короткометражных подземных разведочных скважин из глинистых прослоев (коржей) в каменной соли у верхнего контакта калийных пород поступали в небольшом количестве рассолы. Иногда вместе с ними поступали и газы. Рассолы отличаются высокой минерализацией — 407—423 г/л; содержание $MgCl_2$ 192—200; $CaCl_2$ 192—200; NaCl 59—52 г/л; бром до 13,4 г/л; бром-хлорные отношения невысокие (65). По своему составу это метаморфизованные маточные рассолы. Запас их ограничен [93]. Кроме маточных в гораздо бо́льших количествах накапливаются рассолы, образованные за счет вод конденсации из воздуха, поступающего для проветривания рудника, и рассолы из камер с мокрой закладкой.

Надсолевые воды изучены более полно. Весьма существенно наличие рассолов в контактной зоне соляной толщи. Они распространены на ограниченных участках над сводами соляных структур,

там, где развит карстогенный контакт с покрывающими породами. Здесь присутствуют типичные рассолы растворения, созданные за счет вод, проникающих сверху. Дебиты скважин, встретивших эти рассолы, составляют 5—15 м³/ч. «Горизонт напорный: уровень воды в рассолодобывающих скважинах в районе Березников устанавливается на глубине 20—30 м, а высота напора составляет 120—150 м. ... По составу рассолы являются близкими по насыщению хлор-натриевыми с минерализацией до 320 г/л (плотность около 1,2). В рассолах содержится небольшое количество сернокислого, хлористого и двууглекислого кальция, хлористый магний и очень незначительное количество брома, а также сероводород. Температура рассолов 4—6° С. Типичный состав рассольных вод следующий (экв. %): $Na^+ + K^+$ — 48,02—48,13; Cl^- — 49,0—49,25; SO_4^{2-} — 0,7—0,9. Сумма солей 190,8—319,0 г/л» [349, с. 44, 45]. Состав солей рассола изменяется в связи с особенностями разреза закарстованных пород. На сводах Березниковской структуры растворяются не только покровная каменная соль, но и верхние горизонты карналлитовых пород. В связи с этим в рассольных водах появляются магний и калий.

Подземное выщелачивание наиболее интенсивно проявляется в сводовых частях соляных структур. Над ними, как правило, отсутствуют слои каменной соли в переходной толще. В различных структурах соляным зеркалом вскрываются разные части разреза соляной толщи. Там, где выщелачиванием не уничтожена вся покровная каменная соль, а осталось хотя бы 5—6 м, уже происходит образование вторичных сильвинитов по карналлитовым породам. В некоторых случаях на соляное зеркало выходят породы верхней части карналлитовой пачки (Березниковская брахиантиклиналь). Предельная глубина среза — до верхней части нижней каменной соли (Клестовская структура). При приближении к соляному зеркалу карналлитовые породы сменяются сильвинитами. Создается своеобразная сильвинитовая шляпа карналлитовых пород [132].

Хорошо изучены процессы, связанные с карстованием сводов соляных брахиантиклиналей Камско-Вишерского вала. Здесь в глинисто-мергелистой толще соликамского горизонта кроме образования гипсовых шляп (содержание гипса выше 40%) выявлены превращение мергелей в глины, широкая доломитизация, загипсование и гематитизация. Как уже отмечалось, над закарстованными сводами структур в понижениях рельефа накапливаются миоценовые и плиоценовые породы.

Имеющийся фактический материал по гидрогеологическому опробованию переходной толщи не достаточен для выявления закономерностей распределения в ее объеме рассолов, их состава и дебитов. По-видимому, рассолы не имеют сплошного распространения.

В расположенной выше глинисто-мергелистой толще соликамского горизонта установлено наличие напорных вод с напором при пересчете на пресную воду до 180—200 м. Солевой состав вод этой толщи закономерно меняется при движении по разрезу вверх. В нижней части обнаружены хлоридно-натриевые рассолы (минерализация

до 290 г/л), иногда с сероводородом (до 100 мг/л). При опробовании вод более высоких горизонтов установлен переход их в сульфатные и у верхнего контакта в ряде мест в гидрокарбонатные (минерализация 0,25—0,7 г/л).

«Воды известняково-мергелистой (плитняковой) толщи наиболее обильны, обусловлено это высокой трещиноватостью и водопроницаемостью плитняков. Коэффициент фильтрации их в среднем около 50 л/сутки, хотя нередко достигает 200 л/сутки. Удельный дебит скважин варьирует в пределах 7—50 м³/ч. Горизонт широко эксплуатируется для бытового и технического водоснабжения при дебите скважин 200—300 м³/ч. Отдельные источники имеют дебит 500 м³/ч и более (Горухинский источник на р. Боровице обладает дебитом 1500 м³/ч). Водообильность плитняковой толщи возрастает в сводовых частях брахиантиклиналей и уменьшается в синклиналях... Воды известняково-мергелистой толщи обычно напорные. На участках, прилегающих к промышленным предприятиям, наблюдается влияние на состав вод твердых и жидких отходов производства. Было установлено повышение содержания хлоридов в районе Соликамского и Березниковского комбинатов. Плитняковый горизонт имеет крупное значение как носитель основного запаса подземных вод и как фактор обводнения всего надсолевого комплекса» [349].

Воды известняково-песчаниковой толщи (30—60 м) в зоне свободного водообмена — пресные. В связи с фациальной неустойчивостью этой толщи на значительных площадях не встречаются выдержанные и надежные водоупоры в кровле и почве, поэтому отсутствуют выдержанные на больших площадях водоносные горизонты. Коэффициент фильтрации обыкновенно изменяется от долей до 1 м/сутки с удельным дебитом скважин, чаще не превышающим 1—2 л/сек. Воды пестроцветной толщи шешминского горизонта гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией 0,2—0,3 г/л. В низовьях долин притоков Камы и в синклиналях минерализация этих вод более высокая.

«Подземные воды толщи слабонапорные, приурочены к маломощным линзообразно залегающим прослоям трещиноватых песчаников и алевролитов. Количество и мощность горизонтов в разрезе толщи в разных районах бассейна меняются в довольно широких пределах. При опробовании откачками интервала пестроцветной толщи удельные дебиты скважин не превышали 0,4—0,5 л/сек, коэффициент фильтрации — преимущественно порядка десятых—сотых долей метра в сутки» [93, с. 4—5]. В связи с ограниченной площадью распространения неогеновых отложений их воды для калийной промышленности не имеют практического значения.

Среди вод четвертичных пород наибольшее значение имеют те, что связаны с аллювием речных долин. «Воды аллювиальных отложений достаточно обильны. Коэффициент водопроницаемости аллювиальных песков обычно изменяется в пределах 4,5—2,5 м/сутки и в суглинках снижается до 0,2 м/сутки. Уровни вод залегают

неглубоко. Воды аллювия пресные, по составу сходные с водами рек. По химическому типу — бикарбонатно-кальциевые, с сухим остатком 0,3—0,6 г/л, жесткостью 2—3 мг-экв и содержанием Cl до 15 мг/л, SO_4^{2-} — до 10 мг/л» [349, с. 40].

Воды всего надсолевого комплекса — атмосферные, инфильтрационные.

Сильвиниты калийного бассейна. В соляной толще Верхнекамского бассейна развиты следующие разновидности сильвинитов: красные, полосчатые, пестрые и сильвиниты шляп зоны гипергенеза.

Красные и полосчатые сильвиниты обладают четко выраженной неравномернополосчатой текстурой, обусловленной многократным чередованием сезонных прослоев. Их полный набор состоит из: 1) тонкого (1—3 мм) глинисто-карбонатно-ангидритового прослоя, как правило, весеннего образования; 2) перистого темно-серого галита (10—30 мм), образовавшегося на дне в осадке преимущественно в результате высаливания; 3) прослоя светло-желтого галита с мелкими «лодочками» (15—30 мм), образованными на поверхности водоема в летний период; 4) сильвинитового прослоя с красными и оранжево-красными зернами сильвина (20—50 мм); скелетные формы сильвинитовых зерен, как правило, отсутствуют. Как показал Г. Г. Уразов [325], выпадение в осадок зерен сильвина связано с охлаждением рассола, т. е. с осенне-зимним периодом. Над сильвинитовым располагается прослой мелкозернистой соли высаливания. Интенсивная окраска зерен сильвина придает породе своеобразный оттенок, отличный от других разновидностей.

Полосчатый сильвинит А сложен 40 годичными пачками из глинистых прослоев (1—3 мм). Галитовый прослой черный или темно-серый внизу, голубоватый в верхней части из-за присутствия синих и индигово-синих зерен галита. Сургучно-красный сильвин в нижней половине пласта постепенно сменяется на бледно-красный, розовый и почти белый. Также постепенно меняется и размер зерен сильвина; от 2—3 мм в нижней части пласта до 5—7 мм — в верхней.

От описанных двух разновидностей резко отличаются пестрые сильвиниты пачки сильвинито-карналлитовых пород. Прежде всего они имеют контрастную окраску: белые крупные кристаллы сильвина, иногда с красной оторочкой, сочетаются с серыми, иногда голубыми, синими зернами галита; отличаются крупнозернистостью (2—5 см) и нечетко выраженной сезонной полосчатостью. Часто пестрый сильвинит производит впечатление массивной породы. На некоторых участках он по окраске зерен становится менее контрастным, как бы сереет. Переходы к яркоокрашенным разностям постепенны. Во всех пестрых сильвинитах расположение в разрезе глинистых прослоек и многолетних галитовых точно совпадает с их положением в разрезе соответствующих карналлитовых пород. Ритмограммы этих пород совпадают в деталях. Мощность пестрых сильвинитов примерно в 2 раза меньше мощности карналлитовой породы. Сильвиниты зоны гипергенеза развиты преимущественно в средней части бассейна.

Сильвинитовая пачка состоит из трех пластов красных сильвинитов (Кр. III, Кр. II, Кр. I) и полосчатого (А). Пласт Кр. III развит на преобладающей части площади бассейна (2696 км²). Он состоит из трех слоев красных сильвинитов (Кр. IIIв, Кр. IIIб, Кр. IIIа) со средними мощностями 1,0; 1,55, разделенных слоями каменной соли (Кр. IIIв — Кр. IIIб; Кр. IIIб — Кр. IIIа) мощностью 1,85, 0,86 м (цифры заимствованы из записки Ю. А. Третьякова).

Мощность пласта Кр. III, м

Части бассейна		Средняя
Северная	2,30—5,70	3,86
Центральная	0,20—11,00	4,16
Южная	0,40—10,28	5,10

Пласт Кр. III пересечен на полную мощность 271 разведочной скважиной и рядом подземных горных выработок калийных рудников. На западе южной части бассейна развиты все три слоя. В средней и северной частях на большой площади отсутствует нижний, иногда нижний и средний слои, на небольшой площади все три слоя замещены каменной солью.

Несовпадение границ распространения отдельных слоев в восточной части бассейна связано с фациальными особенностями калийного водоема того времени. В районе этих границ калийные слои обогащаются галопелитовыми прослоями и переходят в глинистую каменную соль. Отсутствие сильвинитов в поле распространения пластов связано с замещением сильвинитов каменной солью. В этом случае, как правило, зоны замещения вышерасположенных слоев находятся внутри контура нижезалегающих. Слой Кр. IIIа развит на большей площади калийного бассейна (84%).

Содержание KCl по бассейну для пласта Кр. III, %

Части бассейна		Среднее
Северная	5,3—15,8	10,2
Центральная	4,3—37,6	13,2
Южная	7,1—44,7	18,1
Среднее по бассейну	4,3—44,7	16,6

Судя по цифрам, содержание сильвина для различных частей бассейна не одинаково. Здесь четко вырисовывается отмеченная выше закономерность повышения качества сильвинитов в южном направлении.

Содержание KCl для слоев пласта Кр. III, %

Части бассейна	Кр. IIIа	Кр. IIIб	Кр. IIIв
Северная	13,1—27,5 (20,9)	13,0—20,7 (16,2)	—
Центральная	5,3—40,6 (23,1)	8,3—35,0 (18,6)	5,9—34,7 (17,2)
Южная	11,6—56,6 (34,5)	12,7—50,5 (24,0)	7,0—55,1 (28,1)

Примечание. В скобках дается среднее значение.

Сопоставляя цифры, мы видим, что наиболее богат сильвином верхний слой. Южная часть бассейна отличается высоким качеством нижнего слоя. Для всех трех слоев намечается улучшение качества при передвижении на юг бассейна.

Из приведенных цифр видно, что Кр. III по качеству может представить практический интерес только на некоторых участках южной части бассейна. Но в связи с его небольшой мощностью самостоятельная добыча не рентабельна. Его можно разрабатывать совместно с двумя верхними. На всей остальной площади промышленный интерес представляют два верхних слоя, которые могут разрабатываться только совместно с разделяющей их каменной солью (мощность 1,5—2,0 м).

Ниже приведено содержание сильвина по двум верхним слоям. Практический интерес они могут представить только на отдельных участках площади южной части месторождения.

Содержание KCl для слоев Кр. IIIб — Кр. IIIа, %

Части бассейна		Среднее
Северная	11,4—15,8	13,4
Центральная	8,2—24,7	15,4
Южная	9,2—44,7	21,9
Среднее по бассейну	8,2—44,7	19,6

При оценке сильвинитов, особенно как сырья для флотации, имеет большое значение содержание нерастворимого в воде остатка. Среднее его содержание для Кр. IIIа—Кр. IIIб составляет для северной части 1,9; центральной 3,0 и южной 3,4%. В целом по бассейну 3,2%, на преобладающей части бассейна не превышает 2,5%. Вблизи границы распространения описываемых пластов на юго-востоке южной части бассейна содержание н. о. быстро возрастает, достигая 14 (скв. 102), 18,7 (скв. 410) и на самом юго-востоке даже 26% (скв. 422).

Для оценки возможности разработки пласта Кр.III существенную роль играет мощность пластов соли Кр. III—Кр. II: в краевых частях бассейна около 1 м, на большей площади средней полосы около 2 м, а в сводовых частях структур значительно возрастает. Так, по рудничной брахиантиклинали мощность этого пласта 8 м (скв. 68).

Средний химический состав каменной соли Кр. III—Кр. II, %

Шахтные поля	KCl	$MgCl_2$	NaCl	$CaSO_4$	н. о.
Соликамское	1,2	0,2	93,8	2,6	1,6
Березниковское	2,1	0,3	90,2	2,4	3,7

Наибольшее промышленное значение среди пластов калийных пород бассейна имеет Кр.II. Он развит в пределах всего бассейна на площади 3226 км² (в северной части бассейна 1106, центральной 910 и южной 1210 км²). Он вскрыт 320 разведочными скважинами, 9 шахтными стволами, большим количеством подземных скважин и другими горными выработками всех калийных рудников.

Пласт Кр. II делится на семь слоев. Все нечетные представлены сильвинитами, четные — каменной солью с единичными сезонными прослойками сильвинита. В разрезе пласта доминируют сильвиниты, на их долю приходится 80% мощности. Сильвинитовые прослои составляют 40—50% мощности слоя.

Мощность пласта Кр. II по частям бассейна, м

Части бассейна		Средняя
Северная	1,8—6,7	3,4
Центральная	0,9—10,9	5,1
Южная	—	—
Среднее по бассейну	0,8—10,2	5,0

Наименьшие мощности слоя на периферии бассейна (2 м и менее). Наибольшие (чаще выше 8 м) *приурочены к сводовым частям соляных* структур. Пласт мощностью, превышающей 6 м, развит на небольших площадях. На преобладающей площади бассейна его мощность 5—6 м. Мощность менее 5 м чаще связана с замещением части пласта каменной солью.

Содержание KCl в пласте Кр. II, %

Части бассейна		Среднее
Северная	11,8—24,9	16,5
Центральная	6,5—30,2	23,0
Южная	17,2—54,2	34,3
Среднее по бассейну	6,5—54,2	30,2

Для пласта Кр. II намечается та же закономерность, что и для пласта Кр. III. Содержание сильвина возрастает в южном направлении. Как показало сравнительное изучение циклограмм, это изменение качества руд происходит за счет относительного увеличения мощностей сильвинитовых сезонных прослоек при общем сокращении мощности пласта в целом в связи с уменьшением мощности галитовых сезонных прослоек.

К сожалению, при перемещении в востоку, особенно в южной части, увеличиваются мощности и число глинистых сезонных прослоек, и это обстоятельство приводит к общему увеличению содержания нерастворимого остатка в породе. Среднее содержание н. о. в северной части бассейна 1,4; в центральной 1,2 и южной 3,5%. Для северо-запада южной части бассейна на преобладающей площади содержание н. о. не превышает 2%. В юго-восточном направлении содержание его постепенно возрастает, а вблизи границы выклинивания оно быстро нарастает, достигая 30,6% (скв. 420).

Содержание $MgCl_2$ в пласте Кр. II в южной части бассейна изменяется от следов до 0,5%, сравнительно редко поднимаясь до 0,8%, среднее содержание для всей этой площади 0,3%. Содержание $CaSO_4$ изменяется в интервале 1,0—3,6, в среднем 1,9%.

Сокращение мощности пласта Кр. II или полное его отсутствие является результатом замещения, особенно в том случае, если замещенным оказывается пласт Кр. III. В своде Клестовской брахиантиклинали пласт Кр. II подвергается подземному выщелачиванию. Кровлей пласта Кр. II является каменная соль пластов Кр. II—Кр. I. В основании этой серой неравномернополосчатой породы располагается многолетний прослой тонкослоистой ангидрито-доломитовой породы. В восточном направлении в этой части разреза появляются дополнительные прослои. Увеличение их числа и мощности делает малоустойчивой кровлю и осложняет ведение горных работ. Средняя мощность этого пласта соли в северной части 1,6; центральной — 2,0 и южной — 1,7 м, в среднем по бассейну 1,8 м.

Верхний слой пачки красных сильвинитов Кр. I пересечен 302 разведочными скважинами. Развит он примерно на той же площади, что и пласт Кр. II. Слой наибольшей мощности располагается полосой в центре бассейна.

Мощность пласта Кр. I, м

Части бассейна		Средняя
Северная	0,7—2,8	1,2
Центральная	0,4—4,2	1,3
Южная	0,2—3,0	1,3
Среднее по бассейну	0,2—4,2	1,3

Содержание KCl и нерастворимого остатка в пласте Кр. I, %

Части бассейна	KCl	н. о.
Северная	14,1—30,1 (24,6)	1,6—3,8 (1,6)
Центральная	12,1—44,6 (25,7)	0,4—2,7 (1,2)
Южная	14,7—60,6 (39,2)	0,8—35,0 (4,0)
Среднее по бассейну	12,1—60,6 (34,8)	—

Примечание. В скобках дается среднее значение.

Разработка пласта Кр. I осложняется его малой мощностью. Там, где она кондиционна (выше 1,5 м), осложняющим фактором является недостаточная мощность межэтажного целика — каменной соли Кр. II—Кр. I. Средняя мощность пласта для центральной части 2 м, для южной 1,7 м. Поэтому Кр. I может разрабатываться только совместно с Кр. II.

При существующей системе работ Кр. I остается в межэтажном целике (Кр. II-А). Каменная соль Кр. II-А, в верхней части разреза которой в годовых пачках находятся сезонные сильвинитовые прослои, образующие слой A_1, обладает мощностью 1—3,5 м. Мощность этого слоя — наибольшая в сводовых частях структур. К окраинам бассейна она уменьшается.

Пласт А, самый верхний в сильвинитовой пачке, без промежуточной каменной соли сменяется пластом Б. В пределах площадей,

на которых пласт Б представлен пестрым сильвинитом, ведется *совместная добыча пластов* А и Б, поэтому мы приведем цифры по этим пластам в целом.

Пласт АБ — сильвинитовый, развит на площади 2929 км². Он пересечен 306 скважинами и горными выработками калийных рудников.

Мощность пласта АБ, м

Части бассейна		Средняя
Северная	1,3—6,8	3,0
Центральная	1,1—14,1	3,9
Южная	0,6—8,7	3,1
Среднее по бассейну	0,6—14,1	3,4

В тех случаях, когда пласт Б частично или полностью сложен карналлитовой породой, добываемая руда носит *название смешанной*. Высокое содержание магния делает невозможным переработку такой породы на существующих химической и флотационной фабриках. Пока не будет найдено способа ее рентабельной переработки или раздельной добычи, смешанная порода не может считаться рудой. По имеющимся данным пласт Б с пестрым сильвинитом развит на 80% площади, с карналлитовой породой на 19% и около 1% с каменной солью, замещающей пестрые сильвиниты.

Ниже приведено содержание $MgCl_2$. Значительные его колебания связаны с резко меняющейся мощностью карналлитовой породы пласта Б.

Содержание $MgCl_2$ в смешанных рудах, %

Части бассейна		Среднее
Северная	9,2—12,9	11,0
Центральная	2,9—15,6	10,3
Южная	1,8—17,7	8,7
Среднее по бассейну	1,8—17,7	9,1

Так же как и у нижерасположенных сильвинитовых пластов, мощность АБ сокращается на периферии площади бассейна, увеличивается в центральной полосе и дает максимальные значения в сводах брахиантиклиналей. В тех местах, где пласт Б представлен карналлитовой породой, мощность его увеличивается почти вдвое.

Содержание KCl и нерастворимого остатка в пласте АБ сильвинитовом, %

Части бассейна	KCl	н. о.
Северная	14,2—51,4 (31,5)	1,2—4,2 (2,3)
Центральная	17,3—45,4 (33,5)	0,6—8,5 (1,5)
Южная	18,1—57,6 (40,8)	0,6—16,1 (3,9)
Среднее по бассейну	14,2—57,6 (37,9)	0,6—16,1 (0,6)

Примечание. В скобках дается среднее значение.

Как видно из приведенных цифр, АБ сильвинитовый по качеству слагающих его пород является наиболее богатым. Содержание сильвина возрастает в южном направлении, а нерастворимого остатка — в юго-восточном.

Как уже отмечалось, пестрые сильвиниты обнаружены во всех горизонтах карналлитовой пачки. Отдельные участки пестрых сильвинитов располагаются внутри поля распространения карналлитовых пород, а также обрамляют их с востока. Площади их распространения сокращаются по мере перехода к более высоким горизонтам.

Приблизительно в половине случаев пестрые сильвиниты зоны замещения отдельных пластов располагаются друг над другом, причем каждый из вышерасположенных участков замещения располагается внутри контура проекции всех нижерасположенных. В трех скважинах (96, 133, 269) обнаружено замещение пестрыми сильвинитами всех карналлитовых пород сильвинито-карналлитовой пачки, все нижерасположенные сильвинитовые пласты оказались замещенными каменной солью, т. е. здесь имело место замещение всех калийных пластов двух пачек. В пяти других скважинах (14, 126, 274, 277, 282) замещенными оказываются все карналлитовые породы при сохранившихся сильвинитовых. Из 32 выделенных А. А. Ивановым разведочных скважин в восьми оказались замещенными все пласты карналлитовых пород. В 19 из 32 скважин зоны замещения располагаются над замещенными ниже.

Состав пестрых сильвинитов по скважинам, пройденным в пределах Соликамского и Березниковского шахтных полей, приведен в табл. 9 [131].

Из приведенных данных видно, что пестрые сильвиниты — богатые руды. Как и для красных сильвинитов, в районе г. Березников в их составе несколько увеличивается содержание ангидрита и нерастворимого остатка. Четко выраженного увеличения содержания KCl в районе Березников, в противоположность наблюдаемому для красных сильвинитов, здесь не обнаружено.

Таблица 9

Состав пестрых сильвинитов для Соликамского и Березниковского шахтных полей, %

Пласты	Соликамское					Березниковское				
	KCl	$MgCl_2$	NaCl	$CaSO_4$	н. о.	KCl	$MgCl_2$	NaCl	$CaSO_4$	н. о.
К	20,9	0,2	76,7	1,0	0,9	21,6	0,2	74,7	1,4	1,1
И	30,6	0,2	67,0	0,9	1,3	29,0	0,4	66,4	1,8	2,1
З	23,6	0,2	69,1	1,5	5,6	27,0	0,2	68,6	1,4	1,9
Ж	31,0	1,2	65,2	1,3	1,4	27,9	0,9	66,9	2,0	1,8
Е	27,0	0,1	70,0	1,3	1,6	28,0	0,2	66,9	1,8	2,6
Д	21,3	0,2	72,2	2,0	3,8	20,8	0,5	71,0	2,3	4,1
Г	24,8	0,4	70,4	2,1	2,8	21,3	0,6	68,2	2,3	6,1
В	32,8	0,2	63,5	1,6	1,6	29,6	0,3	61,8	2,1	5,4
Б	38,7	0,3	57,9	1,7	1,3	36,8	0,6	54,5	1,5	6,3

Сильвиниты зоны гипергенеза развиты преимущественно в средней части бассейна в сводах соляных структур, находящихся под воздействием просачивающихся сверху вод (Соликамская, Клестовская, Клепиковская структуры). Представлены они буровато-красными или бурыми неясно слоистыми разностями. 8—10-миллиметровые прослои сильвина в этих сильвинитах чередуются с тонкими прослоями зернистого галита и прерывающимися, иногда разорванными глинистыми прослоями (до 5 мм). В этих прослоях и между зернами галита и сильвина кроме ангидрита постоянно встречаются пластинчатые зерна гипса (до 2—3 мм). Встречается и псевдооктаэдрический магнезит, характерный для карналлитовых пород [132].

Сильвиниты сильвинитовых шляп отличаются высоким содержанием сильвина, обыкновенно более 20—25, иногда до 40%. В связи со своим положением в разрезе они не представляют практического интереса.

В заключение отметим общие для всех пластов закономерности. Все сильвинитовые пласты сильвинитовой пачки обладают наибольшими мощностями в средней части бассейна, достигая максимальных значений в сводовых частях брахиантиклиналей.

Содержание сильвина закономерно возрастает в юго-восточном направлении, достигая наибольших значений на юго-востоке южной части бассейна. Содержание нерастворимого остатка возрастает в восточном направлении, достигая максимальных значений на юго-востоке южного участка.

Мощности разделяющих пластов каменной соли уменьшаются в восточном направлении. По мере перемещения на юго-восток возрастают число многолетних глинистых прослоек и их мощности, особенно в нижних частях слоев. В связи с этим ухудшаются условия добычи сильвинитов, так как кровля их становится малоустойчивой.

Внутри контура распространения сильвинитов встречаются отдельные участки, где сильвинит замещен каменной солью, ритмограмма которой в деталях совпадает с ритмограммой соответствующего пласта сильвинита. Из пластов сильвинитовой пачки на всех предприятиях разрабатывается Кр. II и А. На небольших участках в южной части бассейна промышленными оказываются слои Кр. IIIа и Кр. IIIб, которые будут разрабатываться совместно. При изменении системы очистных работ в будущем возможна разработка и Кр. I.

Внутренняя тектоника соляной толщи. Толща послеверхнедевонских пород района Соликамской впадины обыкновенно делится на три тектонических этажа: нижний (подсолевой), средний (солевой) и верхний (надсолевой). Породы трех выделенных этажей реагировали на движение блоков фундамента неодинаково, и это обстоятельство явилось причиной различия их внутренней тектоники.

К сожалению, об особенностях внутренней тектоники нижнего этажа имеется мало данных. Он сложен комплексом спокойно

залегающих пород, образованных в условиях платформенного режима седиментации. При движении блоки фундамента были разделены разломами и перемещались как единое целое. В завершающий период развития Предуральского прогиба в Соликамской впадине блоки фундамента с породами подсолевого тектонического этажа были активизированы. Дифференциальные их движения наиболее четко начали проявлять себя в саргинское время артинского века. С этого времени блоки района Соликамской впадины были вовлечены в прогибание, достигшее наибольшей интенсивности в лунежское время, в течение которого была отложена мощная толща солей. С начала верхней перми прогибание резко замедлилось, и вся территория вернулась к платформенному режиму движений. С мезозоя начался медленный подъем, обусловивший континентальный режим территории Соликамской впадины вплоть до настоящего времени.

Бóльшим количеством сведений мы располагаем для освещения особенностей среднего этажа, используя для этой цели преимущественно данные бурения. Соляная толща в целом пересечена сравнительно небольшим количеством неравномерно распределенных скважин (10 пройдено при разведке калийных солей, 2 — Соликамским гидроузлом, 16 — при поисковых работах на нефть). Большинство скважин расположено в западной половине бассейна. Для разведки калийных солей пройдено более 500 скважин, большая часть которых пересекает соляную толщу до маркирующего горизонта.

В связи с отмеченными особенностями расположения скважин и глубины бурения наиболее обстоятельно изученным оказался рельеф поверхности каменной соли, карналлитовой и сильвинитовой пачек и маркирующего горизонта. В результате изучения горных выработок Соликамского и Первого Березниковского рудников были выявлены особенности внутренней тектоники соляных пород выше маркирующего слоя. При учете выявленных особенностей галокинеза были выделены следующие подэтажи: нижней каменной соли (от маркирующего до Кр. III), сильвинитовый (Кр. III—Кр. I-А), карналлито-сильвинитовый (нижняя часть пачки, преобладают калийные породы и пестрые сильвиниты А—Д), верхней каменной соли вместе с верхней частью разреза карналлито-сильвинитовой пачки (преобладает каменная соль).

Соляная толща в целом представляет собой огромную линзу, горизонтальная проекция которой около 7000 км^2. Полоса наибольших мощностей (до 500 м) в районе Соликамск—Березники расположена асимметрично, ближе к западному краю. Асимметрия наиболее четко проявляется в широтных сечениях, в которых также хорошо заметна дисгармоничность ограничивающих ее нижней и верхней поверхностей.

Нижняя поверхность представляет собой асимметричную брахисинклиналь. Ее слабоволнистая «донная часть» с отметками —559 м ограничена изолинией —460 м, и занимаемая площадь 500 км^2 (7% площади) расположена асимметрично ближе к западной границе. Разность отметок с наиболее низкой точкой (—559 м, скв. 4058)

на северо-востоке (—217 м, скв. 60) достигает 342 м. В связи с такой ориентировкой наиболее прогнутой части западное крыло обладает более крутым падением (около 1°), чем восточное.

Рельеф верхней поверхности резко отличается от нижней. Здесь четко выявляются отдельные брахиантиклинали и впадины. В. И. Копнин [163] выделил 26 локальных поднятий и 15 компенсационных мульд. Поднятия были объединены в три вала: Камско-Вишерский, Березниковский и Игумский [313]. Позднее был прибавлен еще Харюшинский [86].

Западный (Камско-Вишерский) вал вместе с ограничивающей его с востока Камской впадиной четко прослеживается на 200 км вдоль западного края распространения соляной толщи. Вал намечен по положению восьми структур от Чердынской на севере до Усольской на юге. Он располагается за границей распространения калийных пород.

Изучение рельефа поверхности соли в группе структур (Березниковская, Соликамская, Клестовская, Харюшинская и Пашковская) показывает, что они в совокупности образуют подковообразное поднятие, открытое на юг и обрамляющее Тверитинскую впадину, ограниченную на юге Дуринским прогибом. Наличие этого дугообразного поднятия делает маловероятным существование валов в пределах распространения калийных солей.

Всеми проведенными до настоящего времени работами наиболее обстоятельно изучена южная половина Средней и северная Южной частей бассейна, т. е. территория, в пределах которой расположены участки разведочных работ и действующие предприятия. Сюда входят Березниковское и Соликамское поднятия, Клестовская брахиантиклиналь, смыкающаяся в северо-восточной части дуги с Харюшинской. Восточная ветвь дуги заканчивается на юге Пашковской брахиантиклиналью, ограниченной с юга широтным Дуринским прогибом. Дуга этих поднятий обрамляет Тверитинский прогиб (площадь 70 км^2) с максимальным погружением кровли соли до 124 м (скв. 294). Восточнее Березниковской структуры располагается Дурыманская впадина.

При рассмотрении рельефа поверхности каменной соли заметно постепенное уменьшение амплитуд поднятий в восточном направлении. Разность отметок поверхности соляной толщи в Камском прогибе и на сводах ближайших структур достигает 390 м, а на востоке не превышает 40 м.

В пределах Соликамской впадины западные крылья всех соляных структур более крутые, чем восточные. Так, у западных структур западные крылья падают под углами в среднем 5—6°, а у восточных — 2—3°. Восточные же крылья даже у западных структур падают под углами 2° 31′—1° 20′.

Разведочным бурением на калий и нефть были обнаружены широтно ориентированные прогибы с отличным геологическим строением — Дуринский (скв. 209 в 1957 г.) и Боровицкий (скв. 54, 58 и 289 в 1969 г.). Сведения об этих прогибах сообщены в работах

А. А. Иванова [131], В. И. Копнина и В. П. Наборщикова [164], А. И. Белоликова и Б. И. Сапегина [7]. Дуринский прогиб шириной 3—4 км прослежен бурением на протяжении около 30 км. В его границах только семью скважинами вскрыта подсолевая толща, по данным которых создается впечатление о спокойном залегании кровли этой толщи. Отмеченное у южной границы прогиба дизъюнктивное нарушение [3] в подстилающих соль породах обладает небольшой амплитудой — порядка 40—50 м. Над ровной поверхностью подстилающих пород соляная толща интенсивно дислоцирована. В пределах всей впадины растворена покровная каменная соль, и на преобладающей ее площади отсутствуют зоны калийных пород.

Создается впечатление, что в пределах полосы прогиба происходило интенсивное движение соляных пород в поле более спокойного проявления соляной тектоники, характерной для восточной части Соликамской впадины. Очевидно, перемещение солей сопровождалось подземным выщелачиванием. Движения соли наиболее интенсивно проявлялись во время отложения известково-мергелистой толщи [131, 134]. Несогласно на породах известково-мергелистой толщи, иногда с хорошо выраженным размывом нижележащих пород (профиль V[3, с. 70]), залегают пестроцветные породы шешминского горизонта. В центре восточной части прогиба (скв. 273[а], 450) эти породы залегают непосредственно на эродированной поверхности нижней каменной соли. Имеющийся фактический материал оставляет еще много невыясненных вопросов, связанных с образованием Дуринской впадины. Судя по всему, аналогичные дуринским условия залегания обнаружены и в Боровицком прогибе.

Для изучения особенностей галокинеза большое значение имеет изучение внутренней тектоники соляных структур. В связи с особенностями расположения шахтных полей Соликамского и Березниковского рудников до настоящего времени изучалась М. П. Фивегом и Б. М. Голубевым [75] внутренняя структура наиболее интенсивно дислоцированных Рудничной и Березниковской брахиантиклиналей. Об особенностях внутренней тектоники соляной толщи впадин в связи с небольшим объемом подземных выработок можно составить только приблизительное представление.

Все пачки, слагающие соляную толщу брахиантиклинальных структур, образуют систему дисгармоничных складок с более крутыми западными крыльями. В сводовых частях структур контакт с покрывающими соляную толщу породами карстогенный. В обеих структурах подземным растворением уничтожены каменная соль переходной толщи и покровная каменная соль. На Березниковской растворена и часть карналлитовой пачки. Это обстоятельство несколько маскирует картину общего увеличения мощности соляной толщи в сводах структур.

Для Соликамской и Березниковской структур было установлено, что все породы, слагающие соляную толщу, собраны в дисгармоничные складки течения разного порядка, моделирующие друг друга. Дисгармония проявляется в связи с неодинаковой пластичностью

пачек, пластов, слоев и в конечном счете сезонных прослоев слагающих породу.

Для того чтобы разобраться в закономерностях галокинеза соляной толщи Соликамской впадины, нужно установить следующий порядок складок: первый — складки сезонных прослоек, второй — слоев, третий — для пластов, четвертый — для пачек и пятый — структуры в целом (Березниковская, Рудничная и т. д.).

Форма и размеры складок зависят от их положения в структуре более высокого порядка. Все складки брахиантиклинали — с кулисообразным расположением. Их оси ориентированы в общем параллельно простиранию крыльев структуры V порядка. Складки любого порядка более интенсивно проявлены в сводовых частях складок следующего порядка. Так, складки III порядка наиболее интенсивно дислоцированы в своде складок IV порядка и т. д. Форма складок меняется от пологих, почти симметричных на восточных крыльях, до наклонных и на сводах опрокинутых и иногда лежачих в местах наиболее интенсивного нагнетания солей. У всех асимметричных складок осевые плоскости наклонены на запад. Складки III порядка в сильвинитовой пачке имеют высоту от 2 до 10—15 м при длине 10—20 м. Размеры складок IV порядка по высоте 3—12 м при длине от 20—40 до 100 м.

В пределах западного крыла Березниковской структуры севернее шахты 2 на площади около 2,5 га Кр. II замещен каменной солью. Этот менее податливый блок слабо дислоцирован и обрамляется синклиналью слоя АБ. В складках, обрамляющих этот блок с запада в пределах полосы 80—120 м, наблюдается наклон осевых плоскостей на восток.

Различные сезонные прослои, слагающие соляные породы, отличаются неодинаковой пластичностью. Это и является причиной дисгармоничности складок сезонных прослоев. В их сочетании наиболее деформированными оказываются прослои зернистого галита (рис. 37). Мощность этих прослоев сильно меняется. Зернистый галит накапливается в сводовых частях микроскладок. Менее пластичной оказывается каменная соль прослоев, сложенная мелкими лодочками галита.

Сезонные прослои образуют складки течения I порядка. Эти складки наиболее интенсивно развиты в сводовых частях (II порядка), затухают на крыльях и слабо проявляются в синклинальных частях. В связи с этой особенностью изменяется мощность слоя. Она возрастает в сводах за счет интенсивной складчатости сезонных прослоев (I порядка). В пласте, состоящем из ряда слоев, также проявляется дисгармоничная складчатость за счет их разной пластичности. При составлении ритмограмм каменной соли оказывается, что по преобладанию тех или иных сезонных прослоев она разбивается на механически неоднородные слои, пласты, которые собраны в системы дисгармоничных складок разного порядка.

При интенсивном движении галит подвергается перекристаллизации, при этом утрачиваются типичные для каждого сезонного

прослоя структуры. Границы годичных наборов улавливаются по обрывкам глинистых прослоев или полосам с более темной окраской, типичной для прослоев перистой соли. Перекристаллизация соли проявляется в средних частях разреза положительных соляных структур нижней каменной соли, а в нижней части разреза сохраняются сезонные прослои. Не захвачены перекристаллизацией породы пачки красных сильвинитов.

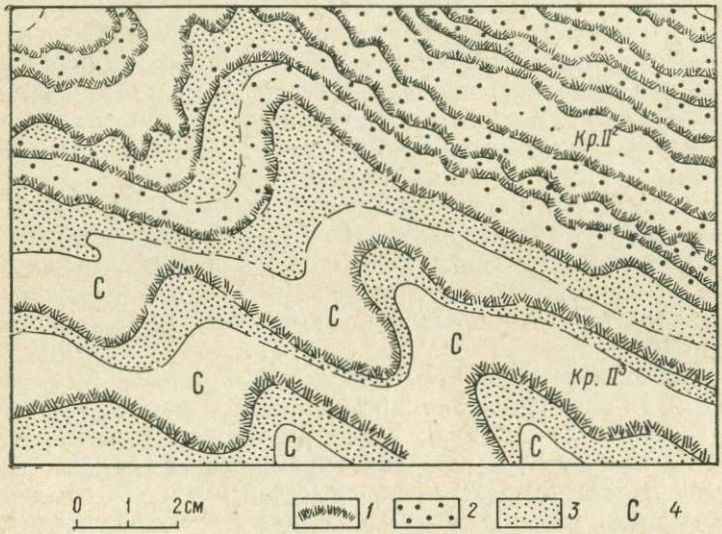


Рис. 37. Складки сезонных прослоев в сильвинитовой породе (Кр. II³) и каменной соли (Кр. II²).

Прослои: 1 — перистого галита, *2* — «лодочек» галита, *3* — зернистого галита, *4* — сильвинита.

Своеобразна внутренняя тектоника карналлитовых пород. Для карналлитовой пачки характерна резко выраженная дисгармоничная складчатость разделяющих карналлитовые породы пластов каменной соли (рис. 38). Маркирующие слои глинистой каменной соли внутри карналлитовой породы интенсивно гофрированы и разорваны на отдельные блоки. Карналлитовые породы легко деформировались. Дробление карналлита сопровождалось перекристаллизацией. При этом высвобождались газы, накапливающиеся в разгруженных объемах породы под сводами, где они создавали очаги поровых газов, вызывающие вывалы в горных выработках. В связи с этими особенностями мощность карналлитовой породы оказывается весьма непостоянной, особенно на площадях с интенсивно проявленной складчатостью пластов каменной соли. Так, мощность карналлитовой породы горизонта В на Соликамском руднике 0,7—34 м, а на Первом Березниковском калийном комбинате 3—17 м [74].

В сводовых частях структур V порядка в местах наиболее сильного течения соляных пород собранные в складки пласты каменной

соли, преимущественно ВГ и ГД, разорваны на отдельные глыбы, размещенные в карналлитовой породе. В этих местах породы соседних карналлитовых пластов непосредственно соприкасаются. Участки дробления обладают линейной ориентировкой. Горизонтальные проекции дробленых зон разных горизонтов иногда перекрывают друг друга. Зоны дробления в Рудничной брахиантиклинали располагаются в основном в своде и на участках наиболее круто падающих западных крыльев преимущественно в пределах шахтного поля Соликамского рудника.

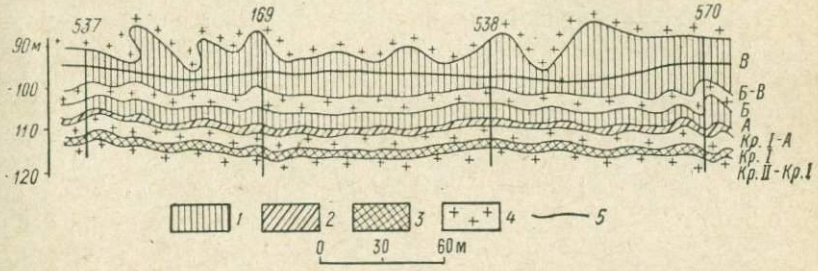


Рис. 38. Разрез части продуктивной зоны на I БКК (по Б. М. Голубеву, 1971 г.).
1 — карналлитовая порода (В и Б); *2* — полосчатый сильвинит (А); *3* — красный сильвинит (Кр. I); *4* — каменная соль (Б—В, А — Кр. I, Кр. I—Кр. II); *5* — почва камеры.

Работы по изучению внутренней тектоники с полной определенностью говорят о том, что образование соляных структур связано с галокинезом и что наиболее сложной внутренней тектоникой обладают западные структуры. Внутренняя тектоника свода Рудничной структуры сложнее Березниковской. Во впадинах она окажется наиболее простой.

Условия формирования. Соликамская впадина Предуральского прогиба возникла в завершающий этап его развития в иреньское время в западной части платформенного крыла прогиба. Мигрировавшая с востока ось прогиба в иреньское время располагалась западнее, в 16—20 км от положения, существовавшего в артинское время.

Вся докунгурская толща палеозойских пород здесь представлена платформенными образованиями. В конце артинского времени смена карбонатных пород саргинского горизонта карбонатно-терригенными дивьей свиты происходила почти в центре площади будущей Соликамской впадины. Следовательно, именно в этом месте в конце артинского времени располагалась западная граница предгорного прогиба, а к концу кунгура она переместилась на 25—20 км в западном направлении.

Породы филипповского горизонта в границах впадины обладают большей мощностью (120—180 м), чем на платформе. В их карбонатных горизонтах количество фауны резко сокращается. Обнаружены только редкие пелециподы. Постепенно карбонатные породы

по направлению на восток обогащаются прослоями и слоями терригенного материала, ангидриты же оказываются более выдержанными.

По увеличению мощности филипповского комплекса можно предполагать, что с этого времени обособилась Соликамская впадина и начали проявляться некоторые осложнения водообмена с морем платформы. Вероятно, в пределах впадины существовал более глубоководный бассейн, чем на прилежащих частях платформы.

В иреньское время возросла интенсивность прогибания дна Соликамской впадины. В ее границах мощность иреньских пород достигает 800—900 м. Относительное постоянство мощности подсолевого комплекса пород иреньского яруса говорит о достаточно равномерном прогибании дна всей впадины. При наличии ограниченной связи с морем платформы в разрезе подсолевой толщи ирени можно было ожидать образования трех соляных толщ, соответствующих гипсовым горизонтам пород платформы. Этого не произошло. Только в нижней части разреза на юге известны засоленные глины (скв. 1005), каменная соль у Березников (скв. 99) и два горизонта каменной соли (26 и 4,3 м) у Соликамска (скв. 33); по-видимому, они синхроничны ледянопещерской пачке. Выше по разрезу появляется еще один горизонт с солепроявлениями на юге (скв. 1005), а также у Соликамска маломощные слои каменной соли, которые, судя по всему, соответствуют времени отложения шалашинской пачки на платформе, но каких-либо следов соленакопления, синхронного демидовской пачке, пока не обнаружено. Соляные породы, отложенные в озерах, существовали, наверное, во время наибольшей изоляции впадины от моря платформы.

В породах подсолевой толщи березниковского комплекса намечаются фациальные отличия. На севере в их разрезе доминирующая роль принадлежит ангидритам (80% в разрезе у Чердыни), в центре преобладают мергели (70% в разрезе у Соликамска), а на юге появляются алевролиты и песчаники (10—15%). Следовательно, наиболее интенсивное воздействие уральской кластики проявлялось в основном на юго-востоке бассейна.

Породы подсолевого комплекса еще не настолько хорошо изучены, чтобы можно было судить об изменении глубин водоема. Сейчас нет оснований считать, что в начале седиментации подсолевой толщи и на заключительном этапе он был глубоководным. Весьма возможно, что бассейн конечного стока — Соликамская впадина — имел отрицательные отметки дна и заполнялся не доверху, т. е. колеблющийся уровень поверхности воды был гипсометрически ниже отметок воды бассейнов платформы.

Своеобразием соляной толщи является большая мощность сплошной каменной соли с ничтожной ролью в ее разрезе несолевых пород, к которым относится два-три слоя в основании разреза и так называемый маркирующий слой (1,5—2 м). Все это говорит об устойчивом балансе питающих солеродный водоем вод.

Распределение нерастворимого остатка в соляной толще — увеличение его содержания в юго-восточном направлении — говорит

о постоянном поступлении его с водами уральской суши. В течение всего срока седиментации соляных пород наблюдается неравномерное поступление кластики по восточному берегу. Оно было наиболее интенсивным в районе южного берега. Рассолы с морскими солями поступали со стороны западного берега. Количество ангидрита в соляной толще по западной периферии не возрастает. Следовательно, с запада поступали рассолы, близкие по насыщению NaCl. Вполне вероятно, что по западной окраине сообщение с морем платформы было осложнено полосой мелководья.

Об особенностях развития солеродного водоема получены интересные данные в связи с изучением распределения брома в разрезе соляной толщи, например работы Р. Э. Шлеймович и В. П. Ерехович по разрезу нижней каменной соли в скв. 99 у г. Березников. Прежде всего следует отметить, что образцы каменной соли у нижнего контакта содержат 0,0048—0,0076% брома с бром-хлорными отношениями 0,08—0,13. Эти цифры говорят о том, что в рапе солеродного бассейна, насыщенной по NaCl, содержание брома соответствовало полученному из воды современного океана.

По содержанию брома однородная мощная толща каменной соли может быть разделена на три части (см. рис. 38). Нижняя часть разреза мощностью около 87 м (до глубины 533 м) отличается зигзагообразной кривой распределения брома, отображающей непостоянство концентрации, неустойчивый режим питания. В некоторых образцах величина бром-хлорного отношения снижается до 0,04—0,05. Эта часть разреза соляной толщи охарактеризована Ю. В. Морачевским [238] по керну скв. 6 у Соликамска как содержащая большое количество ангидритовых и глинистых прослоев. Аналогичная картина отмечена В. А. Вахрамеевой и О. П. Горкун [41] для скв. 99. Снижение и непостоянство содержания брома в полном согласии с петрографическими особенностями каменной соли говорят о неустойчивости режима бассейна, периодическом заметном участии в балансе десцендентных рассолов за счет растворения каменной соли осушенных участков водоема. Вероятно, такой режим свойствен неглубоким водоемам.

Средняя часть разреза мощностью 150 м отличается небольшим разбросом значений бром-хлорных отношений, определяющим устойчивую концентрацию солей (бром-хлорное отношение в среднем около 0,14) на протяжении порядка 2 тыс. лет. В течение этого срока испарение компенсировалось притоком рассолов. Такая устойчивость концентрации может осуществляться только в водоемах с большим запасом рапы в сравнительно глубоких бассейнах. Следовательно, изменение режима могло быть обусловлено его углублением (до сотни метров).

После периода стабилизации плотности рапы отлагалась соль верхней части разреза мощностью 148 м, для которой характерен постепенный рост содержания брома в галите. Бром-хлорное отношение у нижнего контакта сильвинитовой пачки возрастает от 0,15 до 0,25. Т. е. садка сильвинита в бассейне началась из рапы

с содержанием брома ниже, чем у сгущенной до этого концентрации воды современного океана.

На кривой распределения брома не сказался перерыв во время отложения маркирующего горизонта в течение срока порядка 150—200 лет. Это могло произойти только в том случае, если садка солей была приостановлена в связи с изменением водного баланса водоема в виде избыточного поступления пресных вод с уральской суши, не превратившихся по пути следования в десцендентные рассолы, т. е. не растворившие большого количества солей. С этим положением не увязываются наблюдения Б. М. Голубева [74], который в выработках Первого Березниковского рудника описал несогласное залегание маркирующего слоя, срезавшего гребни складок каменной соли. Возможно, такие взаимоотношения существуют в соляных структурах, т. е. проявляются на отдельных приподнятых участках дна, где слои каменной соли находились в зоне пресных вод, а более концентрированные рассолы накапливались в депрессиях.

Следует отметить, что литология маркирующего слоя изучена недостаточно для уточнения обстановки его седиментации. Этот отрезок истории развития водоема требует дальнейших наблюдений. Для уточнения условий накопления калийных рассолов следует обратить внимание на увеличение количества прослоев галита высаливания в верхней части разреза подстилающей каменной соли. Они преобладают в каменной соли выше маркирующего слоя. Галит может высаливаться при смешении рассолов, насыщенных NaCl и близких по насыщению, с более концентрированными рассолами, в составе которых имеются калийные соли. Наличие сезонных прослоев зернистой соли указывает на существование в водоеме слоя рапы с калийными солями.

Садка калийных солей началась с сильвина. Сейчас, после работ Г. Г. Уразова [325] и А. Е. Рыковскова [289], не возникает сомнений в первичности сильвина и с позиций физической химии. Он мог выпадать только из метаморфизованных рассолов с пониженным, по сравнению с морскими, содержанием сернокислых солей и магния. Метаморфизация осуществлялась на ранних стадиях концентрирования растворов и происходила в промежуточных бассейнах—морях платформы [29].

При садке галита верхней части нижней каменной соли постепенно на дне в более глубоких частях бассейна начал накапливаться рассол, насыщенный по KCl. Объем его постепенно увеличивался. Отрицательный баланс по воде, связанный главным образом с сокращением поступления рассолов с платформы, приводил к увеличению объема рассолов, насыщенных по калийным солям, к общему сокращению воды водоема, а следовательно, и уменьшению его глубины. Садка калийных солей в Верхнекамском бассейне осуществлялась, как и в других местах, в неглубоких водоемах.

Садка сильвина происходила при охлаждении рапы [325] в осенне-зимний период и могла начаться в том случае, если рассол, насыщен-

ный калийными солями, попадал в активную зону. Если калийный рассол был покрыт мощным слоем галитового и находился в изотермических условиях, он мог способствовать только высаливанию галита.

Для всех пород сильвинитовой пачки наблюдаются общие закономерности изменения в содержании нерастворимого остатка и сильвина. Повышение содержания нерастворимого остатка является следствием увеличения мощности сезонных глинистых прослоев, появления в разрезе новых и увеличения мощности многолетних, особенно расположенных в кровле сильвинитовых пластов (коржи). В состав н. о. входят глинистые минералы (уральская кластика) и минералы высаливания (карбонаты, гипс); последние образованы при смешении вод верхнего слоя с нижерасположенным слоем рассола. Вполне возможно, что часть кластики заносится ветром. Режим бассейна определялся изменением этих двух основных статей баланса. При увеличении поступления уральских вод на поверхности рассолов создавался слой пресной воды. В это время на дне накапливались кластика, карбонаты и гипс высаливания. При сокращении притока уральских вод слой пресной воды уменьшался, и когда на поверхности оказывались рассолы, насыщенные по NaCl, в летний период на поверхности образовывались лодочки галита, которые, накапливаясь на дне, создавали летний прослой как в каменной соли, так и сильвинитах.

Рассолы с запада поступали неравномерно. Количество их изменялось периодически. При сокращении поступления водоем мелел, сокращалась мощность слоя рапы, насыщенной по NaCl. Если расположенный ниже слой, насыщенный калийными солями, попадал в зону, где сказывались температурные колебания года, то при понижении температуры выпадал сильвин.

Над каждым слоем сильвинита, особенно над пластами, расположены многолетние прослои галопелитов (коржи). Таким образом, прекращение садки сильвина всегда вызывалось появлением избыточного количества уральских вод. В это время они являются основной статьей баланса вод водоема. Эти воды создают во всем водоеме на поверхности слой пресной воды. Режим, навязанный таким балансом, существовал 50—60 лет (Кр. II). После испарения пресной воды возобновлялась садка галита.

На основании ритмограмм, составленных Г. М. Коноваловой, можно конкретизировать во времени особенность режима при седиментации пород сильвинитовой пачки. При седиментации пласта Кр. III дважды прекращалась садка сильвина: в первый раз на 40 лет (Кр. IIIв—Кр. IIIб), во второй — на 20 (Кр. IIIб—Кр. IIIа). При отложении Кр. II садка сильвина прерывалась трижды: на 40 лет (Кр. II^6), 22 года (Кр. II^4) и 11 лет (Кр. II^6). Более длительные сроки отделяют время садки сильвинитовых пластов: 55 лет (Кр. III—Кр. II), 100 лет (Кр. II—Кр. I), 115 лет (Кр. I—А).

Сильвинитовые бассейны существовали от 15 (Кр. II^3)—17 (Кр. IIIв, Кр. II^7) и до 35 лет (Кр. IIIб), а в короткие сроки существования

сильвинитовых бассейнов садка сильвина происходила не каждый год. Так, за 17 лет существования калийного водоема Кр. IIIв садка сильвина происходила в течение 8 лет, а в водоеме Кр. II^1 за 18 лет его существования сильвин садился в течение 15 лет. При седиментации пачки калийных солей, которая происходила примерно в 650 лет, садка сильвина происходила в течение 138 лет (21,5%).

Данные по содержанию брома в различных структурных разновидностях галита и сильвина, обработанные Р. Э. Шлеймович, позволяют уточнить ряд вопросов седиментации сильвинитов. Как уже отмечалось, в рапе перед началом садки первых прослоев сильвина содержание брома оказалось ниже нормального. Так, в нижнем годовом слое было определено содержание Br в зернистой каменной соли 0,0119%; $Br \cdot 10^3/Cl = 0{,}20$, что соответствует 57% нормы, а в красном мелкозернистом сильвине Br — 0,0473%; $Br \cdot 10^3/Cl = 0{,}96$, или 37% нормы. Р. Э. Шлеймович объясняет этот факт участием десцендентных рассолов и менее концентрированных морских вод. Содержание брома возрастает в межпластовой соли Кр.II—Кр.IIIа.

Как видно из табл. 10, содержание брома в зернистой каменной соли растет вверх по разрезу сильвинитовой пачки, достигая максимума на уровне Кр.II^5. Рост содержания брома в зернистой соли высаливания говорит о повышении его концентрации в рапе, насыщенной по KCl. В сильвине слоев Кр. II^3—Кр. II^5 наблюдается наиболее высокое содержание в сильвинитовых прослоях. Так, для Кр. II^5 в Березниках в среднем определено содержание брома 0,135 при 81,7% сильвина (113% нормы). Среднее для этого же слоя в Соликамске — 0,111 при 77,4% сильвина (96% нормы). Выше по разрезу как в галите, так и сильвине содержание брома снижается.

Эти цифры дают возможность установить, что содержание брома, а следовательно, и концентрация рапы не были одинаковыми для

Таблица 10

Среднее содержание брома в сезонных прослоях зернистой каменной соли, %

Сезонные прослои	Шахтные поля	
	Соликамское	Березниковское
А	0,0178	0,0177
Кр. I	0,0170	0,0172
Кр. II^1	0,0216	0,0219
Кр. II^3	0,0264	0,0276
Кр. II^5	0,0230	0,0283
Кр. II^7	0,0249	0,0276
Кр. $III^а$	0,0179	0,0227
Кр. $III^б$	0,0160	0,0186
Кр. $III^в$	0,0130	0,0121

Таблица 11

Содержание сильвина в сильвинитовых сезонных прослоях, %

Сезонные прослои	Шахтные поля	
	Соликамское	Березниковское
А	69,4	83,2
Кр. I	79,1	78,6
Кр. II^1	80,2	71,1
Кр. II^3	65,0	78,6
Кр. II^5	77,4	81,7
Кр. II^7	65,8	69,2
Кр. $III^а$	71,5	79,9
Кр. $III^б$	59,0	77,3
Кр. $III^в$	60,5	84,1

различных частей бассейна; в первую очередь это можно установить для Соликамска и Березников. Как видно из цифр табл. 11, содержание сильвина в сильвинитовых сезонных прослойках для Березников также оказывается более высоким. Сравнивая ритмограммы слоев этих районов, мы видим, что мощности сезонных галитовых прослоев для Березников меньшие, а сильвинитовых несколько большие при общем уменьшении мощности сильвинитовых слоев. Отмеченное изменение концентрации солей рапы можно объяснить наличием течений при общем перемещении рапы в южном направлении. Возможно, этому содействовал меньший приток морской воды в южном секторе западного берега.

Границей между А и Б отмечено начало садки карналлита в калийном бассейне. Произошло резкое изменение седиментационных парагенезисов, были образованы породы, различные по текстурам и структурам. В первые два-три года только на отдельных участках бассейна накапливались бочковидные кристаллы карналлита среди садки сильвина. Позже картина изменилась: среди сплошного накопления кристаллов карналлита на небольших участках выпадал сильвин.

Годовой набор сезонных прослоек для карналлитовых пород резко отличается от сильвинитового комплекса. Далеко не в каждом годовом слое в основании располагается прослой с ангидритом, карбонатами и минералами глин. Как правило, отсутствует прослой перистого галита. Большая часть мощности годичной пачки принадлежит крупным зернам карналлита, над которым часто располагаются прослои мелкозернистого галита высаливания.

Неравномерно полосчатая текстура карналлитовых пород на преобладающей площади их распространения уничтожена галокинезом. В настоящее время для карналлитовых пород наиболее типична текстура брекчий с перекристаллизованным карналлитом. В те промежутки времени, когда усиливалось поступление морской воды, прекращалась садка карналлитов и образовывались прослои или слои глинистого галита, маркирующие в пределах карналлитовых пластов. Если режим садки карналлита прерывался на более долгие сроки (на 30—100 лет), образовывались пласты каменной соли, разделяющие пласты карналлитовой породы. При седиментации пород карналлитовой пачки выше пласта Е возрастает время садки галита (30—80 лет) и сокращаются сроки существования карналлитовых водоемов (до 8—12 лет).

Слой Б в настоящее время залегает в пределах бассейна на площади 3000 км², но только на 560 км² он сложен карналлитовой породой, а на остальной — пестрым сильвинитом. Карналлитовая порода образует как бы отдельные крупные острова в центральной части бассейна. В пределах площади распространения карналлитовой породы обнаружены отдельные «островные участки» пестрых сильвинитов.

Площадь распространения пестрых сильвинитов восточной периферической зоны вверх по разрезу постепенно сокращается и увеличивается площадь, занятая карналлитовой породой. Вверх по

разрезу сокращается также площадь распространения пестрых сильвинитов внутри поля распространения карналлитовых пород. В ряде мест наблюдалось, что площади залегания этих сильвинитов располагаются одна над другой, постепенно сокращаясь вверх по разрезу. Часто площади вышерасположенные находятся внутри контура нижерасположенных. На части площади пестрые сильвиниты иногда замещаются каменной солью. Часто многоярусные пестрые сильвиниты, пронизывающие всю карналлитовую пачку, располагаются над участками красных сильвинитов и полосчатого А, замещенными каменной солью (скв. 99, 133, 269, 290).

О генезисе пестрых сильвинитов в литературе зафиксировано много различных точек зрения [39, 102, 132, 239, 283, 346]. В работах А. Е. Ходькова [346] и А. А. Иванова [132] дается обстоятельный разбор ранее высказанных гипотез. В работах отмеченных авторов перечислены по существу все возможные варианты образования пестрых сильвинитов: путем динамометаморфизма карналлитовых пород (Г. А. Бюллер, Е. Э. Разумовская, Ю. В. Морачевский), при седиментации (В. А. Вахрамеева, В. Н. Дубинина, Я. Я. Яржемский, Ю. А. Третьяков), диагенезе (В. А. Вахрамеева, А. А. Иванов), катагенезе в связи с прохождением через соляную толщу рассолов (А. Е. Ходьков). Несмотря на достаточно большой объем проделанных работ, нельзя считать генезис пестрых сильвинитов окончательно установленным.

Весьма вероятно, что генезис пестрых сильвинитов периферии и расположенных внутри поля карналлитовых пород неодинаков. Решение этого вопроса затруднено тем, что до сих пор не дано хорошего описания пестрых сильвинитов периферии. Все опубликованные данные по условиям залегания, петрографии, геохимии, микровключенным газам относятся к пестрым сильвинитам поля карналлитовых пород. Структуры пестрых сильвинитов неседиментационные. Они создавались при диагенезе и, вероятно, несколько осложнены при катагенезе. К началу интенсивного галокинеза пестрые сильвиниты существовали как порода. Если учитывать только взаимоотношение площади распространения периферических пестрых сильвинитов и карналлитовых пород, возникает предположение, что оно определялось фациальными причинами. Более тяжелые рассолы, богатые $MgCl_2$, накапливались в центральных, более глубоких частях бассейна, в пределах которых карналлит садился одновременно с сильвином периферии. Пока нет надежных данных для доказательства этого положения.

Пестрые сильвиниты внутри площади распространения карналлитовых пород по своим структурам, высокому содержанию рубидия и условиям залегания скорее всего образованы за счет карналлитовых осадков или карналлитовых пород. Взаимоотношения пестрых сильвинитов с окружающей их карналлитовой породой говорят о том, что пестрые сильвиниты созданы до начала проявления галокинеза, следовательно, при диагенезе или начале катагенеза. «Островное» залегание пестрых сильвинитов затрудняет объяснение при-

чины растворения карналлитового осадка на отдельных участках дна. Образование этих сильвинитов А. Е. Ходьков [346] связывает с разгрузкой вод из уплотнявшихся пород соленосной серии, расположенных ниже калийных солей.

Несмотря на наличие большого фактического материала по условиям залегания, петрографии и геохимии пестрых сильвинитов, к настоящему времени, исходя из опубликованных работ, приходится считать, что ни одно объяснение образования пестрых сильвинитов не получило общего признания. Один из недостатков фактического материала — отсутствие данных о газово-жидких включениях, которыми богаты пестрые сильвиниты и карналлитовые породы.

Об условиях образования пестрых сильвинитов, скрытых внутри площади распространения карналлитовых пород, было высказано много различных предположений. Прежние высказывания о седиментационном их происхождении модернизируются предположениями о том, что пестрые сильвиниты отлагались в пределах мелководных участков карналлитового водоема. Большинство авторов считают, что пестрые сильвиниты были созданы из карналлитовых осадков во время диагенеза. После короткого срока существования карналлитового водоема «К» садка карналлита не возникала. Процесс седиментации соляной толщи завершился существованием галитового бассейна. Наличие на его дне карналлитовых рассолов сказалось в преобладающей роли сезонных прослоев зернистой соли высаливания. Выше при отложении пород переходной пачки на сравнительно короткие промежутки времени возникали галитовые бассейны. Первый бассейн располагался на преобладающей площади впадины, а возникавшие позже представляли систему озер. Общая их площадь сокращалась. Эти озера располагались в более интенсивно прогибавшихся участках впадины. В разрезе переходной толщи зарегистрировано до 13 горизонтов каменной соли. В начале уфимского времени соляные озера располагались уже западнее площади Соликамской впадины.

После завершения седиментации соляная толща в течение верхней перми медленно погружалась. Область наиболее интенсивного прогибания все время смещалась на запад. Соленосная серия оказалась на восточном крыле платформенной впадины.

Общее погружение соляных пород было небольшим. Вероятно, оно не превышало 400—500 м. Особенности деформации соляной толщи говорят о том, что она не испытала тектонического воздействия со стороны Урала. Галокинез в солях проявлен преимущественно в средней части резреза западной половины бассейна. В общем галокинез не был интенсивным, так как даже в наиболее дислоцированных структурах, например Соликамской, в сильвинитовых породах сохранились первичноседиментационные структуры. Структуры течения четко проявлены только в средней части разреза нижней каменной соли [336].

В мезозое соляная толща вместе с вмещающими породами испытала небольшое поднятие. В миоцене у западной границы распространения

солей была врезана глубокая долина пра-Камы. С этого времени началось карстование соляных пород — каменной соли переходной толщи, а затем и сводовых частей соляных структур западной части калийного бассейна. Были образованы глинисто-гипсовые и сильвинитовые шляпы. Наличие в настоящее время рассолов на поверхности соляной толщи в пределах брахиантиклиналей и десцендентных хлор-натриевых вод источников в долине р. Камы и ее притоков, содержащих калий, говорит о том, что процессы растворения соляных пород не прекратились и теперь.

5. Верхнепечорский калийный бассейн

Соляные источники и рассольные скважины на междуречье Печоры и Колвы были известны с давних времен, а соляные породы обнаружены только в конце 1953 г. при бурении поисковых скважин на нефть на левом берегу р. Печоры, в 6 км на северо-запад от пос. Мамыль. Соль здесь была вскрыта двумя скважинами (249, 250) на глубинах 383 и 448 м. Затем она была обнаружена и в ряде других структурно-поисковых скважин. В 1954 г. в скв. 253 была вскрыта зона калийных солей мощностью 50 м (470—520 м), представленная чередованием пластов калийных пород (сильвинитов и карналлитовых пород) с каменной солью.

К началу 60-х годов в общих чертах определился контур соляной залежи, вытянутой в меридиональном направлении (125×50 км). Южная часть этой площади — в бассейне р. Колвы в Пермской обл., остальная — в пределах Троицко-Печорского района Коми АССР.

Судя по данным бурения, калийными солями наиболее богата западная часть площади распространения солей. Поэтому решено было предварительную разведку поставить в юго-западной части на водоразделе рек Березовки и Волосницы (рис. 39). Работы выполнялись трестом Войвожнефтегазразведка. Перед поисковыми работами была поставлена задача охватить площадь 300 км². Эта работа была выполнена в 1961—1963 гг.

Геология бассейна. Нижнеартинские породы на площади бассейна (бурцевский и иргинский горизонты) представлены органогенными и органогенно-обломочными слоистыми слабоокремненными серыми и светло-серыми известняками. Максимальная их мощность на юго-востоке бассейна 165—170, на западе 105—125 м.

Верхнеартинские (саргинский и саранинский горизонты) в западной части представлены чередованием темно-серых известковистых аргиллитов с серыми и зеленовато-серыми мергелями и темно-серыми известняками с обильной морской фауной (брахиоподы, криноидеи, мшанки и др.). В кровле разреза известняки (2—7 м) часто пропитаны нефтью. Мощность карбонатных пород верхнеартинского подъяруса 20—80 м. На востоке, в связи с изменением в составе пород, мощность увеличивается.

Здесь выделяются три пачки. Нижняя пачка — темно-серые аргиллиты и алевролиты с тонкими прослоями известняков. Мощность

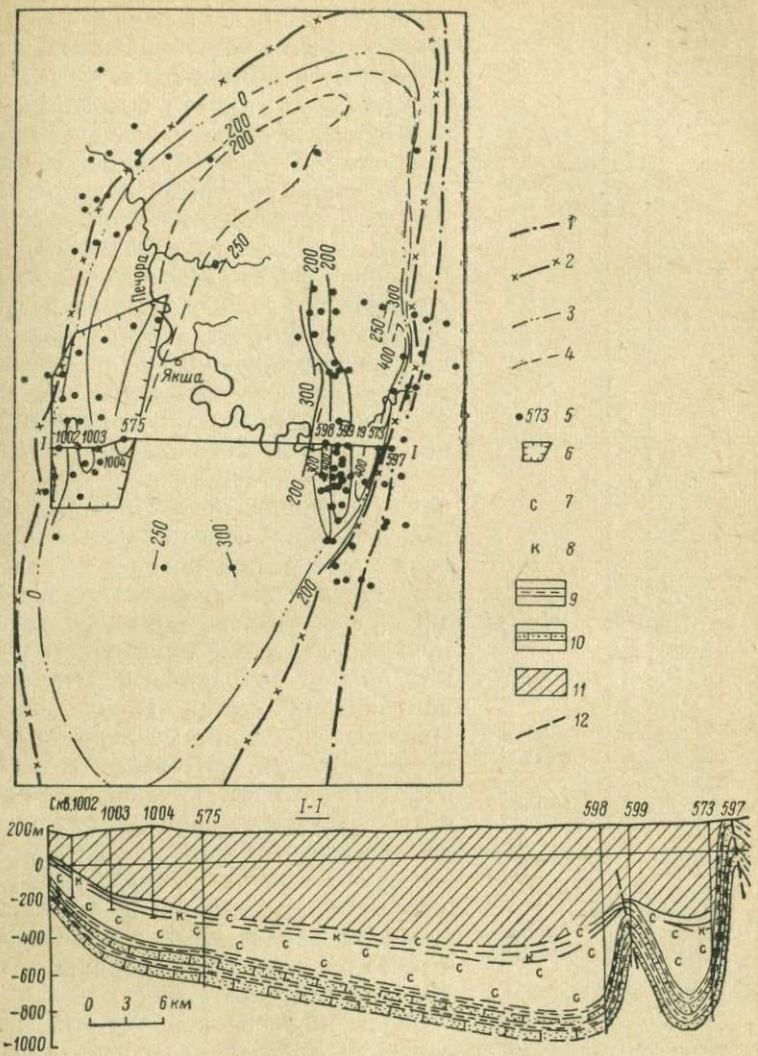


Рис. 39. Схематическая карта Верхнепечорского калийного бассейна (по материалам В. П. Фойгта и др., 1963 г.).

Границы: 1 — современного распространения пород иреньского возраста, *2* — распространения пород лунежской пачки, *3* — распространения калийной пачки; *4* — изопахиты соленосной серии; *5* — скважины; *6* — площадь западного участка поисков калийных солей; *7* — каменная соль; *8* — калийная пачка, *9* — аргиллиты; *10* — песчаники; *11* — подсолевая толща; *12* — сброс.

пачки на востоке достигает 200 м. Средняя пачка представлена преимущественно песчаниками и алевролитами. Мощность 125—140 м.

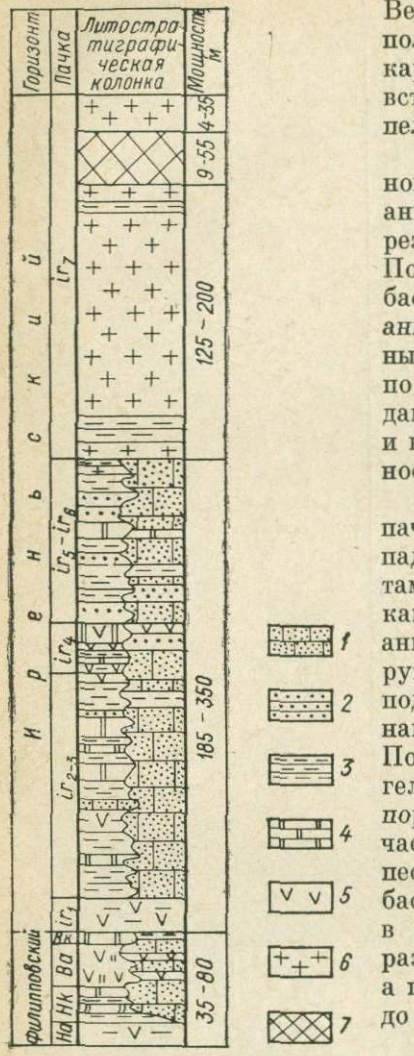


Рис. 40. Стратиграфо-литологический разрез кунгурского яруса Верхнепечорской впадины (из работы А. А. Иванова и М. Л. Вороновой, 1968 г.).

1 — песчаники; *2* — алевролиты; *3* — аргиллиты, глины; *4* — доломиты; *5* — ангидриты; *6* — каменная соль; *7* — калийные соли.

Верхняя пачка сложена в основном полимиктовыми песчаниками с глинисто-карбонатным цементом. В этих породах встречаются аммоноидеи, брахиоподы, пелециподы и другая фауна.

Породы артинского моря нормальной солености в кунгуре сменяются ангидритами, которыми начинается разрез филипповского горизонта (рис. 40). Почти на всей площади калийного бассейна прослеживается нижняя пачка ангидритов с голубовато-серыми массивными ангидритами в основании. Выше по разрезу в ангидритовой породе наблюдаются примесь глинистых минералов и ветвистые прожилки доломита. Мощность ангидритового пласта 15—20 м.

Выше залегает нижняя карбонатная пачка филипповского горизонта, на западе бассейна представленная доломитами и доломитизированными известняками с включениями и прожилками ангидрита. Остатки фауны редки, обнаружены единичные экземпляры пелеципод плохой сохранности. В восточном направлении состав пород меняется. Появляются глинистые доломиты, мергели и глины. По-видимому, смена пород происходит постепенно. В осевой части бассейна появляются прослои песчаников, которые в восточной части бассейна становятся преобладающими в разрезе. Мощность пачки в полосе развития карбонатных пород 14—25 м, а при появлении песчаников возрастает до 45 м и более.

Над нижней карбонатной пачкой залегает пласт верхнего ангидрита — массивной ангидритовой породы с включениями и прослоями доломита, доломитизированного известняка и известковистых глин. Мощность этой пачки на западе 7—12 м, на востоке 25—40 м. Восточнее осевой части бассейна состав пород пачки на коротком расстоянии сменяется песчаниками, алевролитами с прослоями аргиллитов и глин.

Заканчивается разрез филипповского горизонта верхней карбонатной пачкой — на западе серыми и темно-серыми доломитами, иногда с включениями и прожилками ангидрита. Мощность 3—8 м. В доломитах попадаются плохой сохранности остатки брахиопод и остракод. В осевой части бассейна в разрезе появляются прослои алевролитов. Количество кластики быстро возрастает в восточном направлении.

Несмотря на резкие фациальные изменения в составе пород трех верхних пачек филипповского горизонта, общая его мощность меняется в сравнительно узком интервале — 40—75 м. Следует отметить, что на долю ангидритов в разрезе приходится 54—73% от мощности горизонта [133].

Залегающие выше породы иреньского горизонта кунгурского яруса делятся, как и в Верхнекамском бассейне, на семь пачек (ледянопещерскую, неволинскую, шалашнинскую, елкинскую, демидковскую, тюйскую и лунежскую). Здесь нечетные пачки сложены также преимущественно массивными серыми или голубовато-серыми ангидритами с включениями и прожилками доломита, доломитизированного известняка и глины, а четные — карбонатными породами (доломиты, доломитизированные известняки).

Во всех пачках, кроме нижней, в восточном направлении увеличивается содержание кластики. Еще в границах распространения лунежской каменной соли в разрезе быстро возрастает роль алевролитов и песчаников. Появление большого количества кластики затрудняет, а иногда делает невозможным расчленение на пачки толщу между первой и седьмой пачками.

Соляная толща (лунежская пачка) располагается в верхней части разреза иреньского горизонта. Она, так же как и в Верхнекамском бассейне, делится на три отчетливо выраженные пачки: подстилающую (нижнюю) каменную соль, калийных солей и покровную (верхнюю) каменную соль. Как и в Верхнекамском бассейне, в разрезе подстилающей соли постоянно присутствуют два слоя глинисто-мергелистой породы с прослоями ангидрита, каменной соли мощностью 8—25 м.

Верхний маркирующий слой расположен ниже нижнего контакта зоны калийных солей на 4,5—30 м (в среднем 10 м). Он представлен темно-серой слоистой засоленной известковистой глиной, мергелем или аргиллитами с тонкими прослоями желваков ангидрита или галита. Постоянно присутствуют кристаллы пирита. Многочисленные трещины выполнены оранжево-красным галитом и гипсом с волокнистой текстурой. Содержание галита в породе чаще ниже 10, (иногда 25—30), ангидрита 5—8, н. о. 63—86%. Из калийных минералов преимущественно в трещинах имеются зерна карналлита (до 3,7%). В породе всегда есть избыток $MgCl_2$.

Нижняя каменная соль серая с желтым оттенком, перекристаллизованная, с редкими остатками зерен галита с зональным строением, с невыдержанными прерывистыми глинисто-ангидритовыми прослоями. В ней широко развита петельчатая микроструктура,

обусловленная мелкими зернами ангидрита, доломита и глинистых минералов в промежутках между более крупными зернами галита. Часты округлые конкреции ангидрита. На границе ангидритовых прослоев с галитовыми попадаются кристаллы аутигенного кварца, в прослоях засолоненной тонкослоистой глины, состоящей из гидрослюд и магнезитовых гидрохлоритов, — зерна кварца, полевых шпатов и растительного обугленного детрита. К сожалению, недостаточное количество керна лишило исследователей возможности определить качество соли. Как уже отмечалось, каменная соль Верхнепечорского бассейна отличается значительной засоренностью кластическим материалом.

Над подстилающей каменной солью залегает пачка калийно-магниевых солей. Она распространяется почти на всю площадь залегания солей и отсутствует в сводовых частях антиклинальных складок восточной части бассейна. Пачка сложена чередующимися слоями сильвино-карналлитовой, карналлитовой пород и каменной соли, глинисто-алевролитовой породы с галитом и глин.

Мощность сильвино-карналлитовых слоев 0,15—3 м. Наиболее распространены слои мощностью 0,15—1,0 м. Мощность сильвинитовых слоев 0,1—1,2 м, каменной соли 0,3—5 м. В разрезе пачки выделяется от 5 до 19 слоев калийных пород. Здесь, в отличие от Верхнекамского бассейна, четкой и выдержанной последовательности пластов калийно-магниевых пород на всей площади их развития не наблюдается. Синхронизация пластов, особенно при недостаточном выходе керна, в ряде случаев оказалась затруднительной [133].

Над пачкой калийно-магниевых солей залегает верхняя (покровная) каменная соль мощностью 4—25 м (в среднем около 20 м). Соль светло-желтая до темно-розовой, мелкозернистая (средний размер зерен 0,2 мм). Седиментационная слоистость намечается чередованием прослоев каменной соли с подчиненными по мощности (1—2 мм) прослоями несолевых минералов (слюда, хлорит, кварц, доломит, ангидрит), встречаются зерна галита с зональной структурой. Покрывающие соляную толщу верхнепермские породы изучены плохо в связи с невысоким выходом керна. В их разрезе выделяются уфимские (соликамские и шешминские) и на некоторых площадях казанские породы [16].

Соликамский горизонт (40—50 м на западе и 100—150 м на востоке) состоит из чередующихся глин, аргиллитов и трещиноватых мергелей с прослоями известняков и доломитов. В нижней части разреза встречаются линзы каменной соли. В восточном направлении в разрезе пород соликамского горизонта возрастает роль песчаников.

Шешминско-казанская толща пород представлена чередованием слоев песчаников, алевролитов, аргиллитов, изредка встречаются маломощные (до 0,5 м) прослои известняков, доломитов, гравелитов и углистых сланцев. В мергелях встречена казанская фауна остракод. В нижней части разреза шешминско-казанских пород окраска серая, зеленовато-серая, буровато-серая. Выше становится

пестрой и красноцветной в верхней части разреза. Мощность шешминско-казанских отложений, как и всех нижележащих, возрастает с запада на восток со 115 до 330 м и на северо-восток до 610 м. На части площади бассейна развиты татарские породы, пересеченные скв. 582. Они сложены темно-коричневыми и шоколадно-бурыми глинами и алевритами с песчаниками в нижней части разреза, с конкрециями карбонатных пород. Мощность 420 м. Коренные породы на всей площади перекрываются четвертичными разного генезиса. Они изучались преимущественно в долине р. Печоры и ее притоков, где представлены аллювиальными и флювиогляциальными песками, ленточными глинами и галечниковыми отложениями.

На основании имеющегося фактического материала тектоника района, особенно внутренняя тектоника соляной толщи, может быть охарактеризована только в самом общем виде. Верхнепечорская впадина Предуральского прогиба построена асимметрично с более пологим западным бортом (1° 30′—3° 00′). Восточный же борт наклонен под углом до 10—20°. У восточного края впадины расположен ряд антиклинальных складок, осложненных разломами и надвигами. Западная часть впадины лишена таких осложнений, но, несмотря на спокойное общее залегание пород, каменная соль перекристаллизована. По данным бурения, мощности отдельных горизонтов калийных пород и вся зона калийно-магниевых солей чрезвычайно непостоянны. Все это говорит о наличии внутренней тектоники, особенности которой не выявлены бурением.

В гидрогеологическом отношении площадь распространения солей изучена очень плохо. Как правило, при бурении разведочных скважин гидрогеологические наблюдения не проводились. Водоносные горизонты, проявившие себя поглощением буровой жидкости либо фонтанированием, как правило, не изолировались друг от друга. Поэтому не представлялось возможным установить уровень и химизм вод отдельных горизонтов. Вполне вероятно, что ряд горизонтов при бурении был пропущен. Опытные гидрогеологические работы были выполнены только в трех скважинах. Результаты их оказались неполноценными.

Подсолевые воды при разведке не изучались. Только в скв. 560 на глубине 932 м был вскрыт водоносный горизонт трещинно-карстовых вод в известняках и доломитах сакмарского и артинского ярусов. Воды оказались хлоридно-натриевые. Дебит не определялся. При бурении в соляной толще рассолы не были констатированы. В контактной зоне соляной толщи с покрывающими породами скв. 1014, 1013 на юге участка предварительных разведок вскрыли контактные рассолы. Дебит подсчитывался по скорости восстановления уровня после желонирования. Для скв. 1014 дебит оказался 0,373 л/сек, а для скв. 1013 — 0,0008—0,0014 л/сек. Минерализация соответственно 312,8 и 349,6 г/л. Это — хлоридно-кальциевые рассолы с повышенным содержанием брома [133].

В. И. Богацкий, Б. Я. Вассерман, М. Ш. Моделевский [16] полагают, что сплошного горизонта рассола не существует. Рассолы

присутствуют только на тех площадях, где соляная толща покрыта водопроницаемыми породами. Там каменная соль оказывается закарстованной. За границей распространения соляной толщи концентрация солей быстро снижается. Так, в скв. 570 на глубине 1104 м минерализация оказалась 52 г/л, в скв. 560 на глубине 432 м — 41 г/л. Обобщая результаты гидрогеологических исследований, В. И. Богацкий, Б. Я. Вассерман, М. Ш. Моделевский [16] предполагают существование в толще верхнепермских пород ряда изолированных водоносных горизонтов.

С. М. Ротькин (1967), учитывая все имеющиеся данные, приходит к выводу, что начиная с верхнего контакта соленосной серии в толще покрывающих пород нет изолированных водоносных горизонтов. Здесь существует единый водоносный комплекс. Наиболее водообильная часть профиля, соответствующая верхам части соликамского горизонта. Минерализация этих вод, определенная в скв. 1013 (57,3 г/л), оказалась сульфатно-натриевой. Выше по разрезу минерализация снижается, и в четвертичных отложениях присутствуют маломинерализованные гидрокарбонатно-кальциевые воды и в некоторых местах при минерализации 0,9—4 г/л сульфатно-натриевые.

Из-за технических неполадок при бурении и опробовании водоносных горизонтов дебиты и напоры были определены недостаточно точно. В скв. 560 дебит самоизлива достигал 36, в скв. 563—17,3, в скв. 583 и 599 —2,1 м³/сутки.

Калийные соли бассейна. Пачка калийных солей была обнаружена в пределах площади распространения соляной толщи большинством скважин, пройденных при поисках нефти. Ее положение в разрезе определялось преимущественно по данным комплексного каротажа.

Когда возникла необходимость организовать здесь добычу карналлита, то был выделен участок на западе площади с наиболее спокойным и менее глубоким залеганием калийных пород, в пределах которого была проведена предварительная разведка на площади 120 км². Здесь были пробурены 23 скважины. К сожалению, бурение проведено недостаточно качественно. Не был обеспечен высокий выход керна (в скв. 1002 и 1005 выход керна всего 57 и 48%, по остальным — 70—94%).

Показатели, характеризующие глубину залегания и мощность пачки калийно-магниевых солей, приведены в табл. 12. При изучении скважин было выяснено, что разрез пачки, в противоположность верхнекамской, не отличается выдержанностью. Количество калийных пластов в разрезе скважин 4—19, их суммарная мощность 2,3—26,3 м (в среднем 11,2 м). При обработке данных бурения не удалось установить маркирующих горизонтов, а поэтому нельзя было сопоставить отдельные калийные пласты разных скважин.

Из калийных пород преобладает карналлитовая. Одни скважины вскрыли только карналлитовые породы (1001, 1012, 1014), другие — только сильвиниты (1601, 1004, 1007, 560), третьи — карналлитовую

Таблица 12

Основные показатели пачки калийных солей

Показатели	Части разреза		
	Западная	Центральная	Восточная
Средняя глубина залегания, м	186—617	324—1038	434—821
Мощность пачки калийных солей, м	32	28	25
Мощность пачки, покрытой каменной солью, м	4—25	7—42	7—42
Общая мощность соляной толщи, м	40—60	245—295	240—270
Мощность подстилающей каменной соли, м	124—180	200—260	350—370

породу и сильвиниты. В некоторых сильвиниты располагаются в основании разреза (1002, 1005, 1069, 1013, 1033), в других—в средней части зоны (563) и, наконец, в верхней (1005, 1006, 1010, 561).

Карналлитовые породы изучались М. Л. Вороновой [133] по керну из скв. 1012 и 1013 и Н. В. Мелковой [232] по керну из скв. 1012. Карналлитовая порода окрашена в разные оттенки красного цвета: от мясо-красного до оранжево-красного, реже бесцветная. Окраска здесь, так же как и в других местах, связана с включенными в карналлитовые зерна чешуйками гематита (0,003—0,03 мм) или игл гетита (0,2—0,3 мм). В связи с неравномерным их распределением окраска многих зерен непостоянна по интенсивности.

Карналлитовая порода по текстуре непостоянна: объемы с полосчатой текстурой сменяются массивной и петельчатой. Неравномерно полосчатая текстура первичная, так как отдельные полосы представляют собой сезонные прослои седиментации, в той или иной мере утратившие свою первичную структуру. В годичном цикле создаются карналлитовые прослои мелкозернистой соли высаливания и галопелитовые прослои.

В карналлитовых прослоях карналлит преимущественно массивный, средне- или крупнозернистый, с зернами неправильной формы, иногда округлыми или бочковидными. В карналлите постоянно присутствуют газовые включения и изометричные зерна галита. Иногда между кристаллами карналлита располагаются мелкие зерна галита и врастающие в карналлит тонкопризматические кристаллы ангидрита.

В тех случаях, когда увеличивается пространство между зернами карналлита, оно заполняется мелкозернистым галитом, ангидритом, доломитом, магнезитом и глинистыми минералами, и тогда карналлитовая порода приобретает петельчатую текстуру. Кроме сезонных прослоев мелкозернистого галита над ними обыкновенно располагаются сезонные или многолетние прослои с глинистыми минералами. В прослоях в равных количествах кроме этих минералов присутствуют галит, ангидрит, карбонаты, кварц, иногда сильвин и карналлит. Многолетние прослои тонкослоистые, с чередованием мелких слойков

галита (1—3 мм) с галопелитовыми. Эти прослои всегда разбиты трещинами, заполненными преимущественно волокнистым карналлитом. Содержание галита в общей массе прослоев чаще менее 50%.

При деформации пластов калийной породы не карналлитовые прослои собираются в складки и разрываются на отдельные блоки. Карналлит перекристаллизовывается, масса становится разнозернистой, появляются зерна, ориентированные в направлении течения соляной массы.

Качество карналлитовой породы, т. е. количественная характеристика минерального состава породы, изучена недостаточно. В результате изучения керна скв. 1012 Н. В. Мелкова [232] отмечает, что максимальное содержание карналлита в породе в отдельных пробах составляет 85, а минимальное 43%; галита 12—43%; н. о. — 1,2—12,5%.

Сильвинит образует отдельные пласты (пестрый или пятнистый) или прослои в карналлитовой породе (красный сильвинит). Пятнистый сильвинит признан аналогом пестрого сильвинита Верхнекамского бассейна [133]. Для него характерна массивная текстура, среднезернистая структура. Сильвин в нем чаще желтый или оранжево-желтый. Окраска зерен неравномерная, в центре иногда белая. Часто наблюдается буро-красная оторочка за счет увеличения содержания включенных гематитовых чешуек и игл гетита, по-видимому в связи с перекристаллизацией. Размер зерен от 0,5 до 15—20 мм.

Галит пятнистого сильвинита преимущественно светло-серый, розоватый, иногда бесцветный. Часто зерна галита имеют идиоморфные очертания. Иногда наблюдается зональное строение. Количественные взаимоотношения сильвина и галита в различных частях слоя неодинаковы. Мелкозернистая масса сложена глинистыми минералами (гидрослюды), хлоритом, ангидритом (0,2 мм), аутигенным кварцем, доломитом, магнезитом, анкеритом.

Описанные пятнистые сильвиниты Верхнепечорского бассейна отличаются от верхнекамских пестрых сильвинитов меньшим размером зерен сильвина и галита, а также окраской зерен сильвина (в верхнекамском пестром преобладают зерна белого сильвина) и редко встречаемыми зернами галита со своеобразной голубой окраской. Н. В. Мелковой описан образец пятнистого сильвинита из скв. 1012, взятого на глубине 290, 50—290, 57 м, с белым сильвином и голубым галитом [237].

Сейчас не возникает сомнений в том, что пятнистый сильвинит пространственно и генетически связан с пластами карналлитовой породы. Красный сильвинит, образующий прослои и линзы в карналлитовой породе, изучен хуже вмещающей породы. Он обладает полосчатой текстурой. Прослои сильвина и галита (1—3 мм) и более тонкие галопелита многократно чередуются между собой. Зерна сильвина имеют сургучно-красную до розово-красной окраску; часто на периферии окраска более интенсивная. Зерна ксеноморф-

ные. В сильвинитовых прослойках попадаются зерна карналлита, а в галитовых — сильвина.

Пласты, разделяющие калийные, представлены глинистой каменной солью с подчиненными по мощности слоями галопелитов. Глинистая каменная соль состоит из прослоев каменной соли и глинисто-карбонатно-ангидритовой породы с галитом.

К оценке перспектив использования калийно-магниевых пород бассейна. Как уже отмечалось, пачка калийно-магниевых солей развита почти на всей площади Верхнепечорского бассейна. Наиболее подробно она изучена в пределах площади предварительной разведки в юго-западной части бассейна, где она залегает на глубине 240—430 м. Пачка сложена пластами (линзами) калийных пород, переслаивающимися с глинистой каменной солью, засоленной глинисто-алевритовой породой и засоленными глинами. Мощность зоны 20—35 м.

Из калийных пород преобладают карналлитовые. На части площади они замещены пятнистым сильвинитом. Количество слоев калийных пород в разрезе скважин 4—19. Мощность карналлитовых слоев 0,15—3 м, чаще 0,15—1 м. Мощность сильвинитовых слоев 0,1—1,2 м, глинистой каменной соли 0,3—5 м, засоленных глинисто-алевритовых и глинистых пород до 2 м.

Синхронизацию отдельных пластов выполнить не удалось. При подсчете запасов на площади предварительных разведок калийные горизонты условно объединены в семь «пластов»; для пяти нижних были подсчитаны среднее содержание мощности и запасы. На западе все выделенные «пласты» представлены карналлитовой породой, прослои сильвинитов и сильвинитовые «пласты» появляются только в восточной части площади разведки. При появлении в разрезе пятнистых сильвинитов мощность «пласта» уменьшается и возрастает содержание нерастворимого в воде остатка. Непостоянство разреза и мощностей отдельных «пластов», вероятно, является следствием того, что в составе «пластов» существуют и линзы калийных пород.

При оценке перспектив разведанной площади обращено внимание на ряд неблагоприятных факторов, осложняющих разработку. В связи с наличием на поверхности соляной толщи рассолов, агрессивных для карналлитовых пород, необходимо над разрабатываемыми горизонтами карналлитовых пород оставлять целики высотой не менее 50 м. При этих условиях возможна разработка только нижнего «пласта» (горизонт V) и на части площади пласта, расположенного выше (горизонт IV). Мощности этих «пластов» 2,5—3,4 м при глубине залегания 280—400 м (скв. 1009, 1033, 1006). На этом участке падение карналлитовых «пластов» до 12° на западе и 2—4° на востоке. Ненадежной является и кровля карналлитовых пластов. Каменная соль, переслоенная глинистыми прослоями, как показал опыт работ на Солигорском месторождении и на III шахтном поле Верхнекамского бассейна, является ненадежной кровлей, значительно осложняющей ведение горных работ.

Качество карналлитовой породы IV и V горизонтов на основании проведенных во ВНИИГ технологических испытаний и расчетов обеспечивает возможность производства обогащенного карналлита с содержанием 32% $MgCl_2$, по стоимости превышающего вырабатываемый на Березниковском и Соликамском заводах. На базе карналлитовых руд Верхнекамского бассейна обеспечено расширение существующего производства до размеров, назначенных государственным планом.

Таким образом, результаты технико-экономической оценки говорят о нецелесообразности разработки месторождений Верхнепечорского бассейна.

Глава 4

ВЕРХНЕЮРСКИЙ КАЛИЙНЫЙ БАССЕЙН

В Средней Азии известны две соленосные серии: верхнеюрская и нижнемеловая.

Верхнеюрская (кимеридж-титон) — гаурдакская — свита занимает обширную территорию Юго-Восточной Туркмении, Южного Узбекистана и Северного Афганистана по право- и левобережью р. Амударьи. Западная граница ее распространения, по данным глубокого бурения, ориентировочно проводится по меридиану Хивы, северная — по подножью Кызылкум-Южнотяньшаньского предмелового поднятия, южная — по подножью Туркмено-Хорасанских гор, восточная — по подножью Кугитанг-Байсунтауской горной гряды отрогов Гиссара. За пределами этого контура отложения гаурдакской свиты отсутствуют.

Соленосная серия нижнего мела, отделенная от верхнеюрской 250—300-метровой толщей красноцветов карабильской свиты, относится к альмурадской свите валанжина. Контур ее распространения окончательно не установлен. На западе она частично перекрывает площадь распространения верхнеюрской соленосной серии, а на востоке выходит далеко за ее пределы, прослеживаясь в Афгано-Таджикской впадине и на Памире (рис. 41).

В западной — Бухаро-Хивинской — и в южной — Мургабской — частях Среднеазиатского бассейна соленосные отложения вскрыты малым количеством скважин, бурившихся в основном на нефть с неполным отбором керна. Залежи калийных солей здесь достоверно не установлены. Соляные породы залегают преимущественно на большой глубине под мощными толщами меловых и кайнозойских отложений.

Наиболее полного развития соленосные серии гаурдакской и альмурадской свит, особенно их калиеносные пачки, достигли в восточной части бассейна — в Гаурдак-Кугитангском районе юго-западных отрогов Гиссара, где расположены все известные *в настоящее время месторождения калийных солей. Они приурочены* к северо-западным относительно пологим крыльям и замковым

частям Кугитангской, Тюбегатанской и Гаурдакской брахиантиклиналей и к приразломным соляным диапирам Маликской синклинали. С Тюбегатанской брахиантиклиналью связаны Тюбегатанское месторождение, Акбашское и Лялимканское проявления калийных солей, с Гаурдакской — Гаурдакское месторождение, Северо-Гаурдакское и Кызылмазарское проявления, с Кугитангской — Кугитангское, Карлюкское и Окузбулакское месторождения, Хамканское

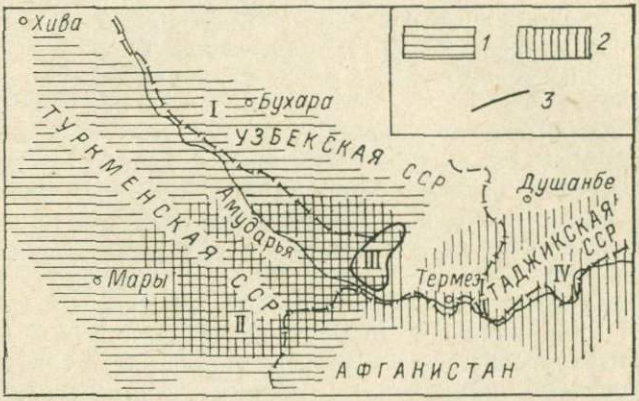


Рис. 41. Схема распространения соленосных серий Среднеазиатского бассейна: верхнеюрской (гаурдакская свита), по В. В. Герасимовой, и нижнемеловой (альмурадская свита), по В. И. Седлецкому.

Площадь распространения соленосной серии: *1* — гаурдакской свиты, *2* — альмурадской свиты; *3* — контур распространения калиеносных отложений гаурдакской свиты. *I* — Бухаро-Хивинская блоково-ступенчатая тектоническая зона, погружающаяся к Мургабской впадине; *II* — Мургабская впадина; *III* — мегантиклиналь Юго-Западного Гиссара; *IV* — Афгано-Таджикская впадина.

и Ходжаиканское проявления; с приразломными диапирами Маликской синклинали связаны Карабильское месторождение и Узункудукское проявление калийных солей [66].

1. Геологическая характеристика Гаурдак-Кугитангского района отрогов Гиссара

Мегантиклиналь Юго-Западного Гиссара представляет собой складчатое сооружение, выраженное в рельефе системой горных гряд и долин, соответствующих антиклиналям и синклиналям. В пределах интересующей нас площади докембрийско-палеозойское платформенное основание антиклинория разбито разломами северо-восточного и северо-западного простираний на блоки, неравномерно смещенные относительно друг друга и ступенчато погружающиеся на юго-запад [365]. На неровной поверхности фундамента залегает осадочный покров мощностью до 6000 м и более. В основании его лежат терригенные бокситоносные породы верхнего триаса с остатками рэтской флоры, заполнившие впадины домезозойской платформы. Мощность рэта — до 40 м. Нижняя и средняя юра

представлены преимущественно терригенными угленосными континентальными осадками мощностью до 820 м, распространенными на значительно большей площади по сравнению с триасом. Больше всего распространены отложения верхней юры и мела. Верхняя юра здесь является морской и состоит из двух свит: гиссарской и гаурдакской. Гиссарская свита внизу сложена глинами и мергелями мощностью 150—180 м с прослоями ракушечных известняков. Выше залегают органогенные и хемогенные карбонатные породы мощностью 560—720 м, с обильной и разнообразной фауной келловея в нижней части разреза, менее разнообразной фауной оксфорда в средней части разреза и с еще более скудной фауной раннего кимериджа в самых верхних слоях.

Соленосная серия гаурдакской свиты состоит в основном из двух толщ: нижней — карбонатно-сульфатной и верхней — соляной. Мощность карбонатно-сульфатной толщи 56—400 м. В нижней части разреза серия состоит из чередующихся пластов доломитизированных известняков и ангидритов, в верхней — в основном из ангидритов.

В известняках нижней части толщи найдена фауна, характерная для низов кимериджа, и обнаружены двустворчатые моллюски. В галопелитах средней части разреза гаурдакской свиты в Мачайдарье определены кимериджские формы: *Camptonectes dwobensis Res.*, *Astarte* cf. *corinata* Rep. и др. Титонский возраст верхней части разреза гаурдакской свиты подтвержден находками *Chlamus-mautonensis* Etall, *Modiolus subhannoverna* Pčel, *Maff bepartita* Sow. в прослоях карбонатных пород у кровли свиты [286].

Нижняя половина карбонатно-сульфатной толщи местами сероносная (сероносность наложенная), верхняя — бороносная. Наиболее интенсивное осернение установлено во вскрытых эрозией карбонатно-сульфатных отложениях Гаурдака вблизи Узундукской зоны разломов. Боропроявление прерывисто прослеживается по всей Гаурдак-Тюбегатанской площади. На Карлюкском участке оно носит характер акцессорной примеси.

В соляной толще выделяются две пачки: нижняя — ангидрит-галитовая и верхняя — калиеносная. Нижняя состоит из каменной соли с пластами, пропластками и линзами ангидритов. Мощность пачки 100—350 м. Верхняя пачка представлена каменной солью, часто глинисто-ангидрито-карбонатной, чередующейся с пластами, пропластками и линзами сильвиновых, карналлитовых и ангидритовых пород. В ней выделяются три калиеносных горизонта. Мощность пачки 70—300 м. На востоке вдоль западного подножия Кугитанг-Байсунтауской горной гряды калиеносная пачка вместе со всей соляной толщей ограничена поверхностью эрозии вдоль тектонического нарушения. В направлениях на юг и на запад она выходит за пределы отрогов Гиссара, в направлении на север фациально выклинивается севернее широты Акбаша, тогда как нижняя ангидрито-галитовая пачка выклинивается севернее Байбиянкана. Венчается гаурдакская свита глинисто-карбонатно-сульфатной пач-

кой, местами переходящей в кепрокове образование. Мощность ее до 50 м. Местами прямо на размытой поверхности соляной толщи залегают красноцветные терригенные осадки неокома.

По литологическим признакам и характеру ритмичности отложения нижнего мела расчленены [345] на ряд свит (снизу вверх): карабильскую (титон-валанжин?), сложенную глинами, алевролитами и песчаниками, мощностью более 200 м; альмурадскую (валанжин?), преимущественно глинистую, с пластами гипсов и доломита, мощностью около 120 м; кызылташскую (готерив?), глинисто-алевролитовую, мощностью около 150 м. В средней части альмурадской свиты в последнее время выделена толща каменной соли с прослоями ангидритов и местами калийных солей. Максимальная известная мощность соляной толщи превышает 100 м.

Над толщей красноцветных и галогенных отложений нижнего мела залегают лагунные гипсоносные и нормально морские терригенные и карбонатные отложения окузбулакской и калигрекской свит (баррем-апт) мощностью около 250 м. Выше по разрезу они сменяются отложениями альбского яруса, представленными серо-зелеными глинами с прослоями известняков и песчаников. Мощность яруса до 350 м и более. Общая мощность нижнемеловых отложений достигает 1100 м.

Верхнемеловые отложения представлены преимущественно морскими осадками, главным образом глинами, с подчиненным количеством пластов известняков и мергелей. Гипсоносные и континентальные красноцветные образования развиты незначительно. Мощность отложений верхнего мела 1600 м.

Кайнозойские образования представлены морскими карбонатными осадками палеогена мощностью около 400 м и континентальными терригенными породами неоген-антропогена мощностью до нескольких сотен метров.

В эпоху альпийской складчатости рэт-неогеновый осадочный комплекс Юго-Западного Гиссара был смят в крупные асимметричные складки преимущественно северо-восточного простирания с постепенным погружением на юго-запад. Складки рассечены многочисленными продольными и поперечными разломами и осложнены соляной тектоникой. Складчатый комплекс Юго-Западного Гиссара разделен глубоко заложенной Дехканабад-Мукринской синклиналью на два тектонических блока: северо-западный — Гузаро-Лянгарский, преимущественно слабо приподнятый, на большей части покрытый мощным чехлом четвертичных отложений, из-под которых лишь в ядрах отдельных антиклиналей обнажается верхний мел; юго-восточный — Гаурдак-Кугитангский, в котором на поверхность выходят мезозойские, палеозойские и докембрийские породы.

Региональное развитие получили зоны глубинных разломов — Амударьинская и Узункудукская. Первая ограничивает отроги Гиссара с юга, вторая расчленяет Гаурдак-Кугитангский тектонический блок на две части: северную и южную. В северной развиты наиболее приподнятые антиклинальные системы: Гаурдак-

Тюбегатанская, западным крылом примыкающая к Дехканабад-Мукринскому синклинальному прогибу, и Кугитанг-Байсунтауская, сопряженные между собой Маликским прогибом. Брахиантиклинали каждой из них имеют крутопадающие, интенсивно дислоцированные юго-восточные и более пологие, менее дислоцированные северо-западные крылья, сложенные породами верхней юры и нижнего мела. В своде Кугитангской брахиантиклинали мезозойский осадочный комплекс эродирован до основания, в ядре складки обнажены породы палеозоя и докембрия. В ядрах менее приподнятой Гаурдак-Тюбегатанской антиклинальной системы обнажены карбонатно-сульфатная толща киммеридж-титона и известняки оксфорда. Ядро Дехканабад-Мукринского синклинального прогиба сложено породами палеогена и неогена, крылья — породами верхнего мела, ядро Маликской синклинали — породами верхнего, крылья — породами нижнего мела. Восточнее Кугитанг-Байсунтауской антиклинали расположена система сжатых Келиф-Ширабадских приразломных складок, в строении которых верхнеюрская соленосная серия не участвует. Они сложены третичными и меловыми отложениями.

Южнее Узункудукской зоны разломов продолжением Кугитангской брахиантиклинали являются узкие, плавно изогнутые на северо-запад антиклинали Актаг, Кызыл-Хураз, Карабиль и Кундалянг, а продолжением Гаурдак-Тюбегатанской — Тагаринская антиклиналь, сложенная в основном меловыми породами (рис. 42).

Гидрогеологические особенности района. Первые региональные гидрогеологические исследования в Гаурдак-Кугитангском районе проводились в 1932—1934 гг. под руководством П. И. Калугина в связи с открытием Гаурдакского серного месторождения. По мере освоения последнего и обнаружения в районе месторождения калийных солей детально изучались гидрогеология и обводненность месторождений [254, 140].

В пределах гаурдак-кугитангской части бассейна выделяется несколько водоносных горизонтов. Самые нижние из них приурочены к флишевой толще нижней — средней юры и глинисто-карбонатным отложениям келловея. По данным опробования скважины, пробуренной у свода Гаурдакского поднятия, они характеризуются низкой водообильностью и содержат слабые рассолы хлоридно-натриевого типа с несколько повышенным содержанием кальция.

Следующий выше по разрезу оксфорд-кимериджский водоносный горизонт связан с известняками оксфорда и карбонатно-сульфатными породами гаурдакской свиты. Его водообильность на площади Гаурдакского, Карлюкского и Тюбегатанского месторождений незначительна. Дебиты скважин не превышают 0,25 л/сек при понижении уровня воды в скважинах более чем на 100 м. Но на отдельных участках вблизи зон разрывных нарушений они повышаются. Воды по составу в основном хлоридно-натриевые, в редких случаях сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатно-натриевые. Отличаются высоким содержанием микроэлементов и насыщены газами. В составе свободных газов преобладают углеводороды и сероводород,

в составе растворенных — сероводород, содержание которого достигает 200—1120 мг/л.

На западном склоне Кугитангтау, за пределами Карлюкского месторождения, широко развиты инфильтрационные воды с мине-

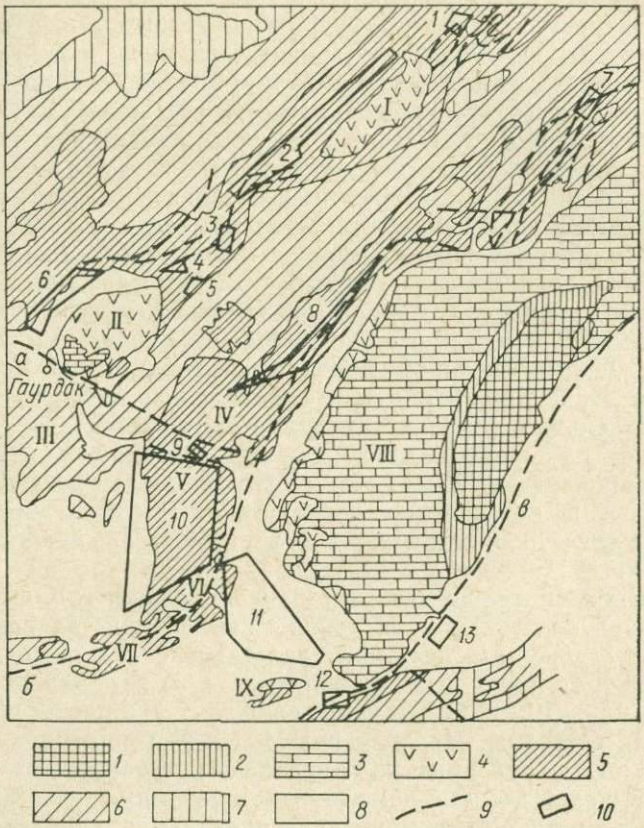


Рис. 42. Схематическая геологическая карта Гаурдак-Кугитангского района Юго-Западного Гиссара (по В. И. Седлецкому).

Отложения: *1* — палеозоя и докембрия, *2* — нижней и средней юры, *3* — верхней юры (оксфорд), *4* — верхней юры (кимеридж — титон), *5* — нижнего мела, *6* — верхнего мела, *7* — палеогена, *8* — неоген-четвертичные; *9* — зоны разрывных нарушений: *а* — Узункудукская, *б* — Кундалянгская, *в* — Кугитанг-Байсунтауская; *10* — месторождения и проявления калийных солей: *1* — Акбашское, *2* — Тюбегатанское, *3* — Южно-Лялимканское, *4* — Северо-Гаурдакское, *5* — Кызылмазарское, *6* — Гаурдакское, *7* — Хамканское, *8* — Кугитангское, *9* — Узункудукское, *10* — Карабильское, *11* — Карлюкское, *12* — Окузбулакское, *13* — Ходжаиканское.

Брахиантиклинальные складки: *I* — Тюбегатанская, *II* — Гаурдакская, *III* — Татаринская, *IV* — Янгнарыкская, *V* — Карабильская, *VI* — Альмурадская, *VII* — Каттаурская, *VIII* — Кугитангская, *IX* — Кызылхоразская.

рализацией 1—2 г/л. В ионном составе вод преобладают гидрокарбонаты и кальций, реже сульфаты, хлориды и натрий. В направлении на запад с погружением известняков под более молодые отложения изменяется состав и повышается минерализация вод оксфордского водоносного горизонта. В восточной части Карлюкского

месторождения она достигает 5—10 г/л с преобладанием в ионно-солевом составе хлора и натрия. Питание водоносного горизонта в районе Карлюкского месторождения осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков в толщу известняков, обнажающихся на обширной площади западного склона Кугитангтау.

Плотные мраморовидные ангидриты гаурдакской свиты практически безводны, за исключением зон тектонических нарушений. При пересечении скважиной одной из таких зон в ангидритах южной части Гаурдакского месторождения произошел выброс вод оксфорд-кимериджского водоносного горизонта с выделением большого количества сероводорода и углеводородных газов.

На Карлюкском месторождении безводность соленосной толщи доказана целым рядом откачек из скважин, тогда как при разведке южной части Гаурдакского месторождения в отдельных скважинах из соленосной толщи были получены притоки рассолов хлоридно-натриевого и хлоридного магниево-кальциевого состава с минерализацией более 400 г/л и чрезвычайно высоким содержанием микроэлементов. Дебиты скважин при фонтанировании не превышали 0,25 л/сек, свободный излив вод прекращался в течение первых суток. В отдельных случаях самоизлив вод сопровождался выбросами газа. Воды подобного типа были получены при бурении разведочных скважин на нефть и газ на многих площадях Юго-Восточной Туркмении и Юго-Западного Узбекистана. По всей вероятности, рассолы являются маточными, захороненными в процессе соленакопления.

На соленосной толще залегает пачка плотных глинисто-карбонатно-ангидритовых пород, которые, как и подстилающие соль сульфатные отложения, безводны. Залегающие над ними вишнево-красные плотные аргиллиты нижней половины карабильской свиты мощностью 80—100 м благодаря слабой трещиноватости также практически безводны. Притоки подземных вод из этих отложений по скважинам, пробуренным на Гаурдакском месторождении, составляли сотые, редко десятые доли литров в секунду.

Песчаники и алевролиты верхней половины карабильской свиты значительно обводнены и представляют самостоятельный водоносный горизонт мощностью до 100 м и больше. Удельный дебит подземных вод этого горизонта 0,5—14 л/сек. Минерализация — 50—100 г/л и более.

Красноцветные отложения альмурадской свиты, представленные глинами, реже глинистыми песчаниками и галогенными породами, не содержат водоносных горизонтов. Исключение представляет пласт светло-серых доломитов, с которыми связаны многочисленные источники с дебитом 0,2—0,8 л/сек. Воды значительно минерализованные (более 25 г/л), хлоридно-натриевые.

Кызылташская, окузбулакская и калигрекская свиты нижнего мела развиты в окраинных, наиболее погруженных частях калийных месторождений. Водообильность их в общем незначительна, но при проходке в 1931—1932 гг. наклонной шахты на Окузбулакском

соляном месторождении по этим отложениям в интервале 21—24 м от устья в солях была пересечена зона выщелачивания по тектонической трещине, выполненная красно-бурой глиной. По ней отмечался приток воды из перекрывающих отложений с дебитом около 150 л/ч. При обследовании шахты в 1968 г. водопроявлений в этой зоне не обнаружено, но нижние 40 м выработки оказались затопленными.

Обводненность четвертичных образований весьма неравномерна в связи с невыдержанностью их по мощности и литологическому составу. Древнечетвертичные отложения, распространенные преимущественно вдоль западного борта карстово-эрозионной долины, окаймляющей с севера и востока Карлюкское месторождение, характеризуются ничтожной обводненностью. Это является главным условием сохранения калиеносной залежи вдоль границ месторождения. Максимальный удельный дебит их не превышает 0,00007 л/сек, а коэффициент фильтрации составляет 0,04—0,002 м/сек.

Водообильность верхнечетвертичных отложений зависит от их состава и сортировки. Удельные дебиты колеблются от 32,5 до 0,00 л/сек; коэффициенты фильтрации — от 76,9 до 0,048 м/сек, минерализация вод — от 0,2—0,3 до 7 г/л.

В районе Карлюкского месторождения пресные и слабосолоноватые воды четвертичных отложений могут быть использованы для промышленного водоснабжения. Запасы этих вод могут полностью удовлетворять потребности производства при подземном выщелачивании калийных солей.

2. Калийные месторождения Средней Азии

Тюбегатанское месторождение калийных солей. Месторождение находится в Кашкадарьинской области УзССР и частично в Чарджоуской области ТССР. Оно расположено в 25 км юго-юго-восточнее пос. Дехканабад, в 45—50 км северо-восточнее Гаурдакского серного рудника.

Калийные соли в районе Тюбегатанской брахиантиклинали обнаружены в начале 50-х годов в результате поисков этих солей.

Геологическое строение. Тюбегатанское месторождение приурочено к северо-западному пологому крылу крупной Тюбегатанской брахиантиклинали и к северо-восточной части небольшой Лялимканской соляной антиклинали (рис. 43).

Брахиантиклиналь, простирающаяся в северо-восточном направлении на 30 км и достигающая в ширину 12—15 км, имеет асимметричное строение с крутопадающим (до 50°) юго-восточным крылом и более пологим (15—20°) северо-западным. В своде брахиантиклинали обнажены подсолевые ангидриты гаурдакской свиты, гидратизированные у поверхности. По периферии брахиантиклиналь обрамлена куэстовыми грядами нижнемеловых отложений с крутыми юго-восточными и пологими северо-западными склонами.

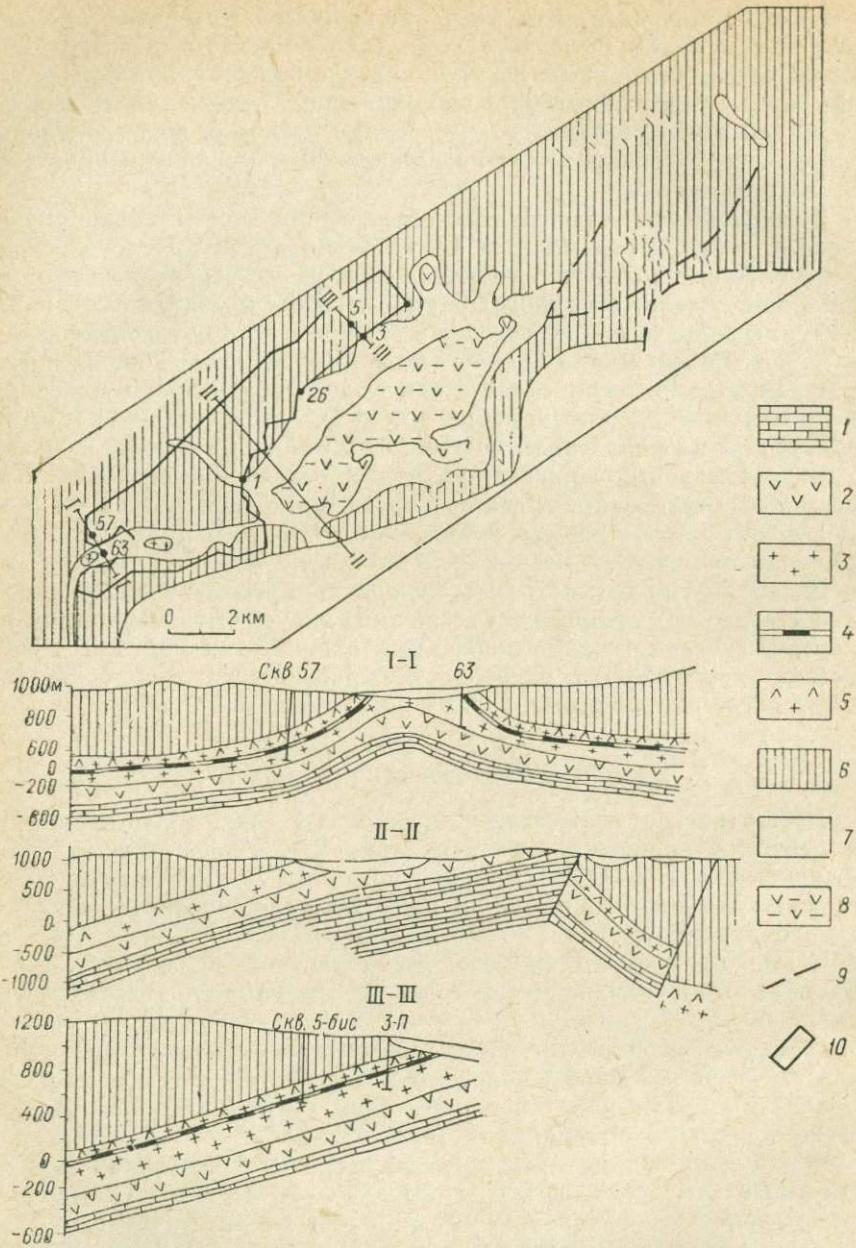


Рис. 43. Схематическая геологическая карта Тюбегатанской брахиантиклинали.

1 — известняки оксфорда; *2*, *3*, *4*, *5* — соответственно ангидриты, каменная соль, калийные соли, терригенно-сульфатные отложения гаурдакской свиты кимеридж-титона; *6* — нижнемеловые отложения; *7* — четвертичные отложения; *8* — огипсованные ангидриты; *9* — разрывные нарушения, *10* — разведанная площадь. *I—I* — Тюбегатанская брахиантиклиналь; *II — II* — Лялимканская солянокупольная структура; *III—III* — Акбашская солянокупольная структура.

Северная часть западного крыла брахиантиклинали осложнена небольшим куполовидным поднятием диаметром 3—3,5 км (Курганташский купол), в ядре которого обнажены галогенные породы гаурдакской свиты, прорвавшие нижнемеловые отложения. В присводовой части структуры углы падения пород нижнего мела 40—50°, по мере удаления от ядра они постепенно выполаживаются и в нижнеальбских породах не превышают 15°, как и во всей остальной части северо-западного крыла Тюбегатанской брахиантиклинали. Юго-западнее Курганташского поднятия отложения гаурдакской свиты залегают согласно с покрывающими нижнемеловыми породами. В надсолевых нижнемеловых отложениях выявлены разрывные нарушения с амплитудами сбросовых смещений 5—40 м. Соляную толщу они либо не затронули, либо она залечена.

Юго-западное окончание Тюбегатанской брахиантиклинали осложнено узкой симметричной Лялимканской антиклиналью, простирающейся в широтном направлении, длина ее около 13, ширина 2—4 км. Крылья складки, сложенные верхнеюрскими и нижнемеловыми отложениями, падают под углом от 20 в периферических частях до 50—80° у свода структуры. В ядре складки нижнемеловые отложения эродированы, и соляная толща выходит к поверхности под четвертичный покров, образуя гребневидную диапировую складку высотой до 700 м. Длина соляного массива 8 км, ширина в верхней части 300—800 м.

Месторождение сложено породами гиссарской и гаурдакской свит верхней юры, нижнемеловыми и четвертичными отложениями. Гиссарская свита представлена мелкозернистыми темно-серыми, почти черными, слоистыми битуминозными известняками с редкими включениями целестина. Верхний пласт их мощностью 1,3—5 м брекчирован. Брекчия сцементирована ангидритом. Известняки обнажаются на поверхности в виде тектонической глыбы в юго-западной части Тюбегатанской брахиантиклинали.

Гаурдакская свита составляет бóльшую часть Тюбегатанской структуры. Ее нижняя карбонатно-сульфатная толща, обнажающаяся в ядре брахиантиклинали, представлена темно-серыми мраморовидными ангидритами с тонкими нитевидными прожилками и прослоями сажисто-черного органического вещества и карбонатов, местами осерненных. Мощность прожилков 0,1—2 м.

В нижней части ангидритовой толщи в 25—26 м от подошвы залегают два пропластка карбонато-ангидритовой породы мощностью до 0,8 м, представляющие собой тонкое переслаивание ангидрита и кальцита; мощность прослоев 1—3 мм. В 100—200 м выше подошвы в ангидритах залегают два пласта известняков маркирующего горизонта *R* мощностью 1,5 и 3 м. В верхней части ангидритовой толщи обнаружены линзы бесцветной крупнозернистой каменной соли мощностью 10—60 м.

К верхней половине ангидритовой толщи приурочены гнездообразные скопления округлых желваков белого скрытокристаллического данбурита величиной от долей миллиметра до нескольких

сантиметров. Установлены три боросных горизонта мощностью 0,2 — 8 м. В самых верхних пластах ангидритовой толщи залегают пропластки и линзы белой и буровато-серой битуминозной каменной соли мощностью до 60 м. Суммарная мощность ангидритов 350—380 м. Выше залегает переходная толща мощностью до 100 м, состоящая из чередующихся пластов и пропластков ангидрита и каменной соли. Соляная толща представлена двумя пачками: нижней — ангидрито-галитовой, мощностью 225—300 м, и верхней — калиеносной, мощностью 100—125 м.

Отложения гаурдакской свиты перекрыты красноцветными глинами, алевролитами и песчаниками карабильской свиты мощностью до 180 м. Альмурадская свита представлена красноцветными глинами с маркирующим горизонтом доломитизированного известняка в средней части и пластами гипса в верхней части разреза. Мощность свиты 50—140 м. Кызылташская свита, согласно залегающая на альмурадской, представлена двумя подсвитами: нижней, сложенной буроватыми глинами с прослоями алевролитов, и верхней, состоящей из красноцветных песчаников и алевролитов с прослоями глин. В кровле свиты отмечаются 3—4 прослоя светло-серых песчаников и алевролитов мощностью до 0,8 м. Мощность кызылташской свиты 100—160 м. Выше залегают породы окузбулакской и калигрекской свит и отложения альбского яруса, перекрытые четвертичными осадками.

Строение и состав соляной толщи. Нижнюю часть ангидрито-галитовой пачки мощностью 40—60 м слагает светло-серая и темно-серая каменная соль, содержащая NaCl до 90%. Ближе к основанию в ней залегает ангидритовый пласт мощностью 0,7—30 м с включением линз и прожилков каменной соли. Верхнюю часть пачки образует крупнокристаллическая розовая каменная соль с пластами и линзами белой и серой, с включениями и прожилками серовато-белого ангидрита и редкими сгустками вишнево-красного глинисто-карбонатного материала. Мощность ангидрито-галитовой пачки 150—200 м.

В основании калиеносной пачки залегает пласт карналлитсодержащей глинисто-карбонатной каменной соли, переходящей по простиранию в карналлитовую каменную соль и в карбонато-карналлито-галитовую породу. Содержание карналлита в каменной соли 0,3—15%, в карналлито-галитовой породе — до 48%. Мощность пласта 0,3—5,1 м.

Выше залегают три калиеносных горизонта в чередовании с горизонтами каменной соли. Нижний калиеносный горизонт образован тремя пластами. Пласт нижний I представлен бесцветной и бледно-розовой каменной солью с вкрапленностью и прожилками сильвина и прослоем ангидрита в кровле. Содержание KCl 1—9%. Мощность пласта 2—20 м.

Выше залегает пласт нижний II (промышленный пласт месторождения), сложенный ярко-розовым, оранжево-красным и молочно-белым сильвинитом с тонкими прожилками и включениями сургучно-красного карналлита, серовато-белого ангидрита и буровато-серой пелито-

морфной глинисто-карбонатной массы. Содержание KCl 18,30—50,58; $MgCl_2$ 0,02—1,33; н. о. 0,5—8,17%. Мощность пласта 0,8—10,6 м. Местами пласт раздваивается за счет линз каменной соли мощностью 2,4—6,6 м.

Пласт нижний III представлен каменной солью с вкрапленностью сильвина. Содержание KCl 1,5—3,7%. Мощность 1—10,3 м.

Нижний промежуточный горизонт каменной соли мощностью 20—40 м представлен мономинеральной разностью, и только верхние 1,2—14,3 м сменяются красно-бурой глинисто-карбонатной разностью с содержанием нерастворимых до 30—40%, местами переходящей в галопелит. Средний калиеносный горизонт состоит из розовой каменной соли с вкрапленностью и тонкими прослоями сильвина и прожилками волокнистого карналлита. Калиеносной является верхняя часть горизонта, развитая лишь в юго-западной половине месторождения, мощностью 0,5—1,5 м, с содержанием хлористого калия не более 15%. Между средним и верхним калиеносными горизонтами залегает второй промежуточный горизонт светло-розовой и розовой каменной соли с линзами бесцветной мономинеральной и глинисто-ангидрито-карбонатной породы, с прожилками оранжевого карналлита (0,5—8,0%). Мощность горизонта 36—47 м. Верхний калиеносный горизонт сложен розовой и бесцветной каменной солью с глинисто-карбонатными включениями до 5%, с вкрапленностью красного и молочно-белого сильвина 4—11% и карналлита до 1%. Мощность горизонта уменьшается с юго-запада на северо-восток от 5 до 1 м. В северо-восточной половине месторождения калиеносный горизонт совершенно выклинивается.

Покровная каменная соль, залегающая в кровле соляной толщи, светло- и темно-розовая, с включениями ангидрита и глинисто-карбонатного материала, окрашенного в бурый цвет гидроокислами железа. Над соляной толщей залегает пласт глинистого ангидрита мощностью 1—3 м.

Разведанность месторождения. Тюбегатанское месторождение разведано буровыми скважинами, расположенными 12 профилями вкрест простирания соленосной толщи. Расстояние между профилями 630—2500 м, между скважинами — 550—800 м. Всего пробурено 59 скважин глубиной 140—1150 м (около 30 тыс. м). При подсчете запасов использованы данные 45 скважин.

Промышленный пласт нижний II разведан на площади 80 км². Глубина залегания его кровли 0—800 м. Мощность пласта 0,8—10,6 м, в среднем по месторождению 5,1 м. Среднее содержание KCl 36,88; NaCl 60,0; $MgCl_2$ 0,24; $CaSO_4$ 0,86; н. о. 3,74%.

Разведанные запасы калийных солей Тюбегатанского и северной части Лялимканского месторождений составляют около 686 млн. т, из них по промышленным категориям ($A + B + C_1$) более 400 млн. т.

Гаурдакское месторождение находится в Чарджоуской области ТССР в 4 км северо-восточнее разрабатывающегося Гаурдакского серного месторождения и в 8 км от пос. Гаурдак.

Месторождение открыто в 1946 г. экспедицией Туркменского геологического управления при участии Геологического института АН УзССР (М. С. Банченко, Н. П. Петров и другие). Юго-западный участок месторождения детально разведан буровыми скважинами. В 1960—1964 гг. месторождение доразведывалось Туркменским геологическим управлением на каменную соль для содовой промышленности.

Геологическое строение. Месторождение приурочено к северо-западному крылу Гаурдакской брахиантиклинали северо-восточного простирания. Протяженность ее 16—18 км, ширина в средней части 10 км, площадь свода около 100 км². В своде обнажены известняки гиссарской свиты и огипсованные ангидриты. Крылья брахиантиклинали сложены галогенными породами гаурдакской свиты и красноцветами неокома. Северо-западное крыло складки наклонено под углом 6—30°, юго-восточное — до 70°. Южная часть структуры осложнена Узункудукской зоной разломов. В ядре складки на глубине 926 м скважиной вскрыты граниты, гранито-гнейсы и слюдисто-хлоритовые сланцы палеозоя. На кристаллических породах залегают песчаники, известняки, мергели и глины нижней и средней юры и келловейского яруса, на которых без видимого несогласия залегают серые, внизу мергелистые известняки гиссарской свиты, содержащие обильную фауну мелководного теплого моря: аммониты, пелециподы, кораллы и др., прослеживающиеся до самой подошвы соленосной серии.

В юго-западной нарушенной и эродированной части брахиантиклинали известняки гиссарской свиты интенсивно минерализованы: пропитаны битумами, осернены, пиритизированы, содержат вкрапленность и гнезда других сульфидов, прожилки кальцита, целестина, барита, флюорита, кварца, халцедона, гидроокислы железа и другие минералы. В известняках наблюдаются псевдоморфозы кальцита, флюорита, битумов по фауне. В них залегают пластовые и секущие флюорито-баритовые, кальцито-баритовые, кальцито-пиритовые и другие жилы и линзы [252].

Верхнеюрские и нижнемеловые отложения северо-западного крыла брахиантиклинали осложнены разрывными дислокациями со смещениями разных амплитуд. М. С. Банченко и Н. П. Петров делят эти нарушения на поперечные или радиальные, расходящиеся от центра, структуры и продольные или кольцевые, опоясывающие ее. Возникновение наиболее крупных нарушений эти авторы связывают с формированием брахиантиклинали под влиянием внутренних движений палеозойского основания, возникновение мелких — с просадкой и смещениями покровных пород, вызванными эрозией и карстованием галогенных пород.

Светло-серые мраморовидные ангидриты нижней части гаурдакской свиты у основания содержат пропластки и линзы известняков. В южном замке брахиантиклинали, нарушенном и эродированном, с этой частью разреза толщи связано промышленное осернение. В средней части толщи устойчиво прослеживаются два пласта мар-

кирующего горизонта *R* мощностью 0,5—6 м. Мощность всей карбонатно-сульфатной толщи — около 400 м. В верхней части толщи мономинеральный ангидрит переслаивается с глинистым. К пропласткам последнего приурочена вкрапленность данбурита.

Соляная толща представлена серой, светло-серой, белой и розовой каменной солью с включениями и линзами ангидрита, красно-бурой глины и с пластами калийных солей в верхней половине толщи. Мощность ее 400—420 м. Над соляной кровлей залегает пачка серых ангидритов, перемежающихся с засолоненными красно-бурыми глинами и алевролитами. Мощность терригенно-сульфатной пачки 1—10 м. Общая мощность гаурдакской свиты достигает 800 м.

Выше залегают красноцветные песчано-глинистые отложения карабильской свиты, в свою очередь сменяющиеся глинистыми породами, гипсами и доломитами альмурадской свиты. Верхнюю часть разреза красноцветных отложений образуют песчано-глинистые породы кызылташской свиты. Общая мощность этой части разреза — около 400 м. Окузбулакская и калигрекская свиты сложены пестроцветными огипсованными глинами и песчаниками с прослоями известняков и мергелей. Суммарная мощность обеих свит 98—240 м.

Отложения альба представлены песчаниками, гравелитами, песчанистыми известняками, выше — ракушняками и глинами, суммарной мощностью 300—360 м. Верхнемеловые и третичные отложения на площади месторождения отсутствуют. Четвертичные образования распространены вдоль его юго-восточной окраины, в долине руч. Карикансай. Они представлены древним и современным аллювиально-пролювиальными комплексами, залегающими на отложениях неокома, а местами на размытой поверхности соляной толщи.

Древнечетвертичный комплекс сложен конгломератами с прослоями глин, глинистыми песчаниками, валунами и галечниками с линзами красных и зеленых глин, а современный — рыхлыми неотсортированными валунно-галечными конгломератами и песчано-глинистыми отложениями. Максимальная мощность четвертичных отложений 120 м.

Строение и состав соляной толщи. Судя по керну многих скважин, между ангидритовой и соляной толщами на Гаурдакской площади существует резкий контакт. Соляная толща достаточно четко расчленяется на ангидрито-галитовую и калиеносную пачки. В ангидрито-галитовой пачке выделяются два горизонта: нижней каменной соли и переходный горизонт к вышележащей калиеносной пачке.

У самой подошвы нижнего горизонта каменная соль крупнокристаллическая, бесцветная или дымчато-серая, с тонкими пленками битумов по трещинам спайности галита и между зернами. Местами нижние слои мощностью 2—20 м представлены ангидритовой каменной солью с содержанием сульфата кальция 5—7%, в отдельных пробах до 10—11%. Ангидрит пелитоморфно-микрозернистый в виде линзовидных и жилковатых включений, на контакте с галитом перекристаллизован в более крупнозернистые агрегаты. Подавляющая часть горизонта сложена мономинеральной каменной солью

белого, розового и кремового цвета. Среднее содержание NaCl 97%. В верхних слоях горизонта мономинеральная соль содержит пропластки буровато- и зеленовато-серой глинисто-карбонатной каменной соли. Изредка встречаются ангидритовые пласты. Содержание KCl в нижней каменной соли 0—0,13; $MgCl_2$ 0—0,23%. Мощность горизонта 134—240 м.

Переходный горизонт представлен серовато-розовой доломито-магнезитовой и ангидритовой каменной солью с неравномерной вкрапленностью сильвина и карналлита, с линзами мономинеральной каменной соли и сильвинита. Каменная соль содержит KCl 0,08—2,04 и $MgCl_2$ 0,08—0,47%. Сильвинит обнаружен в виде двух линз: нижней, мощностью 0,5 м, с содержанием KCl 30,24%, и верхней, залегающей на 12, 5 м выше, мощностью 1,5 м, с содержанием KCl 28,9—29,6%. Мощность горизонта 7—35 м.

Калиеносная пачка в разрезе Гаурдакского месторождения представлена тремя калиеносными горизонтами, разобщенными каменной солью. Нижний горизонт состоит из трех пластов сильвинитов, чередующихся с каменной солью и глинисто-карбонатно-галитовой породой, содержащей вкрапленность сильвина и карналлита. Пласт нижний I, залегающий на глубинах 213—233 м от поверхности, представлен каменной солью с неравномерной вкрапленностью сильвина и заключенными в ней линзами сильвинита. Содержание KCl 3,16—31,69%. Мощность 1—2 м.

Пласт нижний II, отделенный от нижнего I двухметровым пластом каменной соли, состоит из двух слоев сильвинита мощностью 2 и 3 м, разобщенных слоем каменной соли мощностью 0,3—2 м. В южной части месторождения пласт нижний II сложен карналлито-сильвиновой породой, в центральной части и северной частях в нем местами присутствует карналлитовая порода. Мощность пласта 1,2—8, средняя 4 м. Содержание KCl 15,81—44; $MgCl_2$ 0,13—23; $CaCl_2$ 0—0,20; н. о. — до 16,49%. Пласт нижний II распространен по всему месторождению, и только в крайней южной части он замещен каменной солью с вкрапленностью сильвина.

Пласт нижний III, отделенный от нижнего II 0,5—5-метровым слоем каменной соли, представлен чередующимися прослоями и линзами богатого и бедного сильвинита и каменной соли с повышенным содержанием н. о. Содержание KCl 3—65, в среднем 22—23%; $MgCl_2$ обычно не более 2—3, в единичных пробах до 11,9%; $CaCl_2$ 0—0,24; н. о. 2,50—3,96%. В юго-западной части месторождения пласт нижний II отсутствует.

Первый промежуточный горизонт каменной соли представлен преимущественно глинисто-карбонатной разностью. Содержание NaCl 42—79; KCl 0—0,64; $MgCl_2$ 0,27—0,90; $CaCl_2$ 1,03—2,95%. Мощность горизонта 20 м.

Средний калиеносный горизонт представлен в нижней части розовой каменной солью с редкой вкрапленностью сильвина, в верхней — белым сильвинитом с вкрапленностью синего галита (отчего он и получил название «синий»), реже буровато-красным сильвином.

Содержание KCl 22,38—40,17; $MgCl_2$ 0,25—8,14; н. о. 1,43—8,25%. «Синий» пласт распространен почти по всей площади месторождения. Мощность пласта 1,5—5 м.

Второй промежуточный горизонт состоит из крупнозернистой розовой каменной соли, переслаивающейся с красно-бурой глинистой, содержащей включения карналлита. Содержание NaCl 71—98; KCl 0—4,20; $MgCl_2$ 0,12—0,35; $CaCl_2$ 0—0,14; н. о. 1,5—20%. Мощность горизонта 16—50 м.

Верхний калиеносный горизонт в нижней части сложен красно-бурой глинистой каменной солью с вкрапленностью и сгустковыми включениями сильвина, с тонкими прожилками галита, сильвина, карналлита, в верхней — розовой и белой каменной солью с линзами сильвинита, с содержанием KCl 20—28%. Мощность горизонта 1,5—30 м. Мощность его верхней калиеносной части — не более 3 м.

Выше залегает покровная каменная соль, содержащая рассеянную вкрапленность сильвина и карналлита. Мощность соли 12—55 м.

Мощность всей калиеносной пачки — до 175 м.

Разведанность месторождения. Гаурдакское месторождение калийных солей детально разведано в 1948—1965 гг. на площади 13 км². Пробурено 57 скважин глубиной 68—826 м, расположенных по треугольной сетке с расстоянием от 400 м до 3 км.

Кондиционным требованиям, установленным для Гаурдакского месторождения (минимальная рабочая мощность пласта 1,5 м, минимальное среднее содержание K_2O по блоку 13%), удовлетворяют три пласта калийных солей: «Нижний II», «Нижний III» и «Синий». Разведанные запасы сырых калийных солей со средним содержанием хлористого калия 31% составляют на месторождении 106,3 млн. т.

На Гаурдакском месторождении разведаны также залежи высококачественной каменной соли со средним содержанием NaCl 96,85%. Промышленные запасы ее составляют 2,8 млрд. т. Глубина залегания разведанного горизонта нижней, некалиеносной, каменной соли 70—700 м, мощность 134—240, средняя 185 м.

Кугитангское месторождение расположено на правом берегу р. Кугитангдарьи, в 20 км восточнее пос. Гаурдак. На поверхности оно выражено многочисленными естественными обнажениями соляных пород, которые были описаны в 30-е годы как самостоятельные месторождения [38, 288, 345]. Позднее было установлено, что все они принадлежат к единому месторождению, прослеживающемуся вдоль северной половины западного крыла Кугитангской брахиантиклинали на протяжении около 35 км.

Геологическое строение. С севера месторождение ограничено серией меридионально простирающихся разрывных нарушений, местами образующих мощную зону дробления. На юге оно отделено от Карабильского месторождения Узункудукским грабеном. С востока соляная залежь ограничена поверхностью размыва в долине р. Кугитангдарьи. Западнее разведанной площади она погружается на глубину более 1200 м.

Месторождение сложено породами верхней юры и нижнего мела, окаймляющими западное крыло Кугитангской брахиантиклинали. В северной и центральной частях месторождения они падают к северо-западу под углом 5—20°. Моноклинальное залегание пород осложнено многочисленными продольными и поперечными разрывными нарушениями регионального тектонического и местного экзотектонического происхождения.

Наиболее крупная зона разломов образует в осевой части выраженный в рельефе грабен протяженностью 20 км, шириной 200—700 м. С северо-запада и юго-востока он ограничен двумя крупными сбросами, амплитуда которых по нижнемеловым отложениям достигает 300 м. В бортах грабена обнажаются породы карабильской и альмурадской свит, которые по зонам разломов приведены в контакт с отложениями окузбулакской свиты. В центральной части грабена прослеживаются альбские отложения.

Южная часть месторождения имеет более сложное геологическое строение. На фоне общего моноклинального залегания пород здесь выделяется ряд брахиантиклинальных складок. Наиболее крупная — Янгизрыкская — имеет размеры по нижнемеловым отложениям около 20×10 км. Складки осложнены многочисленными разрывными нарушениями протяженностью до нескольких километров. Амплитуды отдельных вертикальных смещений пород достигают 250 м. Вдоль северной ветви Узункудукской зоны разломов соль образует криптодиапировую структуру. В сводах антиклинальных складок соляная толща залегает спокойно, не обнаруживая признаков течения.

Известняки оксфорда, слагающие западный склон хр. Кугитангтау и вскрытые в районе месторождения скважиной в интервале глубин 448—450 м, темно-серого цвета, мелкокристаллические, плитчатой текстуры.

Карбонатно-сульфатная толща гаурдакской свиты представлена плотными светло-серыми и мраморовидными ангидритами с включениями и прожилками карбонатов и редкой вкрапленностью мелких желваков данбурита. Мощность толщи 258 м. Маркирующий горизонт *R*, залегающий на 42 м ниже кровли, представлен темными серовато-бурыми огипсованными известняками мощностью около 4 м.

Соляная толща полностью пройдена тремя скважинами в центральной части разведанной площади. Мощность толщи 200—320 м, т. е. значительно меньше, чем на других разведанных площадях бассейна. Нижняя некалиеносная зона соляной толщи сложена преимущественно серой и белой крупнозернистой каменной солью с прослоями ангидритов, число которых увеличивается к подошве. Верхняя калиеносная зона сложена преимущественно розовой каменной солью, включающей до шести пластов и линз сильвинитов мощностью до 3,2 м. В кровле соляной толщи повсеместно залегает пласт серого ангидрита с включениями красной глины мощностью 1—4 м.

Залегающие над породами гаурдакской свиты красноцветные отложения нижнего мела представлены всеми свитами и горизонтами, устойчиво прослеживающимися в районе. Мощность красноцветных

отложений уменьшается в северо-восточном направлении. Начиная с окузбулакской свиты заметного изменения мощности отложений не наблюдается: мощность нижней и средней частей свиты, относимых к баррему, на северо-востоке описываемой площади 101,5 м, а верхней части, соответствующей апту, — 96,5 м. Альбские отложения, развитые в западной части месторождения, представлены перемежающимися пластами глин, песчаников и известняков суммарной мощностью около 360 м.

Четвертичные образования на площади месторождения практически отсутствуют. Вдоль восточного края его, в долине р. Кугитангдарьи, где соляная толща уничтожена эрозией, их мощность более 100 м.

Строение и состав соляной толщи. Калиеносная пачка соляной толщи Кугитангской площади полностью вскрыта шестью скважинами. Мощность пачки 108—185 м. Она представлена чередованием мономинеральной ангидритовой и глинистой разностей каменной соли с вкрапленностью сильвина и карналлита, содержащей 3—6 пластов и линз калийных пород (наибольшее количество в северной части месторождения, в южной половина пластов выклинивается).

Из трех наиболее выдержанных пластов нижний, залегающий в основании пачки, представлен сургучно-красным сильвинитом с вкрапленностью карналлита и включениями бордово-красной глины. Мощность пласта 0,72—2,19 м. Содержание KCl 17,5—44,6; $MgCl_2$ 0—0,65; н. о. до 3%.

Средний калиеносный пласт представлен двумя пропластками сургучно-красного сильвинита с рассеянной вкрапленностью оранжевого карналлита, большей частью разобщенными пропластками розовой и серой каменной соли мощностью 1,5—7 м. Местами они сливаются в один пласт. Расстояние между нижним и средним калийными пластами 15—30 м в северной и центральной частях и 50 м в южной части месторождения. Мощность каждого из прослоев лишь в отдельных случаях превышает 3 м. На юге площади средний пласт почти выклинивается. Мощность обоих слоев здесь не более 0,4 м, а содержание KCl достигает 50%. На остальных участках среднее содержание KCl 16—26%.

В центральной части месторождения средний пласт сложен красновато-оранжевыми карналлитовыми сильвинитами. Содержание хлористого магния по некоторым скважинам достигает 15,8%. В карналлитовых сильвинитах количество глинистого материала повышается до 5% и более.

Верхний калийный пласт, пересеченный 4 скважинами, представлен одним-двумя слоями белого и светло-розового сильвинита. Мощность каждого слоя обычно не превышает 1 м и лишь по скв. 35 — более 3 м. Содержание KCl не превышает 15%. Примесь $MgCl_2$ и н. о. составляет десятые доли процента.

Описанные пласты калийных пород прослежены до глубины 650 м. Запасы сырых калийных солей на разведанной площади (21,6 км²) оцениваются в 144 млн. т.

Карлюкское месторождение расположено на левом берегу р. Амударьи. Площадь месторождения с глубиной залегания калийных пластов до 1200 м составляет около 120 км² (15,5×7,5 км). Бóльшая часть его поверхности — такыр, слегка наклоненный к юго-западу, в сторону Амударьи. В северо-западной части развит низкогорный и холмистый рельеф.

Месторождение открыто и разведано Кугинтангской геологоразведочной экспедицией Управления геологии ТССР в 1964—1966 гг. В 1967—1968 гг. геологоразведочные работы в юго-восточной части и восточнее месторождения проводились в связи с проектированием опытно-промышленной установки по подземному выщелачиванию калийных солей и комплексной переработке получаемых рассолов.

Геологическое строение. Площадь Карлюкского месторождения представляет собой предгорную равнину, покрытую четвертичными образованиями. Коренные породы обнажаются на поверхности к северо-востоку, востоку и юго-востоку от северо-западной части равнины.

Месторождение приурочено к Карлюкскому прогибу субширотного простирания протяженностью около 12 км, заложенному еще в эпоху герцинского горообразования и окончательно сформированному в эпоху альпийской складчатости.

По данным бурения, сейсморазведки и КМПВ, поверхность палеозойского платформенного основания и весь мезозойский осадочный комплекс в пределах Карлюкского прогиба падают на юго-запад под углом 5—15°. Моноклинальное залегание осложнено пологой складчатостью и разрывными нарушениями, ориентированными преимущественно по падению пород.

Центральную часть разведанной площади занимает Карлюкская антиклинальная складка с периклинальным замыканием на юго-запад. В ее своде под четвертичным покровом лежат породы нижнекарабильской подсвиты, а в крыльях развиты отложения альмурадской и кызылташской свит (рис. 44). Севернее Карлюкской антиклинали и параллельно ей протягивается узкая Барзадепинская синклиналь. Шарнир складки погружается на юго-восток под углом 6—7°, наклон пластов в крыльях по отложениям неокома 5—8°. В пределах синклинали породы осложнены многочисленными тектоническими нарушениями, оперяющими Кундалягскую зону разломов. Юго-восточную часть месторождения занимает Кундузкульская синклиналь, расположенная южнее Карлюкской антиклинали. Амплитуда ее прогиба 100—150 м. Углы падения пород в крыльях синклинали не превышают 4—5°. Юго-восточную часть месторождения составляет небольшая Примайданская брахиантиклиналь протяженностью около 1,5 км при ширине 1 км. Северо-западное и юго-восточное крылья структуры наклонены под углами 3—17°. Соляные и перекрывающие их красноцветные образования сохранились в северо-западном крыле и частично в своде складки. В юго-восточном крыле они полностью эродированы.

В пределах Карлюкского прогиба установлено несколько зон разрывных нарушений. Три зоны ограничивают прогиб с северо-запада, северо-востока и юго-востока, две выявлены в южной части месторождения, северо-восточнее его, в обнажающихся на поверхности келловей-оксфордских известняках западного крыла Кугитангской брахиантиклинали.

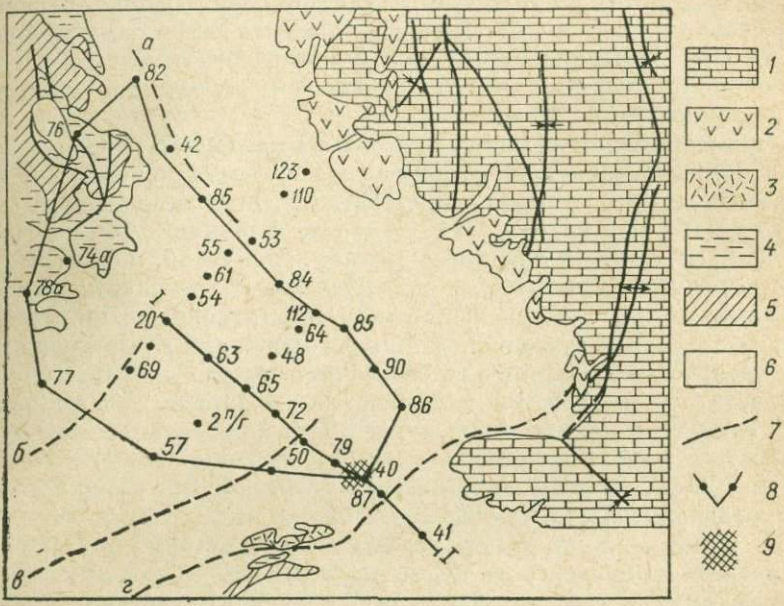


Рис. 44. Схематическая геологическая карта Карлюкского месторождения калийных солей (по В. И. Седлецкому, А. А. Байкову, Х. Худайкулиеву).

Верхнеюрские отложения: 1 — известняки оксфорда, *2* — карбонатно-сульфатная толща гаурдакской свиты кимеридж-титона; *нижнемеловые отложения: 3* — карабильская, *4* — альмурадская, *5* — кызылташская свиты; *6* — четвертичные отложения; *7* — разрывные нарушения: *а* — Кундаланское, *б* — южное, *в* — Чилгазское, *г* — Майданское; *8* — контур разведанной площади; *9* — участок опытно-промышленного выщелачивания калийных солей через буровые скважины.

Соляная тектоника проявилась в перетекании калийных пород, формировании соляных складок и диапиров в приразломных зонах. Последний выявлен вблизи Майданской зоны разломов, где приподняты нижнемеловые осадки и бóльшая часть калиеносной пачки уничтожена эрозией, а на соляном зеркале залегают древнечетвертичные осадки. С северо-востока и юго-востока месторождение окаймлено широкой и глубокой карстово-эрозионной долиной, образовавшейся по зонам разломов.

Наиболее древними отложениями, обнажающимися в непосредственной близости от месторождения и вскрытыми на его площади скв. 48 на глубине 1000—924 м, являются карбонатные породы оксфорда (гиссарская свита). Выше без перерыва на них залегает карбонатно-сульфатная толща гаурдакской свиты, полностью пересеченная скв. 48 на глубине 924—769 м.

Как и в других частях бассейна, на Карлюкской площади соляная толща расчленяется на две пачки. Нижняя — ангидрито-галитовая — сложена в основном каменной солью с прослоями ангидрита. На юге площади она содержит две линзы сильвинита. Верхняя, калиеносная, пачка расчленяется на три калиеносных горизонта, включающих 11 пластов сильвиновых и карналлитовых пород в чередовании с пластами и линзами каменной соли. Вверх по разрезу калиеносная пачка сменяется горизонтом покровной каменной соли. На размытой поверхности соляной толщи залегает не выдержанная по мощности, местами выклинивающаяся терригенно-сульфатная пачка мощностью до 16 м.

Суммарная мощность гаурдакской свиты 650—700 м.

На большей части территории месторождения красноцветы неокома залегают на терригенно-сульфатной пачке гаурдакской свиты без видимого несогласия. Их мощность увеличивается с северо-востока на юго-запад. Мощность нижней, глинистой, подсвиты карабильской свиты 130—200 м, мощность верхней, песчаной, 75—85 м.

Альмурадская свита сложена глинисто-алевролитовыми породами оранжево-серого цвета с включениями голубовато-серых аргиллитов и алевролитов и прослоями гипсов мощностью до 5 м. В юго-западной части месторождения над пластом ангидрита залегает пласт серой глинистой каменной соли с редкими включениями ангидрита. Мощность соляного пласта 65 м. В кровле и подошве его залегают пропластки ангидрита мощностью до 0,5 м каждый. Мощность всей альмурадской свиты 70—160 м.

На гипсах альмурадской свиты согласно залегают бордово-коричневые комковатые глины с пропластками бордовых и серо-зеленых алевролитов и небольшими прослоями розовых гипсов, выше ритмично чередующихся красно-бурых глин, алевролитов и песчаников кызылташской свиты мощностью 160—170 м. Окузбулакская свита представлена пестроцветными огипсованными глинами с двумя пластами розового гипса; зеленовато-серыми глинами, переслаивающимися с мергелями, известняками; коричневыми глинами и толщей бледно-розовых глинистых гипсов. Мощность свиты до 170 м. Калигрекская свита сложена перемежающимися прослоями серо-зеленых глин и алевролитов с линзообразными прослоями оолитового известняка. Мощность свиты 30—60 м. Выше залегают глинистые отложения нижнего альба мощностью 150—170 м.

Четвертичные отложения представлены несколькими генетическими комплексами различного возраста — от нижне-среднечетвертичных до современных. Нижне-среднечетвертичные отложения развиты под чехлом современных образований вдоль восточного и южного флангов Карлюкского месторождения в карстово-эрозионной долине. По литологическому составу и генетическим признакам они подразделяются на два комплекса: аллювиально-пролювиальный и делювиально-пролювиальный. Аллювиально-пролювиальные отложения — глины и плохо отсортированная песчано-алевролитовая масса мощностью вдоль края месторождения 100—180 м. Делю-

виально-пролювиальные образования развиты только в пределах карстово-эрозионной долины, ограничивающей месторождение с востока и юго-востока. Мощность делювиально-пролювиальных отложений в юго-восточной части месторождения достигает 150—160 м. Общая же мощность четвертичных отложений на переуглубленных участках тальвега карстово-эрозионной долины местами превышает 400 м.

Верхнечетвертичные отложения, нивелирующие такыровую часть месторождения и обрамляющие его карстово-эрозионную долину, представлены гравием, галькой, супесью и суглинком. Мощность покрова 30—60 м.

Строение и состав соляной толщи. Соляная толща на площади Карлюкского месторождения вскрыта в интервале глубиной 181—1214 м. Мощность толщи 380—400 м, а в отдельных локальных участках (юго-восточнее месторождения), в связи с галокинезом, более 500 м.

Контакт соляной толщи с подстилающей карбонатно-сульфатной — резкий. Вблизи контакта каменная соль крупнокристаллическая прозрачная, с пленками битумов по трещинам спайности, местами с мелкими жилковатыми включениями светло-серого микрозернистого ангидрита, перекристаллизованного у контакта с галитом.

Бóльшая часть разреза нижней пачки соляной толщи представлена мономинеральной слитноразнозернистой каменной солью, бесцветной, белой, кремовой и бледно-розовой. Среднее содержание хлористого натрия 96%. В мономинеральной каменной соли залегают пласты ангидритовой каменной соли (сульфата кальция 5—11%). Мощность пластов 2—20 м. К средней и верхней частям разреза нижней пачки приурочены редкие пласты и пропластки ангидрита: в центральной части месторождения их шесть (0,5—6 м), в направлении на юго-запад они выклиниваются, а в северо-восточной части месторождения сливаются в один пласт мощностью 40 м.

В отличие от других разведанных участков бассейна, где хлориды калия и магния отсутствуют в нижней пачке соляной толщи Карлюкского участка, здесь они распространены по всему ее разрезу. Даже в ангидрито-галитовой линзе подстилающей карбонатно-сульфатной толщи обнаружен сильвин (0,2%) вместе с кизеритом (0,5%). Содержание KCl нарастает то постепенно, то скачкообразно. В разрезе скв. 72 оно колеблется без какой-либо закономерности от 0,06 до 5, в среднем 0,97%, содержание $MgCl_2$ до 0,4%. В нижних слоях каменной соли залегают две линзы ярко-розового сильвинита (табл. 13).

В верхних слоях ангидрито-галитовой пачки каменная соль представлена розовато-серой глинисто-карбонато-ангидритовой разностью с неравномерной вкрапленностью сильвина и карналлита. В керне скв. 72 содержание KCl 0,32—7,4; $MgCl_2$ 0,0—0,55%. В разрезе скв. 48 содержание KCl непрерывно и постепенно возрастает снизу вверх от 0,32 (интервал 741,0—623,6 м) до 2,91% (интервал 600,1—592,4 м). Мощность ангидрито-галитовой пачки 135—275 м.

Таблица 13

Содержание KCl и $MgCl_2$ в линзах

Линзы	Номер скв.	Глубина залегания, м		Мощность, м	Содержание, вес. %			
		от дневной поверхности	от подошвы толщи		KCl	NaCl	$MgCl_2$	н. о.
Верхняя	50	874,09	63	0,97	26,12	66,81	0,08	6,43
	72	845,09	64	1,38	11,70	66,62	0,20	1,02
Нижняя	50	880,56	55	2,94	27,26	66,51	0,10	5,90
	72	871,60	35	4,13	5,00	93,66	0,13	1,21

На Карлюкской площади бассейна калиеносная пачка достигла наибольшего развития. От нижней ангидрито-галитовой пачки и от покровного горизонта каменной соли она отделена двумя-тремя внизу и одним-двумя вверху сближенными четковидными прослоями белого, розового и буровато-красного сильвинита мощностью от нескольких сантиметров до 1,5 м, прослеживающихся почти повсеместно.

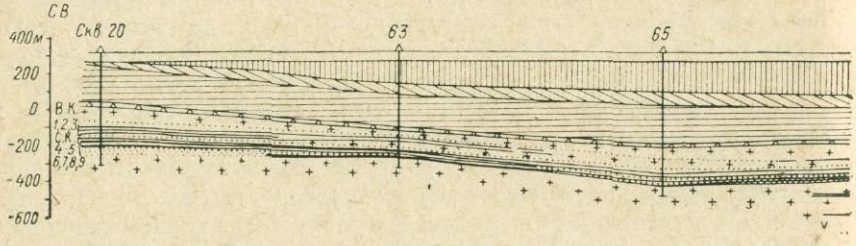


Рис. 45. Схематический геолого-литологический разрез

Верхнеюрские отложения кимеридж-титона: *1* — карбонатно-сульфатная толща, *2* — фатная толща; *нижнемеловые отложения*: *6* — нижнекарабильская подсвита, *7* — верх *отложения*: *9* — древние;

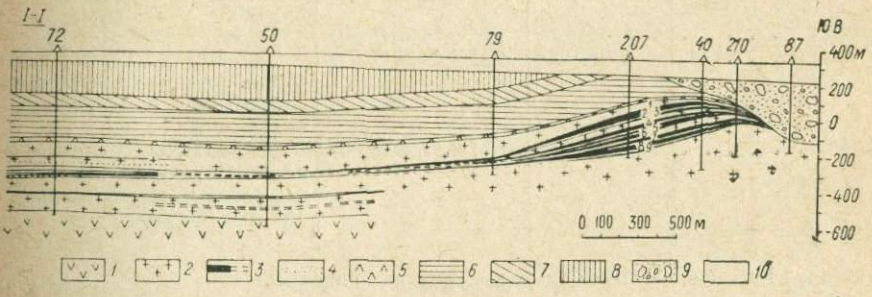
Три пласта нижнего калиеносного горизонта, один пласт среднего и один верхнего богаты хлористым магнием. В остальных пластах он существенной роли не играет. Количество его убывает от пласта к пласту снизу вверх в каждом горизонте. В межпластовой каменной соли Карлюка не наблюдается избыточных по отношению к карналлиту количеств хлористого магния, как это отмечалось в пластах каменной соли калиеносной пачки Гаурдака.

Для продуктивных пластов Карлюкского месторождения характерна частая изменчивость мощности по простиранию под влиянием соляной тектоники. Пласты то залегают параллельно, то сближаются до соприкосновения между собой и полного выклинивания между ними каменной соли, то раздвигаются ею. Раздувы мощностей калий-

ных и калийно-магниевых пород наблюдаются преимущественно в сводовых и околосводовых частях антиклиналей, особенно приразломных, пережимы — преимущественно в мульдах (рис. 45). Максимальная мощность продуктивных пластов от подошвы нижнего до кровли верхнего, включая промежуточные пласты каменной соли, в своде центральной антиклинали достигает 189 м, в юго-восточной приразломной части — 299 м, в мульде, расположенной между ними, сокращается до 113 м, а продуктивные пласты совершенно выклиниваются. Это единственный случай на месторождении, когда совместно выклиниваются все пласты калийных пород пачки. Обычно же соляная тектоника в разных пластах проявляется неодинаково. Мощность пластов колеблется от десятых долей метра до 46,75 м. «Блуждая» в каменной соли, пласты калийных пород то приближаются к соляной кровле, то удаляются от нее. Мощность каменной соли над верхним калийным пластом колеблется от нескольких метров до 50 м.

Основные показатели, характеризующие продуктивные пласты, приведены в табл. 14.

Над верхним карналлитовым пластом залегает каменная соль, преимущественно буровато-красная, глинисто-карбонатная, с пропластками белой или кремовой мономинеральной. Почти повсеместно



Карлюкского месторождения (по В. В. Герасимовой).

каменная соль, *3* — сильвиниты, *4* — карналлитовые породы, *5* — терригенно-сульнекарабильская подсвита, *8* — альмурадская и кызылташская свиты; *четвертичные 10* — современные.

в каменной соли прослеживаются два маркирующих четковидных пропластка сильвинита (m_1 и m_2), преимущественно с невысоким содержанием хлористого калия, переходящего в сильвиновую каменную соль. Обе породы имеют сходную окраску, они либо розовые, буровато-красные, либо молочно-белые, с рассеянной вкрапленностью отдельных зерен и сгустков пятнистого голубовато-синего галита.

Пропласток m_1 имеет мощность 0,8—8,12 м. Содержание KCl от 3—30,5%, местами во внутренних тонких прослоях понижается до 0,63%; $MgCl_2$ 0,08—2,12%. От верхнего карналлитового пласта он отделен пластом каменной соли мощностью 3,4—52 м. Пропласток m_2 имеет мощность 0,3—5,25 м. Содержание KCl 3,38—19; $MgCl_2$ 0,03—0,69%. От пропластка m_1 отделен каменной солью мощностью

Таб

лица 14

Основные данные о продуктивных пластах калиеносной пачки соляной толщи Карлюкского месторождения

Пласты	Глубина залегания от поверхности, м	Мощность, м	Соляные породы	Типы руд	Содержание, вес. %		
					KCl	$MgCl_2$	н. о.
Верхний карналлитовый	318—865	0,29—25,36 (5,63)	Карналлитовые и карналлито-галитовые	III	0,71—27,20 (12,77)	0,39—47,21 (20,00)	0,00—24,51 (2,45)
Iа пласт	223—865,45	0,33—31,20 (5,83)	Бескарналлитовый сильвинит	I	10,06—52,05 (20,46)	0,11—1,03 (0,26)	0,00—15,85 (3,38)
II пласт	210—869	0,51—13,00 (3,53)	То же	I	15,02—61,22 (21,67)	0,26—2,17 (0,58)	0,93—17,66 (6,95)
III пласт	213—878	0,58—15,95 (4,20)	»	I	10,79—51,28 (21,38)	0,05—4,91 (0,79)	0,34—15,41 (5,62)
Средний карналлитовый	264—1150	0,30—17,50 (4,02)	Карналлитовые и карналлито-галитовые	III	8,16—41,29 (22,84)	0,29—22,18 (15,01)	0,85—17,64 (1,91)
IV пласт	279—1155,5	1,37—46,75 (5,63)	Бескарналлитовый и карналлитовый сильвиниты	I, II	10,58—69,19 (22,76)	0,09—2,54 (0,93)	0,34—9,07 (5,42)
V пласт	218—1467	1,01—22,10 (5,05)	То же	I, II	10,76—78,69 (24,93)	0,08—3,87 (1,32)	0,78—13,11 (4,07)
VI пласт	221—1180	0,55—31,50 (5,67)	Бескарналлитовые и карналлитовые сильвиниты, карналлито-сильвиновые породы	I, II, III	9,32—56,24 (27,40)	0,04—14,76 (2,55)	0,26—12,93 (4,57)
VII пласт	234—1192	1,06—18,60 (5,55)	То же	I, II, III	10,90—60 78 (27,89)	0,00—13,45 (3,09)	0,00—16,44 (3,15)
VIII пласт	238—1205	1,45—28,20 (9,50)	Сильвиниты, карналлито-сильвиновые, сильвино-карналлитовые и карналлитовые породы	I, II, III	11,42—72,65 (28,54)	0,04—22,50 (7,66)	0,00—11,93 (2,17)
IX пласт	253—1214	1,12—17,36 (4,90)	Сильвиниты, сильвино-карналлитовые, галито-карналлитовые и карналлитовые породы	I, II, III	10,13—59,69 (20,39)	0,04—30,52 (8,52)	0,01—22,07 (4,95)

Примечание. В скобках даны средние значения.

9—53 м. Местами в каменной соли залегают линзы микрозернистой карбонато-ангидритовой породы мощностью до 1,5 м. Кровля пласта m_2 является верхней границей калиеносной пачки.

Покровный горизонт каменной соли мощностью 10—46 м не всегда визуально отбивается от калиеносной пачки; для этого приходится пользоваться данными химического или спектрального анализа и гамма-каротажа. Сложен ангидритовой, глинисто-карбонатной, реже мономинеральной каменной солью. Содержание KCl от десятых долей процента до 2,5%; $MgCl_2$ — сотые доли процента, максимум 0,9%.

Разведанность месторождения и технологические типы руд. На площади Карлюкского месторождения пробурено около 100 поисковых, разведочных, гидрогеологических и картировочных скважин. Соляная толща вскрыта 58 скважинами глубиной 400—1278 м. Несколько бóльшая территория охвачена сейсморазведочными исследованиями методом КМПВ (пройдено 8 профилей протяженностью 150 км) и детальной геологической съемкой.

Соляные породы, слагающие продуктивные пласты, относятся к трем технологическим типам руд: I тип — бескарналлитовые сильвиниты с содержанием $MgCl_2$ 1—1,5%; II тип — карналлитовые сильвиниты, $MgCl_2$ 1,5—5%; III тип — сильвинито-карналлитовые и карналлитовые породы, содержащие более 5% хлористого магния.

В подсчет запасов включены пласты калийных солей, характеризующиеся содержанием хлористого калия не ниже 16% и имеющие мощность не менее 1,5 м, развитые на площади 73,6 км², которая разведана 40 скважинами. Среднее минимальное содержание хлористого калия по блокам подсчета запасов для I и II типов руд ограничивалось 22%, для III типа — 25%. Запасы сырых калийных солей на месторождении составляют 3,12 млрд. т, K_2O — 576,2 млн. т.

Преобладающими калийными рудами являются карналлитовые сильвиниты (II тип руд).

Окузбулакское месторождение калийных солей расположено в 4 км юго-восточнее Карлюкского месторождения, от которого отделено разрывными нарушениями и зоной размыва соляных отложений в своде Кызылхоразской антиклинали. Морфологически месторождение выражено горной грядой Актаг, простирающейся в широтном направлении южнее хр. Кугитангтау, и Такырской равниной, заключенной между этой грядой и горами Караджумалактау и Кызылхораз.

Окузбулакское месторождение — одно из первых в Гаурдак-Кугитангском районе, где были обнаружены признаки калийных солей [67, 68, 376, 377]. В 1941—1944 гг. здесь работали сотрудники Туркменского геологического управления (В. В. Воинов) и Всесоюзного геологического института (Н. П. Луппов, Н. П. Чуенко, А. И. Пылаев и другие). В результате исследований были выяснены основные черты геологического строения месторождения и получены первые сведения о калиеносности развитых на его площади соляных отложений. Исследователи считали, что все проявления калийных солей на месторождении связаны с верхнеюрской соляной толщей. Возобновившиеся в 1962 г. Туркменским геологическим управлением геологоразведочные работы показали, что на площади Окузбулака распространена не одна, а две калиеносные серии: верхнеюрская гаурдакской свиты и нижнемеловая альмурадской свиты.

Геологическое строение. Месторождение приурочено к Актагской системе приразломных складок Кугитанг-Байсунтауского регионального разлома. Собственно Актагская складка — асимметричная брахиантиклиналь, опрокинутая к северу. Ширина складки по верхнеюрским отложениям не более 1,5, длина около 4,5 км. Северное крыло наклонено под углом 50—70, южное — около 25°. Восточная периклиналь скрыта под четвертичным покровом. В своде складки под четвертичный покров выведена средняя часть верхнеюрской соляной толщи.

Обнажающаяся в южном крыле разлома вдоль склона горы по нарушению толща соли нижнего мела приведена в тектонический контакт с глинистой пачкой нижнекарабильской подсвиты в северном приподнятом блоке. Осадочные толщи Окузбулакской площади несут на себе следы интенсивного проявления соляной тектоники, пласты соляной толщи наклонены под углом 10—60°.

Наиболее древние отложения, обнажающиеся близ месторождения в горах Караджумалактау, — темные плитчатые известняки келловей-оксфорда. Вышележащие галогенные отложения гаурдакской свиты не выходят на поверхность в районе месторождения. Они вскрыты буровыми скважинами под нижнемеловыми и четвертичными образованиями у подножья гряды Актаг, на северном крыле Кызылхоразской антиклинали и севернее, на площади Карлюкского месторождения. В пределах Окузбулакской площади

ни одна из пробуренных скважин не вышла из соляных отложений верхней юры.

Нижняя ангидрито-галитовая пачка соляной толщи вскрыта несколькими буровыми скважинами на глубине 200—250 м, однако ее подошва не была пересечена. Пачка сложена главным образом мономинеральной каменной солью белого, серого и розового цвета с содержанием хлористого натрия до 98%. Внутри пачки встречаются редкие прослои ангидрита; примесь глинистого материала незначительна.

Калиеносная пачка в северо-восточной части месторождения имеет мощность 230 м. В северо-западной части кровля соляной толщи размыта, и над ней залегают рыхлые четвертичные образования мощностью 30—60 м. Наиболее полный разрез вскрытых калиеносных отложений имеет видимую мощность около 270 м. В составе калиеносной пачки выделяется до 11 пластов, линз и пропластков калийных солей сильвинитового состава, чередующихся с пластами розовой, местами глинистой каменной соли, имеющей интенсивную вкрапленность сильвина и местами карналлита. Содержание хлористого калия во вмещающей каменной соли 0,5—4%. Разрез соляной толщи гаурдакской свиты заканчивается пластом глинистого ангидрита мощностью 4—13 м.

Над кровлей верхнеюрских галогенных отложений располагается красноцветная толща нижнего мела, представленная внизу глинами, песчаниками и алевролитами карабильской свиты мощностью более 200 м; выше залегают тонкозернистые красноцветные породы с прослоями гипса, доломита и соляных отложений альмурадской свиты.

Нижнемеловая соляная толща обнажается у подножия северного склона гряды Актаг, образуя выход соляных пород высотой до 50 и протяженностью около 300 м. Основание соляного пласта скрыто наносами межгорной долины. Соляные отложения представлены розовой глинистой каменной солью с хорошо выраженной слоистостью и полосчатостью, обусловленной чередованием различно окрашенных прослоев каменной соли или ее переслаиванием с глиной и ангидритом. Каменная соль содержит многочисленные включения, прослои и линзы темно-красных сильвинитов, которые местами образуют выдержанные по простиранию пластовые залежи. Над кровлей солей залегает пласт серых глинистых гипсов мощностью 12—13 м.

Мощность соляных отложений альмурадской свиты на Окузбулакском месторождении не установлена. Максимальная известная в районе мощность нижнемеловых соляных отложений по одной из скважин, пробуренной в 12 км западнее месторождения, составляет 120 м.

Выше следует толща ритмически чередующихся пластов глин, алевролитов и песчаников кызылташской свиты мощностью 150 м. Вверх по разрезу она сменяется лагунными и морскими отложениями окузбулакской, калигрекской и аулатской свит [66].

Характеристика калиеносных отложений и разведанность месторождения. Разведанная площадь Окузбулакского месторождения вытянута в широтном направлении на 4 км, ширина ее около 2 км. На этой площади выделяются три тектонически и стратиграфически разобщенных калиеносных участка. Восточную часть занимает обнажающаяся в южном блоке зоны разломов калиеносная соляная толща альмурадской свиты. Западнее расположен участок, в пределах которого буровыми скважинами вскрыты пласты калийных солей гаурдакской свиты, залегающие в крыле Актагской антиклинали. Далее на запад следует самый крупный и наиболее детально разведанный участок калиеносных отложений гаурдакской свиты, приуроченный к своду Актагской структуры.

Калиеносность соляных отложений гаурдакской свиты резко изменяется в зависимости от структурного положения разведанных участков. Число калийных пластов в разрезе калиеносной пачки непостоянно. Максимальное количество пластов и пропластков калийных пород (11) наблюдается в сводовой части Актагской антиклинали. Мощность их изменяется в широких пределах, достигая в отдельных раздувах 14—20 м. Содержание KCl в основных калийных пластах 10—56,3%, в среднем выше 30%; $MgCl_2$ — обычно не более десятых долей процента; н. о. — в среднем около 5%. Существенно карналлитовые разности калийных солей местами присутствуют в виде отдельных небольших пропластков в каменной соли. Разрез калиеносной пачки гаурдакской свиты Окузбулака весьма напоминает по своему строению аналогичную часть соляной толщи южной окраины Карлюкского месторождения. Подошва калиеносной пачки залегает на глубинах 180—470 м. Запасы сырых калийных солей составляют 36 млн. т.

Соляные отложения альмурадской свиты вскрыты на Окузбулакском месторождении во время геологоразведочных работ 1931—1933 гг. несколькими горными выработками — наклонной шахтой глубиной 100 м и тремя штольнями, пройденными в верхней части обнажающейся соляной толщи. Устья выработок находятся в 5—6 м ниже подошвы ангидрита, перекрывающего соль.

Наиболее полный разрез калиеносных соляных отложений пересечен наклонной шахтой, ориентированной к юго-востоку вкрест простирания пород и пройденной под углом 30—40° к горизонту, несколько более полого, чем падение пластов. Общая нормальная мощность вскрытых шахтой соляных пород составляет всего 27—28 м.

В этом интервале выделяются два калийных пласта: верхний мощностью 1,5—5,6 м и нижний — 4—4,5 м. Для верхнего калийного пласта средняя мощность равна 2,5 м, среднее содержание KCl — 21,93%, а для нижнего — соответственно 4 м и 16,3% [377]. По авторским подсчетам, запасы сырых калийных солей в обоих пластах в разведанной части месторождения составляют 765, K_2O 90, каменной соли — 1548 тыс. т.

Карабильское месторождение калийных солей расположено в 15—20 км юго-восточнее пос. Гаурдак. Площадь месторождения пред-

ставляет собой крупное пологое поднятие с платообразной вершиной и максимально абсолютной высотой 694,4 м (гора Дадыр). С запада оно окаймлено Приамударьинским такыром, с востока — долиной р. Кугитангдарьи.

Карабильская брахиантиклинальная складка вытянута в меридиональном направлении. Ее северное и южное периклинальные замыкания срезаны двумя широтными зонами разломов — Узункудукской и Кундалянкской. Протяженность складки с севера на юг по отложениям альба около 17 км, максимальная ширина 8 км, высота структуры по кровле известняков оксфорда — 150 м.

Свод брахиантиклинали широкий, пологий, с наклоном пластов около 3—5°, перегиб к крыльям выражен отчетливо. Складка асимметричная, западное крыло пологое, угол падения на его погружении под четвертичные образования такыра не превышает 10—15°. Под таким наклоном обнажающиеся на поверхности известняки, песчаники и глины погружаются к западу на протяжении 4 км. Восточное крыло более короткое и крутое, углы падения пород превышают 20°. Вдоль него развита система разрывных нарушений сбросо-взбросового типа, которые имеют меридиональную или близкую к ней ориентировку и различные амплитуды смещения, до 400 м.

Мощность отложений, перекрывающих соляную толщу в пределах Карабильской антиклинали, не более 800 м. По мере погружения пород на запад под четвертичный чехол такыра глубина залегания соляной толщи увеличивается.

Площадь Карабильского месторождения, если принять за его западную границу линию максимальной глубины залегания подошвы калиеносной пачки от поверхности 1200 м, 200 км². На этой площади пробурены шесть скважин глубиной до 1250 м, часть из них — в своде складки и на ее западном крыле, где они вскрыли и пересекли калиеносную пачку.

В разрезе калиеносной пачки выделяются 10 пластов и пропластков калийных солей сильвинитового, карналлито-сильвинитового и карналлитового состава; число их увеличивается с севера на юг. Строение пачки такое же, как и на Карлюкском месторождении. Здесь прослеживаются те же калийные пласты. Наиболее выдержан 8 пласт мощностью 6,6—10 м, с которым, по-видимому, связаны основные запасы калийных солей. На Карабильской площади, в отличие от Карлюкской, этот пласт имеет, по данным бурения первых скважин, сильвинитовый состав. Содержание KCl 26,4—44,6; $MgCl_2$ в среднем по пласту, а также по отдельным пробам — 1; н. о. — 5%. Широко распространен также 4 пласт, имеющий мощность 2,1—9,2 м, сложенный сильвинитами с содержанием KCl 17,9—25,7%, но отличающийся повышенным содержанием н. о. — 8,5—15%. Остальные калийные пласты имеют, по-видимому, спорадическое распространение, обусловленное неравномерным распределением хлористого калия и непостоянной их мощностью.

Результаты предварительных поисково-разведочных работ, проведенных на Карабильском месторождении калийных солей,

позволяют считать его одним из наиболее перспективных на территории Среднеазиатского бассейна. Запасы высококачественных сильвинитов 8 калийного пласта в пределах рассматриваемой площади могут быть оценены в 3—3,5 млрд. т. Глубина залегания подошвы пласта в центральной части месторождения составляет 660 м от поверхности. Месторождение в центральной и западной частях характеризуется спокойной тектоникой, отсутствием крупных разрывных нарушений и исключительно благоприятными горнотехническими и, по-видимому, гидрогеологическими условиями.

В отложениях альмурадской свиты на большей площади Карабильского месторождения развита соляная толща мощностью до 70 м, сложенная каменной солью с прослоями ангидрита и глины.

Помимо приведенных месторождений в пределах Среднеазиатского бассейна, известны и другие участки, где имеются значительные калиепроявления.

Акбашский участок находится в 20 км к северу от Тюбегатанского месторождения и приурочен к присводовой части одноименной брахиантиклинали. Здесь тремя скважинами в соляной пачке гаурдакской свиты вскрыты два сильвинитовых пласта на глубине около 150 и 500 м от поверхности: верхний пласт мощностью 3—3,5 м, содержание KCl 18,84—27,07%, нижний мощностью 2—11,4 м, содержание KCl 18,54—19,9%.

Северо-Гаурдакский участок расположен в 4—5 км севернее границы Гаурдакского месторождения на северо-западном крыле Гаурдак-Тюбегатанской антиклинали. Участок оконтурен всего тремя скважинами, вскрывшими один сильвинитовый пласт Нижний II со средней мощностью около 3,3 м. Среднее содержание KCl 32%, запасы калийных солей (по категории C_2) — 3,8 млн. т.

Южно-Лялимканский участок находится в 30 км северо-восточнее пос. Гаурдак и является продолжением Тюбегатанского месторождения. Соляная пачка гаурдакской свиты залегает здесь в своде Лялимканской антиклинали. На участке сильвинитовый пласт Нижний II пересечен четырьмя скважинами. Средняя мощность пласта—5,6 м. Содержание (в %) KCl — 18,8—48,6; $MgCl_2$ — 0,38—0,59; н. о. — 0,24—3,57. Запасы калийных солей (по C_2) составляют 24 млн. т при среднем содержании KCl 32,65%.

Кызылмазарский участок расположен в 20 км северо-восточнее пос. Гаурдак, у северной оконечности Гаурдакских гор. Он приурочен к северо-восточному крылу северного периклинального замыкания Гаурдакской брахиантиклинали. Калийные пласты (сильвиниты) залегают на глубинах 85—250 м от поверхности, и, по-видимому, относятся к нижнему и среднему калиеносным горизонтам Гаурдакского месторождения. Мощность калиеносной части разреза 5—50 м. Запасы калийных солей при среднем содержании KCl — 16,28% составляют около 3,9 млн. т.

Хамканский участок приурочен к одноименной антиклинали, расположенной у западного крыла Кугитангского поднятия, в 50 км к северо-востоку от пос. Гаурдак и в 15 км севернее Кугитангского

месторождения. Здесь вскрыты сильвинитовый пласт мощностью до 3,5 м (KCl — 26%) и пласт карналлитовых пород мощностью до 1,5 м. Данное калиепроявление не имеет пока практического значения.

Узункудукский участок находится в 20 км восточнее пос. Гаурдак. Калиепроявление связано с соляным диапиром, приуроченным к южной ветви Узункудукской зоны разломов. В восточной части разведанного участка скважиной на глубине 215,8—250 м от поверхности был вскрыт пласт сильвинитового и карналлито-сильвинитового состава, мощностью около 2 м. Участок относится к малоперспективным с точки зрения дальнейших разведочных работ.

Ходжаиканский участок расположен в Термезском районе Южного Узбекистана, у юго-восточного склона Кугитангского хребта. Калиепроявление здесь приурочено к отложениям альмурадской свиты валанжина. Одной из скважин под соляной толщей были вскрыты красноцветные образования неокома.

В 1967 г., в связи с геологической съемкой территории месторождения, Узбекским геологическим управлением на Ходжаиканском участке были пробурены две скважины глубиной 301 и 403 м, расположенные на вершине соляного холма, у его северо-западного склона. Скв. глубиной 403 м пересекла три пласта калийных солей вертикальной мощностью 3,5; 20 и 19,2 м. Содержание KCl 12,26—30,51%; примесь $MgCl_2$ значительно ниже 1%; н. о. 1,6—5,2%. Характер калиеносности этих отложений изучен недостаточно. Вместе с тем остается неисследованной территория, прилегающая к соляному холму. Поэтому для оценки перспектив калиеносности участка необходимо провести дополнительные поисковые работы.

Глава 5

ТРЕТИЧНЫЕ КАЛИЙНЫЕ БАССЕЙНЫ

В настоящее время в мире известно 4 крупных третичных калийных бассейна (табл. 15). Незначительное калиепроявление отмечается в Иранском Азербайджане, в северо-восточной части Центрально-иранского межгорного прогиба (Маманское месторождение). В пределах этих бассейнов расположено 8 промышленных месторождений: 3 — в Предкарпатском краевом прогибе, 2 — в межгорном прогибе Эбро, 2 — в Рейнском грабене и 1 — в Кальтаниссетской впадине. Наиболее древние Каталонское и Наваррское месторождения (верхний эоцен, людийский ярус), наиболее молодое — Сицилийское (верхний миоцен, мессинский ярус).

В пространственном отношении 3 бассейна приурочены к области альпийской складчатости. Лишь Рейнский грабен расположен на платформе, но его формирование также связано с альпийским циклом тектогенеза: грабен представляет собой материковую рифтовую систему, в пределах которой третичные отложения развивались

Табл

Размещение третичных калийных месторож

Современное тектоническое положение	Месторождение	Неоген							Олиго		Комплекс калийных минералов	Тип месторождений	Источник
		Плиоцен		Миоцен									
		Паннонский	Сарматский	Тортонский	Гельветский	Бурдигальский	Аквитанский		Хаттский	Рупельский			
Межгорный прогиб Эбро	Каталонское (Испания)										С, Кр	Хлоридный	Rios, 1968
	Наваррское (Испания)										С, Кр	Хлоридный	Rios, 1968
Рейнский грабен	*Буггингенское* (ФРГ)										С, Кр	То же	Hiller, Keller, 1965
	Эльзасское (Франция)										С, Кр	»	Wagner, 1955
Предкарпатский краевой прогиб	Марково-Россильнянское (СССР)										Кн, Лб, К, П, С', Э', Ш', Л', А'	Сульфатный	Ступницкий и др.
	Стебниковское (СССР)										Кн, Лб, С, Кр, П, К', Ш', Л', Э' А'	Хлоридно-сульфатный	Ходькова, 1971, 1972
	Калуш-Голынское (СССР)										Кн, Лб, С, К, П, Кр, Ш', Л', Э', А', Сн'	То же	Лобанова, 1956
Кальтанисетская впадина	Сицилийское (Италия)										Кн, Кр, К, А', Лб', Ш', Л', С'	»	Mezzadri, 1957 Moncada, 1957

Примечания. 1. Типы месторождений: хлоридный (продольная линейка); ралы: С — сильвин, Кр — карналлит, Кн — каинит, Лб — лангбейнит, К — кизерит, нит; С', Э' и др. — минералы вторичные.

ица 15

дений во времени (по Н. М. Джинориде)

Палеоген							Комплекс калийных минералов	Тип месторождений	Источник
цен	Эоцен				Палеоцен				
Сануазский	Людийский	Бартонский	Лютетский	Ипрский	Танетский	Монтский			
							С, Кр	Хлоридный	Rios, 1968
							С, Кр	Хлоридный	Rios, 1968
							С, Кр	То же	Hiller, Keller, 1965
							С, Кр	»	Wagner, 1955
							Кн, Лб, К, П, С', Э', Ш', Л', А'	Сульфатный	Ступницкий и др.
							Кн, Лб, С, Кр, П, К', Ш', Л', Э' А'	Хлоридно-сульфатный	Ходькова, 1971, 1972
							Кн, Лб, С, К, П, Кр, Ш', Л', Э', А', Сн'	То же	Лобанова, 1956
							Кн, Кр, К, А', Лб', Ш', Л', С'	»	Mezzadri, 1957 Moncada, 1957

хлоридно-сульфатный и сульфатный (полужирная линейка). 2. Калийные мине-
П — полигалит, Э — эпсомит, А — астраханит, Ш — шенит, Л — леонит, Сн — синге-

конседиментационно [421]. В этих бассейнах калиеносные отложения формировались в три этапа (см. табл.17): на границах эоцен-олигоцена, олигоцен-миоцена и среднего—верхнего миоцена, т. е. во время проявления пиренейской, савской и штирийской фаз собственно альпийского цикла тектогенеза.

По комплексу калийных минералов и ассоциаций калийно-магниевых пород среди третичных калийных бассейнов преобладает смешанный тип месторождений — хлоридно-сульфатный. В межгорном прогибе Эбро как в Каталонии [411, 418], так и в Наварре [422] калиеносные отложения залегают на морских породах бартонского яруса и перекрыты молассовой серией нижнего олигоцена (саннуазский ярус). Калиеносная пачка, мощностью 200—240 м, представлена двумя горизонтами — сильвинитов (8—10 м) и карналлитовых пород (30—50 м). Мощность соленосной серии 450—570 м.

Как известно [423], в Рейнском грабене имеются три соленосные толщи: верхнеэоценовая, нижнеолигоценовая (саннуазский ярус) и нижнемиоценовая. К средней толще приурочены калийные соли. Они представлены хлоридами калия и магния. Соленосные толщи этого грабена подробно рассмотрены Н. М. Страховым [317].

В Сицилии, в центральной части Кальтаниссетской впадины, от горы Этны до г. Скьякки развита соленосная толща мощностью до 1000 м [415]. Калийная зона мощностью около 100 м представлена (снизу вверх): каинитовой (мощностью около 50 м) с примесью астраханита, карналлитовой (около 5 м) и кизеритовой (около 15 м) подзонами. Зона подстилается и перекрывается каменной солью. В основании нижней каменной соли залегает пласт ангидрита [412]. Кроме указанных калийно-магниевых пород встречаются прослои шенитовой, леонитовой и лангбейнитовой пород [413]. По данным Селли и д'Онофрио [179], соленосная толща по направлению к краевой части впадины переходит в нижнюю пачку гипсов, которая вместе с вмещающими ее породами относится к мессинскому ярусу верхнего миоцена. В верхней части мессинского яруса имеется еще одна пачка гипсов.

Таким образом, в пространственном и временно́м размещении третичных калийных месторождений, а также по комплексу слагающих их калийных минералов наблюдаются следующие общие закономерности.

1. Калийные месторождения возникли в эпоху альпийского орогенеза. Седиментационный этап их формирования тесно связан с основными горообразовательными движениями *. В результате пиренейской, савской и штирийской фаз складчатости возникали полузамкнутые и замкнутые бассейны в пределах срединных массивов, предгорных прогибов и рифтовых зон, в которых происходило отложение всей гаммы солей.

---

* Связь соленакопления с горообразовательными процессами впервые была отмечена Ф. Лотце [410].

2. Для третичных калийных бассейнов характерны хлоридно-сульфатный и хлоридный типы месторождений. Месторождения хлоридно-сульфатного типа появляются на границе палеоген-неогена и развиваются в дальнейшем.

1. Предкарпатский калийный бассейн

Третичные калиеносные отложения в пределах Предкарпатского краевого прогиба залегают многоярусно. Они приурочены к верхнеолигоценовым и нижне-среднемиоценовым осадкам. Их развитие ограничено Внутренней зоной прогиба. Чтобы понять закономерности размещения калиеносных отложений Предкарпатья во времени и в пространстве, необходимо рассмотреть их стратиграфию, а также тектоническое строение Предкарпатского краевого прогиба.

Стратиграфия калиеносных отложений. В основу деления на свиты молассовых отложений Предкарпатского краевого прогиба положена сводная стратиграфическая схема, предложенная О. С. Вяловым [56]. Она была составлена с учетом довоенных исследований польских геологов — Р. Зубера, Н. Сизанкура, С. Кужняра, В. Фридберга, Т. Хлебовского и других. В дальнейшем эта схема детализировалась работами советских исследователей — В. И. Венглинского, О. С. Вялова, В. В. Глушко, В. Э. Ливенталя, Л. С. Пишвановой, Н. С. Серовой, Н. Н. Субботиной и других.

Олигоцен-миоценовые осадки Предкарпатья делятся на комплексы пород нижних и верхних моласс [54]. В состав нижних моласс входят отложения поляницкой, нижне-средне-верхневоротыщенской, стебникской и баличской свит. Возрастные объемы их до сих пор трактуются неоднозначно (табл. 16). Верхние молассы представлены породами богородчанской, тирасской, коссовской и дашавской свит.

Табл. 16 отражает современное состояние вопроса стратиграфии верхнеолигоцен-миоценовых отложений Внутренней зоны Предкарпатского краевого прогиба. Калиеносные отложения нижневоротыщенской свиты в обеих схемах отнесены к верхнему олигоцену, но возраст верхневоротыщенской свиты в одном случае рассматривается как бурдигальский, а в другом как хатт-аквитанский. В этих схемах совершенно не фигурируют калиеносные отложения Калуш-Голынского месторождения, а также соленосные толщи Моршина, Туры Великой и других разведочных площадей. При изучении галогенных формаций, особенно калиеносных частей, очень важно определить их стратиграфическое положение и возрастные объемы.

Наши данные позволяют считать возраст калиеносной толщи участков Голынской группы Калуш-Голынского месторождения тортонским. По стратиграфическому объему данная толща соответствует гипсо-ангидритовому горизонту тирасской свиты и вербовецко-прутским слоям косовской свиты. В подземных горных

Табл

Сопоставление стратиграфических схем среднемиоценовых отложений Калуш-Предкарпатского краевого прогиба

Внутренняя зона Предкарпатского краевого прогиба										
Унифицированная схема (1965)								Н. Н. Субботина, 1960;		
Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Серия, свита, слои			Подотдел	Ярус	Серия, свита
Неогеновая	Миоцен	Сармат	Нижний	Волынские слои			Верхний миоцен	Сарматский	Дашавская свита
				Бугловские слои					
		Тортон	Верхний	Перерыв				Косовский	Косовская свита
				Косовская свита		Прутские слои			
						Вербовецкие слои			
				Тирасская свита					Тирасская
			Нижний	Богородчанская свита			Средний миоцен	Тортонский	Богородчанская свита
				Добромильские и радычские конгломераты					
		Гельвет		Баличская свита				Гельветский	Баличская свита
				Стебникская свита			Нижний миоцен	Бурдигальский	Стебникская свита
		Бурдигал		Воротыщенская серия	Верхневоротыщенская	Добротовская свита			Добротовская свита
					Загорская	*Слободские конгломераты*			*Слободская свита*
					Нижневоротыщенская свита				Воротыщенская серия: Верхневоротыщенская и загорская свиты
Палеогеновая	Олигоцен			Поляницкая свита			Верхний олигоцен	Хатт – аквитанский	Нижневоротыщенская свита; Поляницкая свита
				Менилитовая серия					Менилитовая серия

ица 16

Голынского месторождения и олигоцен-миоценовых отложений Внутренней зоны (составил Н. М. Джиноридзе)

Район Калуш-Голынского месторождения					
Л. С. Пишванова, 1965, 1968		Н. М. Джиноридзе, Н. Н. Субботина			
Микрофаунистические зоны, подзоны, горизонты	Система	Отдел	Ярус	Свита, подсвита	Микрофаунистический комплекс
	Неогеновая	Миоцен	Сармат	Дашавская свита	
Quinqueloculina reussi					
Cibicides badenensis					
Streblus galicianus			Тортон	Голынская свита	
Cassidulina crista					Косовская свита:
Агглютинированные фораминиферы и булимины				Домбровская калиеносная свита	Прутские слои – горизонт песчанистых фораминифер и сфероидин
Globigerina bulloides и *Spirialis*					*Globigerina bulloides*, *Spirialis*
Radiolaria					Radiolaria *
свита					Тирасская свита («основной» ангидрит)
Uvigerina asperula				Богородчанская свита	
Candorbulina universa					*Candorbulina universa*, *Biorbulina bilobata*
Quinqueloculina distorta			Гельвет		*Globigerinoides trilobus*
Globigerina bollii					
Porosononion unsignis; *Charophites*, Ostracoda				Баличская свита	*Quinqueloculina* spp. *; *Globigerina bollii* **
Globoquadrina dehiscens					
Зона микроорганизмов с кремниевым скелетом					
Зона кремниевых губок					
Зона с мелкими пелагическими фораминиферами: Подзона обедненного нижневоротыщенского комплекса фораминифер					
Подзона мелких акаринин и астеригерин					
Подзона с *Globorotalia denseconnexa*					
Подзона с *Globigerina pseudoedita*					

Примечание. *В средней графе схема составлена* до бурдигальского яруса по Н. Н. Субботиной, а выше – по Л. С. Пишвановой.

* По данным К. В. Скворцовой (1964 г.).
** По данным Л. С. Пишвановой (1966 г.).

выработках шахтного поля Восточной Голыни среди галогенных пород были обнаружены терригенные, содержащие микрофаунистический комплекс, характерный для вербовецких и прутских слоев Предкарпатья.

По своему стратиграфическому положению в разрезе среднего миоцена Предкарпатья калиеносные отложения Голыни можно сопоставить с соленосными породами Велички (Польша), в которых содержатся в большом количестве *Globigerina bolloides* Orb., а также спириалисы [265]. В Румынии верхняя соленосная формация, по данным Ж. Герман, И. Гуйкэ и О. Дич, залегает уже под спириалисовыми слоями, а в Закарпатье — между слоями с *Uvigerina asperula* Czizek (верхняя часть новоселицкой свиты — туфы, туффиты, аргиллиты с *Pseudoamussium corneum* var. *denudatum* Reuss [257]) и песчаниками, туфами с Radiolaria (затонская подсвита) [42]. По-видимому, верхняя возрастная граница калиеносных отложений Голыни является более молодой, чем указанных соленосных толщ. Что касается нижней границы, то, вероятно, она всюду приблизительно синхронна.

Разрез миоцена Предкарпатья венчается отложениями дашавской свиты, в пределах которой галогенные породы не известны.

Тектоника Предкарпатского краевого прогиба. Предгорье Карпат как Предкарпатский краевой прогиб было выделено впервые Н. С. Шатским [372]. М. В. Муратов [241] включил эту область в систему обширных альпийских прогибов. На западе Предкарпатский краевой прогиб переходит в Предальпийский и делится на прогибы Восточных и Западных Карпат.

В пределах СССР Предкарпатский краевой прогиб простирается на северо-запад полосой протяженностью около 300 км и шириной 25—60 км. С северо-востока он ограничен Волыно-Подольской плитой Восточно-Европейской платформы, с юго-запада — мегантиклинорием Восточных Карпат. В юго-восточном направлении прогиб продолжается на территории Румынии, на северо-западе он переходит в прогиб Западных Карпат. Границы с платформой и складчатой областью фиксируются глубинными разломами.

Тектоника Предкарпатского краевого прогиба в довоенное время изучалась польскими геологами — Н. Новаком, К. Тольвинским, Г. Свидзинским и другими. Они впервые установили продольную зональность в прогибе и выделили следующие структурные единицы: зону глубинных складок, стебникский синклинорий и тортонскую мульду. Эти зоны соответствовали полосам развития соленосных, стебникских и тортонских отложений [322].

В послевоенное время благодаря работам советских геологов была выяснена определяющая роль «глыбово-волновой, ступенчатой структуры фундамента, по отношению к которой складчатость с ее антиклинориями и синклинориями, надвиги и даже шарьяжи представляют сравнительно поверхностные и вторичные явления» [306, с. 257]. В основу современных представлений о тектонике Карпат и прилегающих к нему прогибов положены исследования

советских ученых — А. А. Богданова, В. Г. Бондарчука, О. С. Вялова, В. В. Глушко, Г. Н. Доленко, В. Г. Корнеевой, Н. Р. Ладыженского, М. В. Муратова, В. И. Славина, В. Б. Соллогуба, С. И. Субботина, В. Н. Утробина, В. Е. Хаина, Н. С. Шатского и других.

Основные структурные элементы Предкарпатского краевого прогиба представлены Внутренней и Внешней зонами [17, 55]. Основание прогиба в этих зонах — гетерогенное. Во Внутренней зоне оно представлено флишевыми отложениями мел-палеогенового возраста, в то время как во Внешней зоне палеогеновые осадки отсутствуют, а эпимезозойский фундамент представлен юрскими и верхнемеловыми платформенными образованиями. Состав осадков, заполняющих эти зоны прогиба, и история их геологического развития также различны. Формирование Внутренней зоны прогиба началось в позднем олигоцене и продолжалось вплоть до конца раннего сармата. За это время она была заполнена отложениями поляницкой, нижне-, средне-, верхневоротыщенской, стебникской баличской, богородчанской, тирасской, косовской и дашавской свит. В ее пределах развиты все известные калиеносные отложения. Внешняя зона начала формироваться лишь с гельветского века и была заполнена осадками богородчанской, тирасской, косовской и дашавской свит [57, 60]. Из галогенных отложений в ней присутствуют лишь гипсо-ангидритовые породы.

Внутренняя зона отделена от Внешней глубинным разломом [311], именуемым Стрыйским [172] или Предкарпатским [306]. Разлом крутой и представляет собой древний краевой шов, над которым в период альпийского горообразования возник Предкарпатский краевой прогиб. В районе р. Прута этот разлом подходит к фронтальному надвигу Карпат, а затем, удаляясь от него в северо-западном направлении, проходит севернее Дрогобыча, в верховьях Вишни. Непосредственно с северо-востока от разлома расположена погребенная палеозойская гряда, наличие которой предполагалось еще Р. Зубером [430]. Ближе к поверхности данный разлом принимает субгоризонтальное положение и переходит в Стебниковский надвиг, вдоль которого стебникские и более молодые отложения Внутренней зоны прогиба перекрывают верхние молассы Внешней зоны. В данном аллохтонном комплексе пород имеются две толщи калиеносных отложений.

Внутренняя зона Предкарпатского краевого прогиба делится (рис. 46) на три подзоны [57, 59]: Бориславскую, Долинскую* и Дрогобычскую *. Бориславская и Долинская** подзоны соответствуют зоне глубинных складок, а Дрогобычская — Стебникской синклинории в ранних схемах польских геологов и О. С. Вялова [55, 322].

---

* Н. Р. Ладыженский [198] выделяет эти зоны как Трускавецкую и Модричскую.

** В. Г. Корнеева [172] объединяет обе зоны в одну — Бориславско-Долинскую.

Юго-западная, Бориславская, подзона является наиболее приподнятой. В ней вскрыты флишевые толщи основания прогиба. Бо́льшая часть подзоны перекрыта Береговым надвигом, по которому

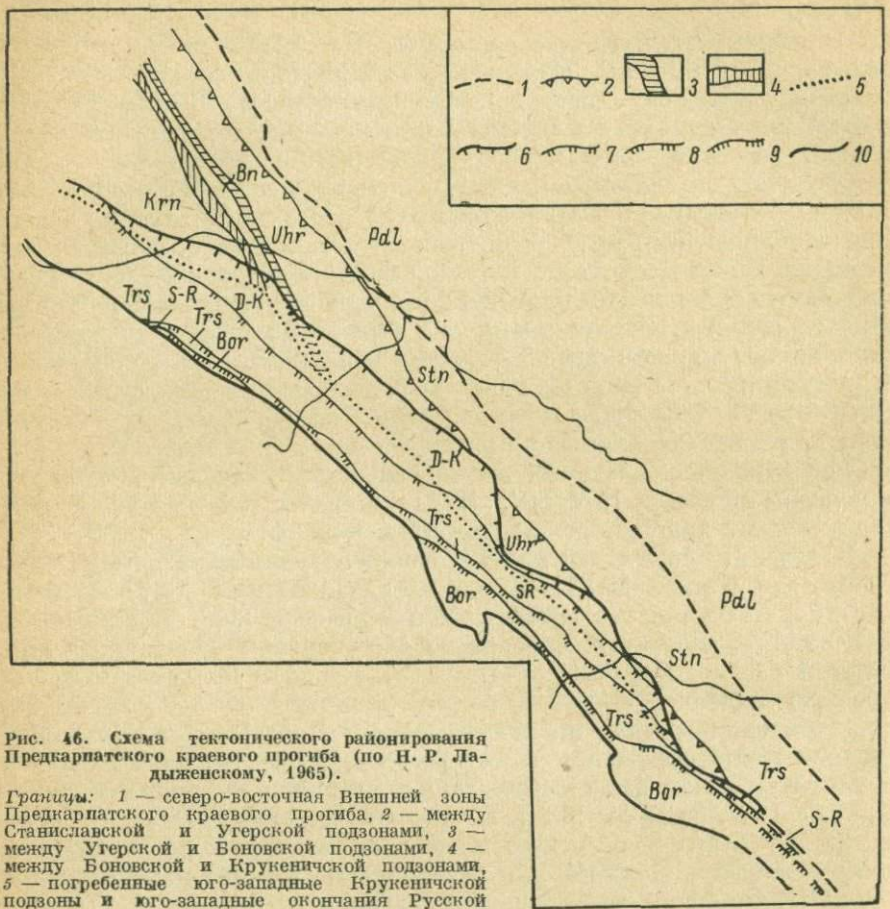


Рис. 46. Схема тектонического районирования Предкарпатского краевого прогиба (по Н. Р. Ладыженскому, 1965).

Границы: 1 — северо-восточная Внешней зоны Предкарпатского краевого прогиба, *2* — между Станиславской и Угерской подзонами, *3* — между Угерской и Боновской подзонами, *4* — между Боновской и Крукеничской подзонами, *5* — погребенные юго-западные Крукеничской подзоны и юго-западные окончания Русской платформы, *6* — поверхностная Внешней и Внутренней зон Предкарпатского краевого прогиба, *7* — северо-восточная Самборско-Рожнетовской части Модрычской подзоны, *8* — между Модрычской и Трускавецкой подзонами, *9* — между Трускавецкой и Бориславской подзонами, *10* — северо-восточная Оровской скибы; Pdl — Русская платформа. *Внешняя зона Предкарпатского краевого прогиба*; подзоны: Stn — Станиславская, Uhr — Угерская, Bn — Боновская, Krn — Крукеничская. *Внутренняя зона Предкарпатского краевого прогиба*: D—K — дуклянско-калушская часть *Модрычской подзоны*, *S — R* — *самборско-рожнятовская* часть Модричской подзоны, Trs — Трускавецкая подзона, Bor — Бориславская подзона.

надвинута Скибовая зона Карпат. Амплитуда перекрытия местами достигает 10—15 км. Фронтальная часть надвига в рельефе поверхности фиксируется в виде морфонеотектонического уступа величиной 150—250 м [95]. На глубине надвиг переходит во Внешнекарпатский глубинный разлом, являющийся границей сочленения

современного Предкарпатского краевого прогиба с мегантиклинорием Карпат [96, 306].

Долинская подзона представляет собой наиболее погруженную часть прогиба. Флишевый и молассовый комплексы пород заполняют эту подзону [95] до глубины 9000 м, а ее основание представлено палеозойским складчатым фундаментом и юрским осадочным чехлом. Как флишевые, так и молассовые комплексы пород здесь собраны в систему линейных (общекарпатского простирания) лежачих антиклинальных складок, перекрывающих друг друга в виде чешуи по плоскостям взбросо-надвигов. Граница между Долинской и Бориславской подзонами фиксируется также линией надвига.

В целом эти подзоны, по данным сейсморазведки [162], представляют собой антиклинорий, ось которого проходит примерно через населенные пункты Блажов — Урож — Трускавец — Семичинов — Долина — Струтинь — Верхний — Майдан.

Н. Р. Ладыженский [198] подразделяет Дрогобычскую подзону на Самборскую и Калушскую полосы. Первая полоса представляет собой синклинорий, заполненный до глубины 5—7 км осадками нижних и верхних моласс [95]. Осевая часть его проходит примерно по линии населенных пунктов Фельштин — Ольшаник — Медвежа — Дрогобыч — Моршин — Надиев — Струтинь — Нижний — Рожнятов — Россильня [198]. Породы дислоцированы в систему линейных антиклинальных и синклинальных складок, имеющих общекарпатское простирание. Большинство складок асимметрично; их юго-западные крылья более пологие и удлиненные, чем северо-восточные; это свидетельствует об односторонности складчатых движений, направленных с юго-запада на северо-восток. Калушская полоса шириной 6—13 км представляет собой маломощный покров, смещенный со своего основания и надвинутый на Внешнюю зону прогиба. Полоса заполнена аллохтонным комплексом моласс, мощность которых нарастает к юго-западу благодаря погружению плоскости Стебниковского надвига и поверхности основания Внешней зоны. Наиболее молодые отложения, залегающие под этим надвигом, представлены бугловским и волынским горизонтами дашавской свиты. Самборская и Калушская полосы Дрогобычской подзоны разделены также взбросо-надвигом, плоскость которого падает к югу под углом 65—70° [95].

Внешняя зона Предкарпатского прогиба с юго-запада на северо-восток делится на Крукеничскую, Косовско-Угерскую и Станиславскую подзоны [329]. Между первой и второй подзонами Н. Р. Ладыженский [198] дополнительно выделяет Боневскую. Все эти подзоны разделены между собой разломами сбросового типа, благодаря которым эпимезозойский фундамент (юрско-меловые осадки) Внешней зоны прогиба ступенчато погружается к юго-западу. Всего отмечают четыре такие ступени (блока), которые соответствуют выделенным подзонам [198]. Наиболее опущенный блок соответствует Крукеничской подзоне, где глубина залегания основания моласс варьирует в пределах 2500—4500 м. В Косовско-Угерской подзоне мощность верхних моласс достигает 1500 м, в то время как

в Станиславской (приплатформенный, наиболее приподнятый блок) она 100—600 м.

По данным сейсморазведки [162], Внешняя зона делится на две части: юго-западную — опущенную и северо-восточную — приподнятую, разделенные Краковецким разломом с амплитудой перемещения блоков до 2000 м. В опущенной части мощность третичных отложений составляет 3—5,5 км, в приподнятой — 0,6—2 км. Судя по этим мощностям, опущенная часть соответствует Крукеничской и Боневской подзонам, а приподнятая — Косовско-Угерской и Станиславской. Для последних на всем протяжении платформенного края от Польши на северо-западе и до р. Серет на юго-востоке характерны структуры брахиантиклинального типа, вытянутые параллельно краю платформы. Эти поднятия осложнены системой продольных нарушений сбросового и взбросового типов различной амплитуды. Внешняя зона прогиба отделена от Подольской плиты Восточно-Европейской платформы краевым разломом платформы. Он хорошо фиксируется по геологическим [58] и геофизическим [312] данным.

Помимо продольной зональности, обусловленной возникновением или активизацией продольных глубинных разломов, для Предкарпатского краевого прогиба характерна также поперечная зональность: депрессии и поднятия ориентированы в поперечном направлении по отношению к Карпатам. Во Внутренней зоне прогиба к таким депрессиям относятся [97] Подбужская, Долинская, Надворнянская и Жабьевская, а во Внешней — Крукеничская, Болеховская, Отынская и Косовская. Эти депрессии разделены между собой поперечными поднятиями Старосельско-Ходновичским, Орлов-Раздольским, Майдан-Ивано-Франковским, Микуличин-Коломыйским и Покутско-Буковинским. В пределах этих поперечных зон осадки нижних и верхних моласс различаются по мощностям и фациальному составу. В возникновении подобной зональности особое значение имеют поперечные разломы, большинство из которых установлено сейсморазведкой и подтверждено бурением [162]. Один из крупных поперечных разломов установлен по геофизическим данным по линии Стрый — Мукачево [319].

2. Калийные месторождения Предкарпатья

На территории Советского Предкарпатья известно 15 калийных площадей (рис. 47), которые группируются в отдельные месторождения промышленного значения. Наиболее крупные из них — Стебниковское и Калуш-Голынское — эксплуатируются с давних пор. Среди новых месторождений практическое значение имеют Бориславское и Марково-Россильнянское, обнаруженные в последние годы благодаря работам Моршинской геологической партии [155, 156].

Геология большинства калийных площадей и месторождений освещена в сводной работе С. М. Кореневского и К. Б. Донченко

[171]. В результате подземной разведки были получены новые данные по Стебниковскому и Калуш-Голынскому месторождениям, а также открыто Марково-Россильнянское месторождение.

Работы по составлению сводного разреза Голынской группы месторождения и определению последовательности залегания в нем

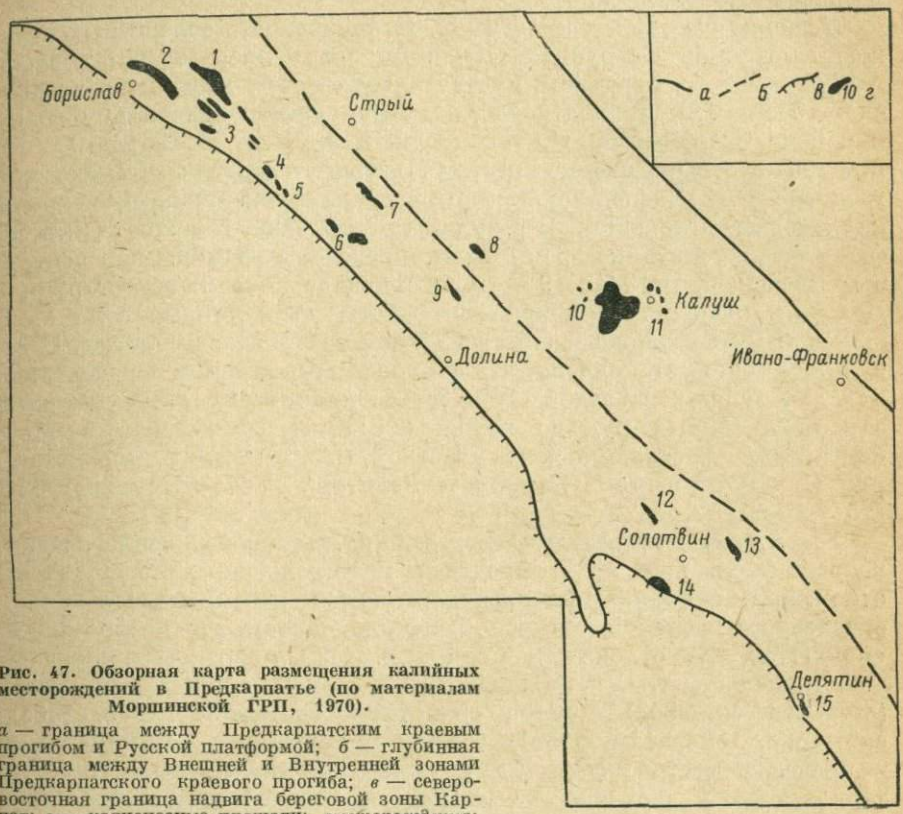


Рис. 47. Обзорная карта размещения калийных месторождений в Предкарпатье (по материалам Моршинской ГРП, 1970).

а — граница между Предкарпатским краевым прогибом и Русской платформой; *б* — глубинная граница между Внешней и Внутренней зонами Предкарпатского краевого прогиба; *в* — северо-восточная граница надвига береговой зоны Карпат; *г* — калиеносные площади; *месторождения*: *1* — Стебниковское, *2* — Бориславское; *10*, *11* — Калуш-Голынское: *10* — Голынская группа; *11* — Калушская группа; *участки*: *3* — Улично, *4* — Долголука, *5* — Гирне, *6* — Нинев, *7* — Моршин, *8* — Тура Великая, *9* — Тростянец, *12* — Россильна, *13* — Старуня-Дзвиняч, *14* — Маркова, *15* — Делятин.

калийных линз и стратиграфического положения калиеносной толщи Калушской группы месторождения не закончены. Поэтому вопросы рассматривались в основном по материалам предшествующих исследователей (С. М. Кореневского, К. В. Скворцовой и др.). Отметим лишь, что приведенный сводный разрез для Голынской группы месторождения составлен С. М. Кореневским без учета изоклинальной складчатости, широко развитой в пределах шахтных полей [92].

Марково-Россильнянское месторождение калийных солей расположено в Богородчанском районе Ивано-Франковской области

УССР, в 30 км к юго-западу от г. Ивано-Франковска. Оно представлено Россильнянским, Марковским и Старуньским участками. Расстояние между первым и вторым участками — 6 км, между вторым и третьим — 3 км. Месторождение вытянуто вдоль Карпат от с. Россильня до с. Молодьков в виде узкой полосы длиной 20, шириной 1,5—2,0 км.

История открытия и изучения. Калиеносность соленосных отложений районов Старуни и Дзвиняча была впервые установлена в 1950—1951 гг. бурением, проведенным трестом Укрнефтеразведка, а в 1958—1959 гг. подтверждена структурно-поисковым бурением в районе Старуни (Н. П. Ковальчук и другие). В 1961—1966 гг. при геологической съемке трестом Львовнефтеразведка и Львовской геологической Экспедицией картировочными скважинами вскрыты калиеносные отложения. В результате геофизических работ (Укргеофизразведка) в это же время были определены границы перспективных площадей. В 1964—1967 гг. на площади Россильня—Старуня—Делятин проводились поисковые работы на калийные соли Моршинской ГРП геологической экспедиции треста Киевгеология. В результате было установлено, что данное месторождение перспективно для дальнейших разведочных работ на калийные соли. Суммарные запасы калийных руд до глубины 1000 м составляют в Марковском и Россильнянском участках 633,6 млн. т (по категории C_1 и C_2), а для Старуни и Делятина — соответственно 92,7 и 375,1 млн. т.

Геологическое строение месторождения. Наиболее древние осадки, вскрытые скважинами в пределах месторождения, представлены отложениями нижневоротыщенской свиты, ранее отнесенными к средневоротыщенской (загорской) и нижней части верхневоротыщенской [171]. Эти отложения в районе с. Космач перекрыты породами добротовской свиты, в нижней части которой в некоторых местах (Марково, скв. 943) имеются гравелиты, соответствующие слободским конгломератам [156]. Осадки нижневоротыщенской свиты в пределах месторождения делятся на две подсвиты: нижнюю — терригенную и верхнюю — соленосную. Нижневоротыщенская терригенная подсвита представлена темно-серыми слабо засоленными глинами и алевролитами, известковистыми, а также маломощными прослоями песчаников и гравелитов. По литологическому составу рассматриваемые отложения очень сходны с породами полянницкой свиты. В связи с этим проведение четкой границы между ними затруднено. Общность их подтверждается также и микрофаунистическими исследованиями А. Я. Янчук. Микрофаунистический комплекс имеет много общего с обнаруженным в отложениях нижневоротыщенской свиты районов Стебника, Борислава и Блажева [156]. Вскрытая истинная мощность терригенной нижневоротыщенской подсвиты на месторождении превышает 350 м, а полная, вероятно, достигает 500 м.

Нижневоротыщенская соленосная подсвита представлена соленосными глинами и брекчиями с пачками каменной соли и линзами

калийно-магниевых пород. В разрезе подсвиты калийные линзы расположены в виде четырех горизонтов. Мощность этих отложений на Марковском и Россильнянском участках составляет около 1000 м. На Старуне их полная мощность не вскрыта.

Перекрывающие породы добротовской свиты представлены в нижней части полимиктовыми песчаниками и алевролитами с прослоями гравелитов, а в верхней части — известковистыми глинами и аргиллитами с прослоями алевролитов и песчаников. В породах встречаются растительный детрит, следы парнокопытных, хищников и птиц, а также волноприбойные знаки. Гравелиты по составу не отличаются от слободских конгломератов. Гравийный материал (размером 0,5—1,5 см) представлен обломками красных и зеленых филлитов, белого кварца и др.

В юго-восточной части Марковского участка, в ядре Молодьковской (Надворнянской) антиклинали, отложения добротовской свиты подстилаются типичными слободскими конгломератами (устное сообщение М. Ю. Федущака). В скв. 40-С под слободскими конгломератами залегает IV калийный горизонт нижневоротыщенской свиты. Следовательно, слободские конгломераты представляют собой нижнюю часть добротовской свиты.

Стебникские отложения, залегающие над добротовскими, представлены в основании конгломератами и гравелитами, вверх сменяющимися толщей чередующихся между собой красно-бурых песчаников, алевролитов и глин. Эти породы относятся к нижней части стебникской серии. Общая мощность пород стебникской серии 1500—2000 м.

В пределах месторождения вышеописанный комплекс отложений перекрыт четвертичными суглинками и галечниками мощностью 10—15 м.

В тектоническом отношении Марково-Россильнянское месторождение расположено в Долинской подзоне Внутренней зоны Предкарпатского краевого прогиба. На площади месторождения развит крупный Монастырчанский синклинорий, выполненный отложениями стебникской серии, а на бортах его вскрываются более древние осадки, в том числе породы нижневоротыщенской свиты. Весь комплекс пород часто нарушен поперечными к Карпатам разломами типа сбросо-сдвигов, что придает структуре месторождения блоковый характер (рис. 48, 49). Наиболее приподнят юго-восточный, или Молодьковский, блок, в ядре синклинальной структуры которого обнажаются слободские конгломераты и соленосные нижневоротыщенские отложения. Длина блока около 5 км. К северо-западу от него расположен центральный, или Марковский, блок длиной около 2,5 км, граничащий с северо-западным, или Солотвинским, блоком (длина 1,6 км). Далее на северо-запад, в районе с. Космач, Монастырчанский синклинорий замыкается. В его периклинальной части на дневную поверхность выходят отложения нижневоротыщенской свиты. Углы падения пород здесь пологие и лишь иногда превышают 35—40°.

Юго-западный борт синклинория частично перекрыт Береговым надвигом Карпат, а северо-восточный борт срезан им, и эта структура по нему надвинута на более молодые отложения стебникской серии.

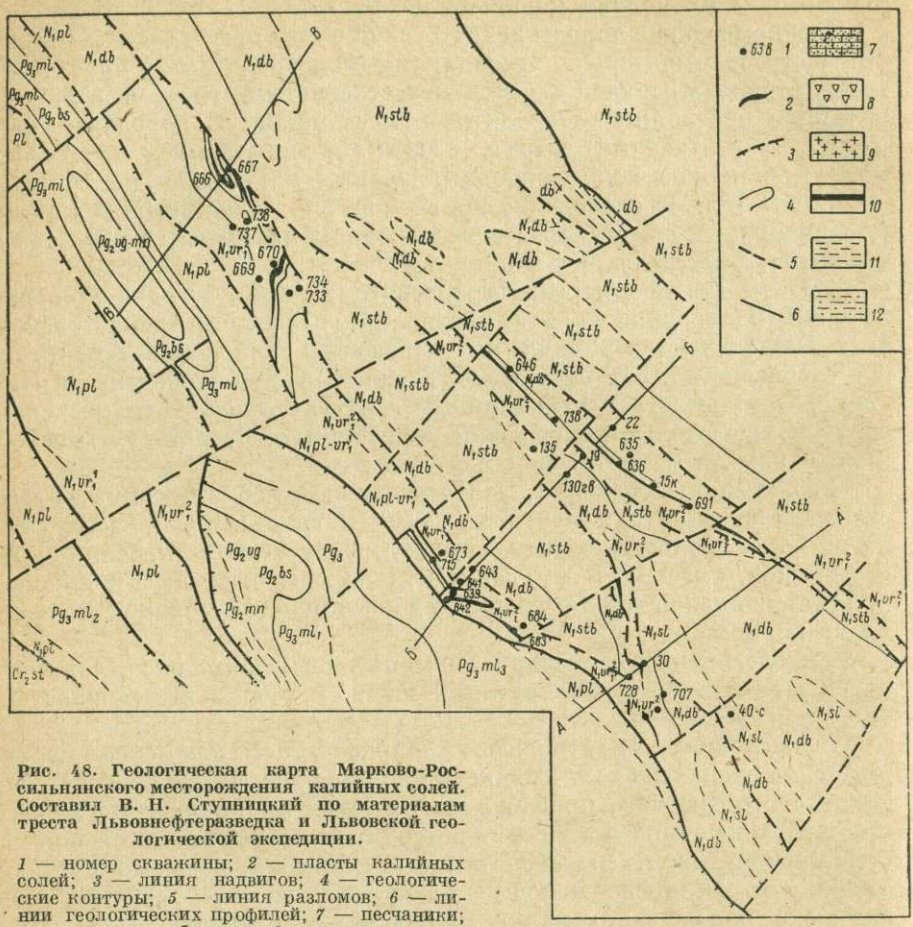


Рис. 48. Геологическая карта Марково-Россильнянского месторождения калийных солей. Составил В. Н. Ступницкий по материалам треста Львовнефтеразведка и Львовской геологической экспедиции.

1 — номер скважины; *2* — пласты калийных солей; *3* — линия надвигов; *4* — геологические контуры; *5* — линия разломов; *6* — линии геологических профилей; *7* — песчаники; *8* — соленосные брекчии; *9* — каменная соль; *10* — пласты калийных солей на разрезах; *11* — глины и глинистые сланцы; *12* — алевролиты. N_1gl — галицкая серия; N_1sl — слободские слои; $N_1vr_1^3$ — калиеносная подсвита нижневоротыщенской свиты; N_1pl — vr_1 — нерасчлененные отложения поляницкой и нижневоротыщенской свит; свиты: N_1pl — поляницкая, N_1stb — стебникская, N_1db — добротовская, Pg_3ml_3 — верхнеменилитовая, Pg_3ml_2 — среднеменилитовая, Pg_3ml_1 — нижнеменилитовая, Pg_2bs — быстрицкая, Pg_2vg — выгодская, Pg_2vg-mn — нерасчлененные отложения выгодской и манявской свит; Pg_2mn — манявская, Cr_2st — стрыйская.

Старунский участок расположен на северо-восточном борту данного синклинория. Здесь породы стебникской серии, выполняющие эту структуру, надвинуты на соленосные отложения нижневоротыщенской свиты. Последние слагают ядро Дзвиняч-Старунской антиклинали, юго-западное крыло которой срезано надвигом. Углы падения пород на северо-восточном крыле антиклинали достигают

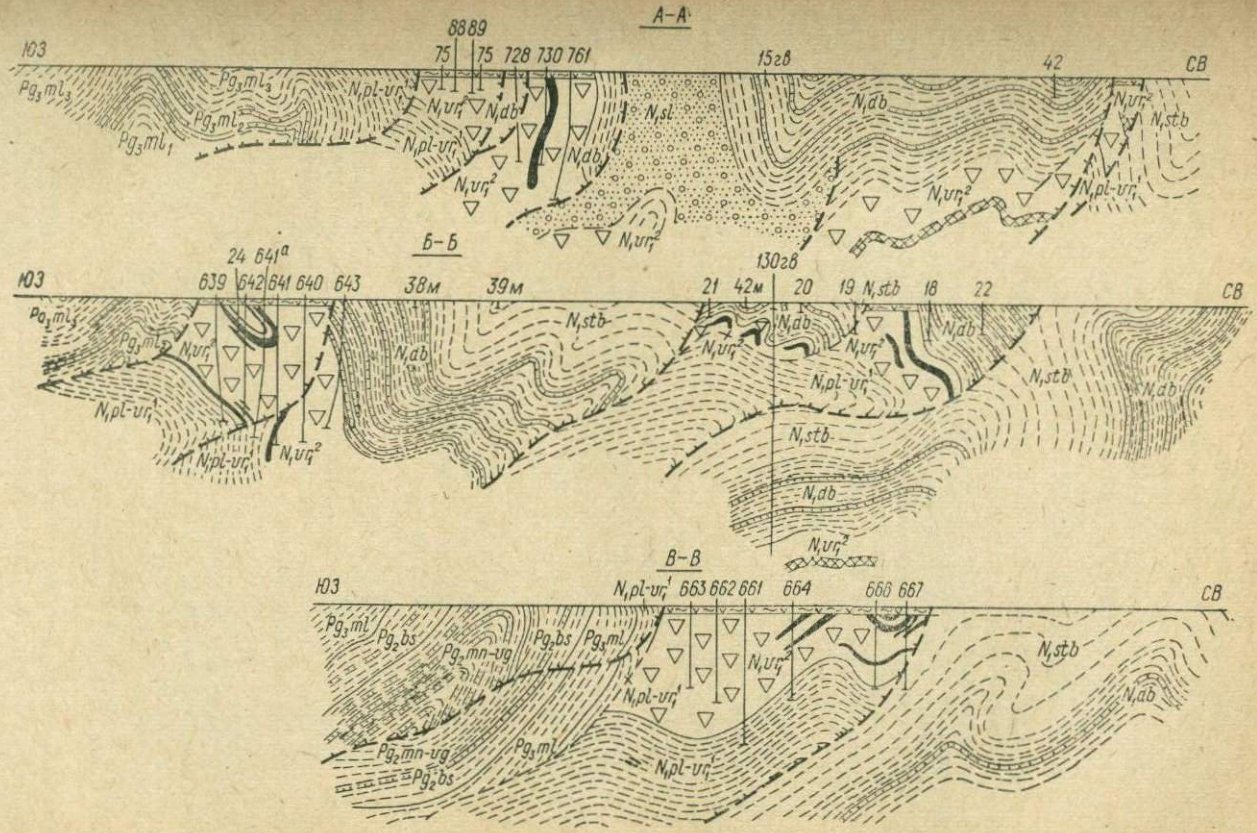


Рис. 49. Геологические профили к рис. 48.

50—60°. Россильнянский участок расположен в периклинальной части Монастырчанского синклинория. В центральной части участка имеется поперечное поднятие. Юго-западная половина участка более погружена, чем северо-восточная.

Детальный разрез нижневоротыщенской соленосной подсвиты и ее калийных горизонтов. В разрезе соленосной подсвиты Марково-Россильнянского месторождения снизу вверх наблюдается определенная последовательность напластований.

1. Брекчия песчано-аргиллитовая, соленосная, темно-серая. Мощность 25 м.

2. Глинистая каменная соль (н. о. 20—30%). Мощность 25 м. По простиранию на юго-восток пачка № 1 (Марковский участок) фациально замещается пачкой № 2 и, сливаясь, образует с нею единую пачку глинистой каменной соли, мощность которой на Россильнянском участке достигает 120 м.

3. I калийный горизонт, представленный преимущественно каинито-лангбейнитовыми и лангбейнито-каинитовыми породами. На Марковском участке в разрезе горизонта выделяются три калийные линзы, залегающие друг над другом. *Средняя и верхняя* линзы имеют максимальную мощность 10—15 м и быстро выклиниваются по падению и простиранию. Нижняя линза распространена более широко. Мощность ее около 10 м. Средняя мощность горизонта 25—27 м. На Россильнянском участке горизонт прослежен повсеместно. Здесь его средняя мощность около 15 м.

4. Каменная соль с маломощными прослоями темно-серых засолоненных брекчированных аргиллитов и песчаников (Марковский участок). В юго-восточном и северо-западном направлениях каменная соль фациально замещается брекчией песчано-аргиллитовой, соленосной, и увеличивается мощность терригенных прослоев. Мощность горизонта 150 м, уменьшаясь на Россильнянском участке до 60 м, где он представлен соленосной брекчией с прослоями каменной соли.

5. II калийный горизонт представлен на Марковском участке главным образом каинито-кизерито-лангбейнитовыми породами, а на Россильнянском — только лангбейнитовыми и лангбейнито-каинитовыми. Мощность горизонта на Марковском участке 5—30, на Россильнянском — 45—50 м. На Россильнянском участке горизонт представлен двумя сближенными линзами мощностью по 10 м, разделенными соленосной брекчией мощностью 25—30 м.

6. Каменная соль с прослоями соленосной брекчии и терригенных (аргиллиты, песчаники) пород. Мощность около 100 м (Марковский участок). На Россильнянском участке этой пачке соответствует брекчия песчано-аргиллитовая, соленосная, мощностью до 60 м. В северо-западном направлении брекчия фациально замещается каменной солью.

7. III калийный горизонт, представленный либо лангбейнито-каинитовыми породами (Марково), либо более чем наполовину каинитовой породой (Россильнянское). Мощность горизонта на Марковском участке составляет 15 м, в то время как на Россильнянском он состоит из серии калийных линз различной мощности. Две из них имеют мощность более 10 м.

8. Каменная соль, содержащая на Марковском участке прослои соленосной брекчии, аргиллитов и песчаников. Мощность горизонта на Марковском участке 260 м, на Россильнянском до 550 м. В последнем указанные прослои отсутствуют.

9. IV калийный горизонт сложен каинито-кизерито-лангбейнитовыми породами. Мощность около 50 м. На участках Марково и Старуня этот горизонт перекрыт пачкой соленосной брекчии мощностью соответственно 400 и 100 м. На участке Россильня на IV горизонте залегает каменная соль мощностью 100 м.

Условия залегания калийных горизонтов. I калийный горизонт на Марковском участке прослежен по простиранию на 2,5 км. С северо-запада и юго-востока он ограничен поперечными разломами. На северо-востоке линза погружается под углом 50—60° до глубины

600—1000 м. На Россильнянском участке длина данного горизонта по простиранию составляет 3,5 км, ширина 0,5—0,7 км. Он образует здесь симметричную синклинальную складку со сравнительно крутыми (до 40—45°) бортами. Северо-восточный борт срезан надвигом.

II калийный горизонт на Марковском участке выходит под гипсо-глинистую шляпу, погружаясь затем в северо-восточном направлении под углом 60° на глубину 400—1000 м. Горизонт здесь разбит поперечным нарушением на две линзы: северо-западную (Солотвинский блок длиной 1,6 км) и юго-восточную (Марковский блок длиной до 1,3 км). На Россильнянском участке горизонт образует симметричную синклинальную складку с углами падения бортов 40—45° и сложен из двух линз. Обе линзы к замку этой складки выклиниваются. Общая длина горизонта по простиранию — 2,5 км.

III калийный горизонт, представленный на Россильнянском участке серией линз, вскрыт только на одном профиле и имеет длину около 1 км. Линзы горизонта образуют мелкую синклинальную складку, замыкающуюся в 600 м от данного профиля. Северо-западная ее часть срезана надвигом. Замыкание является результатом поперечного поднятия на фоне общего погружения структуры в юго-восточном направлении. На Марковском участке горизонт встречен одной скважиной (673).

IV калийный горизонт на Марковском участке образует узкую синклинальную складку, опрокинутую на юго-запад. Складка асимметрична: северо-восточный борт круче (60°), чем юго-западный (45—50°). Максимальное погружение складки достигает 400 м. В Молодьковском блоке горизонт круто погружается на северо-восток и в скв. 40-С вскрыт на глубине 1400 м, под слободскими конгломератами. По простиранию в этом блоке горизонт прослежен на расстояние 3 км.

Калийные горизонты (линзы) месторождения представлены лангбейнитовой, каинито-лангбейнитовой, каинито-кизерито-лангбейнитовой, лангбейнито-каинитовой и каинитовой породами. Количественное соотношение этих пород в разрезе калийных горизонтов отражено в табл. 17, а средневзвешенный минеральный состав калийно-магниевых пород отдельных горизонтов приведен в табл. 18.

Степень разведанности месторождения. В результате поисковых работ (1964—1967 гг.) и предварительной разведки (1969—1970 гг.) на площади месторождения пробурено 138 скважин общим метражом 75 486 м. Из них 47 (6067 пог. м) являются картировочными со средней глубиной бурения 129 м, а 91 скважина (69 419 м) — поисково-разведочными со средней глубиной до 763 м. Скважины располагались по профилям, ориентированным вкрест простирания калийных линз и геологических структур. Расстояние между профилями 750—1200 м, между скажинами по профилю — 150—300 м.

Калийные линзы на месторождении подсечены 39 скважинами, из них 20 — на Марковском участке (скв. 713, 673, 639 и др.), 9 — на Россильнянском (скв. 664, 666, 739 и др.) и 5 — на участке Старуня. Глубина вскрытия калийных залежей 30—1200 м. По простиранию

Таблица 17

Содержание пород по калийным горизонтам, %

Калийно-магниевые породы	Марково				Россильня				Старуня
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	IV
Лангбейнитовая	12,09	—	—	37,16	—	—	—	25,09	15,70
Каинито-лангбейнитовая	31,82	7,88	—	19,30	49,35	—	—	—	11,02
Каинито-кизерито-лангбейнитовая	20,83	67,48	—	40,61	28,18	54,10	13,46	74,90	67,70
Лангбейнито-каинитовая	35,24	14,87	100,00	1,58	14,34	45,90	27,10	—	—
Каинитовая	—	9,75	—	1,27	8,10	—	59,42	—	5,20
Итого	99,98	99,98	100,00	99,92	99,97	100,00	99,98	99,99	99,62

Таблица 18

Средневзвешенный минеральный состав калийно-магниевых пород Марково-Россильнянского месторождения, %

Минералы и компоненты	Марково				Россильня				Старуня
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	IV
Галит	31,10	28,06	23,85	28,88	30,15	26,20	26,00	30,80	24,78
Каинит	16,18	17,60	34,79	12,00	20,60	22,45	34,15	11,52	9,95
Лангбейнит	20,87	15,45	13,38	26,11	16,70	15,55	10,35	24,60	19,10
Полигалит	6,32	8,84	3,52	7,94	7,50	11,10	9,77	8,47	5,38
Кизерит	3,33	3,85	1,32	6,98	3,95	5,08	1,76	4,63	15,20
Сильвин	1,66	0,23	1,40	2,22	5,03	2,87	2,19	1,44	6,78
Эпсомит	1,94	2,69	2,75	1,20	1,36	3,94	—	4,10	2,13
Шенит	2,40	0,43	1,22	1,45	0,09	—	0,11	0,079	1,35
Леонит	1,28	5,42	—	0,90	1,11	0,145	0,33	0,13	0,02
Карналлит	0,20	—	—	0,10	—	—	—	—	0,93
Астраханит	—	1,02	—	0,30	0,15	0,10	—	1,58	—
Ангидрит	—	—	—	0,04	0,10	0,14	0,26	0,03	—
Глазерит	—	0,01	—	0,08	0,008	—	—	—	—
Нерастворимый остаток	12,06	14,79	10,98	12,30	13,50	14,25	15,32	12,38	13,50
K_2O	11,09	9,84	9,85	11,06	10,63	11,09	10,97	9,77	10,72

некоторые из них прослежены скважинами до 2,5 км (Марково) и 3,5 км (Старуня).

В 1970 г. Моршинская ГРП подсчитала запасы различных солей месторождения в соответствии со следующими требованиями проекта кондиций, составленного ВНИИГ для Стебниковского месторождения: 1) минимальное содержание K_2O по блоку — 9%; 2) минимальное бортовое содержание K_2O — 8%; 3) минимальная промышленная мощность пласта (истинная) — 10 м. Запасы калийных руд с истинной мощностью 5—10 м отнесены к забалансовым; 4) максимальная мощность некондиционных прослоев, включаемых в подсчет запасов, составляет 3 м при условии, если содержание K_2O не менее 9%; 5) содержание н. о. в блоке — не более 18%.

Запасы подсчитаны до глубины 1000 м и отдельно до глубины 600 м. К категории C_1 отнесены запасы солей, оконтуренных скважинами, при расстоянии между ними до 1200 м, а также запасы в зоне ограниченной экстраполяции. Эта зона распространяется от крайних рудных скважин на расстояние 300 м по падению и восстанию пород и на 600 м — по их простиранию. К категории C_2 отнесены запасы солей, вскрытых одной скважиной на профиле, и запасы — в зоне экстраполяции от контура категории C_1 на 300 м по падению и 600 м по простиранию пласта. Подсчитанные запасы калийных солей приводятся в табл. 19.

Стебниковское месторождение расположено в северо-западной части Советского Предкарпатья, в нескольких километрах к юго-востоку от г. Дрогобыча. В его пределы входят участки Центрального поля (рудник I), Северо-Западный (рудник II), Юго-Восточный (Модрич—Солец) и Южный (Трускавец—Станыла).

В строении месторождения участвуют верхнеолигоценовые и нижнемиоценовые отложения всех трех свит воротыщенской серии, а также низов стебникской серии (табл.16, рис. 50).

Нижневоротыщенская свита вскрыта в южной части месторождения лишь некоторыми глубокими скважинами. Она представлена брекчированными засолоненными аргиллитами, глинами и песчаниками с прослоями каменной соли. Наиболее засолонена верхняя часть свиты. Здесь встречаются линзы калийных солей. На основании этих признаков некоторые исследователи [100, 156] разделяют свиту на две части — нижнюю (терригенную) и верхнюю (соленосную), приблизительно равнозначные по мощности. Общая мощность нижневоротыщенской свиты 450—650 м.

Средневоротыщенская (загорская) свита вскрыта скважинами и горными выработками в различных частях месторождения. Отложения этой свиты в южной части площади слагают ядро Модрич-Уличнянской антиклинали, вздымаясь вплоть до дневной поверхности. На остальных участках месторождения они глубоко погружаются под толщу пород верхневоротыщенской свиты.

Как показывают наблюдения по квершлагам (500/3—7) и некоторым скважинам (52-а, 527 и др.), литологический состав загорских отложений в районе Стебника отличается от классического разреза

Таблица 19

Запасы калийных солей по Марково-Россильнянскому месторождению, млн. т

Категории	Глубина подсчета запасов	Марково					Россильня					Старуня	Итого по месторождению
		I	II	III	IV	Итого	I	II	III	IV	Итого	IV	
C_1	0–600	12,9 / 1,5	9,07 / 1,05	–	144,33 / 15,81	166,26 / 18,37	87,59 / 9,87	33,16 / 4,26	17,10 / 1,91	–	120,76 / 14,13	37,67 / 4,61	324,70 / 37,11
	Забалансовые	–	0,32 / 0,03	–	–	0,32 / 0,03	1,16 / 0,95	–	–	–	1,16 / 0,95	2,06 / 0,24	–
	600–1000	25,5 / 2,6	–	–	67,08 / 7,5	92,60 / 10,10	6,65 / 0,80	–	–	–	6,65 / 0,80	38,11 / 4,91	462,05 / 52,92
	Забалансовые	–	0,13 / 0,01	–	–	0,13 / 0,01	–	–	–	–	–	–	–
C_2	*0–600*	–	8,36 / 0,74	11,34 / 1,12	11,29 / 1,31	30,98 / 3,22	–	7,03 / 0,66	–	79,33 / 7,81	103,46 / 10,38	17,82 / 1,95	152,26 / 15,56
	Забалансовые	–	–	–	–	–	–	–	4,53 / 0,59	–	4,53 / 0,59	3,81 / 0,33	–
	600–1000	–	–	–	12,54 / 1,5	12,54 / 1,5	13,35 / 1,61	–	–	24,93 / 2,46	38,28 / 4,07	17,31 / 2,23	220,40 / 23,32
	Забалансовые	0,007 / 0,0007	–	–	–	0,007 / 0,0007	–	–	–	–	–	–	–
C_1+C_2	0–600	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	476,96 / 52,67
	600–1000	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	682,45 / 76,24
Прогноз	0–600	–	2,20 / 0,2	2,9 / 0,3	–	5,14 / 0,5	–	–	–	7,69 / 0,73	7,69 / 0,73	7,53 / 0,66	–
	600–1000	–	–	–	–	–	–	–	–	45,99 / 4,5	45,99 / 4,5	–	–

Примечание. В числителе запасы калийных солей, в знаменателе – окиси калия.

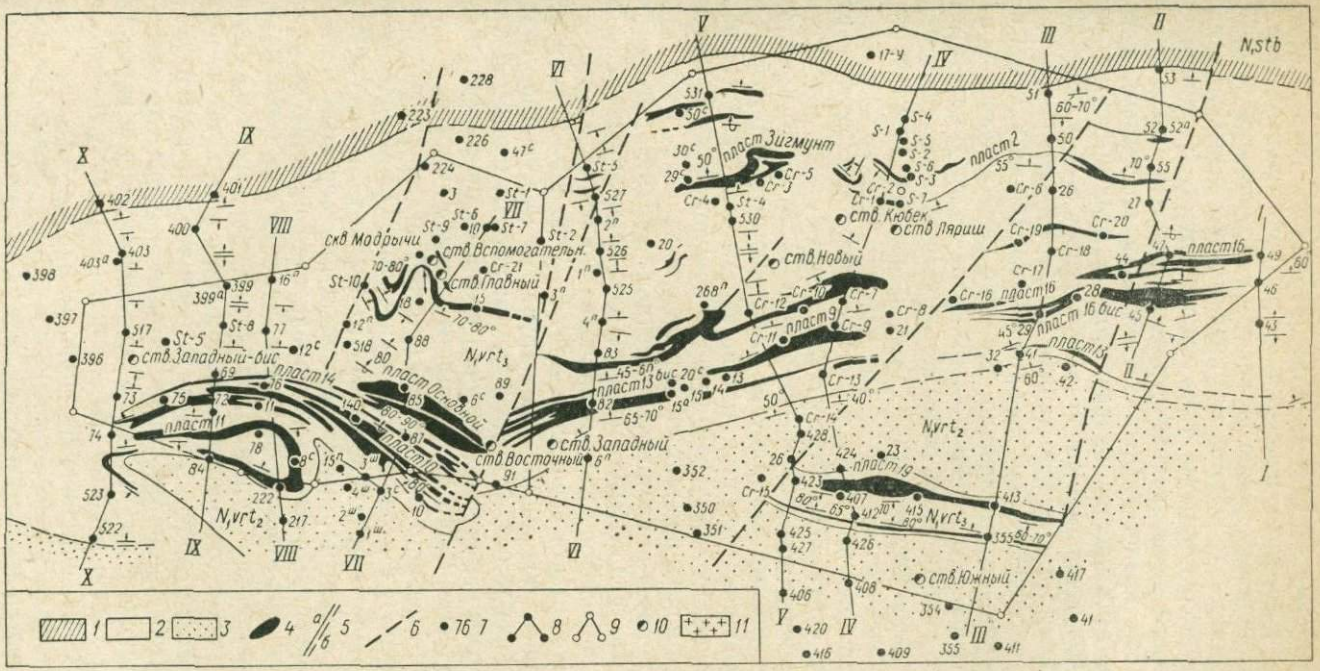


Рис. 50. Геологическая карта Стебниковского месторождения калийных солей на горизонте 240 м. Составили Ю. Е. Кудрявцев и В. А. Самойлов.

1 — стебникская серия; *2* — верхневоротыщенская свита; *3* — загорская (средневоротыщенская) свита; *4* — пласты калийных солей; *5* — геологические границы: *а* — установленные, *б* — предполагаемые; *6* — линии разломов; *7* — номер поверхностной разведочной скважины; *8* — линии геологических профилей; *9* — границы шахтных полей; *10* — шахтные стволы; *11* — пласты каменной соли.

таковых в других районах Предкарпатского прогиба. Как известно, средневоротыщенские отложения характеризуются резким преобладанием грубообломочного материала и незначительным засолонением пород. Типичными являются средне- и крупнозернистые полимиктовые песчаники с обломками красных и зеленых филлитов, а также линзы конгломератов типа трускавецких. В районе Стебника в изученной части разреза средневоротыщенские отложения в верхней части представлены чередованием плитчатых, нередко тонкослоистых аргиллитов, алевролитов и полимиктовых песчаников. Мощность отдельных слоев колеблется от 3—5 до 20—25 см, изредка 0,5—1 м. Породы трещиноваты, по трещинам развит белый галит. Иногда встречаются сравнительно маломощные участки брекчированных пород, однако разнос обломков незначителен, и почти всегда можно проследить первоначальную слоистость. В целом разрез начинается и завершается пачками полимиктовых песчаников. Мощность средневоротыщенской свиты в районе месторождения составляет 250—350 м.

Наиболее широко на площади месторождения развита верхневоротыщенская свита. Она представлена песчаниково-глинистыми брекчиями, сцементированными глинистым галитом, и в меньшей степени засолоненными аргиллитами, алевролитами, глинами и песчаниками с прослойками глинистой каменной соли. Иногда встречаются маломощные линзы гравелитов и конгломератов. Известковистость пород почти полностью отсутствует.

Соленосные песчано-глинистые брекчии верхневоротыщенской свиты сложены угловатыми обломками мелко-среднезернистых песчаников, алевролитов, глин и значительно реже — аргиллитов. Размеры обломков самые различные — от 2—3 до 20—30 см в поперечнике, изредка 40—50 см. Варьирует и количество галита, цементирующего обломки. Иногда обломки породы как бы плавают в галите, в других же случаях брекчия густо насыщена обломками, и галит наблюдается лишь по трещинам между ними.

Образование песчано-глинистых брекчий большинство исследователей объясняют тектоническими факторами. Однако есть факты, дающие возможность предположить, что какая-то незначительная часть брекчий, вероятно, имеет осадочное происхождение. К ним относятся нахождение в песчано-алевролитовой брекчии отдельных обломков (в 2—3 см) зеленых филлитов, чуждых для данной среды; четкое, последовательное чередование слоев мелко-, средне- и крупнообломочных брекчий, состоящих из обломков, одних и тех же пород, что указывает на сортировку материала; наличие тонких (10—20 см) прослоев слоистой глинистой каменной соли, которые прослеживаются в окружающих их брекчиях на значительном расстоянии без каких-либо следов разрыва, будинажа, вдавливания, естественных при дроблении окружающих породы масс и др.

К отложениям верхневоротыщенской свиты приурочены все известные на месторождении залежи калийных солей. Общая мощность верхневоротыщенской свиты в пределах изученной части

месторождения не превышает 600—800 м. Верхневоротыщенские отложения согласно перекрываются породами стебникской серии. Они обнажаются на северо-востоке района в виде полосы северо-западного простирания и представлены розовато-серыми и зеленовато-серыми слоистыми карбонатными глинами, мергелями, алевролитами и прослоями мелкозернистых песчаников. Встречаются маломощные прослои гипсов. Мощность стебникской серии в пределах месторождения 400—500 м.

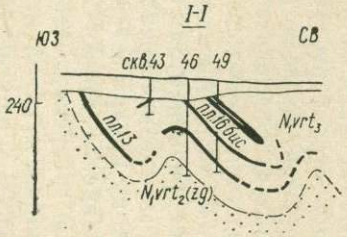
Тектоника. Стебниковское месторождение калийных солей расположено в северо-западной части Внутренней зоны Предкарпатского краевого прогиба, в полосе развития глубинных складок.

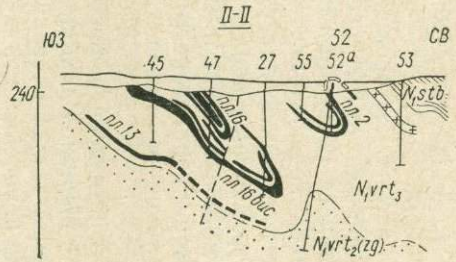
Приуроченность Стебниковского месторождения к области развития глубинных складок обусловливает и сложность его тектонического строения. Структурой I порядка на описываемой площади является Модрич-Уличнянская антиклиналь. Ось ее протягивается вдоль контакта загорской и верхневоротыщенской свит, максимально воздымаясь в центральной части месторождения и погружаясь к северо-западу.

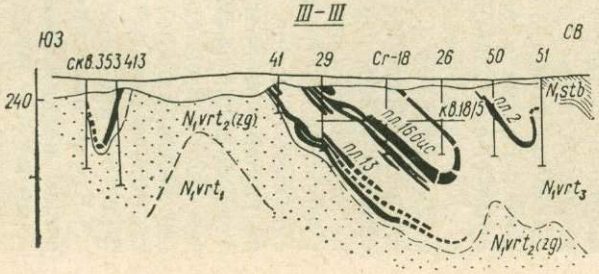
Основная часть Стебниковского месторождения размещена на северо-восточном крыле Модрич-Уличнянской антиклинали. По данным горных выработок, а также глубоких поверхностных скважин устанавливается, что калиеносные верхневоротыщенские отложения располагаются здесь в чашеобразном ложе, образованном песчаниковой толщей загорской свиты (рис. 51), с последующим резким погружением под осадки стебникской серии. Причем этот чашеобразный прогиб осложнен целым рядом складок более высоких порядков. Следует отметить, что интенсивность складчатости затухает с удалением от оси Модрич-Уличнянской антиклинали. Уменьшается количество складчатых структур, размах крыльев становится шире. Весьма характерны линейность структур и запрокидывание крыльев синклиналей и антиклиналей в сторону Складчатых Карпат.

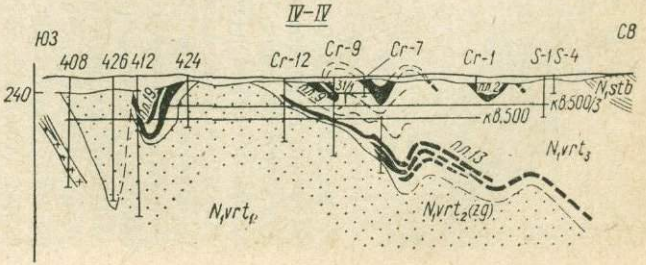
Две наиболее крупные структуры II порядка — синклиналь и антиклиналь — фиксируются по всей площади месторождения. На оси синклинальной складки находятся скв. 517-а и 8, между скв. 526 и 525, где наблюдается наибольшее ее погружение, и далее на юго-восток (рис. 51, пр. *VI—VI*). Антиклинальная складка фиксируется как по структурным признакам, так и по результатам бурения скважин. Так, на северо-западе месторождения скв. 517-а и 403-а на глубине отбивают границу кровли загорской свиты, обрисовывая антиклинальную складку (рис. 51, пр. *X—X*). В центральной части скв. 527 подсекает кровлю загорских отложений, слагающих здесь ядро антиклинальной складки, и, наконец, на юго-востоке скв. 52-а вскрывает типично загорскую толщу на глубине всего лишь 550 м (рис. 51, пр. *II—II*).

Кроме описанных структур на участке выделяется целый ряд более мелких складок, характеристику которых целесообразно вести на основании конфигурации рудных залежей. При этом предполагается, что собственно «соляная тектоника» проявляется лишь


I-I
Ю3
СВ
скв.43 46 49
240
пл.13
пл.16бис
N_1vrt_3
$N_1vrt_2(zg)$


II-II
Ю3
СВ
45 47 27 55 52а 52 53
240
пл.13
пл.16
пл.2
пл.16бис
N_1stb
N_1vrt_3
$N_1vrt_2(zg)$


III-III
Ю3
СВ
скв.353 413 41 29 Cr-18 26 50 51
240
$N_1vrt_2(zg)$
N_1vrt_1
пл.16бис
к8.18/5
пл.2
пл.13
N_1stb
N_1vrt_3
$N_1vrt_2(zg)$


IV-IV
Ю3
СВ
408 426 412 424 Cr-12 Cr-9 Cr-7 Cr-1 S-1 S-4
240
пл.19
пл.2
N_1stb
к8.500
к8.500/3
пл.13
N_1vrt_3
N_1vrt_1
$N_1vrt_2(zg)$

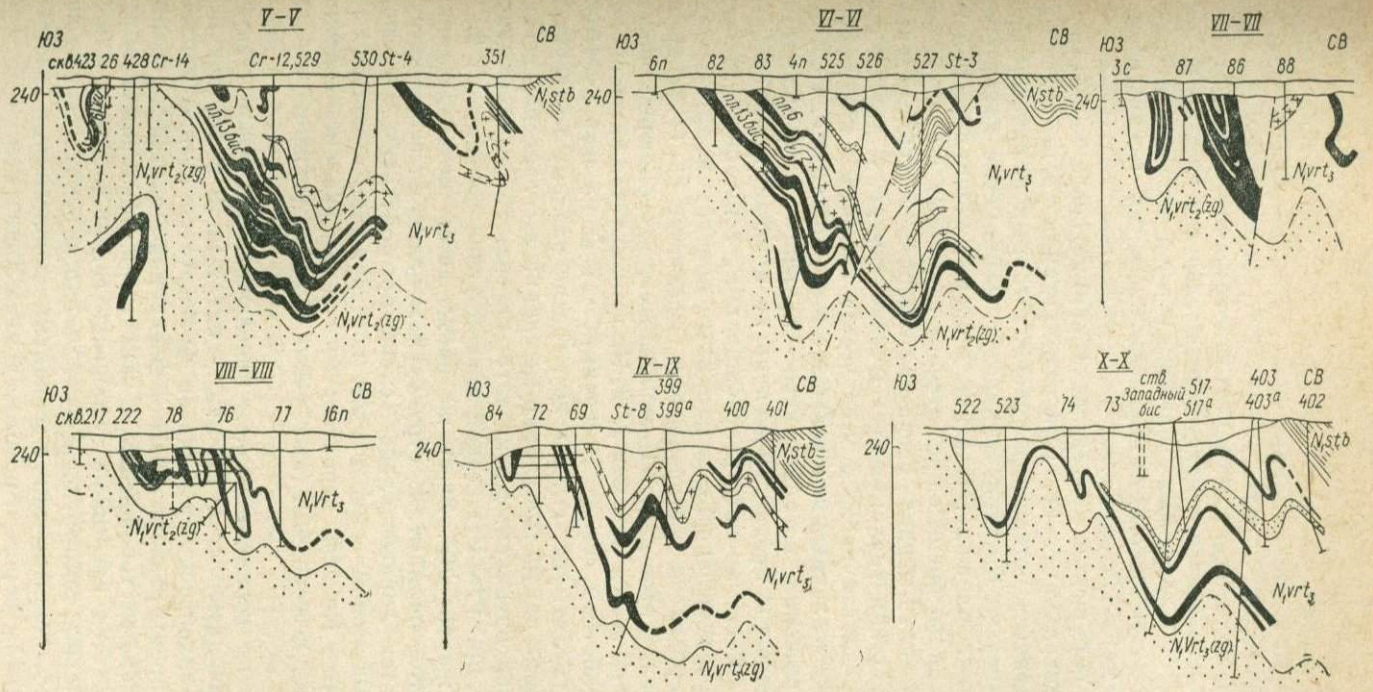


Рис. 51. Геологические профили к геологической карте Стебниковского месторождения. Составил Ю. Е. Кудрявцев.
Усл. обозначения см. к рис. 50.

в границах калийных пластов, создавая складки «течения», раздувы, пережимы и т. д. В масштабе же всей толщи верхневоротыщенской свиты мы имеет дело, на наш взгляд, с типично региональными дислокациями. Наличие калийных пластов, а также присутствие солей во вмещающих породах в какой-то степени накладывают отпечаток на тектоническое строение района, но отнюдь не столь значительный, как считают некоторые исследователи. Громадная (по сравнению с калийными залежами) мощность терригенных пород являлась тем жестким каркасом, который препятствовал развитию «соляной» тектоники.

Разрывные нарушения в пределах Стебниковского месторождения изучены довольно слабо. При картировании их на более или менее значительное расстояние в условиях горных выработок приходится сталкиваться с рядом трудностей, например с характером пород, слагающих площадь. С одной стороны, мощная, довольно однообразная толща вмещающих песчано-глинистых пород интенсивно брекчирована. Выделить среди них «вторичное брекчирование» как продукт действия разломов чрезвычайно трудно. С другой стороны, большая пластичность и «текучесть» калийных пород приводят к полному «залечиванию» разрывов в рудной толще. Поэтому разрывные нарушения регионального характера в большинстве случаев мы проводим предположительно по косвенным признакам. К последним относятся зоны разубоживания, зоны обессоленных пород («мыдлярка»), флексуры в калийных породах и др.

В центральной части месторождения выделяется наиболее крупный разлом, названный нами «Центральным», разделяющий шахтные поля рудника № 1 и рудника № 2. Он фиксируется как в околоствольных выработках ствола Восточный, так и по штреку 101/3 (западнее пласта Зигмунт, см. рис. 50), где по разлому приводятся в соприкосновение плитчатые глинистые сланцы с соленосной песчаниково-глинистой брекчией. Кроме того, по скв. 527 разлом отмечается (рис. 50, пр. *VI—VI*) резкой сменой углов падения от 90—85 до 50 и даже 15—20°. Здесь же наблюдается переуглубление гипсово-глинистой «шляпы». В структурном плане по этому нарушению отмечается горизонтальное смещение контакта загорской и верхневоротыщенской свит. Разлом подтверждается и геофизическими данными. По всей вероятности, с зоной разлома связаны водопроявления в штреке 43/2 (на глубине 110 м), а также по стволу Восточный.

Следующий по величине разлом прослеживается возле северо-западного окончания пласта 19, между пластами 9 и 16, и далее на северо-восток, через пласт 2, где он фиксируется сменой мощностей по обе стороны разлома и резкой флексурой в калийных солях.

На юго-востоке месторождения, в районе скв. 44, горными выработками подсекается разрывное нарушение северо-восточного простирания. В квершлаге 20/5, штреке 422/5 оно картируется по зоне перемятых «обессоленных» глин с зеркалами скольжения, к которым приурочены вывалы пород, и по ряду других признаков.

Значительный интерес представляет разлом, расположенный в районе скв. 10 и 518. Он отличается резкой сменой простираний пород, наличием складок волочения, а также четким уступом в рельефе подошвы гипсово-глинистой шляпы. Интересно отметить, что при бурении скв. St-10 был встречен горизонт напорных вод, которые фонтанировали в течение длительного времени. По скв. 9, расположенной в непосредственной близости, наблюдались интенсивные выделения метана. Скопления газа были настолько значительны, что нагнетаемая в скважину промывочная жидкость выносилась под напором на поверхность земли. Газ выделялся с интервала глубин 20—64 м, причем на участках, где породы были наиболее сильно брекчированы. Все эти явления, столь необычные для условий Стебниковского месторождения, можно объяснить, на наш взгляд, лишь наличием разрывного нарушения.

Не ясно распространение его далее на юго-запад. Возможно, разлом протягивается за пределы шахтного поля, пересекая пласты 14 и 10 и ограничивая с юго-востока синклинальную складку пласта 11. На это указывают наличие здесь зон разубоживания и смена мощностей калийных пород.

Описанные выше разрывные нарушения имеют простирания юго-восточные — северо-западные. Однако выделяются несколько дизъюнктивных дислокаций и субширотного простирания. Так, в центральной и юго-восточной частях пласта 19 выделяется зона карналлитовой породы мощностью 5—20 м, иногда более, с многочисленными обломками алевролитов, глин и песчаника. Карналлит в виде гнезд и прожилков заполняет пространство между обломками. Эта зона пересекает пласт под весьма острым углом от лежачего контакта до висячего, что указывает на ее тектоническое происхождение. Зона прослежена на расстояние до 600 м.

Рассматриваемая территория поперечными разломами сбросового характера разбита на ряд блоков (см. рис. 50). В пределах шахтных полей Стебниковского месторождения выделяются три таких блока — северо-западный (шахтное поле рудника № 2), центральный и юго-восточный. Северо-западный блок отличается наиболее крутыми углами падения, целым рядом узких и глубоких складок, а также сближенностью калийных залежей. Центральный блок опущен по отношению к шахтному полю рудника № 2. Он характеризуется меньшей крутизной залегания пород (особенно в верхней части) и несколько более спокойным характером складчатости. Наконец, в юго-восточном блоке пласты калийных пород наиболее сильно опрокидываются к юго-западу, образуя серию лежачих складок с пологими углами падения. Здесь отмечается и наибольшее воздымание загорских отложений (скв. 52-а).

Наличие многочисленных складок, охватывающих не только пласты калийных пород, но и вмещающие их толщи, меняет, естественно, наши представления о мощности верхневоротыщенской свиты в пределах месторождения. С учетом новых данных она оценивается нами в пределах 600—800 м.

Детальный разрез продуктивных пластов и условия их залегания. В отложениях верхневоротыщенской свиты мы в 1968 г. выделили 3 калийных горизонта, объединяющие все известные на месторождении залежи калийных пород. К I (нижнему) калийному горизонту на Центральном шахтном поле (рудник № 1) относятся линзы 19, 13 13-бис. На Северо-Западном участке (шахтное поле рудника № 2) сюда приурочиваются близко расположенные линзы 10 и 11, Основной и 14. Стратиграфически выше располагается II калийный горизонт, который на руднике № 1 объединяет линзы 6, 7, 9, 16, 16-бис и 17. Слабая изученность шахтного поля рудника № 2 не позволяет в его пределах с уверенностью выделить линзы, принадлежащие II калийному горизонту. По всей вероятности, сюда можно включить верхние пачки калийных линз, вскрытых скв. St-8, 399-а, 517 и некоторыми другими. Наконец, в верхних частях верхневоротыщенской свиты выделяется III (верхний) калийный горизонт, объединяющий линзы Зигмунт и 2 на Центральном шахтном поле, а также линзы, вскрытые стволами Главный и Вспомогательный и квершлагами 1 и 2 на Северо-Западном участке.

Калийные линзы всех трех калийных горизонтов имеют в общем сходный петрографический и минеральный состав (табл. 20). Некоторые линзы имеют большую протяженность, иногда до 7—8 км.

Линза 19 расположена на юго-западном крыле Модрич-Уличнянской антиклинали, в низах разреза верхневоротыщенской свиты. Горными выработками и поверхностными скважинами прослежена на расстоянии до 2 км. Мощность ее колеблется от 15—25 на флангах до 80—90 м в центральной части. Линза сложена каинитовой, сильвино-каинитовой, лангбейнито-каинитовой и кизерито-каинитовой породами. По всей линзе встречается полигалит (10—11%), обычно в виде мелкой вкрапленности, реже как маломощные прослои. В нижней части линзы встречаются карналлитовые породы, приуроченные к ее лежачему боку. Однако в центральной и юго-восточной частях залежи наблюдается зона (мощностью 5—20 м, редко более) карналлита с крупными обломками алевролитов, песчаников и глин, пересекающая линзу под острым углом, что указывает на ее тектоническое происхождение.

Повсеместно развиты многочисленные прослои аргиллита и песчаника мощностью от первых сантиметров до 2—3 м, а также маломощные прослои глинистой каменной соли (от 1 до 20—30 см). Характерная черта линзы 19 — присутствие в руде большого количества нерастворимого остатка (16—22%, редко больше).

Линза 19 представляет собой линейно расположенную узкую синклинальную складку с весьма крутыми крыльями. Максимальная глубина ее погружения 400—450 м. Северо-восточное крыло структуры наиболее круто падающее. Здесь величина углов падения колеблется в пределах 70—90°. В районе скв. 423 и 26 породы опрокидываются к юго-западу.

Линза 13 является аналогом линзы 19 на юго-восточном крыле Модрич-Уличнянской антиклинали. Она прослежена на Центральном

Таблица 20

Средневзвешенный минеральный состав калийных линз Стебниковского месторождения

Калийный горизонт	Номер линзы	Порода	Минеральный состав, вес. %														Сумма минералов, вес. %
			Галит	Каинит	Лангбейнит	Кизерит	Сильвин	Карналлит	Полигалит	Эпсомит	Ангидрит	Шенит	Астраханит	Леонит	Н. о. (водная вытяжка)	K_2O	
Нижний	19	Лангбейнито-каинитовая	31,7	14,2	6,5	10,3	8,2	2,2	9,8	—	—	—	—	—	17,3	10,8	100,2
	13	То же	32,7	15,5	10,7	9,2	6,4	1,0	9,2	—	—	—	—	—	15,36	10,8	100,06
	10	»	35,1	24,2	11,85	4,5	4,05	0,32	8,03	0,5	—	—	—	—	11,83	—	100,38
	11	»	30—40	20—30	10—20	5,0—10,0	5—10	—	1,0—3,0	—	—	—	—	—	—	—	—
	14	»	31,28	38,8	11,7	1,3	1,0	—	6,8	—	—	—	—	—	10,39	—	—
	Основной	»	35,5	19,9	14,5	4,6	3,5		8,8						12,4	—	99,2
Средний	9	Лангбейнитовая	30—35	—	40—45	2—8	—	—	5	—	—	—	—	—	10,0	—	—
		Каинито-лангбейнитовая	30—40	20	20	2—3	2—3	—	2—3	—	—	—	—	—	8—10	—	—
	16-бис	Среднее по линзе	31,72	22,4	1,6	—	—	—	8,5	9,55	—	13,4	—	0,2	12,12	—	99,49
	17	Шенито-каинитовая	35,0	10—20	—	—	1—2	—	2—5	3—10	—	3—5	—	0—20	10	—	—
		Астраханитовая	37,6	—	—	—	—	—	2,4	1,6	—	5,6	46,5	—	—	—	—
	6	Среднее по линзе	35,9	11,9	9,1	4,0	1,5	0,2	4,6	3,5	—	6,3	—	—	11,7	—	—

Примечание. Таблица составлена по данным геологоразведочных экспедиций трестов Союзгеохимразведка, Киевгеология и Стебниковского калийного комбината.

и Юго-Восточном участках в виде слабо линзующейся залежи на расстоянии 2,2 км. Мощность линзы на различных участках неодинакова и изменяется от нескольких метров на флангах до 50—70 м в районе квершлагов 16 и 17. Изменение мощности фиксируется и в вертикальном разрезе — от 5—10 м на уровне I горизонта до 50—60 м на VII горизонте. Линза сложена каинитовой, лангбейнитовой, кизерито-каинитовой и сильвино-каинитовой породами. Изредка встречаются маломощные прослои лангбейнита. В рассеянном виде встречаются полигалит и шенит. Довольно много прослоев аргиллита, алевролита (мощностью от 1—2 до 3—5 см) и глинистой каменной соли (от 1 до 10—15 см, редко 5—6 м). В лежачем боку залежи, в соленосной глине, выделяется зона мощностью 5—10 м, обогащенная карналлитом. Карналлит встречается в виде гнезд и прожилков.

Продолжением линзы 13 на северо-запад, вплоть до ствола Западного, является линза 13-бис. Минералогический состав в общем аналогичен описанному, лишь несколько увеличивается содержание в калийных породах каинита и лангбейнита и соответственно уменьшается количество кизерита и полигалита. Мощность линзы от юго-восточной окраины к центральной части увеличивается от 5—10 до 50 м. Далее на северо-запад прослоями брекчий линза расщепляется на несколько пачек мощностью до 15—20 м, ограничиваясь затем разломом Центральным. Следует отметить значительное увеличение мощности линзы с глубиной, особенно в центральной части (см. рис. 51, пр. *V—V*). Здесь скв. 529 в интервале 498,3—1086,2 м пересекает многочисленные пачки калийных пород, разобщенные прослоями песчано-глинистых брекчий и галитовой породы. Не совсем ясен характер залегания этих калийных линз, однако они весьма напоминают юго-восточную часть шахтного поля рудника № 2, где развиты мощные пачки близко расположенных линз Основной и 10.

Линза 10 также относится к нижнему калийному горизонту. Она протягивается дугообразно на расстоянии 2 км от ствола Восточного, где она имеет почти меридиональное простирание, до ствола Западного-бис, где простирание ее уже субширотное. Линза сложена тремя пачками калийных пород, разобщенных 10—30-метровыми прослоями песчаниково-глинистых брекчий. Наибольшая мощность юго-восточной части (160—170 м), а к северо-западу она довольно резко уменьшается вплоть до полного выклинивания. Средняя пачка линзы 10 отличается от нижней отсутствием группы лангбейнитовых пород и значительным развитием каинитовых пород, в которых увеличивается содержание сильвина. Минералого-петрографический состав верхней пачки сходен с таковым нижней пачки. В пределах последней развиты лангбейнитовые, лангбейнито-каинитовые и каинитовые породы. Линза 10 изучена глубокими подземными скважинами до глубины 600—700 м. Она представляет собой узкую и глубокую синклинальную складку, крылья которой на уровне верхних горизонтов опрокинуты к юго-западу под углом

70—85°. В районе орта 6 наблюдается поперечное поднятие подстилающих пород, что приводит к ундуляции шарнира складки линзы 10. В этом районе направление осевой линии синклинали изменяется с северо-западного на субширотное.

В юго-западной части шахтного поля обособленно располагается линза 11. Горными выработками вскрыто лишь северо-восточное крыло складки, имеющее практический интерес. Мощность пласта колеблется от первых метров до 35—40 м. Здесь развиты лангбейнито-каинитовая, каинитовая и лангбейнитовая породы. Во внутренней, наиболее дислоцированной, части пласта лангбейнитовая порода отсутствует. Прослои калийно-магниевых пород менее мощные и чередуются с прослоями глинисто-алевритовой брекчии. Линза 11 представляет собой синклинальную складку с запрокидывающимся северо-восточным крылом. Центральная часть этой структуры вскрыта квершлагами 16 и 38 на I и II горизонтах. Замыкается структура на глубине 320—340 м. Она отделена от подобной же структуры линзы 10 антиклиналью, шарнир которой погружается на северо-запад.

Линза 14 отделяется от пласта 10 толщей слабо засолоненной песчано-алевритовой брекчии с включениями сильвина, карналлита и ангидрита. Необходимо отметить, что эта брекчия представляет собой ослабленную зону: в пересекающих ее выработках наблюдаются увлажнение пород и частые вывалы. Мощность линзы 14 по простиранию резко меняется от 2 до 10—20 м с образованием разубоженных зон (квершлаг 16, скреперный орт 2). Линза сложена каинитовой и лангбейнито-каинитовой породами. В небольших количествах присутствуют кизерит, эпсомит, шенит, карналлит. Причем нужно отметить, что как по простиранию, так и по падению минеральный состав весьма непостоянен.

К нижнему калийному горизонту относится и линза Основная — самая мощная калийная залежь месторождения. Прослоем брекчированной глины она разделяется на две пачки — северо-восточную, мощностью 90—100 м, и юго-западную, мощностью 70—90 м. Линза прослежена скважинами и горными выработками на расстоянии 950 м. На юго-востоке наблюдается выклинивание ее на ряд маломощных пластов, характер же северо-западного замыкания еще не совсем ясен. Не исключена возможность, что здесь происходит замыкание узкой синклинальной складки, осложненное рядом мелких складок. По падению залежь изучена до глубины 500 м. И здесь на ряде участков (особенно на юго-востоке) скважинами фиксируется довольно резкое выклинивание калийных руд.

Минеральный состав руд линзы Основной в общих чертах аналогичен составу руд юго-восточной части линзы 10. Широкое распространение, как и во всех залежах шахтного поля рудника № 2, имеет группа лангбейнито-каинитовых пород. Чаще всего это слоистые, довольно пестроокрашенные образования. Несколько менее развиты каинитовые породы. В значительно бóльших масштабах, чем в других линзах, принимает участие лангбейнитовая порода,

связанная с прослоями глинистой соленосной брекчии, являясь как бы ее оторочкой, мощностью от 0,5 м до первых метров. Но на юго-восточном окончании линзы лангбейнитовая порода вытесняет все другие разновидности. Аналогичная ситуация отмечается и с глубиной. До настоящего времени еще не вполне ясна структура залежи Основной. Однако не исключена возможность, что она представляет собой узкую синклиналь, аналогичную складке линзы 10.

Вышележащая часть разреза верхневоротыщенской свиты, разделяющая нижний и средний калийные горизонты, представлена песчано-глинистыми и песчано-алевролитовыми брекчиями, сцементированными галитом с прослоями глинистой каменной соли и засоленных алевролитов. На Северо-Западном участке в районе скв. 88 и 89 в этой толще выделяется пачка мощностью 50—60 м полимиктовых песчаников с обломками филлитов. Мощность толщи брекчированных пород колеблется в пределах 120—210 м. Выше располагается I горизонт калийных солей, к которому на Центральном участке относятся линзы 9, 7, 6, 16, 16-бис и 17.

Линза 9 расположена в центральной части шахтного поля рудника № 1. Она прослежена по простиранию на расстоянии 600 м. Мощность ее колеблется от нескольких метров до 40—50 м. Максимальное погружение складки отмечается на глубине 160 м (*уровень III горизонта*). *Калийные породы пласта сложены лангбейнито*каинитовой, лангбейнитовой и в гораздо меньшей степени каинитовой разностями, причем лангбейнитовая порода распространена наиболее широко на юго-восточном крыле синклинали.

Линза 7 аналогична девятой. Продолжением ее к северо-западу является линза 6. Минеральный состав их в общем одинаков. Это главным образом лангбейнито-каинитовая порода с прослоями каменной соли и брекчированных соленосных глин. К юго-восточной части залежи приурочен маломощный прослой лангбейнитовой породы (3—8 м). В небольших количествах встречаются сильвин, полигалит и эпсомит. Линза прослежена на расстоянии 900 м. Мощность ее уменьшается от 35—40 м на юго-востоке до 1—2 м — на северо-западе.

Линзы 7 и 9 образуют узкие запрокинутые брахисинклинальные складки, погружающиеся до глубины 150—200 м. Антиклинальный перегиб между ними четко фиксируется смятием вмещающих пород по квершлагам 500/3 и 500/5.

Линза 16 находится на юго-востоке Центрального участка. Она представляет собой узкую синклинальную складку, погружающуюся до глубины 250—300 м и прослеженную по простиранию на расстоянии 400 м. Наибольшая мощность наблюдается в центральной части залежи — 40—45 м, в краевых частях уменьшается вплоть до полного выклинивания. В центральной части залежь сложена лангбейнитовой породой с прослоями сильвинита, галита и аргиллита, а в краевых частях лангбейнито-каинитовой и каинитовой породами с включениями сильвина и шенита.

Далее к юго-востоку в последние годы целым рядом выработок (квершлаг 20/3, 21/3—5, штрек 422) вскрыта калийная залежь,

смятая в синклинальную складку, которая, по всей вероятности, является продолжением линзы 16. Ранее часть этой залежи относилась к линзе 18. Линза 16 в новых контурах прослежена по простиранию на расстоянии до 700 м. Она сложена шенито-каинитовой и лангбейнито-каинитовой породами с включениями сильвина, полигалита и астраханита. Характерно наличие многочисленных прослоев аргиллитов и алевролитов, в меньшей степени глинистой каменной соли.

В лежачем боку линзы 16 отмечается несколько тонких прослоев калийных пород, которые далее к юго-востоку расширяются, образуя довольно мощную калийную залежь, названную нами линзой 16-бис. На III и V горизонтах она вскрывается квершлагами 3, 20, 21, 22 и *штреком* 420. В изученной части разреза она имеет пластообразную, иногда слабо линзующуюся форму и представлена шенито-каинитовой породой с прожилками эпсомита и леонита. В рассеянном виде встречается полигалит.

С северо-востока линза 16 обрамляется маломощной калийной линзой 17, прослеженной горными выработками и скв. Сч 19 и Сч 20. Мощность ее меняется от 1 до 20—25 м. Линза представлена шенито-каинитовой породой с прослоями (0,2—3 м) глинистой каменной соли и брекчированных глин (3—10 м). На отдельных участках встречаются маломощные прослои *лангбейнитовой породы и сильвинита*.

Линза 16 в старых контурах рассматривается С. М. Кореневским [169] как резко пережатая синклиналь с изоклинально погружающимися на северо-восток крыльями. Структурное положение калийных линз 16-бис и 17, обрамляющих с северо-востока и юго-запада линзу 16, позволяет предположить, что они являются крыльями глубоко погруженной лежачей синклинали, в которую вложена складка линзы 16. Падение пород на этом участке, в отличие от остальной части месторождения, гораздо более пологое. Величина углов падения колеблется в пределах 30—50°.

В верхах разреза верхневоротыщенской свиты расположен III (верхний) калийный горизонт. На Центральном участке к нему относятся линзы Зигмунт и 2.

Линза Зигмунт падает к северо-востоку. В юго-восточной половине мощность линзы 100—120 м, а на северо-западе — 20—30 м. Варьирует мощность и в вертикальном разрезе — от 100—120 м на уровне I—III горизонтов до 15—20 м — на VII. Основные калийные породы пласта Зигмунт — каинитовая, лангбейнитовая и лангбейнито-каинитовая. Калийные породы чередуются с прослоями засолоненных аргиллитов каменной соли и песчаников. Второстепенными минералами являются сильвин, кизерит, шенит, карналлит [204, 205].

К юго-востоку от залежи Зигмунт расположена линза 2, протягивающаяся вдоль верхнего контакта верхневоротыщенских отложений на расстояние 2 км. В северо-западной части мощность линзы равна 25—30 м, в центральной уменьшается до 2—3 м и лишь на

юго-востоке, между скв. 50 и 55, достигает максимальной величины — 55—60 м. Линза сложена каинитовой, лангбейнито-каинитовой и реже лангбейнитовой породами. Лангбейнитовая порода мощностью 0,5—1,5 м прослеживается вдоль лежачего контакта линзы, а также в центральной ее части, где она приурочена к мощному (до 15 м) прослою соленосной песчаниково-глинистой брекчии.

Весьма характерна структура линзы 2, которую удалось проследить на протяжении до 2 км по горным выработкам. Она также является синклинальной складкой. Причем на большем расстоянии ее северо-восточное крыло запрокидывается к юго-западу. В промежутке между стволами Кюбек и Ляриш наблюдается поперечный седлообразный перегиб пород. На участке перегиба шарнир синклинали воздымается, а направление осевой линии ее довольно резко меняется с западного на северо-западный. Скв. 52 и 53 подсекается маломощный калийный слой, который, по-видимому, является продолжением линзы 2 уже в виде антиклинальной складки. Исходя из этого следовало ожидать существования новой калийной залежи к северо-востоку от линзы Зигмунт, вблизи контакта со стебникской серией. Это предположение подтвердилось при бурении скв. 531, заданной в 400 м к северу от линзы. На глубине 150 м скважиной вскрыта линза лангбейнито-каинитовой породы мощностью до 40 м.

Продолжением верхнего калийного горизонта на Северо-Западном участке, по всей вероятности, является линза 5, вскрытая стволами Главным и Вспомогательным, а также квершлагами 1 и 2. Мощность ее колеблется в пределах 20—30 м, увеличиваясь на глубине 350 м до 40—45 м. В висячем боку линзы выделяется довольно выдержанная пачка лангбейнитовой породы (до 8 м). Однако основная часть залежи сложена каинитовой и лангбейнито-каинитовой породами. В небольших количествах встречаются кизерит, сильвин и полигалит. Количество кизерита иногда увеличивается от 3—4 до 12—14%. Пласт интенсивно дислоцирован. По квершлагам четко фиксируются синклинальная и антиклинальная складки со сжатыми крутопадающими крыльями (до 90°), причем простирание пород весьма резко меняется с северо-западного на северное и даже северо-восточное. Столь необычное для месторождения простирание, по-видимому, обязано не столько складчатой, сколько дизъюнктивной тектонике.

Завершается разрез верхневоротыщенской свиты пачкой глинистых и песчано-глинистых соленосных брекчий с прослоями засолоненных алевролита и глинистой каменной соли. Следует отметить, что по сравнению с низами разреза здесь значительно уменьшается количество песчаного материала. Мощность этой пачки колеблется в широких пределах — от 130—150 до 200—250 м.

Калийно-магниевые породы месторождения. В составе пород, участвующих в строении калийных линз месторождения, насчитывается свыше 16 соляных минералов: галит, сильвин, карналлит, лангбейнит, каинит, полигалит, кизерит, леонит, гипс, астраханит, эпсомит, шенит, тенардит, глазерит, мирабилит, ангидрит и др. Главные

породообразующие минералы — галит, каинит, лангбейнит, карналлит, отчасти полигалит. Остальные играют роль примеси, и лишь на отдельных участках некоторые из них (леонит, кизерит, шенит) приобретают значение породообразующих [351, 352, 353].

На Стебниковском месторождении — два типа калийно-магниевых пород: хлоридный и сульфатный. Первый тип развит слабо и приурочен к нижней части разреза, второй составляет основную массу калийно-магниевых пород месторождения. Характерной чертой текстуры калийно-магниевых пород месторождения является их брекчиевидность, выраженная в наличии двух текстурных элементов: а) обломков соляных и терригенных пород и б) соляного цемента.

Среди сульфатного типа пород различаются группы лангбейнитовых, лангбейнито-каинитовых и каинитовых пород, образующих в совокупности единый лангбейнито-каинитовый генетический ряд. В группе лангбейнитовых пород главные породообразующие минералы лангбейнит и галит. В зависимости от преобладания одного из них выделяются подгруппы галито-лангбейнитовых и лангбейнито-галитовых пород. Породы данной группы обычно крупнозернистые и разнозернистые, сиреневые и розовые с серым оттенком. Текстура брекчиевидная и слоисто-брекчиевидная. Минеральный состав (вес. %): лангбейнит 32—43, галит 36—42, полигалит 8—9, сильвин 3—4, н. о. 8—10.

В группе лангбейнито-каинитовых пород главные породообразующие минералы лангбейнит, каинит, галит, кизерит и сильвин. Характерно повышение содержания глинистого вещества по сравнению с породами лангбейнитовой группы. Породы обычно пестро окрашены, текстура неоднородная, брекчиевидно-неясно-слоистая. Они характеризуются различной степенью кизеритизации и каинитизации. В зависимости от этого выделяются подгруппы слабоглинистых каинито-лангбейнито-галитовых, глинистых каинито-лангбейнито-галитовых и глинистых каинито-галитовых с лангбейнитом пород. Для группы характерен следующий минеральный состав (вес. %): галит 33—42, каинит 14—21, лангбейнит 8—16, кизерит (эпсомит) 2—10, полигалит 8—10, сильвин 0,7, н. о. 10—15.

В группе каинитовых пород главными породообразующими минералами являются галит и каинит. Характерны большое содержание глинистого вещества и наличие в виде примеси ангидрита, карналлита, лангбейнита. Породы желтовато-серые или серовато-желтые с красным оттенком. Текстура неоднородная, брекчиевидно-неясно-слоистая. Выделяются следующие подгруппы: слабоглинистых каинито-галитовых пород с полигалитом и примесью кизерита, сильвина и ангидрита; глинистых каинито-галитовых пород с полигалитом и примесью ангидрита, эпсомита (кизерита) и сильвина; глинистых каинито-галитовых пород с ангидритом и карналлитом с примесью эпсомита (кизерита) и сильвина. Минеральный состав пород (вес. %): галит 30—40, каинит 18—30, полигалит 0—7, эпсомит (кизерит) 3—5, сильвин 0,5—5, ангидрит 1—5, карналлит 0—5, н. о. 15—30.

Хлоридный тип пород в своем развитии ограничен I (нижним) калийным горизонтом (линзы 13, 19 и др.) разреза верхневоротыщенской свиты. Здесь они образуют самостоятельную зону, состоящую из двух подзон: нижней — карналлитовой и верхней — сильвиновой. В пределах данного типа выделяются две группы пород: карналлитовые и сильвиновые.

В группе карналлитовых пород основными породообразующими минералами являются карналлит и галит. Породы красновато-розовые, оранжево-красные, желтые. Имеют разнозернистую, преимущественно крупнозернистую структуру и брекчиевидную, брекчиевидно-полосчатую текстуру. Выделяются две разновидности карналлитовых пород. Для первой разновидности характерны брекчиевидная текстура и наличие большого количества обломков терригенных и соляных пород. Второй разновидности присущи полосчатая текстура с элементами брекчиевидности и меньшее количество обломков терригенно-соляных пород. Минеральный состав пород данной группы (вес. %): карналлит 70—80, галит 4—27, сильвин 0—3, ангидрит 0,1—2,0.

В группе сильвиновых пород (сильвиниты) главные породообразующие минералы галит и сильвин, в виде примеси — ангидрит, полигалит и глинистый материал. Выделяются 4 подгруппы пород: слоистые галито-сильвиновые с примесью глинистого материала и ангидрита; брекчиевидные галито-сильвиновые с примесью ангидрита и глинистого материала; слоистые галито-сильвиновые с примесью глинистого материала и полигалита; глинистые сильвиниты.

Калуш-Голынское месторождение расположено в Калушском районе Ивано-Франковской области УССР. В пределах месторождения находятся г. Калуш и Калушский химико-металлургический комбинат. Месторождение представлено Калушской и Голынской группами и участками Кадобна и Пийло. В Калушскую группу входят шахтные поля Северное сильвинитовое, Северное каинитовое, Центральное и Хотинское. В Голынскую группу объединяются участки Западная и Восточная Голынь, Сивка-Калушская и Домброво. Общая площадь месторождения 80 км^2.

Геологии месторождения посвящены работы А. А. Иванова, С. М. Кореневского, А. А. Богданова и М. Я. Серовой, С. Г. Думанского, К. В. Скворцовой, И. А. Голубкова и Л. С. Пишвановой, В. В. Лобановой, М. С. Коробцевой, Я. Я. Яржемского, В. С. Бурова, Т. Хлебовского. Вопросы генезиса месторождения рассматривались М. Г. Валяшко, А. А. Ивановым, С. М. Кореневским, Ч. Кужняром и другими.

Геологическое строение. Разрез Калуш-Голынского месторождения снизу вверх представлен: а) юрско-верхнемеловыми отложениями эпимезозойского фундамента Внешней зоны прогиба, б) тортонскими и частично нижнесарматскими отложениями Внешней зоны прогиба (автохтонный комплекс пород), в) средне-верхнемиоценовыми отложениями Внутренней зоны прогиба (аллохтонный комплекс пород).

Юрские отложения, с размывом залегающие на палеозойских, в пределах района месторождения вскрыты скв. Кд-10, 1Р, 2Р, Гр-11 и Гр-25. Всюду они представлены серыми и желтовато-розовыми известняками с прослоями мергелей. Полная мощность около 550 м (скв. Гр-25).

Верхнемеловые отложения вскрываются в разрезах скв. 1-Р, 2-Р, Кд-55, Кд-105, Гр-6, Гр-15, Бр-5, и, по-видимому, ТЭСП-2 [406]. Они подразделяются на породы сеноманского (песчаники), туронского (известняки), сантонского и коньякского (мергели), а также кампанского (кварцевые песчаники) ярусов. Общая мощность верхнемеловых отложений достигает 425 м. Они залегают на размытой поверхности верхнеюрских известняков.

Юрско-верхнемеловые осадки относятся к платформенной фации и слагают основание Внешней зоны Предкарпатского краевого прогиба. В пределах месторождения поверхность этого основания ступенчато погружается к юго-западу, образуя блоки общекарпатского простирания. Блоки разделены продольными разломами и в свою очередь осложнены поперечными нарушениями.

Породы эпимезозойского фундамента с размывом перекрыты миоценовыми осадками Внешней зоны прогиба. Разрез миоцена в пределах месторождения представлен отложениями нижнего тортона (барановские слои), верхнего тортона (тирасская и косовская свиты) и нижнего сармата (дашавская свита). Верхняя часть разреза срезана Калушским надвигом; при этом с юго-запада на северо-восток в разрезе миоцена автохтонного комплекса появляются все более молодые слои. Миоценовые отложения Внутренней зоны прогиба представлены породами стебникской, баличской, богородчанской, тирасской, косовской и дашавской свит (рис. 52, 53).

Стебникская свита сложена рассланцованными глинами, красновато-бурыми, реже серыми, зеленовато-серыми, и песчаниками. Породы трещиноваты. Трещины заполнены гипсом и ангидритом. В фронтальной части Калушского надвига эти отложения местами отсутствуют, а к юго-западу, по мере погружения поверхности надвига, их мощность постепенно возрастает, достигая 200—300 м.

Выше залегают калиеносные отложения * Калушской группы месторождения, отнесенные Ч. Кужняром [406] к средней части стебникской серии, С. М. Кореневским [165] — к среднестебникской свите, К. В. Скворцовой [304] — к нижнебаличской свите, а А. А. Богдановым и М. Я. Серовой [18] — к фациальным аналогам гипсо-ангидритового горизонта тирасской свиты. Соответственно их возраст считается гельветским, раннетортонским или позднетортонским.

Отложения баличской свиты** в пределах месторождения впервые были выделены в 1956 г. К. В. Скворцовой и отнесены к нижнему

---

* В настоящее время трудно определить, является ли залегание данных отложений нормально-стратиграфическим или тектоническим.

** Верхнебаличская подсвита в понимании К. В. Скворцовой [304].

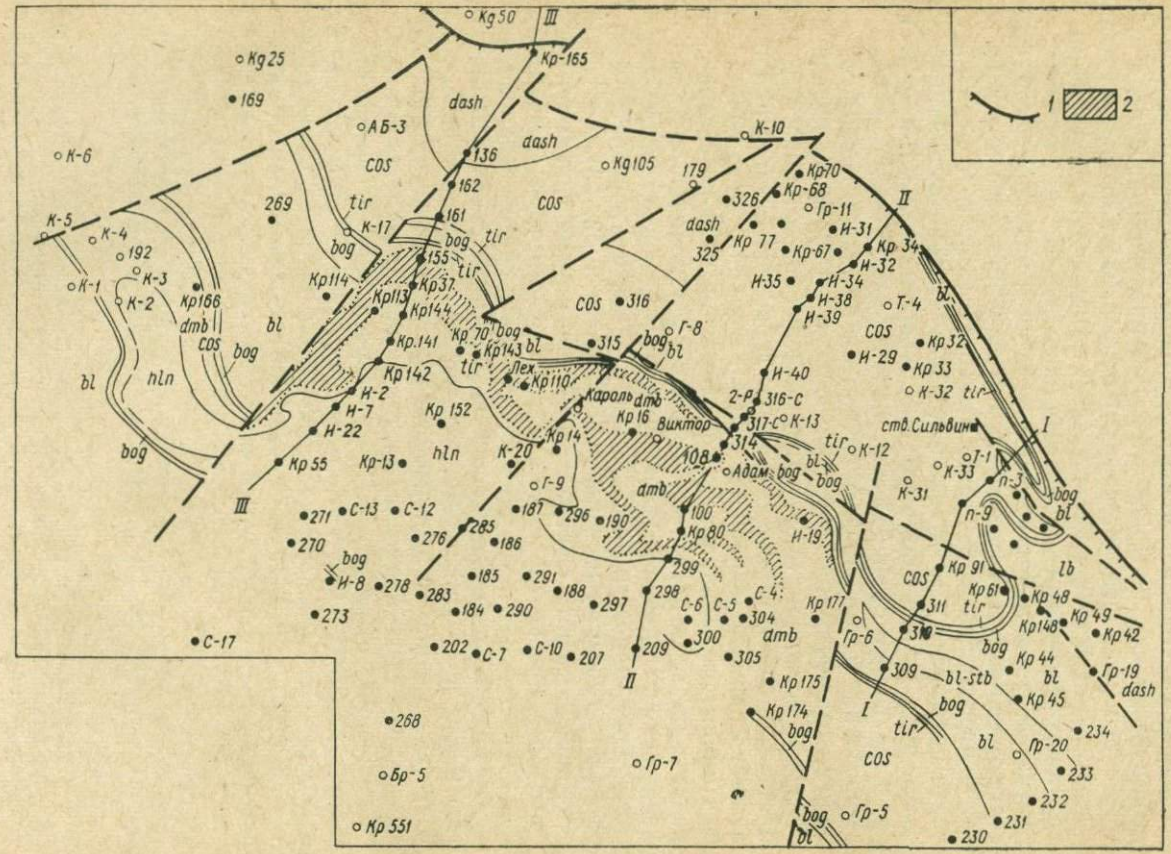


Рис. 52. Схематическая геологическая карта Калуш-Голынского месторождения калийных солей. Составили Н. М. Джиноридзе и В. П. Телегин с учетом данных С. М. Кореневского [165, 166, 162], К. В. Скворцовой [304] Ч. Кужняра [405—408] и других.

1 — линия Калушского надвига; *2* — площадь распространения калийных солей.

Примечание. Карта составлена с учетом снятия гипсово-глинистой шляпы.

тортону. Они представлены глинами серыми, зеленовато-серыми, реже красно-бурыми, известковистыми, часто рассланцованными, алевролитами, песчаниками, редко гравелитами, мощностью от нескольких десятков до 450 м. В пределах Калушской синклинали [167] эти отложения залегают над калиеносными отложениями и характеризуются наличием в верхней части свиты [304] многочисленных разнообразных Miliolldae (= Quinqueloculina [264]). Несколько ниже (см. рис. 53, пр. *III—III*, скв. 162) имеются слои с многочисленными планктонными фораминиферами, среди которых в изобилии присутствует *Globigerina bollii* Cita et Premolisilva [267] — зональный вид средней части лангского яруса Италии [399]. В связи с этим баличская свита имеет скорее гельветский [267], чем нижнетортонский [304], возраст.

Богородчанская свита представлена глинами зеленовато-серыми, мергелистыми, мергелями с прослоями туфов и песчаниками. Они повсеместно развиты в пределах Калушской и Голынской синклиналей и местами выходят на дневную поверхность (на р. Сивка, а также к северо-востоку от Центрального шахтного поля). Мощность свиты варьирует в пределах от единицы до первых десятков метров, а местами (скв. 551 и Бр-5) достигает 200 м.

В пределах свиты выделяются три микрофаунистических горизонта: нижний — бескандорбулиновый, средний — кандорбулиновый и верхний — увигериновый. Последний горизонт обнаружен К. В. Скворцовой [304]. Возраст свиты, по-видимому, гельвет-нижнетортонский.

Тирасская свита представлена гипсо-ангидритовыми породами. В отличие от автохтонного комплекса пород здесь появляются прослои серых загипсованных глин и песчаников. Мощность небольшая — до нескольких метров. По возрасту эта свита условно относится к верхнему тортону [60]. В пределах Калушской синклинали породы тирасской свиты подстилаются отложениями богородчанской и перекрыты вербовецкими слоями косовской свиты. В Голынской синклинали гипсо-ангидритовые породы с размывом залегают на разные горизонты богородчанской свиты и перекрыты слоями с Radiolaria (скв. 298 и др. [304]).

Стратиграфически выше в Калушской синклинали залегают отложения косовской свиты, которые совместно с перекрывающими их породами дашавской свиты в пределах месторождения объединяются в галицкую серию. Мощность серии до 400 м и более. В пределах косовской свиты здесь выделяются вербовецкие и прутские слои. В Голынской синклинали этим слоям соответствует калиеносная толща Голыни мощностью не более 350 м, отнесенная ранее к нижнебаличской [304] или к среднестебникской [171] свитам. Здесь она перекрывается породами голынской переходной свиты [167].

Калуш-Голынское месторождение расположено во Внешней зоне Предкарпатского краевого прогиба (Косовско-Угерская подзона) и характеризуется сложным тектоническим строением. Калиеносные отложения с вмещающими их породами образовались во Внутренней

зоне прогиба, где они были смяты в складки, а затем надвинуты в северо-восточном направлении на верхнетортонские и нижнесарматские отложения Внешней зоны прогиба. Плоскость Калушского надвига, выделенного К. В. Толвинским [322], представляет собой

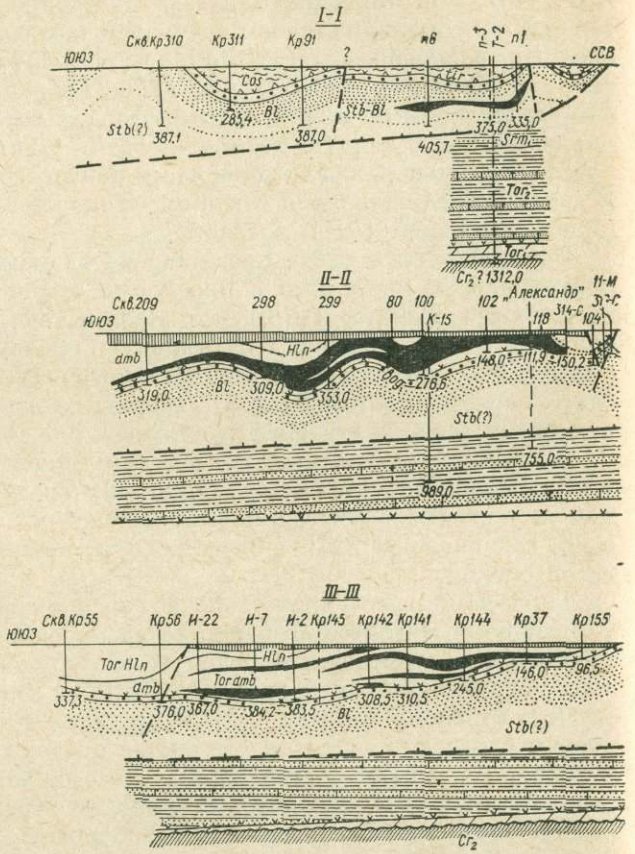


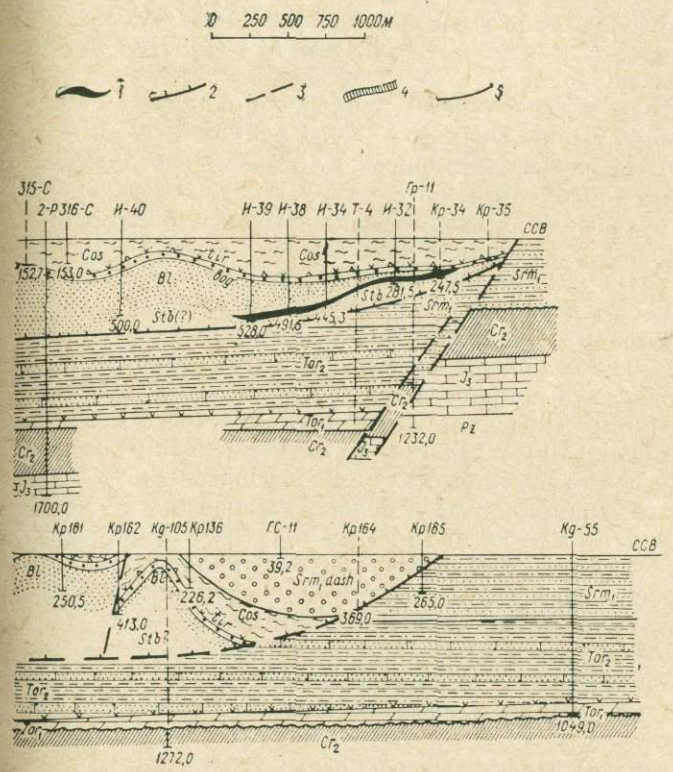
Рис. 53. Геологические профили к геологической карте Калуш-Голынского месторождения. Составили Н. М. Джинoридзе и В. П. Телегин.

1 — зона калийных солей; *2* — линия Калушского надвига; *3* — линия разломов; *4* — гипсово-глинистая шляпа; *5* — геологические конту

Аллохтонный комплекс пород: Srm_1dash — дашавская свита, нижний сармат; Cos — косовская свита, верхний тортон; Tor dmb — домбровская калиеносная свита, верхний тортон; Tor Hln — голынская переходная свита; tir — *тирасская гипсо-ангидритовая свита*, верхний тортон; bog — богородчанская свита, гельвет — тортон; Bl — баличская свита, гельвет; Stb—стебникская свита, бурдигал; Stb — Bl — калушская соленосная свита. *Автохтонный комплекс пород:* Srm_1 — нижний сармат; Tor_2 — верхний тортон; Tor_1 — нижний тортон (барановские слои); Cr_2 — верхний мел; J_3 — верхняя юра.

поверхность, слегка погружающуюся к юго-западу, где на глубине она переходит в Предкарпатский глубинный разлом, отделяющий Внешнюю зону прогиба от Внутренней. Во фронтальной части надвига его поверхность круто воздымается, что связано, по-видимому, со сбросовым характером нарушений на стыке Косовско-Угерской и Станиславской подзон Внешней зоны прогиба.

В пределах месторождения еще Ч. Кужняром [405] были выделены Калушская и Голынская впадины, разделенные поднятием. Позже эти структуры описывались как синклинальные [167, 171] или надвинутые друг на друга тектонические чешуи [304]. При этом в первом случае принималось, что эти структуры разделены Голынской антиклиналью, а во втором — Голынским надвигом. Однако наличие Голынского надвига не подтвердилось. Более



приемлема тектоническая схема С. М. Кореневского [169]. В отличие от последней Голынскую антиклиналь следует рассматривать как структуру надразломного типа. Голынский надвиг представлял собой тектонический рубеж, разделявший в косовское время две различные фациальные области, т. е. являлся конседиментационным по отношению к голынской калиеносной толще.

Калушская структура, выполненная с поверхности отложениями галицкой серии, прослеживается от с. Мостище до с. Хотин. Ширина ее севернее г. Калуш достигает 3—3,5 км, а к югу от Калуша сужается. Юго-западный ее борт более пологий, чем северо-восточный.

Голынская структура, шириной до 7 км *, в наиболее погруженной части выполнена породами голынской свиты и подстилающей их калиеносной толщи Голыни. На северо-восточном борту синклинали на дневную поверхность выведены калиеносные отложения, отчасти эродированные (см. рис. 52 и 53, пр. *II—II*). Положение юго-западного борта не ясно.

Граница между этими структурами проходит по линии с. Подмихайле севернее Домбровского карьера — с. Кропивник — на восток от с. Кадобна. В пределах этой полосы вскрываются отложения баличской и отчасти богородчанской свит. В обеих структурах выполняющие их отложения имеют общекарпатское простирание и смяты в складки более высоких порядков. Обе структуры разбиты поперечными разломами на ряд блоков. Один из них, юго-восточный, проходит где-то в районе с. Добровлян, а второй, северо-западный, — между селами Кропивник и Кадобна.

Гидрогеология и водозащитная толща. Основной водоносный горизонт на месторождении приурочен к четвертичным гравийно-галечниковым отложениям и распространен повсеместно. Он имеет мощность в среднем около 10 м и залегает на глубине до 15 м, иногда глубже. По времени эти отложения относятся к образованиям I—II террас р. Ломницы и характеризуются большими значениями коэффициента фильтрации (от 10—50 до 150—200 м/сутки). Дебит колеблется от долей до 24 л/сек. Воды этого горизонта являются напорными, так как всюду галечники перекрыты сверху суглинками и илами мощностью до 5 м. Величина напора воды 1—4 м. Обычно эти воды относятся к хлоридно-натриевому типу, реже — к гидрокарбонатно-натриевому с минерализацией до 1, чаще 0,5 г/л. Горизонт представляет собой основной источник водоснабжения.

С суглинками, покрывающими водоносный галечник, связан горизонт верховодки, который распространен неповсеместно и характеризуется непостоянным режимом. Он сильно подвержен влиянию атмосферных осадков и залегает до глубины 2 м. Мощность обводненной зоны 0,5—1,0 м. Дебит измеряется долями литров в секунду. Воды пресные, но большого народнохозяйственного значения не имеют.

В местах выхода на поверхность соленосной толщи месторождения под галечниковым горизонтом образуется гипсо-глинистая шляпа, которая иногда служит водоупором для вод галечникового горизонта. С отложениями гипсо-глинистой шляпы и соляным зерка-

---

* Возможно, она гораздо меньше.

лом связан горизонт рассолов, характеризующийся ничтожными притоками. Эти рассолы образуются, по-видимому, путем инфильтрации вод из галечников через гипсо-глинистую шляпу.

На существующих рудниках водопритоки обусловлены проникновением галечниковых вод через стволы Сильвин (3 м³/сутки) и 7 (5 м³/сутки). В горных выработках Калушского рудника наблюдаются притоки высокоминерализованных (более 300 г/л) рассолов из старых камер, заложенных гидравлической закладкой. В последнее время при проходке горных выработок в шахте имени 50 лет Октября в подсоленосных отложениях были встречены рассолы, генезис которых пока не ясен.

Условия залегания калийных линз. Залежи калийно-магниевых солей месторождения относятся к типу линзообразных тел. Они залегают в разрезе соленосной толщи многоярусно, согласно с вмещающими породами. В плане калийные линзы часто перекрывают друг друга и группируются на отдельных изолированных участках.

В пределах Калушской структуры залежи простираются от с. Мостище до с. Хотин на расстояние до 7 км. Ширина этой полосы не превышает 1,5 км. Количество промышленных линз на отдельных шахтных полях колеблется от 1 до 5. В Голынской структуре калийные линзы образуют полосу протяженностью до 10 км от с. Кадобна до ж.-д. ст. Калуш при ширине в центральной части до 7 км. На отдельных участках этой полосы имеется от 2 (Домброво) до 10 (Голынь) промышленных калийных линз, залегающих на различных стратиграфических уровнях.

Калийные линзы характеризуются в плане сложными очертаниями. В результате пережимов и раздувов мощность их изменяется от 1,5 до 25—30 м, иногда 100—120 м. Их размеры по простиранию составляют 1—1,5, а по падению 0,5—1,0 км. Углы падения пород в линзах колеблются в пределах 0—45°, реже 65—80°, в большинстве случаев 15—25°. Глубина залегания калийных линз 16—500 м, на участке Пийло до 1100 м.

Минералогия и петрография калийно-магниевых пород. Основные породообразующие соляные минералы — галит, каинит, сильвин, карналлит, полигалит, ангидрит, второстепенные — лангбейнит, кизерит. К зоне гипергенеза приурочено проявление таких минералов, как гипс, шенит, эпсомит, мирабилит, глазерит, сингенит, астраханит и др. Эти минералы в различных сочетаниях и соотношениях слагают калийно-магниевые породы месторождения. По данным *В. В. Лобановой* [204, 205], в пределах Калуш-Голынского месторождения развиты следующие породы: каинитовая, лангбейнитокаинитовая, лангбейнитовая, полигалитовая, карналлитовая и сильвиниты.

Каинитовая порода широко распространена на Центральном и Северном каинитовых полях, а также на Восточном поле Голыни и Сивка-Калушском. По своему морфологическому облику, составу, структурным и текстурным особенностям эта порода в различных

залежах однотипна. Она состоит из галита и каинита с примесью полигалита и глинистого материала. Характеризуется отчетливой тонкослоистой текстурой, обусловленной чередованием прослоек с различным количественным соотношением галита и каинита, а также нерастворимого остатка.

Лангбейнито-каинитовая порода развита более широко. Главные компоненты галит, каинит, лангбейнит; примесь представлена сильвином, кизеритом, полигалитом. Присутствуют ангидрит и глинистый материал. Вследствие агрегатного расположения слагающих компонентов она имеет неоднородную неясно-слоистую, местами пятнистую текстуру. Лангбейнит встречается часто в виде крупных тетраэдрических кристаллов, нередко имеющих зональное строение.

Лангбейнитовая порода сложена галитом и лангбейнитом с примесью полигалита и глинистого материала. Она представляет собой крупнозернистую породу массивной или слоистой текстуры. Последняя обусловлена присутствием тонких прослоек глинистого материала. Эта порода совместно с каинитовой и лангбейнито-каинитовой породами встречается редко.

Полигалитовая порода образует тонкие прослои мощностью от нескольких сантиметров до 0,5 м. Выделяются две разновидности: чистая мономинеральная и глинистая полигалитовая. Они обычно встречаются вблизи подошвы и кровли калийных линз.

Карналлитовая порода распространена менее широко и не имеет промышленного значения. Она сложена из галита, карналлита, ангидрита и большого количества глинистого материала. Текстура ее брекчиевидная.

Сильвиниты образуют промышленные скопления. По минеральному составу выделяются два типа сильвинита: ангидритовый (основные минералы — галит, сильвин, ангидрит) и полигалитовый (галит, сильвин, полигалит). Оба типа по количественному соотношению соляных минералов и глинистого материала подразделяются на кристаллический сильвинит, глинистый сильвинит и соляную глину с сильвином. Эти разновидности связаны между собой в разрезе постепенными переходами.

Указанные основные разности калийно-магниевых пород образуют в Калуш-Голынском месторождении три типа калийных руд: сульфатный (каинитовый), хлоридно-сульфатный — полиминеральный (сильвино-лангбейнито-каинитовый) и хлоридный (сильвинитовый, отчасти карналлитовый). Минеральный состав этих типов приведен в табл. 21.

Степень разведанности месторождения и уровень его промышленного освоения. К 1960 г. была закончена разведка месторождения поверхностным бурением. Запасы калийных руд по всем участкам утверждены ГКЗ по промышленным категориям (А, В и C_1). В настоящее время неоконтуренными остались только калийные линзы участка Пийло, в его южной, юго-восточной и юго-западной частях, а также сильвиниты на участке Кадобна (скв. К-1, 180).

Таблица 21

Минеральный состав руд Калуш-Голынского месторождения, %

Минералы	Полиминеральные руды				Каинитовая руда				Сильвиниты		
	Голынь		Домброво		Сивка-Калушская	Пийло	Центральное поле		Голынь		Хотинское поле
	Предельные колебания	Среднее	Предельные колебания	Среднее	Среднее	Среднее	Предельные колебания	Среднее	Предельные колебания	Среднее	Среднее
Галит	36,4—40,9	38,2	26,0—28,9	27,5	39,45	35,31	29,16—55,13	41,89	37,7—51,5	42,7	36,4
Каинит	24,8—36,7	31,1	13,2—18,8	16,0	23,18	15,41	8,37—39,71	25,71	0,0—3,9	1,0	—
Лангбейнит	1,7—4,4	3,4	9,7—17,0	13,4	2,45	5,53	0,33—6,61	1,53	0,0—4,8	0,9	—
Сильвин	4,0—6,8	5,4	1,8—6,9	4,3	9,01	9,76	0,0—10,9	2,20	20,0—31,3	26,5	26,5
Карналлит	0,6—3,3	1,7	0,0—0,6	0,2	0,76	0,43	0,0—65,5	1,20	0,0—1,7	0,5	0,42
Полигалит	4,3—4,8	4,6	4,2—10,2	7,2	4,86	5,67	1,06—6,36	3,85	0,0—9,2	4,7	0,6
Кизерит	2,6—3,9	3,3	6,4—20,0	13,2	4,69	7,08	2,75—11,76	7,32	0,0—3,8	1,0	0,2
Ангидрит	0,0—0,9	0,4	0,3—2,8	1,4	1,83	2,14	0,19—4,93	1,77	1,7—7,4	3,8	2,6
Гипс	0,0—0,04	0,01	—	—	—	—	0,0—0,93	0,20	0,0—1,4	0,3	—
Шенит	0,8—1,5	1,0	1,1—2,6	2,1	0,52	0,85	0,0—2,41	0,62	—	—	—
Эпсомит	0,05—0,6	0,3	0,0—0,9	0,5	0,02	—	0,0—0,5	0,05	—	—	—
Сингенит	—	—	—	—	—	—	0,0—4,8	0,35	—	—	—
Глазерит	—	—	—	0,21	—	—	—	—	—	—	—
Мирабилит	—	—	—	0,09	—	—	—	—	—	—	—
Н. о.	9,4—10,3	9,8	—	12,84	13,09	17,34	8,47—19,52	14,00	8,0—25,8	18,2	33,4
Итого	—	99,2	—	100,14	99,86	99,52	—	99,69	—	99,6	100,12
K_2O	10,3—10,5	10,4	—	10,35	11,68	10,76	7,89—12,5	9,6	14,1—17,5	16,3	16,8

3. Некоторые особенности палеогеографии и условий формирования калиеносных отложений Предкарпатья

Условия формирования предкарпатских калийных месторождений рассмотрены в работах Э. Виндакевича, А. А. Иванова, С. М. Кореневского, М. Г. Валяшко, Н. М. Страхова, В. В. Глушко, С. П. Гавура, К. Б. Донченко, Г. Н. Доленко и других. Все исследователи пришли к общему выводу, что калиеносные отложения формировались в пределах современной Внутренней зоны Предкарпатского краевого прогиба, в узких и длинных солеродных бассейнах вдоль Прикарпатского берега. Причем большинство исследователей полагают, что эти бассейны сообщались с открытыми морями и основным источником солей являлась морская вода.

Не касаясь проблемы источника солей в Предкарпатье, перейдем к рассмотрению тех геологических и палеогеографических особенностей, которые считаются в настоящее время более или менее определенными.

Калиеносные отложения нижневоротыщенской свиты развиты на всем протяжении Внутренней зоны прогиба. Строение свиты однообразно. Всюду она представлена двумя типами осадков: терригенно-флишоидными в нижней части и галогенными — в верхней. При этом нижнюю часть литологически и палеонтологически трудно отделить от подстилающих пород поляницкой свиты. В отложениях поляницкой и нижневоротыщенской свит присутствует богатый комплекс фораминифер, даже в кровле и подошве калийно-магниевых пород [156]. В этом комплексе доминируют мелкорослые тонкостенные *Globigerina*, *Gümbelina*, *Bolivina*, *Baggatella*, встречающиеся в нижне-среднемайкопских глубоководных осадках южных районов Северного Кавказа [49]. Обращает на себя внимание отсутствие микрофаунистических элементов Западной Европы (например, Венского бассейна). Следовательно, в позднем олигоцене (хаттский век) Внутренняя зона прогиба представляла собой единый морской бассейн, ограниченный с северо-востока поднятием каледонид, расположенным за зоной Стрыйского глубинного разлома. На юго-западе нижневоротыщенский солеродный бассейн замыкался в Закарпатье поднятием герцинид в современной «зоне утесов» [100]. Судя по пышному расцвету указанных фораминифер, поляницко-нижневоротыщенский палеобассейн имел широкую связь с открытым морем, располагавшимся в Крымско-Кавказской области. Эта связь осуществлялась, по-видимому, через территорию Румынии. В спорово-пыльцевом спектре поляницко-нижневоротыщенских отложений преобладает пыльца покрытосеменных растений с участием среди них тропических форм, и заметно участие пыльцы голосеменных растений. Породы нижневоротыщенской свиты по сравнению с поляницкой характеризуются меньшим количеством пыльцы и спор и разнообразием форм [268].

В конце ранневоротыщенского времени площадь рассматриваемого палеобассейна резко уменьшилась за счет поднятия пра-Кар-

пат. На северо-западе Внутренней зоны прогиба, в районах Трускавца и Помярки, непосредственно над пачкой каменной и калийных солей залегают трускавецкие конгломераты [156], а на юго-востоке, в районе Маркова, IV калийный горизонт нижневоротыщенской свиты перекрыт слободскими конгломератами. Следовательно, на границе олигоцен-миоцена произошло региональное поднятие пра-Карпат, связанное с савской фазой складчатости. Поэтому область максимального прогибания седиментационного бассейна в средневоротыщенское время несколько смещается к северо-западу. Одновременно сокращается ширина палеобассейна. Относительно обширное ранневоротыщенское палеоморе превращается в узкий залив. При этом водоем разделяется на две части: северо-западную и юго-восточную. В первой части осаждаются породы загорской свиты с трускавецким конгломератом в основании, а во второй — породы слободской свиты.

Поперечная к Карпатам зональность наиболее четко обозначается в поздневоротыщенское время, когда в северо-западной части отлагаются терригенно-галогенные и галогенные осадки верхневоротыщенской свиты, а на юго-востоке — терригенно-флишоидные отложения добротовской свиты. Граница между указанными фациальными областями проходила между Струтенем и Небыловым, где на породах поляницкой свиты * залегают, по данным К. Б. Донченко [100], отложения верхнего тортона.

В отличие от нижневоротыщенских отложений терригенные и терригенно-галогенные породы верхневоротыщенской свиты, как известно, слабо известковисты. Для них характерно преобладание кремневых организмов (радиолярии, спикулы губок) и песчанистых фораминифер. В меньшем количестве встречаются поляницко-нижневоротыщенские формы. Поздневоротыщенский солеродный бассейн был небольшой, узкий по сравнению с ранневоротыщенским, мелководным. Северо-восточная его граница совпадала с границей предшествующего солеродного бассейна, в то время как юго-западная значительно передвинулась на северо-восток и проходила, как полагает К. Б. Донченко [100], вероятно, вдоль фронта Флишевых Карпат.

К юго-востоку от солеродного бассейна располагался добротовский палеобассейн, в котором обитал не встреченный в верхневоротыщенских отложениях органический мир. В связи с этим некоторые исследователи склонны считать возраст добротовской свиты более молодым (бурдигальским), чем верхневоротыщенской. Однако отложения обеих свит перекрыты породами одной и той же зоны (*Globoquadrina dehiscens*), являющейся нижней частью стебникской свиты. Поэтому естественно полагать, что указанное различие в микрофаунистических комплексах было обусловлено отсутствием связи в поздневоротыщенское время между солеродным и добротовским палеобассейнами. Таким образом, поздневоротыщенский солеродный бассейн

---

* Отложения нижневоротыщенской свиты здесь, вероятно, были размыты.

представлял собой замкнутый водоем, возможно в очень редких случаях имевший связь с Венским бассейном.

В раннестебникское время ось максимального прогибания бассейна поздневоротыщенского осадконакопления передвигается из Долинской подзоны в Дрогобычскую, где образуется единый морской седиментационный бассейн. Этот бассейн впервые заселяют средиземноморские *Globoquadrina dehiscens* C. et Pr. и др. Следовательно, раннестебникский морской залив сообщался с открытым морем.

В позднестебникское время в этом заливе обитают остракоды, харовые водоросли и др. Вполне естественно предположить, что предшествующие нормально-морские условия в это время сменяются опресненными, возможно даже озерно-лагунными. В этих условиях формируются пестроцветные терригенные осадки.

Палеогеография баличского времени в общих чертах сходна со стебникским. В раннебаличское время также устанавливаются нормально-морские условия (зона *Gl. bollii*), которые затем сменяются опресненными, возможно озерно-лагунными (зона *Quinqueloculina distorta* — остракоды, харовые водоросли). Баличское осадконакопление отличается от стебникского формированием преимущественно сероцветных пород. В связи с этим надо отметить, что породы стебникской свиты лишены пыльцы и спор, в то время как в баличских отложениях (в верхней части) обнаружена пыльца хвойных и цуги, а также споры папоротников [268]. Поэтому можно полагать, что указанное различие в осадконакоплении было обусловлено климатическим фактором. Добавим, что в течение стебникско-баличского времени в пределах Внутренней зоны прогиба формировались мощные осадки (более 2000 м), свидетельствующие об интенсивности процессов денудации и осадконакопления.

Богородчанское время знаменуется увеличением площади седиментации. В осадконакопление вовлекается Внешняя зона прогиба. Залив превращается в относительно обширный морской бассейн*, имевший связь с морями тетиса (*Candorbulina universa* Jedl, *Biorbulina bilobata* Orb. и др.). Повсеместно формируются терригенные морские осадки, а во Внутренней зоне накапливаются также прослои туфогенных пород дацитового, реже андезитового? состава. При этом в пределах Внутренней зоны прогиба существовали глубоководные условия (зубы мелких акул [305]), а во Внешней зоне море было менее глубоководным [268]. Во Внутренней зоне прогиба наряду с глубоководными участками существовали и мелководные, в которых обитали в основном бентосные фораминиферы. Такое сочетание фаций совместно с резким колебанием мощностей отложений богородчанской свиты (от нескольких до 300 м и более) свидетельствует о дифференцированном характере рельефа дна морского бассейна, в котором, возможно, были даже острова.

---

* В конце богородчанского времени это море сообщалось также и с бассейнами юга СССР, откуда мигрировали *Pseudoamussium*, *Chlamys* и др. [49].

В последующее, тирасское, время площадь распространения седиментационного бассейна несколько расширяется за счет современной юго-западной окраины Русской платформы. Прогибание во Внутренней зоне прогиба замедляется. Повсеместно отлагаются гипсо-ангидритовые породы. В сторону пра-Карпат происходит в нарастающем порядке отложение глинистых и даже грубокластических пород [69].

В раннекосовское время тирасский бассейн расчленяется на две самостоятельные области: северо-восточную — собственно Косовскую и юго-западную — Голынскую. В первой области повсеместно накапливаются нормально-морские терригенные осадки с прослоями туфов дацитового состава, во второй — терригенные, галогенно-терригенные и галогенные отложения. В течение вербовецко-прутского времени косовское море располагалось на современной Внешней зоне прогиба, захватывая на северо-востоке Волыно-Подольскую окраину Русской платформы, а на юго-западе — крайнюю (шириной около 3—4 км) северо-восточную часть Внутренней зоны прогиба.

Голынский солеродный водоем представлял собой узкий (шириной до 10 км) залив Косовского моря, вытянутый вдоль него. При формировании в нем галогенных и терригенно-галогенных пород залив был замкнутым. С Косовским морем залив был связан дважды *. Первый раз связь была относительно кратковременной и зафиксировалась образованием маломощного прослоя мергелистой глины с *Globigerina bulloides и Spirialis*. Второй раз воды Косовского моря проникли в солеродный бассейн в прутское время и отложили в нем песчано-глинистые осадки с песчанистыми фораминиферами. В позднекосовское время связь между Голынским и Косовским бассейнами расширяется, а в раннедашавское время, вероятно, происходит их окончательное соединение.

Помимо изложенных общих черт истории палеогеографического развития олигоцен-среднемиоценовых отложений для выяснения условий формирования Предкарпатских калиеносных отложений весьма важно раскрыть природу образования соленосных брекчий.

Соленосные брекчии, как известно, широко развиты в разрезах калиеносных отложений Предкарпатья. Большинство исследователей (А. А. Иванов, С. М. Кореневский, К. Б. Донченко, О. П. Горкун и другие) до сих пор считают их тектоническими. Поэтому при рассмотрении условий формирования калийных солей Предкарпатья на соленосные брекчии не было обращено должного внимания. На осадочное происхождение некоторых брекчий впервые указал Ч. Кужняр [405]. Позднее, в 1947 г., Я. Я. Яржемский провел более обстоятельное исследование, в результате чего были выделены полипетрографические брекчии, по его мнению несомненно осадочного происхождения. ** В течение 1970—1971 гг. сотрудники ВНИИГ

* В пределах участков Голынской группы Калуш-Голынского месторождения.

** Устное сообщение.

(Н. М. Джинoридзе, А. И. Поликарпов и другие) детально изучали полипетрографические соленосные брекчии. Их осадочное происхождение подтвердилось следующими фактами: обломки глинистых пород в брекчиях лишены косовской микрофауны, но нередко встречается комплекс фораминифер поляницко-воротыщенского облика; минералогический состав тяжелой и легкой фракций кластогенной части брекчий резко отличен от такового терригенных пород, залегающих в разрезе в виде сплошных или будинированных прослоев; иногда в брекчиях наблюдается четкая сортировка обломков (прямая или обратная градационная); брекчиям присуща слоистая текстура, обусловленная наличием в них тонких прослоев глинистой каменной соли или мелкообломочной соленосной брекчии («соленосной глины»). Некоторые их этих фактов отмечает Ю. Е. Кудрявцев для незначительной части брекчий Стебниковского месторождения.

Наши исследования показали, что осадочные соленосные брекчии в Калуш-Голынском месторождении преобладают над тектоническими, они имеют сравнительно большие мощности и повсеместно распространены как в разрезе, так и по площади. Тектонические брекчии, наоборот, характеризуются незначительными мощностями и монопетрографическим составом и распространены в основном в калийных зонах. Их происхождение обусловлено процессами будинажа.

Соленосные брекчии в нижневоротыщенских отложениях специально не изучались. Поэтому трудно согласиться с отнесением всех брекчий в разряд тектонических образований [156]. В дальнейшем необходимо их детальное петрографо-минералогическое изучение, так как соленосные брекчии Предкарпатья вмещают каменную и калийные соли, формирование которых немыслимо объяснить без учета природы этих брекчий.

РАЗДЕЛ II

ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Поиски и разведка месторождений калийных солей проводятся в определенной последовательности. Месторождения калийных солей не обладают какими-либо особенностями, из которых вытекала бы необходимость изменения порядка стадийности геологоразведочных работ, установившегося с момента появления науки о поисках и разведке и правильность которого подтверждена длительной практикой поисков и разведки многочисленных месторождений полезных ископаемых.

В практической работе, связанной с поисками и разведкой месторождений калийных солей, используется последовательность, совпадающая с рекомендованной в методических указаниях Министерства геологии СССР по проведению геологоразведочных работ:

Этап I. Региональная геологическая съемка.
Этап II. Поиски:
а) предпоисковые работы (перспективные поиски),
б) поисковые работы (поисково-разведочные).
Этап III. Разведка:
а) предварительная,
б) детальная,
в) эксплуатационная.

Региональные геологические съемки дают геологическое обоснование для целенаправленных научно обоснованных поисков месторождений калийных солей. На площади распространения соленосных серий проводятся предпоисковые работы, задачами которых являются сбор и ревизия всех данных по геологии района соленакопления с целью выявления природных скоплений калийных солей.

Цель поисковой стадии работ — изучение природных скоплений с детальностью, дающей возможность выявления месторождений калийных солей. На этой стадии устанавливаются их стратиграфическое положение в разрезе соленосной серии и общие закономерности геологического строения. Особенности месторождений калийных солей, в частности значительная глубина их залегания, требуют на поисковом этапе их изучения привлечения всех имеющихся материалов по бурению и геофизическим исследованиям в районе соленакопления.

В случае положительных результатов поисковых работ переходят к следующему этапу — к разведочным работам. Если поисковые

работы проводятся на значительной площади и включают весь бассейн соленакопления, то разведочные работы, как правило, проводятся только на наиболее благоприятной части площади распространения калийных солей. Часто для этого оказывается необходимым составление специального технико-экономического обоснования (ТЭО), в котором выбирается участок для предварительной разведки.

Цель предварительной разведки — оценка промышленных перспектив месторождения и их технико-экономическая оценка. По данным предварительной разведки устанавливается очередность промышленного освоения месторождений и необходимость проведения детальной разведки. В частности, по результатам предварительной разведки устанавливаются методика ведения детальных разведочных работ и необходимый объем технологических, инженерно-геологических и других исследований. По материалам предварительной разведки составляются временные промышленные кондиции на калийные соли месторождения и подсчитываются его запасы по промышленным категориям (C_1, реже В). Предварительная разведка завершается составлением технико-экономического доклада (ТЭД), на основании которого делается вывод о целесообразности промышленного освоения месторождения и, как следствие, о необходимости детальной разведки.

Задача детальной разведки — получение всех необходимых материалов для проектирования горнодобывающего предприятия. После завершения стадии детальной разведки месторождение передается промышленности для эксплуатации.

Границы проведения детальной разведки устанавливаются по данным предварительной разведки, а для крупных месторождений (бассейнов) — в пределах горных отводов (шахтных полей) будущего предприятия. Следовательно, на стадии детальной разведки уточняются и детализируются данные, полученные при предварительной разведке, а запасы калийных солей переводятся из более низких (C_1) в более высокие промышленные категории А и В.

Отличительная черта стадии детальной разведки кроме повышенной детальности изучения геологического строения месторождения — определение технических и технологических свойств калийных солей в полузаводских или заводских условиях, а также детальное изучение гидрогеологических и горнотехнических условий проходки горных выработок и других специальных вопросов, связанных с будущим строительством и работой промышленного предприятия.

Заключительная стадия изучения месторождения — эксплуатационная разведка. Она начинается с документации шахтных стволов и горноподготовительных выработок при вскрытии месторождения и продолжается на всем протяжении его эксплуатации.

Цель эксплуатационной разведки — обеспечение оперативных и перспективных типов добычи калийных солей на действующем предприятии. В результате проведения эксплуатационной разведки

уточняются горнотехнические условия эксплуатации отдельных участков шахтного поля, вещественный состав и качество руды, подлежащей выемке в ближайшие 1—2 года, уточняются ее запасы в пределах отдельных выемочных блоков.

Глава 1

ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ И ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ

1. Поисковые признаки

Поисковые признаки для любого полезного ископаемого могут быть действенными только в том случае, если они обоснованы современными достижениями науки о генезисе. Чем совершеннее генетические представления, тем более точными и практически более ценными будут поисковые признаки. Они должны быть конкретными и доступными для практической реализации. Излагаемые поисковые признаки разработаны для месторождений калийных солей, пространственно и генетически связанных с соленосными сериями.

Из известных сейчас 26 соленосных серий с калийными солями разрабатываются только 13. Для остальных еще не доказана целесообразность их эксплуатации. Следовательно, имеется достаточно большой резерв для осуществления разведочных работ. Поэтому возникает вопрос о целесообразности в настоящее время проведения поисковых и предпоисковых работ, т. е. осуществления попыток открытия новых калийных месторождений в соленосных сериях, в которых калийные породы пока не обнаружены, или проведения поисков во вновь обнаруживаемых соленосных сериях. Ведь известно, что разведанные запасы калийных солей обеспечивают потребности в сырье существующей калийной промышленности и их рост до размеров покрытия мировой потребности. Для месторождений с выработанными запасами в Европе (Эльзас) и Америке (Карлсбад в США) была подготовлена замена в Канаде (Саскачеванское месторождение).

Следует иметь в виду, что калийные месторождения распределены на земном шаре неравномерно. Наиболее крупная калийная промышленность сосредоточена в Европе, США и Канаде, а потребность в калийных удобрениях существует почти везде. Таким образом, в настоящее время определилась необходимость в более благоприятном географическом распределении месторождений калийных солей, а поэтому существует настойчивая потребность в оценке каждой соленосной серии, в том числе и вновь обнаруживаемых, с точки зрения возможной калиеносности.

Существуют ли легко обнаруживаемые признаки, на основании которых можно было бы классифицировать все вновь открываемые соленосные серии на перспективные и на не представляющие интереса?

При изучении палеогеографии эпох соленакопления уже обращалось внимание на то, что калиеносными могут быть соленосные серии, созданные в водоемах, имевших хотя бы в течение части срока седиментации связь с океаном. В результате сгущения их вод могли возникнуть рассолы, насыщенные калийными солями. При благоприятных конседиментационных движениях эти рассолы образовывали калийные водоемы, на дне которых накапливались калийные минералы.

Воды континентального стока отличаются невысоким содержанием калия. Поэтому в солеродных водоемах, в балансе которых доминирующая роль принадлежит водам поверхностного стока и грунтовым, калийные породы не могли образоваться. Но это широко известное положение еще не может быть использовано для вывода о том, что все континентальные водоемы бесперспективны для поисков калийных пород. Необходимо иметь в виду, что в балансе солей солеродных водоемов могут принимать участие и воды глубоких частей литосферы, в том числе и термальные.

При расшифровке баланса солей Мертвого моря было показано, что 75% солевого состава этого водоема принадлежит солям, приносимым разгружающимися по глубинным разломам маточниками мощной толщи солей, залегающей в основании разрезе пород, образованных в начале существования грабена рифтовой зоны. Соленосная серия была здесь создана за счет вод океана, прошедших Красное палеоморе. Необходимо иметь в виду, что в воде такого континентального водоема, как Мертвое море, сейчас сосредоточено до 3 млрд. т K_2O. Это своеобразное калийное месторождение, где калий сосредоточен не в минералах осадка, а в воде моря. Мертвое море стоит еще только на грани превращения в галитовый водоем. В перспективе он сможет превратиться и в калийный.

Следовательно, учитывая данные по Мертвому морю, мы не можем отнести к бесперспективным все солеродные водоемы с континентальным питанием. Среди них нужно выделить те, которые могли питаться калийсодержащими глубинными рассолами, т. е. в первую очередь бассейны, стратиграфически ниже которых располагаются соленосные серии, созданные в обстановке океанического питания.

Примером может служить континентальная нижнепермская соленосная серия Чу-Сарысуйской впадины (жиделисайская свита), ниже которой, судя по содержанию брома, залегает морская соленосная серия верхнего девона. При ее седиментации концентрация, вероятно, не достигала садки калийных солей и, возможно, весь калий остался в межкристальном рассоле, вместе с которым мог попасть в пермский солеродный водоем. В таком же положении находится и континентальная валанжинская соленосная серия Среднеазиатского калийного бассейна, под которой на части площади залегает морская гаурдакская соленосная серия с калийными породами. Поэтому обе континентальные соленосные серии Средней Азии (нижнепермскую Сарысуйскую и валанжинскую) нельзя считать

бесперспективными в отношении месторождений калийных солей, несмотря на то, что они создавались в континентальных бассейнах. Следует отметить, что среди ископаемых соленосных серий континентальные встречаются редко. Пока наиболее древней из них считается нижнепермская Чу-Сарысуйской впадины.

О связи вулканизма с соленакоплением. В последние годы рядом авторов были высказаны предположения об образовании соляных пород за счет продуктов вулканизма, причем связи вулканизма и соленакопления придавалось универсальное значение.

Следует иметь в виду, что соленакопление осуществлялось в водоемах платформенных впадин, для которых проявление вулканизма не характерно. Наоборот, в тех регионах, где имели место огромные базальтовые излияния (платобазальтов), соляные породы отсутствуют. С вулканизмом наложенных впадин платформ (например, в юре и мелу на востоке Евразии) соляные породы также не связаны.

Только в некоторых рифтовых зонах, например в Припятском и Днепровско-Донецком прогибах, предгорном Предкарпатском прогибе, Закарпатских межгорных впадинах и в Данакильской впадине в Эфиопии, констатирован вулканизм, синхронный с соленакоплением. Вулканизм обыкновенно проявлялся в течение более длительного срока, чем соленакопление. Иногда вулканические извержения (чаще наземных вулканов на периферии солеродных водоемов) совпадали со временем садки солей, например во время седиментации пород нижней соленосной серии Припятского прогиба. Но таких совпадений не много (тереблинская соленосная серия в Тиссенской впадине залегает над мощной новоселецкой толщей вулканогенных пород).

На примере Припятского прогиба отчетливо видно, что вулканизм не оказывал заметного влияния на галогенез. Здесь наиболее интенсивное проявление вулканизма совпадало как с седиментацией части нижней соленосной серии, так и со временем отложения межсолевой карбонатной толщи.

Нет никаких оснований предполагать, что на солевой состав солеродных бассейнов могли влиять лавы вулканов. Даже пепел с сорбированными им растворимыми солями (до 10%), учитывая незначительную его роль в составе пород соленосных серий, не мог оказать заметного влияния. В основном седиментация соляных пород совпадала с периодами фумарольной деятельности. Влияние термальных растворов могло быть наиболее активным только в тех случаях, когда на поверхность разгружались воды, созданные за счет трансмагматических растворов [165]. Как известно, некоторые из этих растворов являются хлоридно-натриевыми. Многими авторами отмечалось, что галоиды щелочей широко распространены в термальных водах и играют большую роль при переносе металлов, которые выщелачиваются из пород при движении рассолов, всегда насыщенных кремнекислотой и содержащих соли различных металлов [324]. Сгущение таких рассолов в водоемах аридных зон не приведет к образованию парагенезиса пород соленосных серий.

При изучении роли вулканизма в образовании вулканогенно-осадочных пород и связанных с ними рудных месторождений Г. С. Дзоценидзе [94] не обнаружил генетической связи между вулканогенными или вулканогенно-осадочными породами и соленосными сериями. В работах, посвященных вулканогенно-осадочным породам, Н. М. Страхов [317, 318] также не указывает на генетическую связь соленакопления с вулканизмом. Все отмеченные данные исключают вулканизм из числа факторов, активно влияющих на процесс соленакопления, а поэтому вулканизм не учитывается при поисках калийных солей.

Гидротермальные рассолы, проходя через соляные толщи, содержащие калийные породы, могут, растворяя их, обогатиться калием и магнием, как это имеет место в Эфиопии (Данакильская впадина). Учитывая эти данные, можно содержание калия и магния в гидротермальных рассолах рассматривать как поисковый признак, говорящий о наличии калийных пород на глубине.

Изучение соленосных серий для прогнозирования калийных горизонтов. Керн скважин, вскрывших соленосные серии, должен быть тщательно изучен. Полноценные результаты могут быть получены только при высоком выходе керна (не менее 75%). Для этого необходима проходка специальных поисковых скважин, так как при бурении на нефть и газ скважины обычно проходят с ограниченным отбором керна или без отбора керна. В этих скважинах, как правило, проводится комплексный каротаж, данные которого могут быть использованы и для составления разреза соленосной серии. В некоторых случаях при этом могут быть обнаружены и калийные породы.

Поднятый при бурении керн должен быть всесторонне изучен. Калийные породы могут быть обнаружены уже при описании керна — по изменению текстур, структур и окраске каменной соли. Должны привлечь внимание те интервалы, где в однообразной по своим текстурам и структурам каменной соли, обыкновенно окрашенной в серые тона, появляются вкрапленники или сезонные прослои калийных минералов, окрашенные чаще в красные, бурые, оранжево-красные тона. Как правило, в этой части разреза увеличиваются количество и мощность глинистых прослоев, а окраска каменной соли иногда сменяется на розовую или белую.

В строении калийных горизонтов четко проявляется периодичность разных порядков. Она выражается чередованием слоев калийных пород и каменной соли с прослоями соляных глин (галопелитов). Эти прослои, как правило, встречаются в кровле калийных горизонтов. Калийные породы чаще обладают неравномерно-полосчатой текстурой, обусловленной многократным чередованием сезонных прослоев, реже массивной, иногда брекчиевидной (чаще для карналлитовых пород).

При изучении керна следует выделять и горизонты с вкрапленниками калийных минералов. Должны быть учтены все горизонты с калийными солями, вне зависимости от содержания в них калия и глубины их залегания. На части площади распространения гори-

зонты вкрапленников могут смениться слоем с сезонными прослоями калийных минералов с промышленным содержанием калия.

Поисковый признак, основанный на повышенном содержании нерастворимого остатка в продуктивных калиеносных пачках, с успехом был использован М. Д. Диаровым при поисковых работах на соляных куполах в Прикаспийской впадине. Внутренняя структура соляных штоков очень сложна. Выявление ее особенностей — весьма трудная задача. Обнаружить в штоке калийные горизонты можно только с помощью большого объема буровых работ.

По данным М. Д. Диарова, пачка калийно-борных пород в куполе Сатимола содержит в среднем 12,89% н. о., а вмещающая ее каменная соль 3,93% (среднее из 1307 анализов); на куполе Челкар соответственно 19,11 и 1,53% (809 анализов). Аналогичные результаты известны и по другим соляным куполам. В этих условиях при растворении солей над соляным зеркалом глинисто-гипсовая шляпа обладает неодинаковой мощностью. В тех местах, где на соляном зеркале обнажаются пачки калийных пород, мощность гипсовой шляпы возрастает. Для конкретизации этого положения в табл. 22 приведены данные по трем гипсовым шляпам соляных штоков Прикаспия.

Таблица 22

Мощность гипсовых шляп

Купола	Средняя мощность, м	
	над каменной солью	над калийной пачкой
Сатимола	39,3	128,9
Линевский	158,0	258,0
Челкар	55,0	190,0

Места с повышенной мощностью пород образуют в рельефе вытянутые гряды, валы, отдельные бугры, которые на 30—100 м поднимаются над поверхностью пород гипсовой шляпы. Изменение мощностей гипсовой шляпы выявляется геофизическими методами. Намеченные положительные формы рельефа определяют собой положение выходов пачки калийных пород на поверхности соляного зеркала. Имея эти данные, нетрудно спроектировать сеть поисковых скважин. Если поисковыми скважинами будут обнаружены калийные породы, задача дальнейших исследований упрощается.

К сожалению, далеко не всегда в первых поисковых скважинах удается обнаружить калийные соли. Калийные породы, как правило, развиты только на части площади распространения каменной соли. Поэтому возникает вопрос, очень важный для обоснования методики предпоискового бурения: можно ли по скважинам, прошедшим по каменной соли и не встретившим калийных пород, судить о возможном

наличии калийных солей в соленосной серии или единственным критерием может служить только непосредственное обнаружение калийных минералов в керне?

Калийные породы всегда располагаются на части площади распространения подстилающей их каменной соли того же цикла. При садке подстилающей соли концентрированные рассолы накапливались в более глубоких частях водоема. На площади их накопления при обсыхании галитового водоема оставался калийный, на дне которого и происходила садка калийных минералов. Таким образом, рассолы с повышенной концентрацией солей возникали и за контуром садки калийных солей. Высококонцентрированные рассолы должны были оставить след своего пребывания и в составе галита. Повышение концентрации солей в рапе всегда сопровождается увеличением содержания брома в галите. О составе и концентрации рапы можно судить и по результатам анализа остатков самой рапы, захороненной в глинистых прослоях или во включениях в соляных минералах и аутигенном кварце.

Следует иметь в виду, что в многолетних галопелитовых прослоях удерживаются поровые рассолы. Это метаморфизованные донные рассолы, существовавшие в бассейне к началу садки несоляных прослоев. Рассолы можно отжать или перевести в водные вытяжки и проанализировать. В некоторых случаях состав этих рассолов может быть изменен за счет проникновения в галопелитовые прослои растворов, возникающих при катагенезе, или с поверхности в обстановке гипергенеза. Все эти изменения нетрудно установить по составу солей.

В том случае, когда обнаружен захороненный раствор, по составу его солей и содержанию брома можно выяснить, доходила ли концентрация донных рассолов галитового водоема до насыщения по калийным солям. По температуре гомогенизации твердо-газово-жидких включений можно судить, имеем ли мы дело с включениями донной рапы или той, которая существовала при перекристаллизации солей, особенно при течении соляных пород в обстановке гипергенеза [258]. При изучении газово-жидких включений могут быть установлены концентрация рапы, температура, при которой происходило выпадение твердых фаз, и состав рапы.

Цифры содержания брома в галите, результаты анализов рапы из глинистых прослоек и газово-жидких включений в минералах в своей совокупности определяют, до какой степени концентрирования была доведена рапа. В тех соленосных сериях, для которых доказано, что при седиментации тех или иных горизонтов рапа оказалась насыщенной калийными солями, даже при отсутствии в этих горизонтах калийных минералов поиски калийных месторождений представляют практический интерес.

Бром-хлорные отношения. Содержание брома в галите отображает концентрацию солей в рапе солеродного бассейна. По мере роста концентрации в выпадающем галите увеличивается содержание брома. Цифры, характеризующие содержание брома и соответствующее ему бром-хлорное отношение ($Br \cdot 10^3/Cl$) для начала

садки сильвина, карналлита, получены при сгущении воды современного океана.

Было установлено, что в начале садки галита содержание в нем брома составляло 0,0068%, что соответствует бром-хлорному отношению 0,1. При начале садки сильвина содержание брома в галите поднимается до 0,027%, в этом случае $Br \cdot 10^3/Cl = 0,4$; при начале выпадения карналлита соответственно 0,037% и 0,6. Следовательно, при сгущении современной океанической воды область кристаллизации сильвина определяется интервалом 0,4—0,6 бром-хлорных отношений в галите и интервалом 0,6—0,8 — соответственно для карналлита [32]. Более высокие значения соответствуют области кристаллизации эвтонического рассола, на протяжении которого содержание брома продолжает расти как в жидкой фазе, так и в возникающих здесь твердых фазах [116].

Содержание брома в галите выше 0,027% (бром-хлорное отношение 0,4) говорит о том, что цикл галогенной седиментации завершен. Следует иметь в виду, что содержание брома в солях с высоким содержанием нерастворимого остатка часто повышается. Это иногда связано с наличием маточных рассолов в глинистых прослойках.

Таким образом, имея данные о содержании брома в галите, мы можем из системы циклов галогенной седиментации выделить завершенные или, другими словами, наметить горизонты, при седиментации которых могли выпадать и калийные минералы.

К сожалению, применение этого метода на практике встретило ряд осложнений. Содержание брома в большинстве опробованных соляных пород оказалось ниже, чем это можно было ожидать исходя из содержания этого элемента в воде современного океана. Многие исследователи пытались объяснить такую аномалию непостоянством состава солей и содержания брома в океанической воде в послепротерозойское время. Сейчас нет объективных данных для подтверждения этого предположения. Другое возможное объяснение сводится к тому, что пониженное содержание брома в воде многих солеродных бассейнов связано с поступлением большого количества десцендентных растворов, которые могли образоваться за счет растворения ранее отложенных солей, особенно на периферии вдоль берега, с которого поступали воды суши.

Утрата брома при метаморфизации рассолов в связи с поступлением в промежуточный бассейн глинистого материала маловероятна, так как ионы брома не сорбируются глинистыми минералами [10]. Нет оснований предполагать, что на содержание брома заметно влияет анионный обмен с коллоидами осадка.

Более низкое содержание брома в солеродном водоеме не ликвидирует возможность пользоваться им как показателем концентрации. Кривая его изменения положением своих максимумов дает возможность выделить те части разреза, в которых отложение солей происходило из наиболее концентрированной рапы. При этом, конечно, нельзя пользоваться приведенными выше значениями бром-хлорных

отношений для выделения слоев, осадки которых накапливались в донных рассолах, насыщенных калийными солями.

В этом случае необходимо воспользоваться калий-хлорным отношением $K \cdot 10^3/Cl$, для которого нельзя привести каких-либо характерных численных значений, определяющих границы возникновения рассолов, насыщенных по калийным солям и др., как это имеет место для бром-хлорных отношений. Несмотря на это, как выяснилось при опробовании соляных пород, на фоне довольно постоянных значений содержания калия в каменной соли появляются отдельные участки с резко возросшими значениями калий-хлорных отношений. Эти интервалы оказались совпадающими и с некоторыми из повышенных значений бром-хлорных отношений, по-видимому, с теми, которые соответствуют частям разреза, при седиментации которых существовали насыщенные по калийным солям рассолы. Таким образом, калий-хлорные отношения помогают выделять из группы максимумов кривой бром-хлорных отношений то, на что следует обратить внимание при выборе горизонтов, интересных для постановки поисковых работ.

Симбатное увеличение бром-хлорных и калий-хлорных отношений хорошо видно на рис. 54 для части нижнекембрийской усольской толщи Восточной Сибири [323]. Заштрихованные части разреза на этом рисунке представляют собою пласты, с которыми, вероятно, связаны калийные породы.

Изменение мощностей соляных пород как поисковый признак. Если в результате изучения керна в каменной соли выявлены горизонты с максимальными содержаниями брома в галите, то возникает вопрос, в каком направлении следует развивать сеть поисковых скважин, чтобы обнаружить калийные пласты.

На ряде примеров было доказано, что калийные водоемы располагаются в местах более интенсивного прогибания, происходившего во время седиментации (конседиментационные движения). По общепринятому мнению, места более интенсивного прогибания отмечаются наибольшими седиментационными мощностями подстилающей каменной соли того цикла, в котором ожидается встретить калийный горизонт.

Для изучения особенностей изменения мощностей целесообразно использовать пачку пород одного галогенного цикла. Есть приходится оперировать с данными комплексного каротажа, то далеко не всегда удается выделить в разрезе всех скважин породы одного цикла. В этом случае следует ориентироваться на ближайшие снизу и сверху маркирующие горизонты и проследить изменение мощностей между ними.

Необходимо подчеркнуть, что не всякое увеличение мощности может быть использовано при поисках. Хорошо известно, что даже при незначительных подвижках блоков подсолевых пород соляная толща реагирует на это течением соли. Перемещение соли сопровождается возникновением складок течения, за счет которых увеличивается мощность пород. Это увеличение, связанное с галокинезом,

не может быть использовано для ориентировки поисковых работ. Вопрос о том, имеем ли мы дело с седиментационным увеличением мощности или с результатами течения соли, можно решить только *при наличии керна. Появление структур течения* говорит об имевшем место галокинезе. Данные о мощности, полученные в результате интерпретации комплексного каротажа, недостаточны для решения

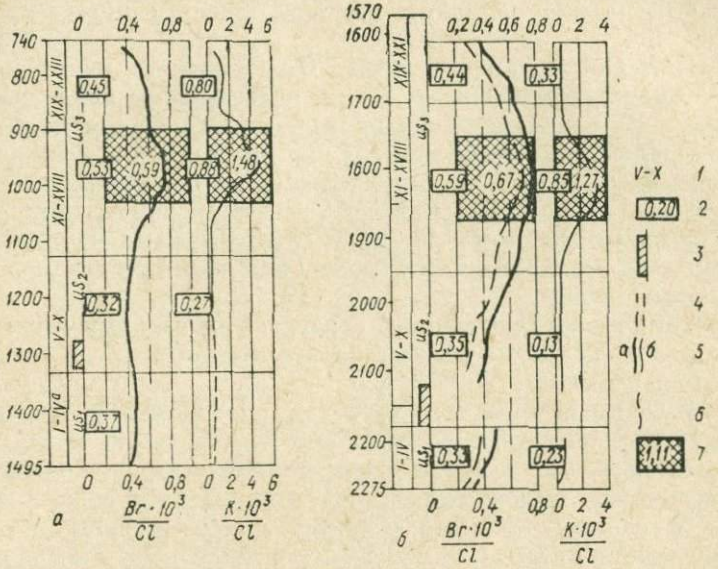


Рис. 54. Графики изменения среднемаксимальных значений бром-хлорных и калий-хлорных отношений в галите солеродного бассейна усольского времени (по П. И. Трофимуку [323]).

а — Половининская скв. 4-рс (Присаянская зона, восточная часть Илгинской впадины). *б* — Коркинская скв. 1-р (Непская зона линейных складок). Составили П. И. Трофимук и З. И. Павлова с использованием материалов опробования Н. А. Будельникова, 1956 г. М. Г. Валяшко, 1967 г.; А. А. Иванова, 1951 г.; В. С. Огиенко, 1965 г. и автора.

1 — номера ритмов накопления брома в галите; *2* — средневзвешенные значения характеризуемых отношений в пределах группы ритмов; *3* — осинский горизонт доломитов усольской свиты; *4* — значение бром-хлорных отношений в области кристаллизации сильвина; *5а* — кривые среднемаксимальных значений бром-хлорных отношений, построенные по способу «скользящего окна»; *5б* — то же, калий-хлорных отношений; *6* — кривая (для сравнения) средних значений бром-хлорных отношений, построенная по способу «скользящего окна»; *7* — горизонт, наиболее перспективный на поиски калийных солей по геохимическим показателям, и средневзвешенные значения бром-хлорных и калий-хлорных отношений в его пределах.

этого вопроса. Поэтому поиски калийных солей не могут осуществляться без специального бурения с полным отбором керна и последующим всесторонним его изучением.

Зоны выклинивания калийных пород. Для интерпретации данных, полученных при бурении в краевых зонах, где обнаруживаются калиепроявления в виде вкрапленников или отдельных разрозненных сезонных прослоев с калийными минералами, необходимо иметь представление о закономерностях зон выклинивания пластов калийных пород.

Почти во всех калийных месторождениях мира бурение и особенно подземные разведки проводились на площадях в контуре

кондиционных пластов. Поэтому накопленный к настоящему времени фактический материал характеризует условия изменения минерального состава, текстур и структур калийных горизонтов для площадей в зонах устойчивого многолетнего накопления калийных минералов. Зоны же выклинивания из-за отсутствия фактического материала остались неизученными. Имеются только разрозненные данные, по которым можно составить весьма приближенные представления.

В Припятской впадине восточнее Старобинского месторождения многими скважинами были пересечены краевые зоны ряда калийных горизонтов. На основании собранного материала создается впечатление, что отдельные сезонные прослои выклиниваются в калийном слое не одновременно. Часто сезонные прослои на периферии сменяются вкрапленниками [223]. По-видимому, не всегда вкрапленники переходят в сезонные прослои и образуют слои калийных пород. Все эти обстоятельства приходится учитывать при ведении предпоисковых и поисковых работ.

Гидрохимические признаки. С соленосными сериями генетически связаны два типа вод: седиментационные (маточные) и выщелачивания (десцендентные) [30, 32].

Состав седиментационных рассолов определяет собою стадию галогенеза. Захороненные рассолы метаморфизуются. В их составе появляется кальций, в эквивалентном количестве снижающий содержание магния. Маточные рассолы смешиваются с водами другого генезиса и состава. Все это осложняет использование маточных рассолов для прогноза.

Следует иметь в виду, что количество седиментационных вод, связанных с образованием соленосных серий, значительно. Их объем почти достигает объема соляных пород. Незначительная часть этих вод остается в порах пород соленосных серий (преимущественно в межсолевых горизонтах), а преобладающая часть погружается в подсолевые породы. Эти рассолы, проходя через соляную толщу, являются основной причиной гипергенных изменений состава калийных пород. В связи с этим изменяется их химический состав. По зонам разлома седиментационные рассолы из коллекторов соленосных серий или подсолевых пород могут разгружаться на поверхность (окрестности Мертвого моря).

Условия распределения маточных рассолов для разных соленосных серий не одинаковы. М. Г. Валяшко, А. И. Поливанова и другие исследователи полагают, что преобладающее количество маточных рассолов с относительно высокой плотностью погружается и захоронается в коллекторах межсолевых и подсолевых пород. Другие исследователи, как, например, А. Е. Ходьков, склонны придавать большое значение движению этих рассолов вверх в связи с уплотнением соли при ее погружении. Следует считаться с фактом, что для многих районов соленакопления констатированы рассолы с концентрацией, превосходящей 500—550 г/л. При бурении рассолы могут быть собраны, и, естественно, возникает вопрос, насколько их хими-

ческий состав может быть использован для прогнозирования калийных месторождений.

Как показал опыт прогнозирования, наиболее ценными являются рассолы выщелачивания, которые создаются за счет инфильтрации атмосферных осадков или проникновения в соленосную серию гидротермальных вод глубоких частей литосферы. Надсолевые воды, проникая к поверхности соленосной серии, растворяют соли, создавая кору выветривания (карстогенный комплекс), глинистую или гипсовую шляпы.

Над соляным зеркалом состав вод выщелачивания закономерно меняется. Над горизонтом хлор-натриевых рассолов располагается зона сульфатных вод, которая сменяется гидрокарбонатно-кальциевыми водами. Отмеченная зональная последовательность часто нарушается при разгрузке этих вод или при проникновении подсолевых вод, проходящих через соляную толщу по зонам разлома. В некоторых случаях это могут быть и термальные рассолы. Надсолевые воды накапливаются в коллекторах или выходят на поверхность в виде соляных источников. За счет этих вод в аридных зонах образуются соляные озера. В солянокупольных районах разгружающиеся рассолы могут накапливаться в компенсационных депрессиях у соляных куполов и в аридной обстановке образовывать соляные озера. Рапа таких озер (особенно межкристальная) представляет большую ценность для прогнозирования. Так, по составу межкристальной рапы оз. Индер было предсказано наличие калийно-магниевых солей и боратов в разрезе пород соляного штока.

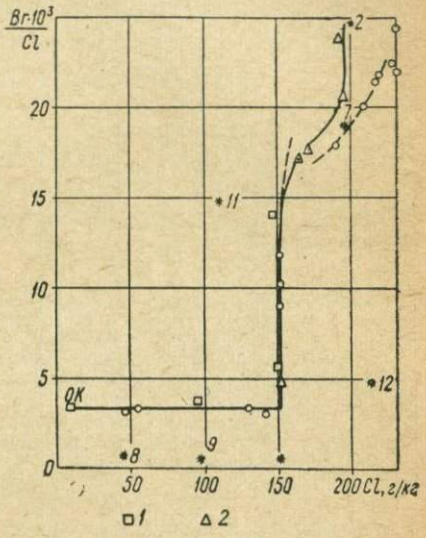


Рис. 55. График изменения величины отношения $Br \cdot 10^3/Cl$ в процессе сгущения морской воды [32].

1 — данные, полученные при испарении воды Черного моря в 1962 г. И. К. Жеребцовой, Н. Н. Волковой; *2* — данные, полученные при испарении рапы Сасык-Сиваша И. К. Жеребцовой, Н. Н. Волковой в 1962 г.; *ОК* — фигуративная точка состава современной океанической воды.

Присутствие калийных пород в карстуемом объеме солей определяется по содержанию ионов калия в рассоле. Следует иметь в виду, что оценку калиеносности, как это показали Ю. П. Никольская и А. С. Колосов [245], можно проводить только в водах с общей минерализацией, превышающей 1 г/л. Как было отмечено ранее, пресные рассолы обладают относительно высоким содержанием калия, не связанного с присутствием в породах растворимых солей этого элемента. Необходимо иметь в виду и то обстоятельство, что в природе нет других путей образования десцендентных соляных рассолов, богатых калием, кроме растворения калийных минералов соляных пород.

Первый вопрос, с которым приходится иметь дело при изучении рассолов, являются ли они десцендентным или маточным. Для этой цели М. Г. Валяшко предложил семь основных отношений: $K \cdot 10^3/Cl$; $Br \cdot 10^3/Cl$; K/Br; $\Theta Mg^{2+}/\Theta Cl$; $NaCl/KCl$; $2NaCl \cdot 10^2/2Cl$; $2CaCl_2/2Cl$ [32, 245]. В четвертом отношении имеется в виду та часть магния, которая связана с хлором.

В приведенных выше генетических отношениях содержание хлора используется как показатель степени сгущения и на всех диаграммах (рис. 54—57) его значения откладываются на оси абсцисс,

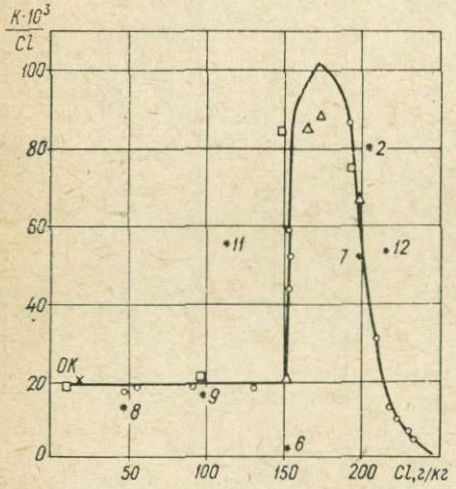


Рис. 56. График изменения величины отношения $K \cdot 10^3/Cl$ в процессе сгущения морской воды [32].

Усл. обозначения см. к рис. 55.

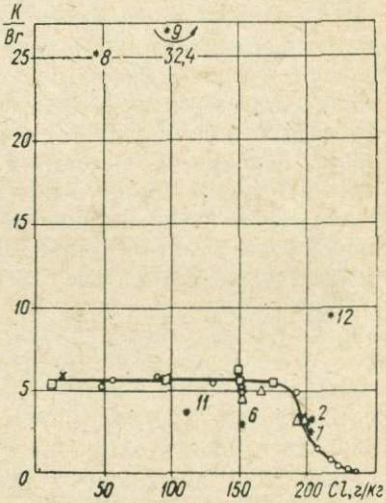


Рис. 57. График изменения величины отношения K/Br в процессе сгущения морской воды [32].

Усл. обозначения см. к рис. 55.

а на оси ординат — значения соответствующих отношений. Кривые на графиках отвечают результатам экспериментального изучения сгущения морской воды [32].

Фигуративная точка изучаемого рассола находится левее кривой морской воды, что говорит о его морском происхождении. Фигуративные точки рассолов выщелачивания располагаются правее и снизу. Методы расчетов и анализ полученных результатов изложены в книге М. Г. Валяшко с соавторами [32].

2. Предпоисковые работы

Задачи предпоисковых работ — сбор и анализ всех геологических данных по району распространения соляных пород для обоснования возможности обнаружения калийных пород в разрезе соленосной серии.

На основании изучения геологических материалов по району соленакопления, исходя из палеогеографии времени соленакопления,

всегда можно выделить соленосные серии, имевшие связь с океаном. Труднее убедиться в наличии разгрузки в континентальный солеродный водоем рассолов, богатых калием. Из бассейнов с континентальным питанием могут представить интерес только те, стратиграфически ниже которых располагаются соленосные серии, созданные в водоемах с морским питанием.

В разрезе каждой соленосной серии, образованной в бассейнах с океаническим питанием, могут быть калийные породы. В многоцикличных соленосных сериях они связаны с завершенными галогенными циклами, выделение которых возможно только при изучении распределения брома.

Накопление калийных рассолов происходило на части бассейна, в наиболее интенсивно прогибавшихся местах. Участки бассейна с интенсивными конседиментационными прогибаниями нельзя установить без бурения, а поэтому суждение об особенностях конседиментационных движений не может быть задачей предпоисковых работ.

В связи с тем, что соляные породы по условиям своего залегания могут изучаться на первых этапах только при помощи бурения, возможности предпоисковых работ для решения поставленных перед нами задач весьма ограничены. По существу положительное заключение может быть дано только на основании гидрохимических признаков или путем интерпретации данных комплексного каротажа, проводимого при бурении нефтяных скважин.

Гидрохимические признаки — это наличие калия в составе рассолов выщелачивания. Следует иметь в виду, что эти рассолы сопровождают далеко не все соленосные серии, не говоря уже о том, что при спокойном залегании соляных пород калийные не всегда попадают в зоны карстования. Следовательно, при отсутствии положительных гидрохимических признаков не следует считать изучаемую соленосную серию бесперспективной.

Решающую роль на предпоисковом этапе может сыграть изучение данных бурения скважин, пересекших соляную толщу. К сожалению, при бурении скважин по солям в редких случаях отбирается весь керн, чаще ограничиваются взятием образцов через определенные интервалы.

В большинстве случаев соляные породы проходятся без отбора керна. При длительном хранении керна калийные минералы растворяются, образцы из интервалов, принадлежащих калийным породам, часто превращены в «кашу» из зерен галита, ангидрита, минералов глин и др. Если эти интервалы не были своевременно опробованы, то наличие калийных пород можно только предполагать. Далеко не всегда в этом случае можно высказать предположение и об их минеральном составе, тем более о качестве.

Исключительный интерес для прогнозирования представляют результаты комплексного каротажа (ГК, НГК-кавернометрия, КС, ПС, механический каротаж), всегда осуществляемого при проходке поисковых и разведочных скважин на нефть. По данным каротажа

можно в соленосной серии выделить соляные и несоляные породы. Среди последних могут быть выделены породы, богатые минералами глин, ангидриты и карбонаты. По кривым ГК и НГК в комбинации с данными по другим видам обнаруживают и пласты калийных пород с минимальной мощностью 20—30 м при содержании K_2O не ниже 2—4%. В породе может быть определено содержание калия, но установить, какие калийные минералы входят в состав породы, без керна не удается.

Существенной является интерпретация разрезов скважин, на которых проведен комплексный каротаж, на всех соленосных сериях в СССР, так как это представляет большой научный и практический интерес для обоснования необходимости постановки поисковых работ.

Если в районе распространения соленосных серий отсутствуют скважины, вскрывшие соляные породы, или нет данных по скважинам, прошедшим по соли, нужно бурить специальную скважину. Ее следует заложить там, где соляные породы обладают наибольшей мощностью. В этом месте может быть вскрыт стратиграфически более полный разрез и наиболее вероятно обнаружение калийных пород.

3. Поисковые работы

Задачи поисковых работ — обнаружение калийных пород в разрезе соленосных серий и прослеживание их на площадях, часть которых может быть рекомендована для разведки. Поиски осуществляются при помощи бурения с полным отбором керна, который подвергается всесторонней обработке. При обработке керна соленосной серии описывается ее разрез, изучается петрография и геохимия, намечается периодичность с выделением завершенных галогенных циклов.

Особое внимание уделяется тем циклам, в которых обнаруживаются калиепроявления или калийные пласты.

Поисковые работы могут начинаться только при наличии положительных гидрохимических признаков или при обнаружении в керне ранее пройденных скважин вкрапленников калийных минералов, или относительно высокого содержания брома в галите и положительных данных по комплексному каротажу. Такие предпосылки определяют наиболее сложный вариант начала работы. В этом случае единственно надежным путем является развитие сети буровых скважин с постепенным переходом на площадь, в пределах которой наиболее интенсивно происходили во время садки солей конседиментационные погружения, где вероятнее всего могли накапливаться калийные рассолы. Эти места по общепризнанным представлениям должны обладать большей седиментационной мощностью пород цикла с калийными солями.

На основании общих геологических соображений и геофизических данных иногда можно наметить площади с наиболее мощным раз-

витием соляной толщи. Следует иметь в виду, что далеко не у всех циклов соляной толщи мощность возрастает в одних и тех же местах. Во многих случаях участки с наибольшими мощностями одного цикла не совпадают в плане с повышенными мощностями других циклов. Поэтому не всегда участки общей возросшей мощности соляной толщи совпадают с площадями повышенной мощности интересующего нас цикла. Проследить изменение мощности пород цикла с калийными солями в обстановке небольшого количества поисковых скважин практически невозможно, а поэтому вначале приходится ориентировать скважины по изменению мощности соляной толщи в целом. Так, в Канско-Тасеевском районе и в Иркутском амфитеатре поисковые скважины располагались профилями вкрест к осевым частям предполагаемых конседиментационных впадин.

Более простым вариантом поисковых работ является тот, который осуществляется при наличии вскрытого скважиной горизонта калийных пород, кондиционных по мощности и качеству. Это имело место в начале изучения Верхнекамского бассейна, Старобинского месторождения и др. В этом случае продолжается бурение скважин, располагаемых по сетке или профилям, с постепенным наращиванием площади распространения калийных пород. В Верхнекамском бассейне скважины раньше располагались бессистемно. С 1939 г. начали их располагать по прямоугольной сетке 8 × 3 км. На Старобинском месторождении поисковые скважины бурятся по сетке 3 × 3—4 км. Такое прослеживание калийных горизонтов возможно только не на площадях развития солянокупольных структур.

Первые скважины предпоисковых и поисковых работ могут вскрывать калийные горизонты и на глубинах, превышающих возможность добычи (более 1500 м). Если здесь будут вскрыты кондиционные пласты, то при последующем бурении необходимо найти их продолжение на глубинах, доступных для эксплуатации.

Самой простой разновидностью поисковых работ является доизучение эксплуатируемых калийных бассейнов. При этих работах площадь предполагаемого распространения калийных пород покрывается скважинами по сетке. В результате бурения оконтуриваются площади распространения промышленных горизонтов, выявляются изменения качества, мощности и изучаются другие факторы, имеющие значение для оценки условий их добычи. Такие работы осуществляются в пределах Верхнекамского, западной половины Припятского бассейнов и многих других.

В больших по площади калийных бассейнах тектоническая обстановка в различных их частях часто не одинакова. Так, в Верхнекамском бассейне, в западной его части, развиты соляные брахиантиклинали, а в восточной залегание более спокойное. В западной части Припятского калийного бассейна в пределах Старобинского месторождения выявлено спокойное залегание, а в восточной соляные породы образуют соляные антиклинали, осложненные брахиантиклиналями. Для Германского калийного бассейна спокойное

залегание солей известно в районах Южного Гарца, Верры и Фульды. В районе же Стассфурта развиты соляные антиклинали и в северо-западной части бассейна — брахиантиклинали и соляные купола. Даже в таких районах, как Прикаспийская синеклиза с соляными куполами почти на всей площади распространения соляных пород, вдоль западной периферии в границах Приволжской моноклинали наблюдается спокойное залегание соляных пород. Учитывая это обстоятельство, при обнаружении соляных пород в сложной тектонической обстановке следует переместить поисковые работы в районы с более спокойными условиями залегания.

Следует иметь в виду, что при усложнениях условий залегания соляных пород осложняется и их внутренняя тектоника. Наиболее сложной внутренней тектоникой отличаются соляные штоки. Калийные породы собраны здесь в сложную систему складок течения с резко меняющейся мощностью пластов. В этой обстановке, как показал опыт работ на соляных штоках Челкара и Индера, даже при густой сети скважин, не удается составить разрез вскрытой бурением соляной толщи, установить мощность и средний минеральный состав калийных пластов. В такой тектонической обстановке надежные данные могут быть получены только при изучении разрезов подземных горных выработок. Задачей поисковых работ в таких условиях является только обнаружение калийных пород.

Поисковые работы не всегда могут иметь положительные результаты. Например, поиски в Верхнепечорском бассейне и в Восточной Сибири привели к отрицательным результатам. После обнаружения калийных горизонтов во всех бассейнах поисковые работы проводились в небольших объемах. Везде при первой возможности переходили к разведкам. Шахтные поля первых рудников выбирались без учета особенностей бассейна в целом. Поисковое бурение на остальной площади осуществлялось медленно, да и то в районах, где возникала необходимость строить новые предприятия. С большим опозданием, только в начале 70-х годов, закончилось поисковое бурение на всей площади Верхнекамского бассейна. В Припятском бассейне освещена поисковым бурением только его западная часть, в Прикаспийском бассейне — также небольшая часть площади.

Глава 2

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Разведка месторождения представляет собой комплекс и исследований, цель которых — установить его промышленную значимость, выявить необходимые для успешной эксплуатации характеристики и подсчитать запасы полезного ископаемого. Подсчет запасов промышленных категорий является естественным завершением разве-

дочного процесса, но данные, необходимые для этого, как правило, недостаточны для геолого-промышленной оценки месторождения и составления проекта его разработки. Для этого требуется знание не только общих закономерностей изменения свойств и морфологии тел полезного ископаемого, но и целого ряда дополнительных сведений: 1) формы, размеров и положения залежей полезного ископаемого в пространстве, их взаимоотношения; 2) внутреннего строения залежей; 3) вещественного состава залежей, качества полезного ископаемого, изменчивости качества, его технологических и технических свойств; 4) характеристики пород, вмещающих полезное ископаемое, и детальных сведений о кровле и почве залежи; 5) гидрогеологической характеристики месторождения; 6) горнотехнических условий вскрытия и отработки месторождения.

Отсюда вытекает первая задача разведки как научной дисциплины: «всестороннее изучение месторождений полезных ископаемых в целях выявления закономерностей изменчивости их строения, состава и свойств полезного ископаемого» [270]. Полнота получения сведений о месторождении зависит от степени детальности его изучения, от количества и характера расположения разведочных выработок, т. е. от стадии и системы разведочных работ. Естественно, что система разведочных работ зависит от сложности месторождения и целей, которые стоят перед разведкой.

Важное значение для разработки теоретических основ разведки месторождений полезных ископаемых имеют работы И. С. Васильева, С. В. Кумпана и других [86], В. М. Крейтера [180, 181], В. И. Смирнова [307, 308], Е. О. Погребицкого [269, 270] и других. В этих работах сформулированы задачи и методы геологоразведочного процесса, обобщен огромный опыт, накопленный в СССР и за рубежом при разведке месторождений полезных ископаемых.

Но и в настоящее время еще нельзя сказать, что все основные вопросы и особенно теоретическое обоснование методов разведки месторождений полезных ископаемых разработаны с достаточной полнотой. В связи с этим Е. О. Погребицкий отмечает: «Такое состояние методики исследования в науке о поисках и разведке месторождений полезных ископаемых (как, впрочем, и во всех геологических науках), конечно, не может считаться удовлетворительным. Поэтому очень важной, если не важнейшей, задачей этой науки является разработка и развитие новых методов исследования, которые могли бы дать надежные объективные решения поисковых и разведочных задач. По-видимому, как и в других науках, высоко эффективным окажется более широкое внедрение в разведочное дело экспериментального и математического методов исследования» [269].

В Решениях XXIV съезда КПСС особо подчеркивается, что необходимо повысить эффективность геологоразведочных работ, ускорить освоение новых мощностей и на основе внедрения достижений науки и техники поднять рентабельность предприятий. Эти задачи относятся и к разведке месторождений калийных солей.

Табли

Кондиции на калийные

Месторождения	Глубина отработки, м	Минимальная мощность пласта, м	Бортовое содержание KCl/K_2O, %	Минимальное промышленное содержание KCl/K_2O, %		Максимальное содержание н. о., %		Содержание $MgCl_2$, %		Максимальная мощность прослоев пустых пород и некондиционных по качеству, м
				в подсчетном блоке	по пересечениям	в подсчетном блоке	по пересечениям	по блоку	по пересечениям	
Верхнекамское										
Для сильвинитов										
пласты АБ	Не ограничена	2,0	—	15,0	10,0	До 5	—	Не более 1,2	Не более 5,0	—
Кр.II	То же	2,0	—	17,5	12,8	5—10	—	То же	То же	—
Кр.IIIа+б	—	2,0	—	20,5	15	10—16	—	Не менее 18	Не менее 14	3,5
Для карналлитовой породы	—	2,0	—	—	—	—	—	Не более 1,2	—	—
Для смешанных солей				15	—	—	—			
Стебниковское	600	10,0	12,6/8	15/9	15/9	18,0	18,0	Не реглам.	—	6,0
Старобинское	Не оговорены	1,5	Не более 10	—	16	—	10	Не более 3,5	—	3,0
Карлюкское										
Для I типа руд (сильвинита)	—	—	—	22	16	8,0	10,0	1—1,5	3,0	—
Для II типа руд (карналлито-сильвинит.)	600	1,5	—	22	16	8,0	10,0	1,5—5,0	7,0	3,0
Для III типа руд (сильвинито-карналлитовые и карналлито-сильвинитовые породы)	—	—	—	25	16	8,0	1,0	Более 5,0	5,0	—
Тюбегатанское	600	1,7	16,0	22	—	10	—	2,0	—	1,7
Калуш-Голынские										
Хлористые	600	1,5	11,0	14,0	—	Не более 30	—	2,0	—	—
Сернокислые	—	1,5	9,0	7,0	—	14	—	—	—	—

Примечание. Для Калуш-Голынских хлористых месторождений весовое

ца 23

соли по месторождениям

отношение SO_4/K_2O не более 0,1 (за вычетом полигалита и кизерита), а для сер-

1. Требования промышленности к качеству калийных солей

Исключительное значение калия в жизни растений известно с середины XIX в. Только в присутствии калия в растении возможна важнейшая реакция на земле — синтез хлорофилла под воздействием солнечного света. Недостаток калия в почве задерживает рост растений, снижает их качество и сопротивляемость различным заболеваниям. Эти свойства калия определяют основную область использования калийных солей — сельское хозяйство. Более 95% калийных солей, добываемых из недр, перерабатывается на калийные удобрения.

Форма нахождения калия в почве небезразлична для многих растений. В связи с этим промышленность выпускает хлорные и бесхлорные (сульфатные) калийные удобрения. Требования промышленности к качеству руды и некоторым горнотехническим условиям месторождений сформулированы в кондициях на калийные соли, приведенных в табл. 23.

Следует отметить, что в связи с предстоящим значительным расширением производства калийных удобрений в ближайшие годы и изменением технико-экономических показателей их работы кондиции на калийные соли Верхнекамского, Стебниковского и Калуш-Голынского месторождений будут пересмотрены.

2. Принципы геолого-промышленной группировки месторождений калийных солей по природным факторам

Исследование вопросов методики разведки месторождений невозможно осуществить, не отнеся их к конкретным месторождениям. Вместе с этим невозможно найти два абсолютно похожих месторождения. Эти два обстоятельства выдвигают необходимость определенной группировки месторождений на основе того общего, что у них имеется. В противном случае пришлось бы разрабатывать методы разведки не только для каждого месторождения, но и для каждой отдельной залежи, входящей в месторождение.

Количество запасов полезного ископаемого является одним из основных факторов, определяющих промышленную значимость месторождения. Как правило, количество запасов полезного ископаемого и его качество определяются формой и размерами залежи, условиями ее формирования. Поэтому естественно, что все эти факторы должны быть учтены в геолого-промышленной группировке месторождений.

Вопросы геолого-промышленной классификации месторождений полезных ископаемых давно привлекают внимание геологов и горняков. Первоначально Н. И. Трушков, а позднее И. С. Васильев и другие предполагали классифицировать все месторождения по морфологическим признакам. Коллектив кафедры «Разведочное дело» Ленинградского горного института — С. В. Кумпан, В. С. Домарев, Е. О. Погребицкий [186] — выдвинул генетический принцип груп-

пировки месторождений. Внутри групп было предложено классифицировать месторождения по полезным ископаемым и формам залежей. Подобная же классификация была предложена в 1937 г. Н. В. Барышевым, В. И. Красниковым и В. С. Левоником. В. М. Крейтер впервые ввел понятие «промышленные типы месторождений». Основным классификационным признаком В. М. Крейтер считает форму залежей, но вместе с тем отмечает: «По нашему мнению, группировка промышленных месторождений должна базироваться на представлении о месторождениях, как о любых геологических телах, характеризующихся определенной формой, размерами, вещественным составом и условиями залегания. При таком подходе эта группировка как бы становится генетической в широком геологическом смысле» [180].

В настоящее время в инструкциях ГКЗ по применению классификации запасов полезных ископаемых используются принципы, выдвинутые В. И. Смирновым [307], на основе которых выделение промышленных типов месторождений проводится по схеме: 1) генетический класс; 2) структура месторождения, определяющая участки локализации рудных тел и их форму; 3) состав вмещающих пород; 4) минералогический состав руды. Эта схема нашла широкое признание и практически используется во многих директивных материалах и инструкциях, действующих в СССР. Однако практическое использование этих признаков и их отражение в инструкциях ГКЗ не дают оснований считать, что проблема выделения промышленных типов месторождений полностью решена [269]. Вопросы группировки промышленных типов месторождений калийных солей не составляют в этом смысле исключение. Но имеющиеся материалы и большой опыт эксплуатаций месторождений калийных солей позволяют довольно четко объединять их в группы. По выделенным группам месторождений (табл. 24) предложены определенные методы разведки.

Таблица 24

Группировка месторождений

Классификационные признаки	Группы месторождений		
	I	II	III
Размеры залежей, км²	3,0—28,0	0,3—2,8	0,1—8,0
Максимальное расстояние, в пределах которого элементы залегания пласта или линзы калийных солей не изменяются, м	1800,0	50,0	20,0
Изменение углов падения отдельных залежей, град.	1—12	10—80	0—90
Максимальная изменчивость мощности отдельных залежей (стандартное отклонение), м	4,0	15,0	21,0
Максимальная изменчивость содержания полезного компонента K_2O в пределах отдельных залежей или пластов (стандартное отклонение), %	5,0	6,0	8,8

Все месторождения калийных солей СССР по размерам залежей, их морфологии, выдержанности мощности, строению и качеству могут быть разделены на следующие группы:

I. Пластово-линзообразные, относительно выдержанные по мощности и качеству калийных залежей, имеющих значительные размеры (иногда десятки километров) и сложенных мощными толщами, которые неоднократно выклиниваются или замещаются другими породами. К этой группе относятся Верхнекамское, Старобинское, Петриковское, Карлюкское месторождения.

II. Линзообразные, невыдержанные по мощности, строению и качеству залежи калийных солей. К этой группе относятся известные Предкарпатские и Жилянское месторождения.

III. Месторождения калийных солей сложного строения с невыдержанной мощностью залежей или содержанием полезных компонентов, связанные с соляными куполами и штоками. К этой группе относятся месторождения Эльтонское, Сатимола и др.

Приведенные в табл. 24 максимальные значения стандартных отклонений мощности и содержаний полезного компонента рассчитаны для отдельных залежей месторождений, отнесенных к определенной группе. Они использованы на основании того, что в пределах отдельных залежей, однородных по геологическим или статистическим признакам, распределение признаков близко к нормальному.

В отношении других морфологических и геологических признаков достаточно обратиться к описанию геологического строения месторождений (раздел II), чтобы убедиться в том, что выделенные группы месторождений в значительной степени отличаются друг от друга.

3. Существующие методы и системы разведки месторождений калийных солей

При разведке месторождений калийных солей для их геолого-промышленной оценки и последующего вовлечения в эксплуатацию, геологоразведочные работы проводятся в две стадии: предварительная и детальная разведка.

Целью предварительной разведки является общая оценка промышленных перспектив месторождения. По материалам этой стадии разведки определяется целесообразность промышленного освоения месторождения и, следовательно, проведения детальной разведки. Данные предварительной разведки дают возможность определить методику дальнейших детальных разведочных работ (плотность разведочных выработок, их расположение, глубину, методику опробования, необходимый комплекс гидрогеологических, инженерно-геологических, технологических и других исследований).

Инструкцией по применению классификации запасов к месторождениям ископаемых солей (1962 г.) определен порядок, предусматривающий переход к детальной стадии разведки только после составления и рассмотрения технико-экономического доклада, устанавливающего целесообразность дальнейших разведочных работ на месторождении. На основании данных детальной разведки подсчитываются запасы и составляется проект эксплуатации месторождения.

Разведка месторождений калийных солей на стадии предварительной разведки осуществляется исключительно буровыми скважинами. На стадии детальной разведки основная роль отводится также скважинам. Уже после введения в эксплуатацию месторождения отдельные участки разведуются горными выработками. Но во всех случаях проектирование рудников ведется по данным разведки буровыми скважинами.

Рекомендуемые инструкцией ГКЗ (1962) расстояния между разведочными выработками приведены в табл. 25.

Таблица 25

Расстояния между выработками

Группа месторождений	Характеристика месторождений	Расстояния между выработками (м) для категорий запасов		
		A	B	C_1
I	Пластовые, выдержанные по мощности и устойчивые по качеству солей	1000	1500	2000
II	Линзообразные, не выдержанные по мощности и строению соляной толщи, но устойчивые по качеству солей	—	600	1200
III	Куполо- и штокообразные, не выдержанные по мощности и строению соляной толщи и неустойчивые по качеству солей	—	400	800

В отношении расстояний между разведочными выработками в инструкции ГКЗ имеется специальное пояснение, которое разрешает изменять рекомендуемые расстояния в зависимости от результатов геологических работ. Принятые на практике расстояния между разведочными выработками приведены в табл. 26.

Скважины при разведке месторождений первой группы располагаются по правильной квадратной сети. Форма разведочной сети при разведке месторождений второй группы чаще прямоугольная. Жилянское месторождение разведывалось профилями, расстояние между которыми в 2—3 раза превышает расстояние между скважинами на профиле.

Наибольший опыт по разведке калийных солей, связанных с соляными куполами, накоплен на Эльтонском месторождении. Методика разведки предусматривает здесь полное пересечение выявленной ранее одиночными скважинами сильвинитовой залежи профилями на глубину до 700—800 м. Расстояние между профилями на стадии поискового бурения принималось не менее 1000 м. Между этими профилями располагается профиль скважин для пересечения калийного

Таблица 26

Расстояния между выработками

Месторождения	Группа месторождений	Расстояния между выработками в зависимости от категории запасов, м		
		A	B	C_1
Верхнекамское	I	1000	2000	4000
Старобинское	I	800—1000	1000—1500	1500—2000
Карлюкское	I	750—1000	1500—2000	2000—2500
Тюбегатанское	I	1000	1500—1700	2000—2500
Калуш-Голынское	II	350—400	600—800	1200
Стебниковское	II	250—500	700—1000	1200
Жилянское	II	—	200	1000
Индерское	III	—	50—100	250

горизонта только вблизи соляного зеркала. Расстояния между скважинами по профилю 50—100 м.

Учитывая сложные тектонические условия месторождения и невыдержанность простирания калийного горизонта, перед заложением последующего профиля скважин на расстоянии 250 м от существующего профиля по предполагаемому простиранию закладывали одиночную скважину для уточнения элементов залегания слоев каменной соли и связанного с ними калийного горизонта. Все скважины бурятся с отбором ориентированного керна. Принятая методика позволяет целенаправленно располагать профили бурения и отдельные скважины.

4. Недостатки существующих методов разведки месторождений калийных солей

Большое количество фактов, накопленных за последние годы в связи со значительным развитием калийной промышленности СССР, показывает, что результаты геологоразведочных данных, на основе которых проектируются калийные предприятия, зачастую неудовлетворительны. Анализ хода проектирования, строительства и особенно ввода в действие новых калийных предприятий диктует необходимость дальнейшего уточнения и совершенствования требований к изученности месторождений калийных солей и порядку подготовки исходных данных для проектирования и строительства калийных предприятий.

При проведении подземной детальной разведки и эксплуатации условия залегания, внутреннее строение, качество и запасы калийных солей часто оказываются иными, чем это было установлено по данным разведки с поверхности земли. Это обстоятельство создает серьезные трудности при эксплуатации месторождений, так как

проектные решения не соответствуют фактическим геологическим и горнотехническим условиям, существующим на месторождении.

Отклонение истинной формы и положения залежей калийных солей от проектных приводит к большому объему ненужных дорогостоящих горных выработок, задерживает ввод в действие новых рудников или отдельных участков шахтных полей. Высокие материальные затраты на уточнение литологических разностей калийных солей при эксплуатации значительно повышают себестоимость готовой продукции. Наряду с этим изменение представлений о внутреннем строении пластов и линз калийных солей по сравнению с проектными приводит к дополнительному разубоживанию и потерям запасов в недрах. Не выявленные при детальной разведке резкие колебания минерального состава калийных залежей отрицательно сказываются на режиме работы обогатительных комплексов (повышается расход реагентов, снижаются извлечения полезных компонентов из руды и т. д.).

Большие погрешности в подсчете запасов руды не позволяют установить оптимальную мощность рудника, что в конечном итоге повышает стоимость выпускаемой продукции. Приведем некоторые факты, подтверждающие сказанное, по Калуш-Голынскому и Верхнекамскому месторождениям. Эти месторождения эксплуатируются многие десятки лет; кроме того, Верхнекамское месторождение по сложности геологического строения относится к первой группе, а Калуш-Голынское — ко второй. Поэтому рассмотрение особенностей геологического строения и разведки этих месторождений позволяет сконцентрировать проблемы освоения всех калийных месторождений СССР.

Согласно «Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям ископаемых солей» 1954 г., Калуш-Голынское месторождение относилось к небольшим и неустойчивым по мощности и строению соляной толщи и для его разведки рекомендовались следующие расстояния между разведочными скважинами: для подсчета запасов категории А — 200—500, В — 400—500, C_1 — 1000 м.

В 1960 г. запасы этого месторождения были утверждены. Рекомендованные Инструкцией расстояния между разведочными скважинами на основной площади месторождения были выдержаны. На участке Пийло, по данным бурения на стадии предварительной разведки была установлена меньшая изменчивость мощности калийных залежей, и поэтому расстояние между разведочными скважинами по сравнению с другими участками здесь было увеличено в 2 раза.

Позднее, после вскрытия линз калийных солей горными выработками и проведения подземной разведки, запасы были частично пересчитаны с учетом данных подземной разведки. В результате этого оказалось, что каинитовая линза 1 на участке Сивка-Калушская в блоке категории C_1 разведана с большей детальностью, чем средняя сильвинитовая линза на участке Голынь и пласт *а* на участке Пийло в блоках категории А. На участке Голынь лангбейнито-

каинитовые линзы в блоках категории А оказались разведанными менее детально, чем в блоках категории C_1.

Данные о фактической плотности разведочной сети на некоторых участках Калуш-Голынского месторождения приведены в табл. 27. Говорить об определенной системе разведочных работ здесь вообще трудно. Стремление оконтурить отдельные, часто небольшие по размерам, линзы калийных солей приводило к самым различным вариантам расположения разведочных скважин.

Таблица 27

Плотность разведанной сети

Участок	Линзы калийных солей	Количество скважин на 1 км² площади залежи в существующих категориях запасов		
		А	В	C_1
Сивка-Калушская	Каинит-1	50	40	167
	Каинит-4	44	30	20
Голынь	Нижняя сильвинитовая	100	50	23
	Нижняя лангбейнито-каинитовая . . .	22	18	40
	Средняя лангбейнито-каинитовая . . .	16	28	60
	Средняя сильвинитовая	120	60	20
	Верхняя лангбейнито-каинитовая . . .	19	17	17
Пийло	Пласт *а*	11	7	5

Разведка буровыми скважинами с поверхности не всегда давала необходимые сведения о вещественном составе калийных солей. Например, подземной разведкой было установлено, что западные части сильвинитовых линз Голынского участка сложены не только сильвином, но и каинитом. Подобное изменение представлений о минеральном составе солей вызвано тем, что разведка буровыми скважинами и принятые между ними расстояния не позволяют установить с необходимой детальностью внутреннее строение и изменения состава линз калийных солей, которые имеют очень сложную форму в плане и небольшие размеры, часто не превышающие по площади 1,5 км². Изучение внутреннего строения, изменчивости минерального состава и интенсивности складчатости необходимо для принятия правильных проектных решений. Уменьшение же расстояний между скважинами для изучения необходимых деталей геологического строения привело бы к увеличению опасности проникновения подземных вод в калийные горизонты и большим потерям запасов руд в предохранительных целиках вокруг скважин (радиус целика — 60 м).

Положение линз калийных солей в пространстве при разведке с поверхности также нельзя установить с необходимой точностью. Например, в результате подземной разведки в западной части Голынского участка было установлено, что две калийные линзы, разведанные ранее, представлены единой залежью, а в восточной части участка, наоборот, была выявлена дополнительная каинитовая линза. Отклонение фактического положения калийных линз в разрезе от проектного достигало более 40 м. Не менее показательно сравнение запасов по данным подземной разведки и эксплуатации с запасами, подсчитанными при разведке с поверхности земли (табл. 28).

Таблица 28

Сравнение количества запасов

Шахтное поле	Линзы калийных солей	Запасы руды, млн. т		Изменение величины запасов (+ увеличение, — уменьшение), %
		по данным разведки с поверхности земли	по данным подземной разведки и эксплуатации	
Северное сильвинитовое	Верхняя сильвинитовая	5,5	10,1	+83
Северное каинитовое	Каинитовая	4,3	8,6	+100
Западное поле Голыни	Средняя сильвинитовая	1,95	1,7	—12,5
	Верхняя лангбейнито-каинитовая	0,87	1,1	+30
Восточное поле Голыни	Верхняя сильвинитовая	1,96	0,83	—60

Все приведенные факты свидетельствуют о том, что существующие методы разведки с поверхности земли не обеспечивают необходимой степени достоверности геологического изучения Калуш-Голынского месторождения для подсчета запасов по категории А и являются неэффективными с точки зрения получения данных для проектирования. В значительной мере все сказанное имеет отношение и к Верхнекамскому месторождению калийных солей. Например, на Березниковском участке месторождения в пределах блока запасов категории А среднее проектное содержание хлористого калия по данным разведки с поверхности было равно 31,9%, а после проведения подземной разведки — 27,45%. Такое расхождение весьма существенно отразилось на работе рудника и обогатительной фабрики при определении необходимой производительности рудника и расхода калийных солей на 1 т готового продукта.

Проектные организации и рудники встречают большие трудности при установлении мощности водозащитной соляной толщи, гипсометрии промышленных пластов и при установлении распространения зон замещения в промышленных пластах. Разведка с поверхности

земли даже при расстояниях между скважинами 1000 м (в блоках подсчета запасов по категории А) неточно определяет элементы залегания даже крупных брахиантиклинальных структур. В пределах Березниковского и Соликамского шахтных полей в процессе подземной разведки и эксплуатационных работ было установлено, что промышленные пласты в западных частях шахтных полей оказались настолько погруженными, что не могли отрабатываться с оборудованных откаточных горизонтов. Шахтные поля оказались однокрылыми. Для отработки погруженных участков потребовалось проведение подземных разведочных работ и составление специальных проектов разработки.

Отклонение истинных абсолютных отметок кровли пластов от полученных по данным разведки с поверхности в условиях Верхнекамского месторождения составляет 30—35 м. Это привело в 1961 г. к тому, что из-за отсутствия запасов не мог быть введен в действие карналлитовый комплекс, так как необходимая для эксплуатации карналлитового пласта мощность водозащитной толщи (80 м), по данным подземной разведки, была установлена только на 17% площади Березниковского шахтного поля. С учетом проектных потерь могло быть добыто только 3,3% балансовых запасов карналлита. Последствия этого не требуют дополнительных пояснений.

Наряду с этим данные бурения с поверхности не позволяют установить с необходимой точностью распространения зон замещения калийных солей. В пределах Березниковского шахтного поля, по данным разведки с поверхности и в дальнейшем при проходке шахтного ствола № 2 было установлено, что на площади 1,6 км^2 нижняя часть пласта Кр.II замещена каменной солью. После проведения подземных разведочных работ был уточнен контур частичного замещения пласта каменной солью и площадь развития замещения. Она оказалась равной 1,0 км^2. Вместе с этим были установлены дополнительные участки полного замещения сильвинитового пласта, в результате чего только на одной части шахтного поля запасы сильвинитов уменьшились на 8 млн. т, т. е. на величину трехгодовой добычи.

Выявленный подземный разведочными работами вещественный состав пласта АБ (наиболее богатого по содержанию калия) и площади его развития привели к значительному уменьшению запасов богатой руды. Вся работа рудника была запроектирована исходя из условий одновременной отработки богатого пласта АБ (35%) и бедного сильвинитового пласта Кр.II (65%). Уменьшение площади развития пласта на 1 км^2 привело к тому, что Соликамский рудник оказался обеспеченным запасами сильвинита из пласта АБ всего на 4—5 лет работы. Это обстоятельство вызвало необходимость коренной реконструкции комбината с привлечением запасов, разведанных за пределами действующего шахтного поля.

Еще один пример, заслуживающий, по нашему мнению, особого внимания. В процессе эксплуатации второго шахтного поля Старобинского месторождения были установлены многочисленные раз-

рывные нарушения с вертикальной амплитудой относительного перемещения частей пластов на 100 м и более. В плане простирание зон разрывных тектонических нарушений достигает нескольких километров, по падению плоскости сбрасывателя эти зоны прослежены более чем на 1 км. Это обстоятельство привело к значительной геолого-промышленной переоценке месторождения, в результате чего запасы калийных солей только в пределах второго шахтного поля уменьшились на 300 млн. т.

Все это указывает на необходимость дальнейшего совершенствования методов и системы разведки месторождений калийных солей, особенно детальных разведочных работ.

5. Горногеологические факторы, определяющие параметры сети разведочных выработок, и методы их обоснования

Уже отмечалось, что детали геологического строения месторождений калийных солей и горнотехнические параметры, необходимые для успешного проектирования и эксплуатации, нельзя выявить при разведке месторождения буровыми скважинами с поверхности земли. Поэтому в дальнейшем изложении будут использованы материалы по месторождениям, вскрытым подземными горными выработками, так как только в этом случае можно учесть опыт их подземной разведки и эксплуатации.

Учитывая значительное различие в геологическом строении выделенных групп месторождений, целесообразно рассмотреть методы их разведки раздельно.

Первая группа месторождения (пластово-линзообразные, относительно выдержанные по мощности и качеству калийных залежей). К этой группе относятся Верхнекамское, Старобинское, Петриковское, Карлюкское, Тюбегатанское и некоторые другие месторождения. Все они представлены хлоридными солями. Объектом эксплуатации являются пласты калийных солей (сильвинитов). Как правило, это крупные месторождения. Площадь развития пластов калийных солей на Верхнекамском месторождении 3220, на Старобинском 325, на Карлюкском 120 км².

Исследованием некоторых вопросов методики разведки месторождений калийных солей ранее занимались А. Н. Волков [48], А. А. Иванов [126, 128], В. И. Раевский [279, 280], М. П. Фивег [335], В. В. Герасимова, В. И. Седлецкий [66] и другие. Выводы и рекомендации этих исследователей касаются различных вопросов, связанных с опробованием руд, подсчетом запасов солей и методами подземной детальной разведки.

На основе имеющихся данных попытаемся определить методы разведочных работ исходя из главной цели разведки — выявления закономерностей изменчивости строения месторождений и состава калийных солей. Основное внимание уделим стадии детальной разведки, задачи которой достаточно подробно сформулированы в «Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям

ископаемых солей» (1962) и результатом которой является подсчет запасов по категориям А и В.

Сравнение количества запасов калийных солей, подсчитанных при расстояниях между разведочными скважинами 4, 3 или 2 км (категории В и C_1), с запасами, подсчитанными при расстояниях между разведочными скважинами 0,7—1,0 км (категория А), показывает, что они достаточно близки. Данные сравнения запасов по отдельным участкам Верхнекамского месторождения приведены в табл. 29.

Показательны в этом отношении данные сравнения запасов, подсчитанных при разведке с поверхности, подземной детальной и экс-

Таблица 29

Подсчет запасов при различных параметрах разведочной сети

Пласты	Параметры сети, км	Номер скважин, вошедших в подсчет	Площадь блока, тыс. м²	Средняя мощность пласта, м	Среднее содержание KCl, %	Объемная масса, т/м³	Запасы, тыс. т	Отклонение запасов, подсчитанных на сети 1×1 км	
								т	%
Новосоликамский участок									
Кр.I	1×1	223, 224, 225, 226, 227, 231, 250, 251, 252	3935,0	3,67	22,12	2,08	6644,0	—	—
	2×2	231, 226, 227, 251	3935,0	3,75	21,82	2,08	6697,0	—53,0	0,8
АБ	1×1	251, 252, 231, 223, 224, 225, 226, 250, 227	3935,0	2,76	35,39	2,06	7916,0	—	—
	2×2	226, 227, 231, 251	3935,0	2,71	34,75	2,06	7634,0	+282,0	3,6
Дурыманский участок									
Кр.II	1×1	195, 196, 197, 125, 200, 190, 198, 199, 204	3923,0	4,39	36,30	2,08	13 032,0	—	—
	2×2	195, 197, 198, 204	3923,0	4,75	36,60	2,08	14 201,0	—1169,0	8,9
АБ	1×1	195, 196, 197, 125, 200, 190, 198, 199, 204	3923,0	2,51	44,41	2,06	9 008,0	—	—
	2×2	195, 197, 198, 204	3923,0	2,55	45,33	2,06	9 342,0	—334,0	3,7

плуатационной разведки, с данными эксплуатации по Березниковскому шахтному полю Верхнекамского месторождения (табл. 30).

Таблица 30

Подсчет запасов при различных параметрах разведочной сети

Пласт	Вид работ	Площадь выработанного пространства, м²	Количество опробованных пересечений пласта	Средняя мощность пласта, м	Объемная масса руды, т/м³	Запасы сильвинита, тыс. т	Погрешность подсчета запасов сильвинита	
							тыс. т	%
Кр.II	Эксплуатационные	1 414 010	—	7,08	2,10	21 562	—	—
	Геологоразведочные с поверхности . . .	1 414 010	5	6,58	2,10	19 420	2020	9,37
	Подземные геологоразведочные . . .	1 414 010	61	6,54	2,10	19 542	2142	9,93
АБ	Эксплуатационные	1 278 500	—	3,83	2,08	10 279	—	—
	Геологоразведочные с поверхности . .	1 278 500	3	3,60	2,08	9 575	703	6,84
	Подземные геологоразведочные . . .	1 278 500	33	3,38	2,08	8 988	1291	12,5

Данные табл. 29 показывают, что погрешность определения запасов руды при разведке с поверхности (расстояния между скважинами 1—2 км) по существу не отличается от погрешности подсчета запасов по данным подземных разведочных работ (при расстояниях между разведочными пересечениями 100—400 м) и составляет соответственно по пласту Кр.II — 9,37 и 9,93%, а по пласту АБ — 6,84 и 12,50%.

Незначительное отклонение от истинного имеет и содержание хлористого калия, несмотря на значительную разницу в расстояниях между разведочными пересечениями (табл. 31). Аналогичное сравнение запасов калийных солей проведено [126] по Старобинскому месторождению (табл. 32). Приведенные в таблице данные объединяют три горизонта. Раздельно по второму и третьему горизонтам максимальное отклонение запасов при разрежении сети разведочных скважин составляет 4%.

Разрежение сети разведочных скважин на Карлюкском и Тюбегатанском месторождениях показывает, что увеличение расстояний в 2—3 раза приводит к отклонению величины запасов не более чем на 7%. На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что для подсчета запасов калийных солей месторождений первой группы и определения их качества систематически бурятся лишние скважины. Вместе с тем особенности геологического строения,

Таблица 31

Средние содержания KCl по данным геологоразведочных работ

Рудник	Вид работ	Среднее содержание KCl в товарной руде, %	Отклонение содержания KCl от истинного	
			абс. %	отн. %
Березниковский	Эксплуатационные	27,59	—	—
	Разведочные с поверхности	31,56	+3,94	14,38
	Подземные геологоразведочные . .	28,33	+0,74	2,68
Соликамский	Эксплуатационные	25,57	—	—
	Подземные геологоразведочные . .	27,84	+2,27	8,15

Таблица 32

Подсчет запасов при различных параметрах разведочной сети

Номера скважин, данные по которым использованы для подсчета	Количество скважин	Параметры разведочной сети, км	Отклонение содержания (%) по отношению к варианту, принятому за 100%	
			KCl	запасов калийных солей
Все скважины на площади, ограниченной скв. 107, 111, 122, 26, 1, 11, 22, 35, 107	34	1×1	100	100
107, 109, 111, 106, 104, 112, 35, 33, 113, 22, 36, 23, 114, 37, 6, 122, 11, 1	18	1×2	3,0	0,2

необходимые для проектирования и эксплуатации даже при существующих расстояниях между скважинами, не выявляются с нужной детальностью.

Имеющийся опыт эксплуатации месторождений калийных солей показывает, что решающими при геолого-промышленной оценке месторождений калийных солей являются наряду с величиной запасов следующие факторы:

1) количество и размеры зон замещения калийных солей;

2) тектоническое строение отдельных участков месторождений, гипсометрия промышленных пластов, изменчивость мощности водозащитной толщи;

3) изменчивость качества и мощности промышленных пластов калийных солей;

4) расстояния между разведочными пересечениями, необходимые для выявления зон замещения в калийных солях месторождений первой группы.

Геологоразведочными работами на месторождениях первой группы, как правило, устанавливается хорошая выдержанность разреза соляных отложений. Иногда на расстоянии в десятки километров сохраняются все признаки, свойственные отдельным промышленным пластам калийных солей, вплоть до мелких прослоев в несколько сантиметров. Однако наряду с этим выявляются зоны замещения сильвинита каменной солью или карналлитовой породы — сильвинитом. Зоны замещения или переходы одного минералогического состава солей в другой наблюдаются на различных по площади участках — от нескольких десятков до тысяч метров в поперечнике.

Причины появления таких замещений нельзя признать полностью выясненными, несмотря на то, что имеются многочисленные попытки объяснения явления [39, 346]. Формы и расположение зон замещения не имеют установленных геологических закономерностей, поэтому для их выявления целесообразно разведочные выработки располагать равномерно.

Но каковы должны быть минимальные размеры зон замещения, подлежащих выявлению в процессе разведочных работ? Этот вопрос не может быть решен однозначно при анализе горногеологических условий промышленного участка месторождения. Очевидно только, что при детальных разведочных работах нужно выявлять такие зоны замещения, площадь которых может повлиять на выбор направления ведения добычных работ. Поэтому следует рассмотреть все варианты размещения разведочных выработок с учетом противоречивых факторов, в частности таких, как затраты средств на проведение детальных разведочных работ и непроизводительные затраты на горноподготовительные работы в зонах замещения. Поясним сказанное.

Чем выше плотность разведочной сети на участке месторождения, тем меньшие по размерам зоны замещения будут выявляться. Но чем выше будет плотность разведочной сети, тем больше средств потребуется для осуществления разведочных работ. В свою очередь, хорошая изученность участка (при большой плотности разведочной сети) позволит правильно выбрать направление добычных работ и избежать непроизводительных затрат на горноподготовительные работы на участках, не представляющих промышленной ценности.

Подземные геологоразведочные работы в условиях Верхнекамского и Старобинского месторождений осуществляются горнобуровым методом. По подстилающей каменной соли или промышленному пласту вкрест простирания комбайном типа ЩБМ проводятся разведочные штреки. Из разведочных штреков (если они пройдены по подстилающей каменной соли) вертикально вверх бурятся скважины до кровли верхнего промышленного пласта. Соответственно этому затраты на подземные геологоразведочные работы слагаются из затрат на проходку разведочных штреков и бурение скважин.

Непроизводительные затраты на горноподготовительные работы в пределах зон замещения определяются как сумма затрат на проведение откаточных, выемочных и вентиляционных выработок.

С учетом изложенного, определение минимальных размеров зон замещения, подлежащих оконтуриванию при подземной детальной разведке, может быть осуществлено следующим методом.

Введем обозначения: C_1 — затраты на проходку 1 км разведочных скважин, руб.; C_2 — то же, разведочного штрека, руб.; C_3 — то же, откаточного штрека, руб.; C_4 — то же, выемочного штрека, руб.; C_5 — то же, вентиляционного штрека, руб.; h — средняя глубина разведочной скважины, км; L — размеры зоны замещения в поперечнике, км.

Изучение вещественного состава промышленных пластов месторождения калийных солей показывает, что зоны замещения часто имеют сложную форму, но всегда могут быть разбиты на фигуры изометрической формы, площадь которых можно выразить как L^2.

Расстояние между разведочными выработками, необходимое для выявления зоны замещения площадью L^2, должно быть не больше $\sqrt{L^2}$, т. е. не больше L. При таком расстоянии между разведочными выработками и расположении их по квадратной сети будут выявляться все зоны замещения размерами L и более километров в поперечнике.

Применительно к условиям Верхнекамского месторождения определим затраты на разведочные работы, необходимые для выявления зон замещения, и общие производительные затраты на горноподготовительные работы в пределах зон замещения.

Для того чтобы выявить все зоны замещения размерами L, км, в поперечнике в пределах единицы площади месторождения (1 км^2), необходимо пробурить $1/L^2$ скважин. При средней глубине одной скважины, равной h, км, общий объем бурения составит h/L^2, км, что потребует затрат h/L^2C_1, руб.

Общая протяженность разведочных штреков при расстоянии между ними L, км, необходимая для разведки 1 км^2 площади месторождения, выразится как $1/L$, км. Затраты на проходку разведочных штреков составят C_2/L, руб.

Непроизводительные затраты на проведение откаточного штрека в пределах зоны замещения выразятся произведением C_3L, руб. Затраты на проведение выемочного штрека $2C_4L$, руб., вентиляционного — $2C_5L$, руб.

Удвоенные затраты на проведение выемочного и вентиляционного штреков в зонах замещения приняты потому, что в большинстве случаев зоны замещения в пласте Кр. II и вышележащем пласте АБ, а иногда и в пласте В в плане совпадают.

Как уже упоминалось, факторы стоимости горноподготовительных и подземных разведочных работ в пределах зон замещения действуют в противоположных направлениях. Поэтому наименьшая сумма затрат на разведочные и горноподготовительные работы будет соответствовать оптимальному расстоянию между разведоч-

ными выработками (размерам зон замещения, которые целесообразно выявить в процессе детальных разведочных работ).

Общие суммарные затраты

$$C = \frac{hC_1}{L^2} + \frac{C_2}{L} + C_3L + 2C_4L + 2C_5L. \quad (1)$$

Обозначив $C_3 + 2C_4 + 2C_5 = C_n$, получим

$$C = \frac{hC_1}{L^2} + \frac{C_2}{L} + C_nL. \quad (2)$$

Как известно, первая производная экстремума функции равна нулю. Поэтому для определения наименьшей суммы затрат дифференцируем выражение (2) и приравняем первую производную нулю:

$$C_1 = -\frac{2hC_1}{L^3} - \frac{C_2}{L^2} + C_n = 0. \quad (3)$$

Преобразуем уравнение (3) в вид

$$L^3 - \frac{C_2}{C_n} L - \frac{2hC_1}{C_n} = 0. \quad (4)$$

По уравнению (4) можно определить расстояние между разведочными выработками (размеры зон замещения, которые целесообразно выявлять при детальных разведочных работах).

Затраты на подземные геологоразведочные и горноподготовительные работы в условиях Верхнекамского месторождения определяются стоимостью: проходка 1 м разведочной скважины с учетом монтажно-демонтажных работ и опробования 5,5 руб., проходка 1 м разведочного штрека комбайном типа ЩБМ 35,0 руб., проходка и оборудование 1 м откаточного штрека 54,0 руб., проходка 1 м выемочного штрека 30,2 руб., вентиляционного 12,3 руб.

Для нахождения действительного корня уравнение (4) преобразуется в вид

$$u^3 + bu - 1 = 0. \quad (5)$$

Формулы перехода:

$$L = -u\sqrt[3]{\frac{-2hC_1}{C_n}}; \quad b = \frac{C_2}{C_n\sqrt{\left(\frac{-2hC_1}{C_n}\right)^2}}. \quad (6)$$

Подставив в формулы перехода (6) значения стоимости проходки 1 км геологоразведочных и горноподготовительных выработок, получим

$$L = -u\sqrt[3]{-0{,}004}; \quad b = -10{,}1. \quad (7)$$

Для решения кубического уравнения (5) при $b = -10{,}1$ по номограмме [279] находим действительный корень $u = 3{,}2$. Далее по первой формуле перехода (7) определяем L — расстояние между

разведочными выработками (размеры зон замещения, которые целесообразно выявлять при подземной детальной разведке):

$$L = 3{,}2 \cdot 0{,}1603 = 0{,}513 \text{ км.}$$

Правильность аналитического определения оптимального расстояния между разведочными выработками подтверждается сравнением стоимости подземных геологоразведочных работ при обнаружении зон замещения различных размеров со стоимостью горноподготовительных работ в пределах зон замещения (табл. 33).

Таблица 33

Затраты на производство работ в зонах замещения

Размеры зон замещения в поперечнике, м	Затраты, тыс. руб.		
	на геологоразведочные работы	на горноподготовительные работы	суммарные
100	377 500	13 700	391 200
200	181 875	27 400	209 275
300	119 722	41 160	160 882
400	89 218	54 800	144 018
500	71 100	68 500	139 600
600	59 097	82 200	141 297
700	50 561	95 900	146 461

Из табл. 33 видно, что наименьшая сумма затрат на разведочные и горноподготовительные работы получается при выявлении зон замещения размером 500 м в поперечнике. Действительно, зоны замещения размером 500 м и более, выявленные в процессе разведочных работ, позволяют правильно проектировать направление ведения добычных работ, так как принятые размеры эксплуатационного блока на Березниковском руднике 400×400 м, на Соликамском 300×300 м.

Но для организации и ведения добычи полезного ископаемого в пределах отдельных блоков, полученных при детальных разведочных работах, геологических данных будет недостаточно. Потребуется более детальное изучение площади развития и формы зон замещения в отдельных промышленных пластах, т. е. потребуется проведение эксплуатационной разведки. При такой разведке разведочная сеть сгущается. Расстояния между разведочными выработками на этой стадии разведочных работ могут быть различными, в зависимости от горногеологических условий месторождения, но они не должны превышать 200 м для Березниковского и 150 м для Соликамского рудников. В противном случае эксплуатационная камера может пройти в непромышленной зоне замещения, так как длина эксплуа-

тационных камер на Березниковском руднике 200, на Соликамском 150 м.

В связи с изложенным следует отметить, что при расстоянии между разведочными выработками 400—500 м будут выявляться зоны замещения не только размером 400 м и более в поперечнике, но и меньшие. Расчет вероятностей обнаружения зон замещения различных размеров при различных расстояниях между разведочными скважинами приведен в табл. 34.

Таблица 34

Вероятности обнаружения зон замещения

Расстояние между подземными разведочными скважинами, м	Вероятности обнаружения зон замещения размерами в поперечнике, м				
	100	200	300	400	500
500	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
400	0,25	0,50	0,75	1,00	—
200	0,50	1,00	—	—	—

Из табл. 34 видно, что при расстоянии между разведочными скважинами, равном 200 м, будут выявлены все зоны замещения размером 200 м в поперечнике и бóльшая часть зон замещения размером 100—200 м, т. е. такие зоны замещения, которые могут отрицательно повлиять на организацию эксплуатационных работ. Применительно к условиям Старобинского месторождения определенное подобным методом расстояние между разведочными пересечениями равно 560 м.

Для условий среднеазиатских месторождений калийных солей (Карлюкского, Тюбегатанского и др.) подобные расчеты не производились из-за отсутствия данных о стоимости проходки горных выработок, так как ни одно из этих месторождений не вскрыто подземными горными выработками. Но сравнение их горногеологических условий с условиями Старобинского и Верхнекамского месторождений позволяет считать, что оптимальные расстояния между разведочными пересечениями уже выявленных зон замещения также не выйдут из интервала 500—600 м. А наиболее часто встречающиеся зоны замещения в промышленных пластах этих месторождений имеют размеры от $1{,}2\times0{,}9$ до $3{,}0\times2{,}7$ км.

Отметим, что предлагаемый метод определения размеров зон замещения, которые необходимо выявлять при детальной разведке, применим для определения размеров других непромышленных участков месторождения, для выявления участков с некондиционным содержанием полезных компонентов или участков, на которых мощность водозащитной толщи меньше установленной существующими указаниями и инструкциями.

Определение расстояний между разведочными выработками, необходимых для изучения тектонического строения промышленных участков и мощности водозащитной соляной толщи. Требования проектных организаций и промышленности к детальности изучения положения пластов калийных солей в пространстве сводятся в основном к установлению допустимой погрешности определения их абсолютных отметок. При разработке новых участков или месторождений допустимая погрешность составляет ±20,0 м, при проектировании очистных — 7,0—10,0 м. Опыт эксплуатации Верхнекамского и Старобинского месторождений показывает, что на отдельных участках месторождений отклонение истинных абсолютных отметок кровли пластов или соляных отложений от установленных по данным бурения с поверхности составляет 30—35 м.

На рис. 58 дано сравнение геологического разреза по Березниковскому участку Верхнекамского месторождения, построенного по материалам скважин, пробуренных с поверхности, с уточненными подземными разведочными работами. Подземные разведочные работы установили наличие синклинальной и антиклинальной складок с амплитудами 30—40 м, ранее не зафиксированных. Уже только по этой причине на таких участках запасы солей не могут быть квалифицированы по категории А.

В табл. 35 приводится отклонение пространственного положения пластов от истинных при различных расстояниях между разведочными пересечениями.

Таблица 35

Отклонение абсолютных отметок кровли пластов от истинных

Местоположение разреза	Отклонение абсолютных отметок кровли пластов от истинных (м) при различных расстояниях между пунктами наблюдений, м				
	100	200	300	400	500
Березниковский рудник, 1-й Зап. панельный штрек, пласт Кр. II	−3 ÷ +3	−10 ÷ +8	−13 ÷ +5	−11 ÷ +14	−17 ÷ +11
Соликамский рудник, штреки 15, 27, 53, 67, пласт АБ	−6 ÷ +4	−8 ÷ +6	−5 ÷ +8	−11 ÷ +9	−18 ÷ +10
Первый Солигорский рудник, широтные штреки, 2-й пласт	±0 ÷ +2	−4 ÷ +5	−3 ÷ +7	−10 ÷ +13	−8 ÷ +22
Второй Солигорский рудник	−1 ÷ +1	−3 ÷ +4	−2 ÷ +6	−3 ÷ +12	−7 ÷ +15

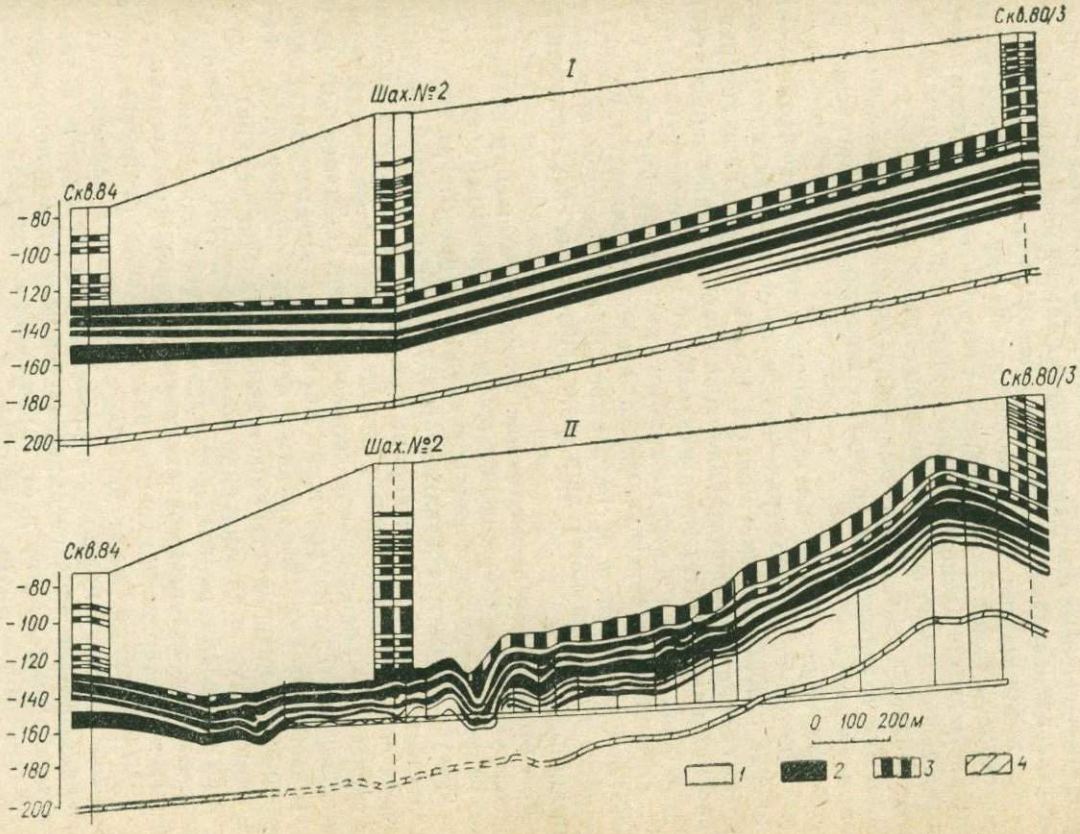


Рис. 58. Геологические разрезы по Березниковскому участку Верхнекамского месторождения:
I — по данным разведки с поверхности; *II* — по данным подземной разведки и эксплуатации.
1 — каменная соль; *2* — сильвинит; *3* — карналлит; *4* — глинисто-ангидритовый прослой.

Приведенные в таблице данные показывают, что гипсометрию кровли пластов с допустимой погрешностью (+20 м) на стадии детальной разведки можно определять при расстоянии между пунктами наблюдений 500 м. Для планирования очистных горных работ на действующих калийных рудниках гипсометрия может быть с допустимой погрешностью определена при расстояниях между пунктами наблюдений 100—200 м.

Одна из особенностей месторождений калийных солей — обводненность пород, покрывающих соляную залежь. В связи с этим при эксплуатации месторождения необходима водозащитная толща над разрабатываемыми пластами. Ее минимальная мощность определяется из условий предотвращения в ней деформаций, которые могут привести к появлению водопроводящих трещин. Анализ горногеологических условий эксплуатации месторождений показывает, что мощность водозащитной соляной толщи является главным фактором, определяющим промышленную ценность любого участка месторождения. В связи с этим весьма важно определить ее мощность с минимальными погрешностями с учетом геологического строения и тектоники участка.

В настоящее время план изомощностей водозащитной толщи составляется по гипсометрическим планам кровли соляной толщи и кровли разрабатываемого пласта. В свою очередь план поверхности кровли соляной толщи составляется по данным скважин, пробуренных с дневной поверхности. План поверхности кровли разрабатываемого пласта составляется также по данным скважин, пробуренных с дневной поверхности (разведочных), а позднее уточняется по данным подземной разведки и эксплуатации. Такой порядок определения мощности водозащитной толщи регламентирован специальными указаниями.

Для уточнения рельефа кровли соляных отложений на Березниковском участке месторождения в 1960 г. было пробурено 12 скважин. Расстояния между этими скважинами не превышали 500—600 м. Результаты бурения позволили определить расхождения истинных абсолютных отметок кровли соляных отложений в точках пересечения ее этими скважинами и отметок, определенных в этих точках по гипсометрическому плану кровли соляной толщи, составленному до бурения дополнительных скважин. Наряду с этим было установлено, что рельеф поверхности соляных отложений повторяет в общих чертах рельеф поверхности нижележащих пластов калийных солей.

По-видимому, выщелачивание поверхности соляных отложений подземными водами на большой площади месторождения незначительно. Вместе с тем на Верхнекамском месторождении установлены участки, на которых покровная каменная соль полностью отсутствует. Как правило, такие участки приурочены к вершинам соляных поднятий. Гипсометрически уровень карстования в подавляющем большинстве случаев определяется областью положительных абсолютных отметок. Это дает определенные основания полагать, что тектоническое формирование Верхнекамского месторождения

продолжается, так как подземное выщелачивание солей и высокое гипсометрическое положение соляного зеркала возможно только в условиях динамического равновесия подтока соляных масс и их растворения. Это значит, что примерно на 95% площади месторождения условия для значительного выщелачивания покровной каменной соли неблагоприятны.

Определенная связь рельефа поверхности соляных отложений и рельефа поверхности нижележащих пластов калийных солей характерна для подавляющей площади месторождения. Установление формы и количественное выражение связи имеют практическое значение при исчислении мощности водозащитной толщи. Эта мощность должна определяться между равноточными по своему построению поверхностями. Положение поверхности кровли соляных отложений и положение кровли пластов калийных солей нужно определять по одинаковому числу наблюдений, а вертикальные проекции точек наблюдения должны совпадать. Наряду с этим установление связи и ее формы поможет определить объем выщелачивания солей водами контактного горизонта в различных тектонических условиях, дать дополнительные данные для познания механизма формирования тектонических структур месторождения.

Количественно связь двух явлений может быть выражена парным коэффициентом корреляции. Значительно сложнее установить, какова наилучшая форма ее представления. Общий прием состоит в проверке возможности представления данных в виде линейного уравнения $x = ay + b$ и оценке значимости отклонения от линейного закона. В случае необходимости данные могут быть представлены уравнениями высших степеней, но расчетная работа в этом случае весьма трудоемка. Мы оценивали форму связи по корреляционному отношению. В первом приближении она может быть оценена по нанесенным на график значениям пар наблюдений. Например, нанесение на график отметок кровли пласта В и кровли покровной каменной соли позволяет установить между ними определенную зависимость (по данным 336 разведочных скважин).

Эллипс рассеивания наблюдений показывает, что одному значению абсолютной отметки пласта В могут соответствовать несколько значений положения кровли покровной каменной соли. Крайние значения этих отметок могут отличаться на 70—80 м (рис. 59). Например, остаточное стандартное отклонение вокруг линии регрессии равно 25 м. Следовательно, максимальная величина погрешности определения абсолютных отметок кровли покровной каменной соли по абсолютным отметкам кровли пласта В будет равна 50 м. Такие определения не имеют практической ценности. Увеличить связь абсолютных отметок поверхностей можно только при изучении факторов, лежащих в основе выявленной корреляции.

На Верхнекамском месторождении соляные отложения и покрывающие их породы собраны в пологие широкие брахиантиклинальные и брахисинклинальные складки, вытянутые в близком к меридиональному направлении. Размеры поднятий по длинной оси 4—14 км, по

короткой — 2,5—7,5 км. Углы падения крыльев обычно 2—5°, но иногда достигают 10—15°. Наибольшая разница между отметками высших точек поднятий и низших в соседних погружениях по западной окраине месторождения достигает 350 м. В восточном

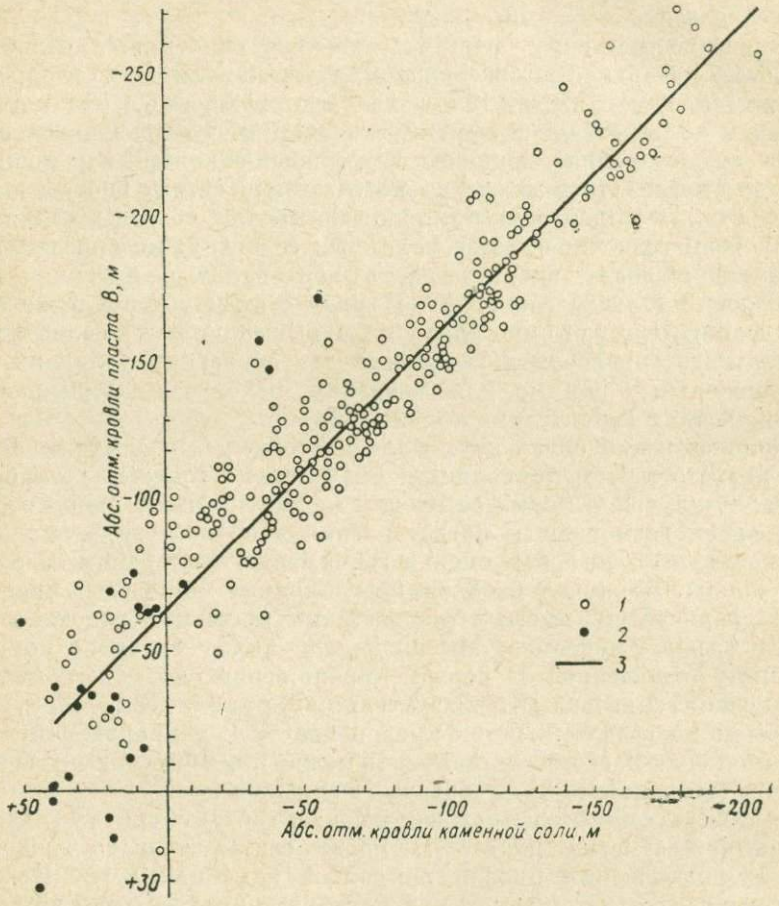


Рис. 59. График зависимости абсолютных отметок кровли соляной толщи от абсолютных отметок кровли карналлитового пласта В.

1 — разведочные скважины; *2* — разведочные скважины, не вскрывшие покровной каменной соли; *3* — линия регрессии.

направлении эта разница уменьшается и по восточной окраине месторождения не превышает нескольких десятков метров.

Положительные структуры отличаются асимметрией крыльев: западные крылья круче восточных. Например, западное крыло Соликамской брахиантиклинали имеет флексурный перегиб, в пределах которого углы падения пластов достигают 30°. На площадях поднятий мощность соляных отложений увеличивается, а надсоляных

уменьшается. На отдельных участках отсутствует соль переходной толщи и сокращается мощность покровной каменной соли. Соляные породы толщи в мульдах залегают почти горизонтально, и проявление внутренней соляной тектоники незначительно. На некоторых участках поднятий внутренняя тектоника соляной залежи значительно сложнее тектоники вышележащих пород. Это обусловлено специфическими свойствами солей: низкой плотностью, компактным сложением и способностью приобретать пластичность при высоких давлениях. На крыльях брахискладок, которые условно относят к структурам III порядка, развивается сложная мелкая складчатость всех пластов соляных пород.

В свете приведенных данных определенная связь положения кровли соляной толщи и кровли карналлитового пласта В отображает проявление крупных тектонических движений, приведших к формированию основных брахиструктур.

Разброс значений наблюдений вызван следующими причинами: а) значительным различием в тектоническом строении отдельных участков месторождения, б) внутренней тектоникой соляной толщи, в) выщелачиванием покровной каменной соли. Влияние перечисленных факторов можно значительно уменьшить, если использовать данные разведочных скважин, пробуренных в пределах отдельных участков (шахтных полей). Это позволит резко ограничить разнообразие тектонических условий. Практически каждый участок расположен в пределах одной структуры III порядка. Влияние выщелачивания покровной каменной соли можно также уменьшить, исключив из расчета данные по тем скважинам, в которых отсутствует покровная каменная соль или ее мощность резко уменьшена (до 1—2 м).

Однако полностью исключить влияние выщелачивания, а также проявлений внутренней соляной тектоники невозможно. Именно проявление этих факторов итоге определяет полноту связи поверхности покровной каменной соли и поверхности (кровли или подошвы) пласта калийных солей. Влияние этих факторов можно частично устранить, если определить абсолютные отметки кровли соляной толщи как среднеарифметические из уравнений регрессии, аргументами в которых являются абсолютные отметки кровли и подошвы пластов калийных солей В, АБ, Кр.II. При определении абсолютных отметок кровли пластов В, АБ, Кр.II по абсолютным отметкам покровной каменной соли влияние факторов внутренней тектоники нельзя устранить даже частично. Поэтому погрешности определения положения кровли пластов калийных солей могут быть несколько бо́льшими, чем погрешности определения положения кровли покровной каменной соли.

В качестве примера рассмотрим определение положения кровли соляной толщи в пределах Балахонцевского участка месторождения. Этот участок расположен к юго-западу от Березниковского поднятия. Относительно спокойные тектонические условия участка обеспечили тесную связь абсолютных отметок кровли покровной

каменной соли и абсолютных отметок кровли и подошвы пластов В, АБ, Кр.II. Парные коэффициенты корреляции абсолютных отметок поверхностей пластов и уравнения регрессии, рассчитанные по данным 26 разведочных скважин, приведены в табл. 36.

Таблица 36

Корреляционная связь абсолютных отметок поверхности

Пласты	Коэфф. корреляции x и y	Уравнение связи x и y	Доверительные пределы x, м
Пл. В:			
кровля	0,994	$x=0{,}994y+56{,}650$	±7,50
подошва	0,994	$x=0{,}925y+47{,}650$	±7,50
Пл. АБ:			
кровля	0,982	$x=0{,}869y+37{,}430$	±13,57
подошва	0,993	$x=0{,}900y+48{,}980$	±8,57
Пл. Кр. II:			
кровля	0,993	$x=0{,}930y+52{,}380$	±8,57
подошва	0,992	$x=0{,}901y+57{,}380$	±8,93

Примечание. x — абсолютная отметка кровли покровной каменной соли, м; y — абсолютная отметка кровли или подошвы пласта калийных солей, м.

Разнообразие тектонических условий отдельных участков Верхнекамского месторождения весьма значительно. Оно может быть визуально выявлено по структурным планам различных поверхностей. Количественно это разнообразие может быть охарактеризовано значениями среднеквадратичных отклонений абсолютных отметок (табл. 37), так как распределение абсолютных отметок большинства поверхностей близко к нормальному.

Судя по табл. 37, участки, приуроченные к поднятиям или крутым склонам поднятий и мульд (Соликамский, Новосоликамский, Березниковский), имеют среднее значение среднеквадратичных отклонений в пределах 38,70—66,00. В пределах участков, тектоническое строение которых менее сложно (Быгельский, Троицкий, Балахонцевский, Дурыманский), значения среднеквадратичных отклонений изменяются в пределах 17,93—37,96.

Из известных положений математической статистики следует, что при большей изменчивости какой-либо поверхности требуется большее количество наблюдений для детального изучения единицы ее площади. При этом необходимое количество наблюдений возрастает пропорционально отношению большего стандартного отклонения к меньшему. В этом случае имеется в виду, что пункты наблюдений равномерно расположены на изучаемой поверхности. Следовательно,

Таблица 37

Значение среднеквадратичных отклонений, абс. отм.

Участки	*Покровная* каменная соль		Пласт В		Пласт АБ		Пласт Кр.II		Среднее значение
	Кровля	Подошва	Кровля	Подошва	Кровля	Подошва	Кровля	Подошва	
Соликамский:									
Западный	72,37	80,12	63,35	63,78	62,88	63,00	62,52	60,57	66,00
Восточный	48,84	44,98	38,69	37,72	38,55	37,96	31,54	33,57	38,70
Новосоликамский . . .	44,92	45,55	41,39	40,39	40,04	39,46	39,03	41,09	41,48
Березниковский	47,97	47,66	45,80	46,08	47,15	47,27	46,32	46,02	46,78
Дурыманский	26,19	29,10	26,74	27,59	27,65	27,69	28,03	28,04	27,62
Балахонцевский	35,75	35,74	35,71	38,41	40,39	39,08	39,29	39,33	37,96
Быгельский	18,68	18,75	17,49	17,30	18,01	17,79	17,81	17,61	17,53
Троицкий	17,05	17,04	18,86	19,29	18,91	19,20	19,25	19,08	18,55

невозможно получить равную точность определения абсолютных отметок *покровной каменной соли и мощности водозащитной толщи* на разных участках месторождения, используя данные разведочного бурения, так как все Верхнекамское месторождение изучается по определенной разведочной сети, параметры которой изменяются только в зависимости от категорий подготавливаемых запасов.

Если данные по Березниковскому участку (табл. 38), как наиболее детально изученному, принять за исходные, то можно рассчитать необходимые расстояния между пунктами наблюдений для определения положения кровли промышленных пластов и поверхности покровной каменной соли с погрешностями ± 20 и ± 10 м (табл. 38).

Приведенные в табл. 38 расстояния между разведочными пересечениями показывают, что для определения положения кровли пластов на Дурыманском, Быгельском и Троицком участках Верхнекамского месторождения с погрешностью ± 20 м достаточно данных бурения с поверхности, которые необходимы для классификации запасов по высоким категориям. Для других участков эти расстояния не должны превышать 500—600 м. Приведенные расстояния согласуются *с данными табл. 36.*

Корреляционный метод установления положения кровли покровной каменной соли позволяет значительно сократить объемы бурения с поверхности для уточнения мощности водозащитной толщи, так как погрешность его для всех участков Верхнекамского месторождения, за исключением Соликамского и Березниковского, не превышает ± 10 м.

Применение корреляционного метода для установления мощности водозащитной толщи в условиях Верхнекамского месторождения ежегодно уменьшает объемы бурения на 4—5 тыс. м и дает экономию 200—250 тыс. руб.

Таблица 38

Расстояния между разведочными пересечениями

Участки Верхнекамского месторождения	Расстояния (м) между пунктами наблюдений, необходимые для определения положения кровли пластов, с погрешностями							
	±10 м				±20 м			
	Кам. соль	В	Б	Кр. II	Кам. соль	В	Б	Кр. II
Соликамский	157	185	186	197	392	463	464	493
Новосоликамский	206	224	232	238	555	560	580	595
Березниковский	193	202	196	200	482	505	490	500
Дурыманский	353	346	335	330	884	866	838	826
Балахонцевский	259	259	229	236	648	648	574	590
Быгельский	496	529	514	520	1240	1324	1286	1300
Троицкий	543	491	490	481	1353	1228	1225	1203

Корреляционный метод установления абсолютных отметок поверхности соленосной толщи может найти широкое применение и при промышленном освоении Петриковского месторождения Припятской впадины. Здесь структурные планы пластов калийных солей согласуются с планами поверхности соленосной толщи для Петриковско-Шестовичского участка (коэффициент корреляции $r = 0{,}85$). Вскрытие этого участка горными выработками и его детальная разведка позволят выделить такие его участки, в пределах которых корреляционная связь абсолютных отметок поверхностей увеличится. Для условий Верхнекамского месторождения соответствие структурных планов в пределах всего месторождения выражалось коэффициентами корреляции 0,65—0,70. Тектоническое районирование позволило выделить отдельные участки, в пределах которых теснота связи поверхностей значительно увеличивалась ($r = 0{,}95 \div 0{,}98$), а величина остаточного стандартного отклонения вокруг линии регрессии не превышала нескольких метров.

Худшее соответствие структурных планов установлено для Старобинского месторождения, что объясняется значительным выщелачиванием и выносом соли с поверхности соленосных отложений. Причем наибольшему растворению подвергались соли, залегающие на более высоких гипсометрических уровнях, т. е. в положительных структурах и на приподнятых частях синклинальных складок. Поэтому в условиях Старобинского месторождения установлена слабая обратная корреляционная связь поверхности соленосной толщи и пластов калийных солей ($r = -0{,}22$).

Для среднеазиатских месторождений калийных солей, не вскрытых подземными горными выработками, в настоящее время погрешность определения положения пластов можно оценить только при разрежении сети скважин, пробуренных с поверхности земли.

Такое разрежение показывает, что при расстояниях между скважинами 1,5—2,0 км ошибка в установлении абсолютных отметок кровли соленосных отложений и пластов калийных солей может достигать 32 м (Тюбегатанское месторождение), 37 м (Карлюкское месторождение). Эти величины близки к ошибкам определения положения пластов при таких же расстояниях между скважинами и в аналогичных условиях на Верхнекамском месторождении. На отдельных участках, более интенсивно дислоцированных или расположенных вблизи разрывных нарушений, ошибка в определении положения пластов может достигать 100 м (Карлюкское месторождение). Среднеквадратичное отклонение абсолютных отметок кровли пластов калийных солей на Карлюкском месторождении изменяется от 83 до 110 м.

Приведенные данные позволяют считать, что для определения положения промышленных пластов и поверхности соленосных отложений с точностью, необходимой для составления проектов разработки месторождений (на стадии детальной разведки), расстояния между разведочными выработками, как правило, не должны превышать 500 м. Для определения гипсометрии промышленных пластов калийных солей с точностью, необходимой для планирования добычных работ на действующих рудниках, расстояния между разведочными пересечениями не должны превышать 100—200 м.

Расстояния между разведочными пересечениями, необходимые для определения качества калийных солей и мощности промышленных пластов. Важнейшие факторы, определяющие методику разведочных работ, — изменчивость оруденения и мощность пластов. Чем сложнее характер распределения компонентов в пласте, тем больше требуется наблюдений для его выявления.

Основным методом изучения изменчивости является геологический, позволяющий устанавливать стратиграфические, тектонические и генетические закономерности. На основе геологического изучения залежи полезного ископаемого устанавливается ее контур, выделяются кондиционные участки, определяются устойчивость мощности, общие закономерности изменения качества и типы руд. Вместе с тем на основе геологического изучения не всегда возможно количественно оценить достоверность сделанных выводов, доказать однозначность прогнозов. Поэтому в практике исследования и разработки методики геологоразведочных работ при изучении изменчивости отдельных признаков залежи используются также статистический и аналитический методы. Аналитические методы достаточно подробно рассмотрены в работах Д. А. Козаковского [141], И. П. Шарапова [368], А. И. Осецкого. Недостатки методов отмечались во многих работах [142, 185, 269]. Общий недостаток — предварительное предположение о характере изменчивости признаков между двумя точками по линейному закону и наличие равномерной (квадратной) разведочной сети.

Е. О. Погребицкий [269] справедливо отмечает, что статистические методы не всегда применимы из-за часто встречающейся направленной (закономерной) изменчивости, связанности между собой

статистических характеристик залежи и положения пункта наблюдения в пространстве. В этом случае распределение признака не является стохастическим и значения получаются искаженными.

На этих вопросах останавливается Ж. Матерон [229], который отмечает, что понятие случайной величины и, следовательно, применимость статистических методов правомерны только при теоретической возможности бесконечного повторения испытаний и независимости их результатов. Однако применительно к месторождениям калийных солей первой группы использование статистического метода исследования изменчивости не лишено оснований.

Физико-химические условия садки солей в солеродном бассейне и геологические условия формирования месторождений позволяют считать, что характер осадконакопления был однородным, по крайней мере во время формирования отдельных пластов на подавляющей площади их развития. Поэтому пространственная переменная имеет стационарный характер, т. е. теоретически допускается возможность повторения испытаний. Если же объект исследования неоднороден, то, пользуясь тем или иным методом, его можно разбить на однородные участки, в пределах которых применим аппарат теории вероятностей.

В результате проведенных во ВНИИГ исследований установлено, что на ряде месторождений калийных солей изменение содержания хлористого калия в основных промышленных пластах под действием физико-химических условий их формирования и разнообразных факторов окружающей среды привело к его случайному рассеиванию, выражающемуся кривой распределения, близкой к нормальной. Для оценки степени близости эмпирического распределения к теоретическому нормальному была использована известная теорема А. Н. Колмогорова о максимуме отклонения теоретической интегральной функции распределения от соответствующей эмпирической функции. Несущественное отличие распределения хлористого калия в промышленных пластах от нормального позволило воспользоваться известными положениями математической статистики для ориентировочного расчета необходимого количества наблюдений (полностью опробованных сечений пласта).

Некоторые исследователи вообще отрицают возможность случайного распределения признаков в условиях месторождений полезных ископаемых. В своих рассуждениях они исходят из того, что месторождение полезного ископаемого формируется при проявлении закономерных и взаимосвязанных геологических процессов.

В связи с этим уместно отметить, что необходимость и случайность диалектически связаны друг с другом. Диалектический материализм рассматривает случайность в ее многообразных связях с необходимостью, в силу которых в форме случайности проявляется необходимость. Грань между случайностью и необходимостью никогда не бывает абсолютной. Нельзя считать, что случайность и необходимость — взаимно исключающие друг друга понятия.

На рис. 60 приведены гистограммы распределения содержания хлористого калия и мощности по некоторым пластам месторождений первой группы. В табл. 39 приведены значения коэффициентов вариации мощности пластов и содержания хлористого калия по этим же месторождениям.

Таблица 39

Изменчивость мощности пластов и содержания в них KCl

Месторождение, пласт	Коэффициент вариации содержания хлористого калия, %	Коэффициент вариации мощности, %
Верхнекамское (Березниковский участок, пл. Кр. II)	16,03	14,76
Верхнекамское (Соликамский участок, пл. Кр. II)	13,87	13,75
Старобинское (Первое шахтное поле, пл. 2 III горизонта)	16,31	15,90
Старобинское (Второе шахтное поле, пл. 2 III горизонта)	14,37	13,29
Старобинское (Третье шахтное поле, пл. 2 III горизонта)	15,64	16,87
Карлюкское	22,41	23,82
Тюбегатанское	19,10	21,60

Как известно, ошибка определения среднего значения признака (в случае его нормального распределения) выражается формулой

$$P = \frac{tv}{\sqrt{n}}, \qquad (8)$$

где P — вероятная относительная погрешность определения среднего; v — коэффициент вариации; t — коэффициент вероятности; n — количество наблюдений.

Каждому значению t соответствует определенная вероятность определения истинных значений погрешности. При $t = 2$ вероятность равна 95%.

Преобразовав уравнение (8) к виду

$$n = \frac{t^2 v^2}{P^2}, \qquad (9)$$

можно рассчитать необходимое количество наблюдений (полностью опробованных сечений пласта) для определения средних содержаний хлористого калия с заданной погрешностью.

Общепринято, что погрешность определения запасов полезного ископаемого, классифицируемых по категории А, не должна превышать 10—15%.

Некоторые исследователи считают, что расчет количества выработок по формуле (9) ориентировочен и поэтому погрешность определения

запасов можно приравнять к погрешности наиболее изменчивого признака. Это положение не совсем правильно, так как погрешность подсчета запасов является функцией от погрешностей непосредственно измеряемых величин и подчиняется закону накопления

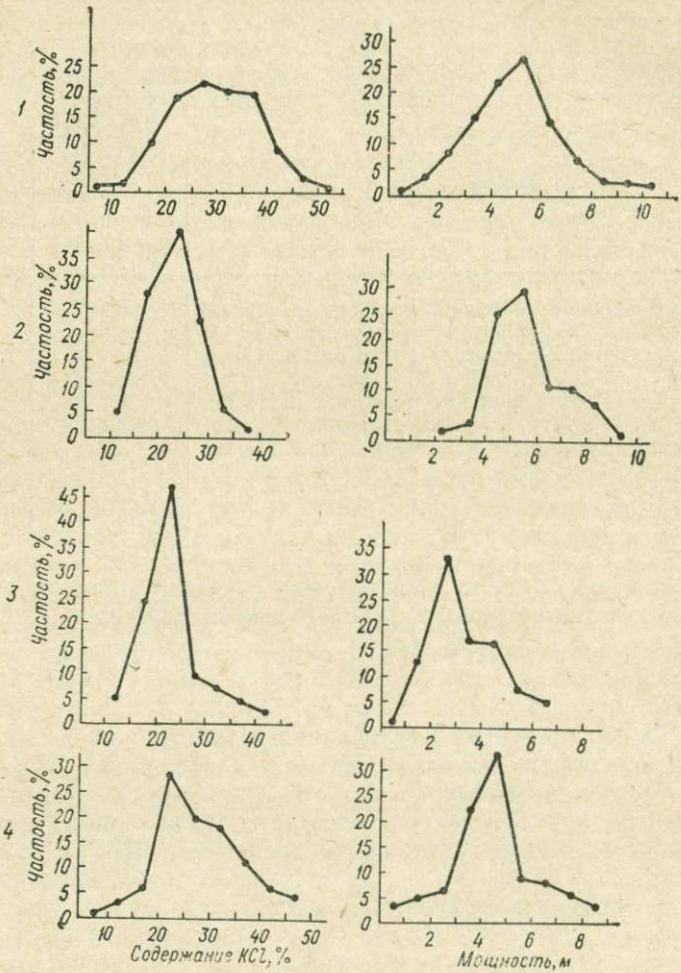


Рис. 60. Распределение содержания хлористого калия в пластах сильвинитов и их мощности: *1* **— Верхнекамское месторождение, пласт Кр. II;** *2* **— Старобинское месторождение, горизонт III;** *3* **— Карлюкское месторождение, пласты 5—6;** *4* **— Тюбегатанское месторождение, пласт Нижний II.**

ошибок. Математическое выражение этого закона получают путем разложения функции $z = f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$ в ряд Тейлора, ограничиваясь членами первого порядка и суммированием по закону сложения дисперсий. $z = f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n)$ — некоторая нели-

нейная функция случайных некоррелированных величин x_1, x_2, . . ., x_n.

Следовательно, приравнивая погрешность определения запасов к погрешности наиболее изменчивого признака, мы вносим большую ошибку в определение необходимого количества выработок. Количество выработок будет занижено. Запасы, подсчитанные по данным этого количества выработок, могут быть определены погрешностью, большей допустимой на величину суммирующих ошибок. Изменчивость мощности пластов близка к изменчивости содержания хлористого калия (см. табл. 39).

Коэффициенты вариации мощности промышленных пластов определены по тому же количеству наблюдений, что и коэффициенты вариации содержаний хлористого калия. Это значит, что относительные величины погрешности определения средних значений мощности пласта и содержаний хлористого калия в нем равны между собой.

Подсчет запасов калийных солей методом среднеарифметического по геологическим блокам производится по формуле

$$Q = SMCd, \tag{10}$$

где Q — запасы подсчитываемого компонента, т; S — площадь блока, м²; M — средняя мощность пласта, м; C — среднее содержание компонента, %; d — объемная масса соли, т/м³.

Если пренебречь техническими ошибками в определении величин, входящих в формулу (10), то погрешность определения количества запасов будет слагаться из ошибок в определении среднего содержания хлористого калия и средней мощности пласта. В данном случае эти ошибки равны между собой. Поэтому в соответствии с законом сложения ошибок погрешность определения количества запасов в блоке можно выразить как

$$P = \sqrt{2m^2}, \tag{11}$$

где m — относительная ошибка определения средней мощности пласта в подсчетном блоке или относительная ошибка среднего содержания хлористого калия.

Из формулы (11) находим

$$m = \frac{P}{\sqrt{2}}, \tag{12}$$

откуда следует, что величина допустимой погрешности среднего содержания при расчетах по формуле (9) должна приниматься равной $^2/_3$ допустимой погрешности подсчетов запасов.

При допустимой погрешности определения запасов солей, классифицируемых по категории А, равной 10%, допустимая погрешность определения среднего содержания хлористого калия в блоке будет равна 7%. Используя эту величину погрешности и величины коэффициентов вариации содержания, приведенные в табл. 39, по формуле (9) определяем необходимое количество наблюдений (сквозных сечений) для каждого пласта.

Далее, как частное от деления количества наблюдений на площадь участка, для которого рассчитывался коэффициент вариации, определим достаточную плотность разведочных выработок. Для расчета необходимой плотности разведочных выработок при эксплуатационной разведке допустимая величина погрешности определения среднего содержания хлористого калия принята равной 4%. В этом случае ошибка определения среднего содержания должна быть близкой к резерву мощности основного горного и технологического оборудования предприятия. Согласно проектным расчетам мощностей калийных комбинатов резерв их оборудования составляет 3—4%.

Следовательно, только при погрешности определения среднего содержания хлористого калия, не превышающей 4%, можно четко планировать объемы добычи и переработки руды, т. е. будет обеспечена ритмичная работа предприятия и выполнена основная роль эксплуатационной разведки.

Необходимые количества разведочных пересечений, рассчитанные по формуле (9), и параметры разведочной сети приведены в табл. 40.

В табл. 40 параметры рассчитаны для квадратной разведочной сети. Такая форма разведочной сети принята при сравнении изменчивости содержания хлористого калия вкрест и по простиранию соляных складок. Это сравнение приведено с помощью коэффициентов колеблемости для взаимно перпендикулярных направлений [307, 368]. Значения коэффициентов колеблемости по направлению складчатости изменяются в пределах 0,05—0,07, а вкрест ее 0,05—0,08. Расстояние между пунктами наблюдений при эксплуатационной разведке соответственно не должны превышать 200 м.

Однако эти результаты могут быть значительно искажены, если содержание хлористого калия на каком-либо участке месторождения связано с его местоположением. Координационные изменения накладываются на случайные и создают ту форму изменчивости, которая фиксируется при разведочных работах.

Наличие координированной изменчивости можно установить с помощью уравнений регрессии. Чаще это делают графическим построением кривой регрессии, сглаживая результаты наблюдений способом скользящего окна. Для выявления координированной изменчивости оруденения были построены кривые регрессии по данным специального опробования нескольких выработок на Березниковском, Соликамском и Старобинском рудниках. Изменчивость изучалась как по простиранию складчатости, так и вкрест простирания. Расстояние между бороздовыми пробами составляло 25 м. Пример кривой регрессии содержания хлористого калия по широтным штрекам Соликамского рудника, построенной путем трехкратного сглаживания, приведен на рис. 61.

Влияние координированной изменчивости на величину коэффициента вариации может быть устранено, если использовать для его вычисления отклонение наблюдений от соответствующих ординат кривой регрессии. По данным, которые использованы при построении

Таблица 40

Параметры разведочной сети

Стадия разведки, категория запасов	Месторождение, пласт	Площадь распространения пласта, км²	Существующие параметры разведочной сети, м	Расчетное количество разведочных пересечений	Расчетная плотность разведочной сети (количество пересечений на 1 км² площади)	Расчетные параметры разведочной сети, м
Детальные разведочные работы, категория А	Верхнекамское					
	Березниковский участок, пл. Кр. II	3,1	800×400	21	6,8	380×380
	Соликамский участок, пл. Кр. II	2,3	600×300	16	7,0	380×380
	Старобинское					
	Первое шахтное поле, пл. 2, III горизонт	3,6	800×400	22	6,1	410×410
	Второе шахтное поле, пл. 2, III горизонт	2,8	800×400	17	6,0	410×410
	Третье шахтное поле, пл. 2, III горизонт	3,0	800×400	20	6,6	390×390
	Карлюкское	7,2	—	41	5,7	400×400
	Тюбегатанское	5,0	—	30	6,0	410×410
Эксплуатационная разведка, категория А	Верхнекамское					
	Березниковский участок, пл. Кр. II	3,1	400×100	64	21	220×220
	Соликамский участок, пл. Кр. II	2,3	300×100	49	21	220×220
	Старобинское					
	Первое шахтное поле, пл. 2, III горизонт	3,6	400×200	67	—	230×230
	Второе шахтное поле, 2 пл., III горизонт	2,8	400×200	52	—	220×220
	Третье шахтное поле, 2 пл., III горизонт	3,0	400×200	61	—	210×210
	Карлюкское	7,2	—	125	—	220×220
	Тюбегатанское	5,0	—	91	—	230×230

кривой регрессии, приведенной на рис. 61, значения коэффициентов вариации следующие: рассчитаны обычным способом — 9,89, по отклонениям от кривой регрессии после первого сглаживания — 9,74, после второго сглаживания — 8,81, после третьего — 9,58. Все эти значения незначительно отличаются друг от друга, следовательно, координированная изменчивость не влияет на результаты расчета необходимого количества выработок.

Из рис. 61 видно, что содержание хлористого калия не постоянно. Расстояние между точками перегибов кривой регрессии

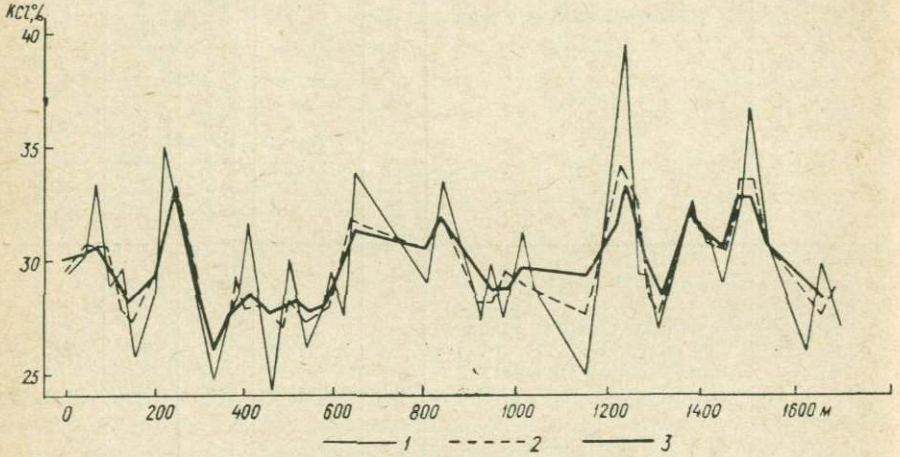


Рис. 61. Линии регрессии содержания хлористого калия по широтным штрекам Соликамского рудника.

1 — содержание хлористого калия по данным опробования, *2* — после первого приема сглаживания, *3* — после второго приема сглаживания.

колеблется от 25 до 400 м. Разница значений максимальных и минимальных содержаний хлористого калия по представленным кривым регрессии составляет 8,4; 8,25; 10%, в то время как разница случайных колебаний содержания хлористого калия достигает соответственно 18,4; 17,4; 24,3%. Влияние координированной изменчивости как бы нивелировано случайной изменчивостью.

Аналогичные данные получены при изучении характера изменчивости содержания хлористого калия в пластах, вскрытых горными выработками на Березниковском шахтном поле и на шахтных полях Старобинского месторождения. Отметим, что метод дает только приближенные значения необходимого количества разведочных выработок. Но его ценность заключается не только в этом. В дальнейшем при решении вопроса о расстояниях между разведочными выработками с учетом различных геологических и горногеологических факторов мы сможем уточнить полученные выводы. При соответствии результатов о необходимых расстояниях между разведочными выработками, полученных различными методами и с учетом различных факторов, решается вопрос о величине вероятной погрешности

определения среднего содержания хлористого калия и запасов калийных солей в зависимости от принятых параметров разведочной сети.

Для обоснования необходимых расстояний между разведочными пересечениями нередко пользуются способом разрежения разведочных выработок [15, 47, 237]. Считается, что он позволяет получить вполне объективные данные. Результаты применения этого способа позволили ряду исследователей разработать практические предложения по методике разведки отдельных месторождений [273, 280]. Однако имеются и возражения против его использования [374]. Основное возражение заключается в том, что полученные с помощью этого способа выводы о плотности разведочной сети переносятся с одного участка месторождения на другие, изменчивость оруденения и геологическое строение которых не изучены. Поэтому и само применение способа теряет смысл. Это возражение нельзя считать достаточно серьезным, так как способ разрежения разведочных выработок используется главным образом для разработки рекомендации по методике разведки на стадии детальных или эксплуатационно-разведочных работ. В этом случае предварительные данные о геологическом строении отдельных участков месторождения уже имеются.

Для обоснования необходимых расстояний между разведочными выработками в условиях Верхнекамского и Старобинского месторождений способ разрежения выработок был использован в двух вариантах. Во-первых, проводилось разрежение пунктов отбора проб по отдельным штрекам, сравнивались между собой средние содержания хлористого калия, вычисленные по максимальному количеству проб и взятые при разрежении через одну, две и т. д. проб. Во-вторых, при разрежении скважин проводилось сравнение запасов калийных солей по отдельным геологическим блокам. В этом случае учитывалось совместное влияние изменчивости содержания хлористого калия и мощности пласта в пределах блока. Результаты показали, что ошибка запасов не превышает 10% при расстояниях между скважинами не более 400 м. При расстоянии между скважинами 200 м ошибка подсчета запасов не превышает 4%. Возможность использования результатов разрежения разведочных выработок, полученных на одном участке месторождения, для разведки других участков определяется по значимости различия изменчивости оруденения этих участков (с помощью известного в математической статистике критерия Фишера). Значимость отличия сравниваемых средних значений компонентов на различных участках определяется с помощью критерия Стьюдента.

Доверительные пределы, в которых находится истинное значение разности двух средних, определяется как

$$(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \pm t\sigma_m,$$

где $\bar{x}_1$ — среднее содержание компонента, полученное до разрежения разведочных выработок; $\bar{x}_2$ — среднее содержание компонента, полученное после разрежения разведочных выработок; σ_m — средне-

квадратичная ошибка разности средних содержаний компонента; t — критерий Стьюдента (табличное значение).

Учитывая приведенные данные, для разведки месторождения калийных солей первой группы можно рекомендовать следующие расстояния между разведочными пересечениями: для подсчета запасов по категории А — 500 м; категории В — 2000 м; категории C_1 — 4000 м. Приведенные расстояния являются ориентировочными. Все эти методы анализа геологоразведочных данных следует использовать по мере увеличения количества месторождений, вовлекаемых в промышленное освоение, а также при анализе материала при переходе от одной стадии разведки к другой.

Вторая группа месторождений (линзообразные, не выдержанные по мощности, строению и качеству залежи калийных солей). Залежи калийных солей Калуш-Голынского, Стебниковского и Жилянского месторождений по своим морфологическим особенностям относятся к типу линзообразных тел. В разрезе они залегают ярусно, согласно с вмещающими породами, в плане часто перекрывают друг друга.

Линзы калийных солей в пределах месторождений, как правило, группируются отдельными участками (от 1 до 10 линз и более). В плане имеют сложное очертание; их размеры по простиранию 0,3—4 км, по падению — до 1,0 км; мощность 1,5—3,5, иногда 100—120 м. Часто наблюдаются раздувы и пережимы мощности. Углы падения линз калийных солей изменяются от нескольких градусов до 80°.

По своему составу залежи калийных солей месторождений второй группы также резко отличаются от месторождений первой группы. Залежи преимущественно представлены сульфатными солями, однако встречаются и хлориды (сильвин, карналлит). Отдельные линзы могут быть сложены смешанными солями (чередованием сульфатных и хлоридных солей).

Минеральный состав месторождений этой группы достаточно разнообразен. В предкарпатских месторождениях установлены почти все соляные минералы. Жилянское месторождение сложено преимущественно полигалитом, меньше распространен сильвин.

В дальнейшем, при обосновании параметров разведочной сети, в основном будут использованы данные по Стебниковскому и Калуш-Голынскому месторождениям в связи с тем, что эти месторождения вскрыты большим количеством подземных горных выработок и достаточно детально изучены.

Разведка месторождений калийных солей второй группы проводится буровыми скважинами, расположенными по профилям. На стадии предварительной разведки расстояния между профилями изменяются от 500 до 1200 м, а между скважинами по профилям — от 200 до 500 м. На стадии детальной разведки расстояния между профилями уменьшаются до 300—500 м, а между скважинами на профилях — до 150—250 м. Профили скважин ориентируются вкрест основных простираний калийной залежи.

Если принятые на стадии предварительной разведки параметры разведочной сети в целом обеспечивают выяснение общих черт

геологического строения месторождения и качество руд, то принятые методы детальной разведки, как уже отмечалось, часто не позволяют получить необходимые данные для успешного проектирования и эксплуатации месторождений. В связи с этим следует более подробно остановиться на обосновании расстояний между разведочными пересечениями на стадии детальной разведки.

Обоснование необходимых расстояний между разведочными пересечениями для получения сведений о качестве калийных солей и мощности линз. Несущественное отличие распределений окиси калия и мощности в промышленных линзах калийных солей от нормальных позволяет воспользоваться ранее рассмотренными в формуле (9) положениями математической статистики для ориентировочного расчета необходимых расстояний между разведочными пересечениями, погрешности определения средних показателей и запасов в объемах отдельных блоков.

Для условий Стебниковского и Калуш-Голынского месторождений исследована изменчивость содержаний окиси калия и мощности как по падению, так и по простиранию линз (пластов) калийных солей (табл. 41).

Таблица 41

Изменчивость содержаний окиси калия

Месторождение, линзы (пласты)	Величины среднеквадратичных отклонений			
	мощности, м		содержание K_2O,%	
	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
Стебниковское:				
пласт 7	7,49	7,55	0,80	0,77
пласт 13	13,04	11,90	0,65	0,67
пласт Основной	12,00	12,79	0,78	0,73
Калуш-Голынское:				
каинитовая линза Северного поля	9,80	9,69	1,40	1,32
сильвинитовая линза Хотинского поля	6,78	6,94	3,21	3,43
Линза ЛК-1	8,32	9,21	0,93	0,87

Количество запасов в блоке, ограниченном двумя параллельными сечениями, подсчитывается по формуле

$$Q = \left(\frac{C_1 + C_2}{2}\right)\left(\frac{S_1 + S_2}{2}\right) hd, \qquad (13)$$

где Q — запасы подсчитываемого компонента, т, S_1, S_2 — площади в параллельных сечениях, м²; C_1, C_2 — средние содержания компонента, %, в соответствующих сечениях; d — объемная масса руды, т/м³; h — расстояние между параллельными сечениями.

Если пренебречь техническими ошибками в определении величин, входящих в формулу (13), а также погрешностями в определении d и h, которые при желании можно свести к 2—3%, то погрешность определения количества запасов будет зависеть от точности определения среднего содержания окиси калия и площадей параллельных сечений.

Погрешность подсчета запасов, исходя из формулы (13) и теоремы сложения дисперсий, можно записать в виде

$$\sigma_Q = \left(\frac{\sigma^2_{\bar{C}1} + \sigma^2_{\bar{C}2} + 2r_{\bar{C}1\bar{C}2}\sigma_{\bar{C}1}\sigma_{\bar{C}2}}{2}\right) + \left(\frac{\sigma^2_{\bar{S}1} + \sigma^2_{\bar{S}2} + 2r_{\bar{S}1\bar{S}2}\sigma_{\bar{S}1}\sigma_{\bar{S}2}}{2}\right), \qquad (14)$$

где $\sigma_{\bar{C}1}$ и $\sigma_{\bar{C}2}$ — погрешности определения средних содержаний окиси калия в параллельных сечениях; $r_{\bar{C}1\bar{C}2}$ — коэффициент корреляции средних содержаний; $\sigma_{\bar{S}1}$ и $\sigma_{\bar{S}2}$ — погрешности определения площадей; $r_{\bar{S}1\bar{S}2}$ — коэффициент корреляции площадей.

Содержания окиси калия в параллельных сечениях, как правило, независимы. Для отдельных линз (пластов) калийных солей существует определенная зависимость величин мощностей пластов в соседних параллельных сечениях. Например, для пласта 13 Стебниковского месторождения величина коэффициента корреляции при расстояниях между сечениями 27 м — +0,87, при расстояниях 54 м — +0,76, при расстояниях 81 м — +0,56. При бóльших расстояниях реальная связь мощностей отсутствует.

Учитывая, что изменчивости признаков по простиранию и падению пластов близки между собой, а среднеквадратичные отклонения признаков в параллельных сечениях отличаются незначительно, формулу (14) можно записать в виде

$$\sigma^2_Q = \sigma^2_{\bar{C}} + \sigma^2_{\bar{S}} \qquad (15)$$

или, если существует зависимость мощностей в соседних параллельных сечениях, в виде:

$$\sigma^2_Q = \sigma^2_{\bar{C}} + \sigma^2_{\bar{S}} + \sigma^2_{\bar{S}} r_{\bar{S}1\bar{S}2}. \qquad (16)$$

Используя формулы (15) и (16), нетрудно определить погрешность подсчета запасов в блоке, ограниченном параллельными сечениями. Соответственно она выражается в виде

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma^2_{\bar{C}} + \sigma^2_{\bar{S}}} \qquad (17)$$

или в виде

$$\sigma_Q = \sqrt{\sigma^2_{\bar{C}} + \sigma^2_{\bar{S}} + \sigma^2_{\bar{S}} r_{\bar{S}1\bar{S}2}}. \qquad (18)$$

Учитывая принятую систему разработки месторождений второй группы (камерами, располагаемыми вкрест простирания залежи) и постоянную высоту камеры (60 м), можно принять, что два размера блока подсчета запасов неизменны, а меняется только третий

размер, обусловленный расстоянием между параллельными сечениями (ортами или линиями разведочных скважин).

В табл. 42 приведены расчетные погрешности подсчета запасов в блоках, ограниченных параллельными сечениями, а также фактические погрешности, полученные по данным эксплуатации.

Таблица 42

Относительная погрешность подсчета запасов, %

Пласт, линза	Расстояния между разведочными сечениями, м						
	27	54	108	162	216	270	324
Стебниковское месторождение							
Пласт 7							
расчетная	4,1	6,0	7,7	13,4	—	—	—
фактическая	3,8	5,2	9,5	8,0	—	—	—
Пласт 13							
расчетная	5,6	8,3	11,6	14,0	17,7	22,8	—
фактическая	5,1	5,7	7,0	5,9	10,0	21,2	—
Калуш-Голынское месторождение							
Сильвинитовая линза (Хотинское поле)							
расчетная	4,5	10,0	13,0	13,2	15,0	16,4	18,0
фактическая	5,8	8,3	12,5	9,7	13,9	12,7	19,0
Каинитовая линза (Северное поле)							
расчетная	5,7	11,8	15,4	21,3	23,1	21,8	23,4
фактическая	5,2	7,0	12,3	16,9	15,4	18,0	17,8

Используя данные табл. 42, можно сделать вывод о том, что на стадии детальных разведочных работ расстояния между разведочными пересечениями должны быть в интервале 108—162 м, а при эксплуатационной разведке не должны превышать 27 м. Принятые в расчете расстояния между разведочными пересечениями кратны 27 м, исходя из того, что расстояние между осями соседних эксплуатационных камер равно этому расстоянию.

Расчетные погрешности подсчета запасов могут быть при некоторых расстояниях между разведочными пересечениями завышены в том случае, если значения мощности или содержания окиси калия не являются величинами независимыми.

Для установления зависимости значений параметров в соседних разведочных пересечениях и ориентировочного определения расстояний между разведочными пересечениями можно воспользоваться математическим аппаратом стационарных случайных функций. Сжатой характеристикой случайного процесса является корреляционная

функция. Она выражается через корреляционный момент соответствующих сечений случайной функции и определяет степень их связи в зависимости от расстояний между сечениями. Используя корреляционную функцию для характеристики изменчивости геологических параметров, следует помнить, что разведочное пересечение не может быть повторено несколько раз в заданном месте, поэтому, предполагая стационарность процесса, мы приравниваем вид корреляционной функции к виду реализации. В этом случае нормированная корреляционная (автокорреляционная) функция имеет вид

$$R(h)=\frac{\left\{\sum_{0}^{n}(x-\bar{x})\,[(x+h)-\bar{x}]\right\}}{\sigma_{x^2}(n-1)}, \qquad (19)$$

где n — число сечений случайной функции (число разведочных пересечений); x — переменная величина (содержание окиси калия или мощность пласта); $\bar{x}$ — оценка среднего значения переменной величины; h — расстояние между разведочными пересечениями, м; σ_{x^2} — постоянная дисперсия случайной функции.

Максимально допустимым расстоянием между разведочными пересечениями следует считать начало перехода значений автокорреляционной функции в отрицательную область или стабилизацию ее значений. Это расстояние соответствует половине периода основных колебаний случайной функции.

Автокорреляционные функции по мощности линз и содержанию в них окиси калия были рассчитаны по линзам 7, 9, 13 и Основной Стебниковского месторождения, сильвинитовой линзе Хотинского поля, каинитовой линзе Северного поля и линзам ЛК-1, ЛК-2 Калуш-Голынского месторождения. Для некоторых залежей калийных солей автокорреляционные функции обладают определенным радиусом корреляции по мощности и по содержанию окиси калия (линза 13, каинитовая и сильвинитовая линзы, рис. 62), для других залежей радиус корреляции выражен нечетко или вообще отсутствует (линзы 7, 9, рис. 63). Величина радиуса корреляции по мощности изменяется в пределах 100—120 м, по содержанию окиси калия 70—140 м.

Исследование изменчивости качества калийных солей. Результаты разведки месторождения после оценки его промышленной значимости должны давать необходимые данные для принятия решения о параметрах рудника и обогатительной фабрики, т. е. давать возможность оценить качество руды, в определенных объемах поступающей непрерывно на переработку. Это необходимо для создания проекта комплекса рудник — фабрика, который отвечал бы природным закономерностям в рудном теле, т. е. позволил бы получать необходимые объемы руды определенного качества.

В соответствии с этим задачи детальной и эксплуатационной разведки необходимо решать с учетом уровня развития перерабатывающей техники, которая диктует допустимые погрешности при количественной оценке запасов и их качества в определенных объемах. В силу невозможности получить заранее точное представление

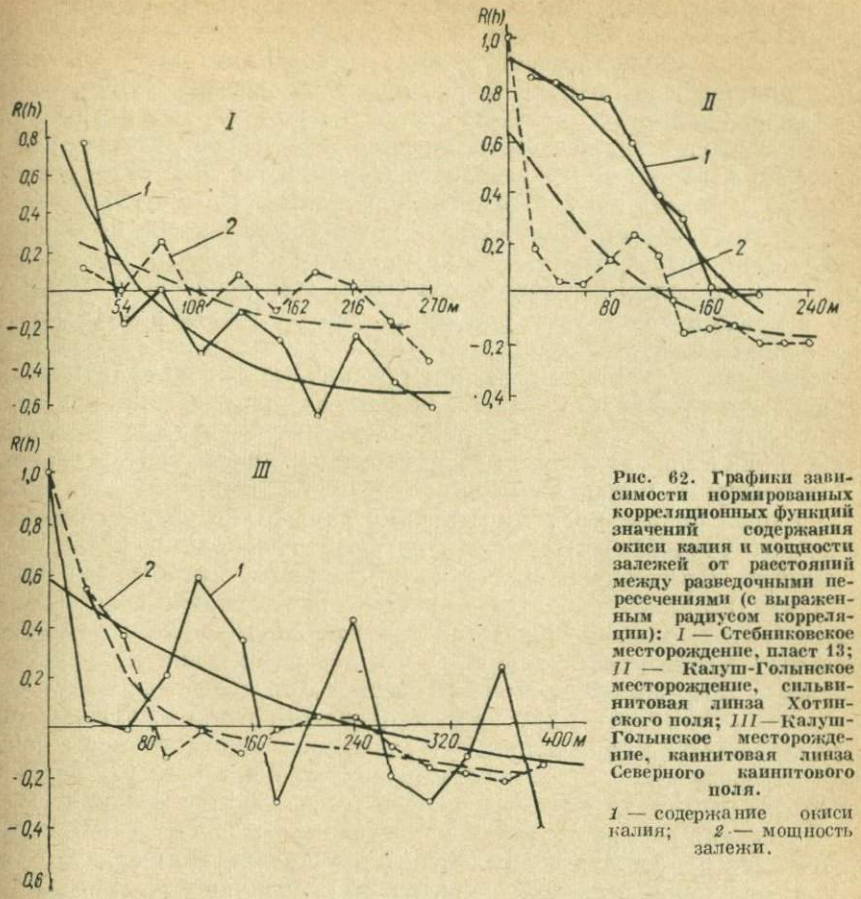


Рис. 62. Графики зависимости нормированных корреляционных функций значений содержания окиси калия и мощности залежей от расстояний между разведочными пересечениями (с выраженным радиусом корреляции): *I* **— Стебниковское месторождение, пласт 13;** *II* **— Калуш-Голынское месторождение, сильвинитовая линза Хотинского поля;** *III* **— Калуш-Голынское месторождение, каинитовая линза Северного каинитового поля.**

1 — содержание окиси калия; *2* — мощность залежи.

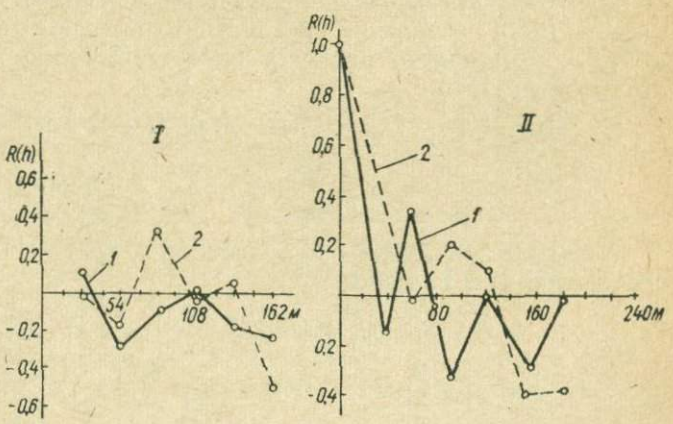


Рис. 63. Графики зависимости нормированных корреляционных функций значений содержания окиси калия и мощности залежей от расстояний между разведочными пересечениями (с невыраженным радиусом корреляции): *I* **— Стебниковское месторождение, пласт 7;** *II* **— Калуш-Голынское месторождение, восточная часть каинитовой линзы.**

1 — содержание окиси калия; *2* — мощность залежи.

о свойствах рудного тела в каждой точке (100%-ный прогноз) возникает вопрос о модельном (схематическом) его представлении. Модель должна удовлетворять двум требованиям: быть возможно более простой и достаточно точно описывать строение рудного тела.

Залежь калийных солей с точки зрения ее математического описания представляет собой множество точек (проб), каждая из которых описывается определенным вектором свойств. В совокупности точки представляют собой физическую реальность — залежь калийных солей, исследуемую рядом разведочных пересечений, по которым отбираются пробы. В каждой пробе, протяженностью 0,5—2,0 м, определен ее полный минеральный состав (вектор свойств). Появление в каждой точке того или иного вектора свойств — результат наложения множества процессов. При одном и том же составе рапы в солеродном бассейне под влиянием различных факторов (изменения температуры, давления, степени метаморфизации, а также диагенетических и вторичных изменений) теоретически в любой заданной точке может появиться и быть измеренным любой вектор свойств.

Рассмотрим минеральный состав проб, отобранных в ортах камер, пройденных вкрест простирания линзы, как реализацию многомерного случайного процесса, который необходимо исследовать и описать. Прежде чем описывать этот процесс, необходимо выяснить его реальное сходство в разных разведочных пересечениях линзы (ортах), т. е. подобрать алгоритм, который мог бы с какой-то степенью достоверности показать, что две реализации принадлежат одному и тому же случайному процессу. Для этой цели могут служить уже упомянутые автокорреляционные функции, отражающие изменчивость по направлению орта, проверка эквивалентности функций распределения и дисперсии распространения [229], одновременно реагирующие на изменчивость и неравенство средних.

Дисперсия распространения является как бы качественной характеристикой процесса в целом. Если в двух реализациях (двух ортах камер) она меньше какой-то критической величины, то можно считать, что мы имеем дело с двумя реализациями одного процесса. Введем $f(x_i)$ — значения реализации процесса в точках x_i, $i = 1, 2, \ldots, n_i$ одного процесса и соответственно $f(y_j)$, $j = 1, 2, \ldots, n_j$ — другого.

$$\xi_{l,k} = f(x_l) - f(x_k),\ \xi_{j,l} = f(y_j) - f(y_l),\ \xi_{i,j} = f(x_i) - f(y_j);$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} f(x_i),\ \bar{y} = \frac{1}{n_j} \sum_{j=1}^{n_j} f(x_j).$$

Будем искать дисперсию разности $D(\bar{y} - \bar{x})$. После несложных преобразований получим

$$D(\bar{y} - \bar{x}) = \frac{1}{n_i^2 n_j^2} D\left(\sum \xi_{i,j}\right) = \frac{1}{n_i^2 n_j^2} \mathrm{E}\left(\sum \xi_{i,j}\right)^2 =$$

$$= \frac{1}{n_i^2 n_j^2} \sum_{\substack{i,j \\ k,l}} \mathrm{E}\left(\xi_{i,j} \xi_{k,l}\right) = \frac{n}{n_i^2 n_j^2} \sum_{\substack{i,j \\ k,l}} \left[\frac{1}{n_i n_j} \sum_{i,j} \xi_{i,j}^2 - \right.$$

$$-\frac{1}{2n_i^2}\sum_{i,\,k}\xi_{i,k}^2-\frac{1}{2n^2}\sum_{j,\,l}\xi_{j,l}^2\Bigg]=$$

$$=\underbrace{\frac{1}{n_i n_j}\sum_{i,\,j}\xi_{i,j}^2}_{C_3}-\underbrace{\frac{1}{2n_i^2}\sum_{i,\,k}\xi_{i,k}^2}_{C_1}-\underbrace{\frac{1}{2n_j^2}\sum_{j,\,l}\xi_{j,l}^2}_{C_2}; \tag{20}$$

$$i,k\in I;\ j;\ l\in J.$$

Как видно из (20), если мы имеем дело с двумя реализациями одного процесса, то дисперсия распространения незначимо отличается от 0. Можно показать, что дисперсия распространения, распределенная так же, как величина t^2,

$$t=\frac{\bar{y}-\bar{x}}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{n_i}+\frac{\sigma^2}{n_j}}},$$

принадлежит распределению Стьюдента:

$$f_n(t)=\frac{1}{\sqrt{\pi n}}\cdot\frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)}\left(1+\frac{t^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}}.$$

Нас интересует, таким образом, распределение

$$\tau=t^2,$$

$$t_1=-\sqrt{\tau},\quad t_2=+\sqrt{\tau},$$

$$dt_1=-\frac{d\tau}{2\sqrt{\tau}},\quad dt_2=\frac{d\tau}{2\sqrt{\tau}};$$

$$f_n(\tau)=f_n\left(\sqrt{\tau}\right)\frac{d\tau}{2\sqrt{\tau}}+f_n\left(-\sqrt{\tau}\right)\left(-\frac{d\tau}{2\sqrt{\tau}}\right)=$$

$$=\frac{1}{\sqrt{\pi n}}\cdot\frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)\sqrt{\tau}}\left(1+\frac{\tau}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}};$$

$$\int_0^\infty f_n(\tau)\,d\tau. \tag{21}$$

Интеграл мы сводим обратной заменой переменных к интегралу распределения Стьюдента. Отсюда, беря квадраты значений t из таблиц распределения Стьюдента для n_i+n_j-2 степеней свободы и уровня значимости g, получаем критические значения для нашего распределения. При $n>30$ (число проб, отбираемых в ортах, как правило, более 70) распределение t становится близким к нормальному и для 95%-ного уровня значимости можно считать $t_{кр}=1{,}96$ и, значит, $\tau_{кр}=3{,}83$. Таким образом, расчетные значения $D\,(\bar{y}-\bar{x})$

для 95%-ного уровня значимости сравниваются с $\tau_{кр} = 3{,}83$, и мы можем считать, что если расчетные значения $D\ (\bar{y}—\bar{x})$ меньше $\tau_{кр}$, то разности $\bar{y}—\bar{x}$ и $\sigma_x—\sigma_y$ отличаются незначимо от 0 и сравниваемые реализации в первом приближении являются результатом одного процесса. Это значит, что значения среднего содержания и дисперсии по данным опробования одного из сопоставляемых ортов можно перенести на другой и, вероятно, на блок, заключенный между ними.

Можно предположить следующую зависимость дисперсии распространения от расстояния между ортами камер и от стабильности минерального состава линзы по простиранию. При сопоставлении результатов опробования орта (нулевое расстояние между ортами) дисперсия распространения равна нулю. При очень малых расстояниях между ортами пробы в них не являются независимыми, дисперсия распространения мала и растет с увеличением расстояния. На расстоянии больше некоторого r_1, соответствующего радиусу корреляции между соответственными пробами, значение дисперсии распространения перестает увеличиваться при условии стабильности разреза по простиранию. Наконец, начиная с некоторого расстояния r_2, на котором в разрезе начнут появляться заметные изменения, значение дисперсии распространения начнет увеличиваться и тем больше превысит $\tau_{кр}$, чем значительнее будет отличие разреза от первоначального. При крайне нестабильном строении линзы возможно $r_1 = r_2$.

Таким образом, при постепенном изменении свойств разреза по простиранию и падению и достаточно густой сети наблюдений (с точностью, соответствующей заданному критическому уровню), можно по характеру изменения дисперсии распространения определить расстояние r_1, ближе которого не имеет смысла располагать разведочные орты, так как они не несут независимой информации, и r_2, дальше которого разведочные орты располагать не следует, так как возможны большие погрешности в оценке средних.

Изменения дисперсии распространения от расстояний между пересечениями (ортами) линзы Основной на Стебниковском месторождении по окиси калия приведены в табл. 43.

Из данных таблицы следует, что изменчивость окиси калия по простиранию линзы незначительна. Это объясняется тем, что вторичные изменения, значительно изменившие литологический состав линзы, в гораздо более слабой степени сказались на общем балансе окиси калия в разрезе.

Если по окиси калия разрез по простиранию стабилен, то по минеральному составу он совсем иной. В табл. 44 приведены средние величины дисперсий распространения, рассчитанные при различных расстояниях между пересечениями (ортами) линзы Основной в интервале от 9 до 26 камеры (по вентиляционному горизонту). Данные табл. 44 показывают, что даже при расстоянии между разведочными пересечениями 25 м встречаются компоненты (H_2O,

Таблица 43

Изменение дисперсии распространения

Горизонт вентиляционный		Горизонт промежуточный		Расстояния между пересечениями, м
Номер камеры	Дисперсия распространения	Номер камеры	Дисперсия распространения	
9, 10	1,27	9, 10	0,89	25
19, 20	0,19	19, 20	0,00	25
20, 22	1,35	20, 22	1,64	50
		10, 14	0,24	100
		14, 15	0,09	25
		18, 19	1,54	25
		15, 18	1,15	75
		9, 22	2,17	325

Таблица 44

Средние значения дисперсии распространения

Минералы компоненты	Расстояния между пересечениями, м												
	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	400
Галит	3,55	1,95	5,50	2,20	2,60	5,40	12,0	6 00	4,80	1,40	11,60	16,50	25,00
Сильвин . . .	6,15	9,13	10,50	2,90	3,50	7,90	15,0	4,30	1,60	18,20	9,70	10,00	14,1
Каинит . . .	1,42	0,93	3,10	1,60	2,00	2,70	0,80	3,60	5,80	8,30	3,60	6,00	6,20
Лангбейнит . .	1,62	0,82	4,10	1,30	1,90	1,20	1,50	4,50	6,70	5,70	2,30	2,20	0,40
Шенит	1,80	0,70	0,50	2,05	2,00	1,30	2,00	2,70	1,90	0,20	1,90	2,70	0,10
Эпсомит . . .	2,55	6,20	18,00	9,20	8,50	9,60	22,00	14,20	13,00	27,30	6,90	5,60	2,60
Кизерит . . .	5,24	2,30	14,5	4,80	4,40	17,5	29,00	7,70	1,50	23,10	18,10	16,70	29,4
Полигалит . .	1,72	0,46	3,60	0,90	2,80	3,1	4,10	0,90	1,60	11,00	3,10	0,05	0,40
Ангидрит . . .	0,92	0,04	2,80	3,70	1,00	1,7	10,00	4,80	6,00	15,40	2,30	3,10	0,30
Карналлит . .	1,05	2,40	1,70	0,60	1,20	3,2	2,90	0,60	2,00	0,03	4,10	1,70	1,07
H_2O	4,01	3,60	4,70	2,30	3,70	1,8	1,70	2,50	3,80	6,20	5,60	7,00	1,80
Н. о.	1,25	0,20	1,80	1,20	0,90	2,3	1,80	3,50	2,90	2,70	3,00	1,20	2,90

кизерит, сильвин), значения дисперсий распространения по которым больше критического.

В связи с этим определенный интерес представляют данные экспериментального опробования нормальных сечений линзы калийных пород в штреке ЛК-1 (горизонт +140 м) Восточного поля Калуш-Голынского месторождения. Нормальные сечения опробованы через 2, 4, 8, 10 и 12 м. Рассчитанные по ним значения дисперсий распространения приведены в табл. 45.

Данные таблицы показывают, что при максимальном расстоянии между разведочными пересечениями 12 м ни для одного минерала величина дисперсии распространения не превышает критической (3,83), для некоторых равна или близка к нулю. Аналогичные расчеты были приведены по 4 линзам Стебниковского и 3 линзам Калуш-Голынского месторождений. Результаты их позволяют сделать вывод о значительной изменчивости минерального состава

Таблица 45

Значения дисперсий распространения

Минералы	Расстояния между нормальными сечениями, м				
	2	4	8	10	12
Галит	0,23	0,71	0,03	0,11	0,50
Сильвин	0,01	2,74	0,01	0,04	2,93
Каинит	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Лангбейнит	0,00	1,12	0,13	0,18	1,75
Шенит	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Эпсомит	1,79	3,44	0,01	1,51	2,99
Кизерит	0,63	0,66	0,26	0,14	1,77
Полигалит	0,01	0,82	0,08	0,04	1,08
Ангидрит	0,01	0,04	0,05	0,01	0,00
Карналлит	0,00	2,35	1,08	1,08	1,29

калийных руд Предкарпатских месторождений. Вместе с тем на их основе можно установить ориентировочные расстояния, на протяжении которых по простиранию линзы можно прогнозировать средние содержания минералов в ее нормальном сечении. Ниже приведены расстояния r_1 (на протяжении которых прогнозировать среднее содержание минералов по простиранию можно с погрешностью, определяемой по остаточной дисперсии вокруг линии регрессии, полученной по содержаниям минералов в сечениях) и r_2 (в пределах которых прогнозировать содержания минералов можно с погрешностями среднего, рассчитанными по обычным дисперсиям содержаний минералов в нормальном сечении линзы):

Минералы	r_1, м	r_2, м
Галит	25	50
Сильвин	12	Менее 25
Каинит	50	100
Лангбейнит	25	50
Шенит	25	100
Эпсомит	4	25
Кизерит	4	Менее 25
Полигалит	25	50
Ангидрит	50	75
Карналлит	4	25

На расстояниях, бóльших, чем приведенные выше, прогнозы о среднем содержании минералов в нормальном сечении линзы калийных солей не следует делать вообще, так как в этом случае нельзя обоснованно оценить достоверность и погрешность (мы будем иметь дело с различными статистическими совокупностями, различными минеральными ассоциациями).

Еще бóльшая изменчивость минерального состава наблюдается вкрест простирания линзы калийных солей. По всем минералам многих линз калийных солей были рассчитаны автокорреляционные функции. Вид этих функций различен для различных компонентов.

Учитывая реализации, по которым они построены, все виды автокорреляционных функций можно разделить на пять типов. На рис. 64 представлены примеры автокорреляционных функций этих типов.

Первый тип отражает наличие направленной изменчивости, на которую накладываются случайные колебания значений признака; второй тип — периодической автокорреляционной функции; третий отражает комбинацию периодической и направленной изменчивости; четвертый появляется в случае реализаций с большим количеством периодически следующих нулей — длиннопериодическая автокорреляционная функция; пятый тип — типично стационарная функция, отражающая случайные колебания компонента вокруг среднего.

Процессы первых четырех типов можно представить в виде суммы двух составляющих $c(h)$ и $f(h)$, где $c(h)$ — закономерная (функция тренда), а $f(h)$ — случайная $\in N(0, \sigma)$. Для различных минералов встречаются следующие типы автокорреляционных функций: для галита, лангбейнита, эпсомита, полигалита, ангидрита — все пять типов; сильвина и каинита — 1, 2, 4 и 5; кизерита и нерастворимого остатка — 2, 3, 4 и 5; шенита, карналлита и воды — 4. Тип автокорреляционной функции часто различен уже по данным соседних ортов. Значительно реже он выдержан по простиранию залежи на расстоянии 25—50 м. Для большинства компонентов автокорреляционные функции обладают четко выраженным радиусом корреляции в пределах 5—10 м. Исключение составляют минералы шенит, карналлит и гигроскопическая вода, автокорреляционные функции которых имеют стационарный характер.

Величина радиуса корреляции автокорреляционных функций (5—10 м) позволяет определить необходимые расстояния между скважинами, которые бурятся на разведочных ортах при разведке линзы вкрест ее простирания. Эти расстояния не должны превышать величину радиуса корреляции.

Применение понятия однородных совокупностей к вопросам разведки месторождений калийных солей второй группы. Одной из причин значительных расхождений данных разведки с поверхности земли и данных подземной разведки и эксплуатации является сложность корреляции разрезов продуктивной толщи. Эта сложность вызвана отсутствием надежных маркирующих горизонтов, которые позволяли бы однозначно коррелировать разрезы, вскрытые соседними скважинами или горными выработками. В результате даже при эксплуатации отдельных участков месторождений общее количество рудных тел и их стратиграфическое положение часто остаются неясными.

Приведем показательный пример. По данным разведки с поверхности в пределах участка Новая Голынь было выделено 3 основных рудных тела: пласты ЛК-1, ЛК-2 и ЛК-3. После проходки подземных горных выработок и подземных скважин (до 1966 г.) пласты ЛК-1 и ЛК-2 стали рассматриваться как единое рудное тело ЛК-1-2,

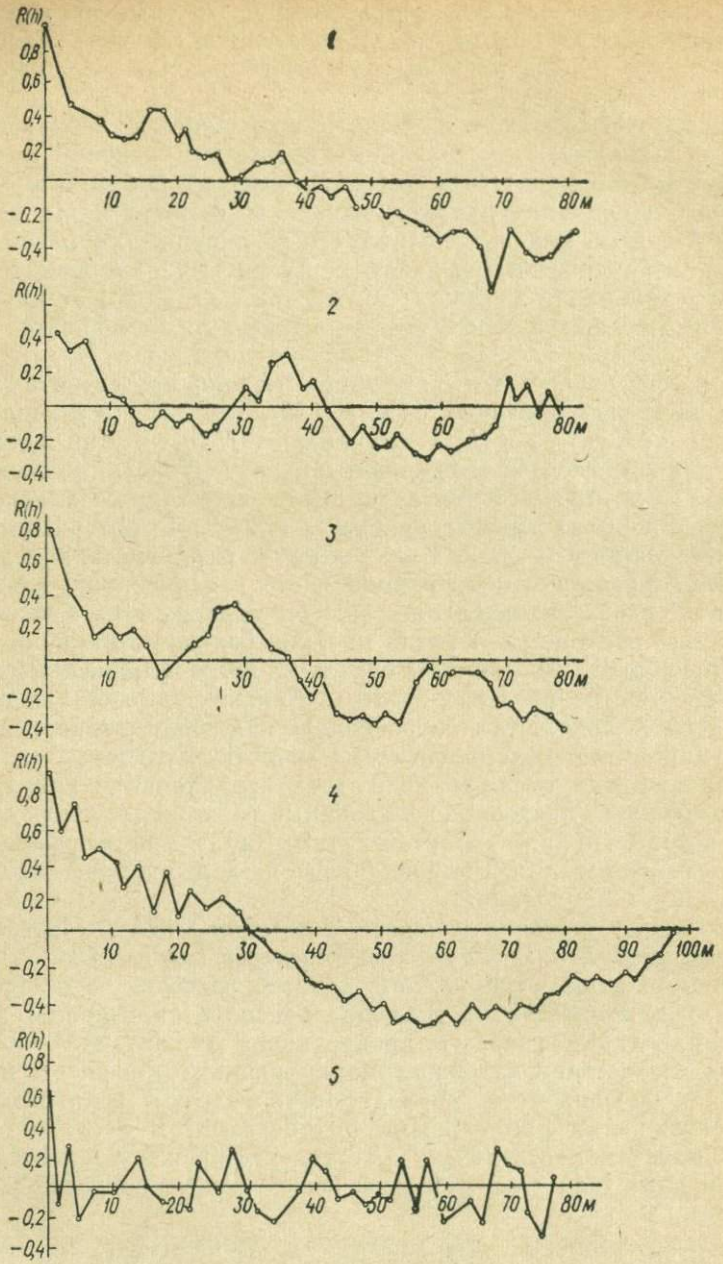


Рис. 64. Графики зависимости нормированных корреляционных функций, характеризующие изменчивость содержаний минералов вкрест простирания залежей калийных солей.

Функции: 1 — направленная, *2* — периодическая, *3* — комбинация направленной и периодической, *4* — длиннопериодическая, *5* — стационарная.

наряду с которым выделяется пласт ЛК-3. В более поздний период после проходки камер 12/3 и 15/3 интерпретация стратиграфического положения рудных тел изменилась. Выход пласта на горизонте +190 в районе штрека ЛК-1 и квершлага 11 стал относиться не к линзе ЛК-1-2, а к вышележащей линзе ЛК-3. Фактически на северо-востоке территории в районе штреков ЛК-2 и ЛК-3 имеются два пласта, в средней части площади (район скв. Кр. 38 и квершлага 3 горизонта +190) — три рудных тела. На юге-западе площади, в районе штреков ЛК-1 и ЛК-3, также три линзы. По-видимому, в восточной части участка существуют две линзы и нижняя в западном направлении разветвляется на две части. От центра участка на запад верхняя часть линзы также разветвляется на две части, и поэтому опять наблюдаются три линзы. Но нет гарантии, что при проходке еще нескольких выработок положение и количество линз калийных солей не окажется иным.

Отсюда ясно, что отсутствие методов надежной корреляции разрезов является одним из факторов, затрудняющих разведку и эксплуатацию месторождений калийных солей. Учитывая это, задачу геологоразведочных работ можно свести к построению однородных совокупностей, обладающих наиболее стойкими характеристиками и функцией, от изменчивости которых зависит плотность разведочной сети.

Впервые задачу о расчленении разреза в математическом виде сформулировал А. Б. Вистелиус [45]. Д. А. Родионов [287] предложил использовать для многомерного признака критерий v_k.

При использовании критерия v_k для выделения статистически однородных совокупностей необходимо соблюдать следующие условия: 1) нормальный закон распределения случайных величин; 2) независимость одномерных случайных величин, образующих векторную строку многомерного признака; 3) равенство дисперсий при любом разбиении множества на группы. Не останавливаясь подробно на достоинствах и недостатках существующего метода выделения однородных совокупностей, отметим, что применительно к калийным солям предкарпатских месторождений условие о нормальности распределения выполняется для таких компонентов, как окись калия, нерастворимый остаток, галит, полигалит, лангбейнит.

Проблема выбора независимых признаков решалась построением подгрупп, в которых признаки значимо связаны между собой, а подгруппы независимы. Из каждой независимой подгруппы выбиралось по одному признаку.

Разграничение разреза на статистически однородные совокупности проводится по максимальному значению v_k [287], которое позволяет выделить такие совокупности T_r ($r = 1, 2, 3, \ldots, n$), разбиение внутри которых на группы T_r^1, T_r^2 не несет никакой дополнительной информации по сравнению с T_r.

Сопоставление двух разрезов, в каждом из которых выделены однородные совокупности, проводится при уровне значимости P, принятом при выделении этих совокупностей. Если для всех

возможных сочетаний по два (по одной совокупности из каждого разреза) значение $v_k > \chi^2_{P_i}$, то можно считать, что разрезы не увязываются и между двумя разведочными пересечениями необходимо третье. В такой ситуации для принятия определенного решения целесообразно использовать последовательный критерий проверки гипотез [25].

Немаловажную роль при использовании метода выделения и корреляции статистически однородных совокупностей имеет выбор уровня значимости P_i. Ясно, что совокупности, построенные при соответствующем уровне значимости P_i, должны обладать максимальной дисперсией свойств, что обеспечивает при дальнейшей корреляции разрезов минимальную погрешность из-за большего количества разведочных пересечений. Мы приняли уровень значимости равным 0,05, так как при меньших его значениях однородную совокупность в отдельных случаях попадал весь разрез, а при бо́льших — интервал, охарактеризованный одной-двумя пробами.

Практическое использование корреляции разрезов по статистически однородным интервалам в условиях Стебниковского и Калуш-Голынского месторождений показало, что этот метод более эффективен, чем широко используемая корреляция по близости литологического состава и среднего содержания окиси калия. Наиболее выдержанные по простиранию однородные совокупности могут быть использованы как маркирующие горизонты. В настоящее время максимальная протяженность выдержанной однородной совокупности в пределах линзы Основной на Стебниковском месторождении составляет 850 м, а линзы ЛК-2 на Калуш-Голынском месторождении — 400 м. Около 90% всех случаев корреляции при уровне значимости 0,05 и относительно допустимом расхождении средних значений параметров $\sigma = 10\%$ происходило при расстояниях между разведочными пересечениями 100—200 м. В 10% случаев корреляция разрезов могла быть осуществлена при расстояниях между ними 25—50 м.

Определенный интерес представляют распределения средних мощностей и содержаний окиси калия по выделенным однородным совокупностям. Мощность совокупностей распределена по логнормальному закону со средним 6 м и дисперсией, равной 5 (рис. 65). Распределение содержания окиси калия можно разделить на две части, в пределах которых оно нормально со средним 2,5 и 9,0% и стандартными отклонениями соответственно 1,2 и 2,0%.

Проведенная проверка показала, что величины мощности и содержания являются независимыми. Это дает возможность рассчитать вероятность встречи совокупности с содержанием полезного компонента больше или меньше заданного или количество одновременно отрабатываемых однородных совокупностей для получения руды заданного состава. Зная параметры системы разработки и среднюю мощность однородной совокупности, можно целенаправленно планировать горные работы (устанавливать количество добычных забоев и т. д.).

Из всего сказанного можно сделать вывод, что для месторождений калийных солей второй группы расстояния между разведочными пересечениями, необходимые для подсчета запасов по категории А, должны быть 100—200 м. В этом случае погрешность подсчета запасов в блоке $200 \times 60 \times M$ составит 10—15% (M — мощность залежи). Для подсчета запасов по категории В расстояния между разведочными пересечениями должны быть около 400 м, а при эксплуатационной разведке — 25—27 м.

Третья группа месторождений (куполо- и штокообразные, сложного строения, с невыдержанной мощностью залежей или содержанием полезных компонентов). Ни одно из месторождений калийных солей, связанных с соляными куполами, детально не разведано, за исключением вскрытого шахтным стволом и подземными горными выработками Индерского месторождения № 99.

Результаты бурения скважин с поверхности на месторождениях Сатимола, Челкарском и Эльтонском и первые результаты горных работ на месторождении № 99 позволяют считать, что основными факторами, определяющими параметры разведочной сети, являются сложное тектоническое строение залежей и значительная изменчивость их мощности. Так, например, углы падения залежи на интервале 50—100 м по вертикали и 200—300 м по горизонтали изменяются от 0 до 90°. Зачастую трудно установить характер дислоцированности залежи по данным скважин, расположенных на расстоянии 50—100 м друг от друга.

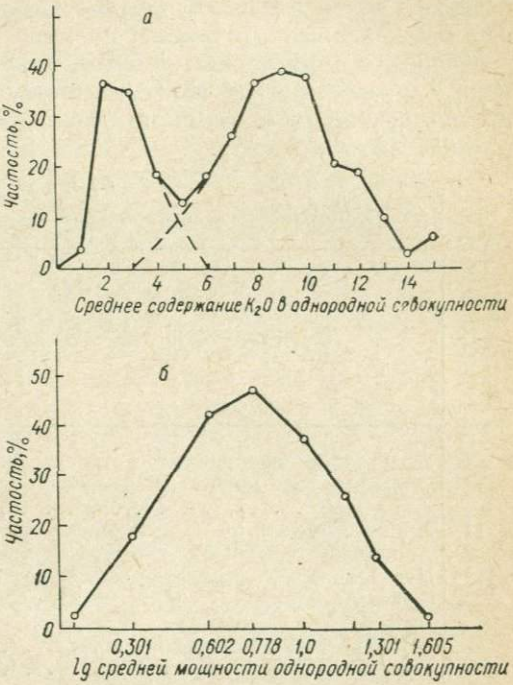


Рис. 65. Распределение средних содержаний окиси калия (*а*) в однородных совокупностях и их средних мощностей (*б*).

Принятый в настоящее время метод поисково-разведочных работ на Эльтонском месторождении охарактеризован выше. На месторождении № 99 залежи калийных солей разведуются штреками, расположенными в висячем или лежачем боку залежи, и ортами, располагаемыми через 100—200 м.

На стадии детальной разведки разведочные пересечения целесообразнее располагать на расстоянии 50—100 м по падению пласта.

Это можно делать горными выработками в комбинации с подземными скважинами. По-видимому, даже при расположении разведочных пересечений на расстоянии 100—200 м по простиранию и 50—100 м по падению не на всех участках окажется возможным классифицировать запасы по категории А. Поэтому приведенные ниже расстояния между разведочными пересечениями, рекомендуемые для разведки месторождений третьей группы, являются ориентировочными и подлежат уточнению по мере накопления опыта разведки.

Обобщая приведенные данные, можно рекомендовать расстояния между разведочными пересечениями, необходимые для подсчета и классификации запасов по различным категориям, приведенные в табл. 46.

Таблица 46

Необходимые расстояния между разведочными выработками, м

Группа месторождений	Характеристика месторождений	Категории запасов		
		А	В	C_1
I	Пластово-линзообразные, относительно выдержанные по мощности и качеству калийных залежей	500	2000	4000
II	Линзообразные, не выдержанные по мощности, качеству и строению залежей калийных солей	100—200	400	800
III	Месторождения калийных солей сложного строения, связанные с соляными куполами и штоками:			
	вкрест простирания	50—100	200	400
	по простиранию	200	400	800

6. Особенности разведки месторождений калийных солей

Если на основании поисковых работ будут сделаны выводы о промышленной значимости месторождения, то переходят к стадии его предварительной разведки. Не всегда геологоразведочная организация на основании анализа результатов поисков самостоятельно может сделать вывод о необходимости проведения предварительной разведки месторождения. Для решения вопроса о возможности будущего промышленного освоения месторождения иногда нужно привлечь специализированную проектную или научно-исследовательскую организацию. Основания для этого могут быть самые различные.

Если уже по данным поисков выявляются весьма сложные тектонические или фациальные условия месторождения, делающие проблематичным его разработку, несмотря на наличие достаточного количества запасов калийных солей высокого качества, необходимо

составлять технико-экономическое обоснования (ТЭО) с оценкой промышленного значения месторождения. Например, сложное тектоническое строение Эльтонского месторождения не позволило, несмотря на несомненные значительные запасы сильвинита высокого качества, выявленные при поисковых работах, приступить к его разведке. Это было сделано только после того, как проектная организация привела в ТЭО убедительные доказательства возможности эксплуатации этого месторождения.

В других случаях необходимость составления ТЭО может быть вызвана недостаточно крупными масштабами месторождения. Производство калийных удобрений — многотонное. Его рентабельность находится в прямой зависимости от мощности предприятия и обеспеченности его запасами на определенный срок. Это обстоятельство привело, в частности, к тому, что по данным предварительной разведки было отрицательно оценено промышленное значение Бориславского месторождения в Предкарпатье. Поэтому обнаруженные при поисках в этом районе Марковское и Россильнянское месторождения, сопоставимые по своим масштабам с Бориславским, предварительно оценивались во ВНИИГ. В результате уже по данным поисковых работ было установлено, что они не являются промышленными, и поэтому разведка этих месторождений не проводится.

Стадия предварительной разведки. Предварительная разведка проводится на месторождениях, положительно оцененных по данным поисковых работ. Эта стадия является особенно ответственной из всего этапа разведочных работ. На основании ее результатов проводится оценка промышленных перспектив месторождения, и оно может быть включено в фонд промышленности.

Цели этой стадии разведки вытекают из необходимости составления технико-экономического доклада (ТЭД) о целесообразности промышленного освоения месторождения. На основании ТЭД государственные плановые органы принимают решение о строительстве конкретных горнорудных предприятий и, как следствие, о проведении на месторождении детальной разведки. По результатам предварительной разведки разрабатываются временные промышленные кондиции на калийные соли и подсчитываются запасы по промышленным категориям В и C_1.

Для оценки перспектив и общих масштабов месторождения могут подсчитываться запасы категории C_2. Они подсчитываются в том случае, если объектом предварительной разведки является все месторождение. Применительно к месторождениям калийных солей это целиком зависит от масштабов месторождения. Если оно представлено несколькими сближенными залежами, то границы предварительной разведки должны охватывать весь район, в пределах которого они размещены. На очень крупных месторождениях калийных солей первой группы объектом предварительной разведки являются отдельные его участки, которые в последующем рассматриваются как шахтные поля будущего горнодобывающего предприятия, границы которых всегда располагаются в пределах предварительно

разведанного участка. В этом случае отпадает необходимость оценки общих перспектив и масштабов месторождения и подсчета запасов категории C_2, уже подсчитанных по данным поисковых работ.

Один из основных вопросов при промышленной оценке месторождения (составлении ТЭД) — предварительная наметка способов и систем разработки месторождения и масштабов добычи. Для этого при предварительной разведке должны быть получены следующие данные:

1) глубина распространения калийных солей, контуры месторождения, безрудные и некондиционные участки;

2) элементы залегания, тектоническое строение, морфология и мощности залежей калийных солей;

3) общий характер и закономерности изменчивости качества и минерального состава залежи калийных солей, их основные генетические типы, их соотношение, дающее основания для решения вопросов комплексного использования месторождения;

4) характеристика качества сырья на основе химических, минералого-петрографических, технологических, технических и других исследований, позволяющих однозначно решить вопрос о возможности промышленного использования калийных солей;

5) общая характеристика горнотехнических условий эксплуатации месторождения (гидрогеологические условия месторождения, мощности водозащитной толщи, промышленных пластов и междупластий, устойчивость и крепость вмещающих пород и калийных солей, их газоносность и водонасыщенность, объемная масса и т. д.).

Все перечисленные сведения, нужные для составления ТЭД, не исключают, а, наоборот, делают совершенно необходимым детальное изучение общегеологических вопросов (стратиграфия, литология и др.) и географо-экономических предпосылок освоения месторождения.

Глубина разведки месторождений калийных солей не превышает 1200 м. Эта величина принята исходя из мирового опыта их подземной разработки. В многочисленных работах ВНИИГ приводятся данные, показывающие, что разработка калийных солей применительно к месторождениям СССР не должна превышать 1000 м. Разработка солей на бóльших глубинах, как правило, нерентабельна и вызывает технические трудности, разрешить которые не всегда возможно. Однако в ближайшие годы калийные соли, вероятнее всего, будут добывать способом подземного выщелачивания. В этом случае требования к глубине разведки могут значительно измениться, как, впрочем, и требования к результатам разведки (а следовательно, и методике) вообще.

При составлении ТЭД может возникнуть необходимость получения дополнительных сведений для однозначного решения о промышленной значимости месторождения. Например, при составлении ТЭД по результатам предварительной разведки Петриковского месторождения калийных солей (БССР) нельзя было установить по имеющимся данным площадь развития сильвинитов с повышенным

содержанием хлористого магния и решить вопрос о комплексном использовании запасов месторождения. Для этого требовались дополнительные технологические испытания руд с повышенным содержанием хлористого магния.

Полученные результаты показали, что сильвиниты с содержанием хлористого магния выше 1,8% плохо флотируются. Содержание хлористого калия в концентрате, полученном из таких руд, не более 80%, а товарное его извлечение не превышает 60%. Рентабельность переработки таких руд ниже современных требований. В связи с этим для детальной разведки была рекомендована площадь месторождения, на которой калийные соли содержат не более 1,8% хлористого магния.

Стадия детальной разведки. Цель этой стадии разведочных работ — получение данных, необходимых для составления проекта эксплуатации месторождения и проекта кондиций на калийные соли.

Детальная разведка проводится на той же площади, где проводилась предварительная, и только в исключительных случаях выходит за ее пределы. В результате детальной разведки часть запасов категорий C_2, C_1 и В переводится в более высокие. Все сведения, получаемые о месторождении на стадии предварительной разведки, на стадии детальной разведки уточняются и детализируются.

Учитывая опыт эксплуатации месторождений калийных солей, можно считать, что только подземные геологоразведочные работы дают необходимые геологические материалы для классификации запасов по категории А. Это утверждение справедливо для всех групп месторождений. Кроме того, нельзя бурить скважины с поверхности земли на расстояниях, приведенных на стр. 266, для категории А, так как это привело бы к значительным потерям сырья в целиках, оставляемых вокруг скважин, и сделало бы невозможным ведение добычных работ.

На основе данных разведки с поверхности очень трудно (а иногда и невозможно) обосновать оптимальные параметры системы разработки и создать эффективные схемы механизации добычных работ. Невозможно также составить оптимальный план отработки руд шахтного поля.

Создание технологии переработки калийных солей и составление регламентов основывается на разведочных данных о содержании полезных и вредных компонентов в рудах, о размещении и изменчивости содержаний компонента в месторождении по пробам малого объема. Самостоятельный технологический интерес представляют более крупные объемы, например объем всего месторождения или участка в пределах шахтного поля.

Технологическая схема переработки и регламент создаются на основании изучения руд, по составу отвечающих средним содержаниям компонентов в пределах всего месторождения (или его участка). В отдельных случаях изучаются пробы, представляющие самостоятельнсе значение из-за различного минералогического

состава, но в любом случае в итоге для проектирования используются средние значения признаков, характеризующие объемы руды, добыча и переработка которой будут осуществляться в течение многих лет (или всего срока эксплуатации месторождения).

Именно это является причиной частых замечаний о несоответствии исходных геологоразведочных данных о составе руд данным, которые характеризуют качество руды за какой-либо период эксплуатации (месяц, квартал). Только при достаточно больших объемах добычи или при незначительной пространственной изменчивости признака объем добываемой руды (за месяц, квартал) по своим качественным показателям будет совпадать со средними значениями признака по всему месторождению.

Качество руды, поступающей на переработку, зависит, во-первых, от ее природных свойств (содержаний компонентов, степени их изменчивости, пространственного размещения типов руд и т. д.), а во-вторых, от горнотехнических показателей работы рудника (объемы суточной добычи, системы разработки, пространственного размещения добычных участков и т. д.). Следовательно, исходные данные для технологического регламента переработки (обогащения) различных солей могут быть получены только после составления проекта горных работ. Геологоразведочные данные в этом случае являются исходными для проекта горных работ. Такой порядок будет гарантировать правильность принимаемых проектных решений, обеспечит стабильную работу обогатительного комплекса и позволит выбирать оптимальные схемы добычи и переработки на уровне комбината, а также решать отдельные технические вопросы (необходимость шихтовального склада, его размеры; обосновывать резервы основного технологического оборудования и т. д.).

Выбор оптимальных схем добычи и переработки возможен на основе математического моделирования качества руд, поступающих на переработку. Сделать это достаточно строго можно только на основании данных детальной подземной разведки. В связи с этим целесообразен следующий порядок ведения разведочных работ и проектирования калийных предприятий.

На основании данных разведки с поверхности с помощью буровых скважин подсчитываются запасы категорий В и C_1 для месторождений первой и второй групп. Для месторождений третьей группы по данным разведки с поверхности запасы подсчитываются, как правило, по категории C_1. На основании запасов категорий В (30%) и C_1 (70%) для месторождений калийных солей первой и второй групп составляется проект вскрытия месторождения и детальной подземной разведки. Технический проект горного и обогатительного комплексов предприятия выдается после проведения детальной подземной разведки и получения следующего соотношения категорий запасов: А—15, В—30, C_1—55%. Для месторождений калийных солей, связанных с куполами, проект вскрытия и детальной подземной разведки допускается составлять на основании запасов категории C_1. Технический рабочий проект горнодобывающего

и обогатительного комплексов составляется после проведения подземной разведки и получения следующего соотношения категорий запасов: А—20, В—40, C_1—40%.

Такой порядок имеет неоспоримые преимущества. Он позволяет осуществлять проектирование и строительство калийных предприятий на основе достоверных горногеологических данных. Это сократит сроки достижения проектных мощностей и уменьшит проектные и строительные переделки.

Стадия эксплуатационной разведки. Эксплуатационая разведка совпадает с началом добычи калийных солей и продолжается до полной отработки шахтного поля. Основная задача эксплуатационной разведки — уточнение геологических данных, полученных в результате предшествующих разведочных работ. Уточняются контуры калийных залежей, горнотехнические условия, качество руды и ее запасы в пределах отдельных эксплуатационных блоков. Данные эксплуатационной разведки позволяют регулировать выдачу руды определенного качества. На их основе осуществляется рациональное планирование масштабов добычи калийных солей из отдельных пластов.

Эксплуатационная разведка проводится одновременно с горноподготовительными работами, поэтому система ее зависит от системы горноподготовительных выработок. Объем эксплуатационной разведки и направление работ определяются геологической службой рудника в ежегодном плане горных работ.

Пункты опробования при эксплуатационной разведке на месторождениях первой группы должны быть расположены в очистных блоках через 200 м, в горноподготовительных — через 400 м. В отдельных случаях для уточнения гипсометрии пласта, границ зон замещений расстояние между разведочными пересечениями сокращается до 50—25 м.

На месторождениях второй группы разведочные пересечения (орты или скважины) располагаются в соответствии с системой разработки на расстоянии 27 м. В разведочных ортах отбираются пробы бороздовые секционные или пробы по литологическим разностям.

В условиях Калуш-Голынского месторождения в блоках, ограниченных штреками вентиляционного и рабочего горизонтов, а также квершлагами и уклонами, пройденными при подземной детальной разведке, на стадии эксплуатационной разведки проходят узкие уклоны (ходы) по почве калийной залежи. Из этих выработок в кровлю по нормали к напластованию бурятся скважины. Необходимое расстояние между скважинами 5—10 м.

7. Пространственное размещение разведочных выработок

При подземной детальной разведке геологоразведочные работы проводятся горнобуровым методом. Горные выработки располагаются в соответствии с принятой системой разработки.

Для месторождений первой группы основным видом горных выработок являются штреки, проходимые по подстилающей каменной соли или пласту калийных солей, из которых вертикально вверх бурят подземные разведочные скважины для пересечения вышележащих пластов калийных солей. Форма сети разведочных пересечений квадратная или прямоугольная.

Для месторождений второй группы для пересечения линз (пластов) калийных солей проходятся квершлаги, из квершлагов — штреки, расположенные по контакту залежи, а из штреков — орты. Штреки и орты расположены на различных горизонтах. По вертикали расстояние между горизонтами 60 м. В условиях Калуш-Голынского месторождения штреки на различных горизонтах соединяются уклонами. Расстояния между разведочными ортами и уклонами должны соответствовать приведенным выше (см. табл. 47). Из штреков вверх и вниз бурятся подземные разведочные скважины для подсечения залежи на выше- и нижележащих горизонтах.

В настоящее время при разведке с поверхности земли скважины чаще всего располагаются по правильной сети: квадратной (Верхнекамское, Старобинское, Карлюкское месторождения), треугольной (Тюбегатанское, Калуш-Голынское) или по линиям профилей (Стебниковское, Жилянское, Эльтонское).

В последние годы опубликовано несколько работ, посвященных исследованию эффективности сети наблюдений при поисках залежей определенных размеров и формы. И. Д. Савинский [292] исследует вероятности обнаружения залежи в зависимости от ее размеров и расстояний между пунктами наблюдений, расположенных по квадратной сети. По А. М. Шурыгину [378], для обнаружения залежей круглой формы треугольная поисковая сеть эффективнее, если расстояние между пунктами наблюдений меньше диаметра залежи. При бóльших расстояниях между пунктами наблюдений форма сети наблюдений безразлична. Этот вывод сделан им при наблюдениях по правильной треугольной или квадратной сети и равенстве сторон квадратов и треугольников. Несколько позднее И. П. Цареградский [360] пришел к выводу об оптимальности ромбической поисковой сети для обнаружения любого выпуклого объекта. В упомянутых работах критерием оптимальности формы поисковой сети является максимизация вероятности обнаружения объекта.

Однако для оценки эффективности формы поисковой сети этого критерия недостаточно. Вероятность обнаружения объекта при той или иной форме поисковой сети в этом случае оценивается при неизменных расстояниях между двумя соседними наблюдениями. Не менее важным критерием оптимальности является минимизация количества наблюдений, необходимых для обнаружения объекта с заданной вероятностью.

Например, на определенной площади поисков необходимо обнаружить рудное тело. Скважины бурятся на одинаковую глубину. Известно, что сечение рудного тела на этой глубине имеет круглую

форму. Необходимо выбрать оптимальный вариант расположения скважин.

Для обнаружения круга радиусом R с вероятностью $P = 1$ необходимые расстояния между скважинами должны быть меньше или равны стороне фигуры, вписанной в окружность радиуса R.

Если скважины расположены по квадратной сети, то расстояние между ними a_1 должно быть не более стороны вписанного квадрата:

$$a_1 \leqslant 1{,}414R.$$

При треугольной поисковой сети расстояние между скважинами должно быть не более стороны равностороннего вписанного треугольника:

$$a_2 = 1{,}732R. \tag{22}$$

Следовательно, $a_2 = 1{,}225a_1$.

Предположим, что поиски ведутся на площади, имеющей форму квадрата со стороной, равной 1. Тогда в случае размещения скважин по квадратной сети при расстоянии между ними, равном a_1, на каждой стороне площади поисков будет размещено $(1/a_1 + 1)$ скважин. Общее необходимое количество поисковых скважин составит

$$N_1 = \left(\frac{1}{a_1} + 1\right)^2 = \frac{(a+1)^2}{a_1^2}. \tag{23}$$

При расположении скважин по треугольной поисковой сети на одной стороне площади поисков должно быть размещено $(1/a_2 + 1)$ скважин, а на перпендикулярной стороне $(1/0{,}866a_2 + 1)$. Общее необходимое количество поисковых скважин в этом случае составит

$$N_2 = \left(\frac{1}{a_2} + 1\right) \cdot \left(\frac{1}{0{,}866a_2} + 1\right) = \frac{(1 + 0{,}933a_2)^2}{0{,}866a_2^2}. \tag{24}$$

Заменив в выражении (24) a_2 на $1{,}225\,a_1$, получим

$$N_2 = \frac{(1 + 1{,}143a_1)^2}{1{,}299a_1^2}. \tag{25}$$

На основании выражений (24) и (25) нетрудно установить необходимое количество наблюдений в зависимости от формы разведочной сети в том случае, если расстояния между поисковыми скважинами составляли 1,0; 0,5; 0,25 ... части стороны квадрата площади поисков. Результаты расчетов:

Расстояние между разведочной скважиной, составляющее часть стороны квадрата площади поисков (a)	1,00; 0,50; 0,25; 0,125; 0,0625
Необходимое количество скважин при квадратной поисковой сети, шт.	4,00; 9,00; 24,96; 81,08; 289,50
Необходимое количество скважин при правильной треугольной сети, шт. . . .	3,54; 7,63; 20,34; 65,00; 229,40

Данные показывают, что равносторонняя треугольная поисковая сеть по количеству наблюдений, необходимых для обнаружения объекта, является оптимальной.

Вероятность подсечения круглого объекта при расстояниях между пунктами наблюдений, бóльших, чем стороны вписанного в круг равностороннего треугольника, равна отношению площади (или стороны) вписанного треугольника к площади (или стороне) треугольника, являющегося элементом применяемой поисковой сети. Выводы, полученные для круглого объекта, справедливы и для эллипса, так как в этом случае мы имеем дело с простым аффинным преобразованием круга и поисковой треугольной сети. Расчет оптимальных параметров поисковой сети рассмотренным способом очень прост и не требует значительных вычислений.

Пример. На площади 7 км² необходимо с вероятностью, равной 1, обнаружить залежь размером 200 × 1000 м. Нужно рассчитать оптимальные параметры треугольной сети и определить потребное для этого количество скважин.

Согласно выражению (22) расстояние между скважинами вкрест простирания залежи

$$A = 100 \cdot 1{,}732 = 173{,}2 \text{ м}.$$

Расстояние между профилями B равно высоте равностороннего треугольника, вписанного в круг радиуса 500 м. Сторона такого треугольника согласно выражению (22)

$$a = 1{,}732 \cdot 500 = 866 \text{ м}.$$

Высота равностороннего треугольника равна 0,866 его стороны, т. е. $B = 750$ м. Площадь, приходящаяся на одну скважину,

$$0{,}173 \cdot 0{,}750 = 0{,}13 \text{ км}.$$

Необходимое количество скважин

$$n = \frac{7{,}00}{0{,}13} = 53{,}8.$$

8. Опробование залежей калийных солей

Опробованию подлежат все калийные пласты, вскрываемые скважинами или горными выработками. В соответствии с этим отбираются керновые или бороздовые пробы. Основные виды опробования при разведке месторождений калийных солей — химическое и технологическое. При химическом опробовании состав и качество калийных и магниевых солей устанавливаются в результате химических анализов. При технологическом опробовании, наряду с изучением вещественного состава пробы, проводятся технологические испытания, на основании которых устанавливаются способ и схема технологической переработки руды при последующем ее промышленном использовании. Наряду с этим обязательно отбираются пробы для установления объемной массы солей. Если месторождение предполагается разрабатывать методом подземного выщелачивания, то отбирают также пробы (монолиты или столбики керна) для изучения условий растворения.

Пункты опробования располагаются в соответствии с методикой и системой разведочных работ. Соляную толщу опробуют на всю мощность. Кроме калийных пластов опробуют и породы междупластий, представленных солями или иными породами с примесью солей. Должны быть опробованы также и породы, покрывающие и подстилающие промышленную калийную зону, в интервале 8 м выше и ниже контактов с промышленными пластами.

Обычно бороздовые или керновые пробы отбирают послойно или секционно, если по составу солей интервал опробования однороден. Длина послойных проб, как правило, в пределах 0,5—2,0 м, длина секционных проб иногда может достигать 5 м. Пробы для химических анализов от керна соляных пород на практике отбирают различными способами: высверливанием или распиливанием по оси керна и сбором получающегося порошка, раскалыванием керна вдоль оси, а при эксплуатационной разведке в пробу берется весь керн опробуемого интервала.

При опробовании пластов калийных солей в разведочных штреках используют бороздовый способ. Сечение борозд принимается 3×2 или 6×3 см. Борозды задают в направлении, нормальном к поверхности наслоения. Бороздовые и керновые пробы обрабатываются раздельно и считаются равноправными.

Особое внимание следует обращать на достаточный выход керна при бурении разведочных скважин в соляных породах. В настоящее время в инструктивных материалах обоснованно выдвинуто требование о том, чтобы при бурении в толще каменной соли, сильвинита, калийно-сульфатных пород выход керна был не менее 85, а в карналлитовой породе не менее 75%.

Пробы калийных солей обрабатывают по схеме, рассчитанной на основании уравнения $Q = 0{,}1d^2$. Для некоторых полиминеральных калийных солей изменчивого состава коэффициент в уравнении может быть принят равным 0,2.

При сокращении проб перемешивание их осуществляется либо способом кольца и конуса, либо путем трехкратного просеивания через сито с диаметром отверстий, в 3 раза бóльшим, чем поперечные размеры самых крупных частиц пробы.

Лабораторная проба должна иметь вес не менее 50 г при крупности частиц не более 0,5 мм. Такой же вес и крупность частиц должен иметь ее дубликат. Пробы сильвинита и каменной соли хранят в пакетах из плотной бумаги, а пробы, взятые от гигроскопичных пород (карналлит) или подвергающихся воздействию влаги, лучше хранить в герметически закрывающейся стеклянной посуде.

Во всех пробах, отобранных из зоны калийных пород химическим путем, определяют содержание SO_4, Cl, Ca, Mg, K, гигроскопической и кристаллизационной воды и не растворимого в воде или HCl остатка. Натрий, как правило, определяют расчетным путем. В пробах, отобранных на стадиях предварительной и детальной разведки, определяют также бром и рубидий. На стадии эксплуата-

ционной разведки послойные или секционные пробы анализируют, как правило, только на K, Mg и нерастворимый глинистый остаток.

Для контроля химических анализов геологических проб следует систематически осуществлять внутренний и внешний контроль. С целью внутреннего контроля 10—15% всех проб необходимо анализировать в лаборатории, проводящей химические анализы повторно. Цель внутреннего контроля — обнаружение случайных ошибок в результатах анализов.

Внешний контроль проводится для обнаружения систематических ошибок в результатах анализов, характеризующих качество руды в отдельных блоках или участках. На внешний контроль следует направлять не менее 25—30 проб ежегодно. При обнаружении систематической ошибки в результатах анализов в средние содержания компонентов следует вводить поправки. Поправки вводятся по уравнению регрессии, рассчитанному по результатам основных и контрольных анализов.

Если ошибка уравнения регрессии больше 0,4 случайной допустимой ошибки анализа, то использовать результаты химических анализов нельзя. В этом случае дубликаты контрольных проб должны быть направлены в арбитражную лабораторию, более квалифицированную, чем основная и контрольная.

9. Геофизические исследования при поисках и разведке месторождений калийных солей

В комплексе геологических исследований соленосных серий на всех стадиях поисков и разведки месторождений калийных солей применяются геофизические методы разведки: полевая геофизика, каротаж скважин и рудничная геофизика. Сведения о теоретических предпосылках, аппаратуре, методике полевых наблюдений и интерпретации данных различных методов полевой геофизики изложены в монографиях и методических руководствах [89, 310, 316, 330].

На предпоисковой и поисковой стадиях при ревизии материалов ранее проведенных геолого-геофизических работ нефтяников и проведении первых опытно-производственных исследований в изучаемом регионе ставится широкий комплекс задач:

а) установить наличие соленосных отложений, в том числе и калийных солей;

б) осуществить привязку опорных геофизических горизонтов к соленосной части разреза и вмещающим ее комплексам пород;

в) выявить площадь развития соленосных отложений, уточнить общую характеристику соляных залежей;

г) изучить поведение кровли и подошвы соляных залежей, внутрисолевых границ и зон возможных тектонических нарушений;

д) дать прогноз калиеносности по прямым признакам или по косвенным показателям (существенное возрастание мощности отдельных циклов соленакопления и др.);

е) проследить выявленные бурением промышленные калийные

горизонты или перспективные в отношении промышленной калиеносности части разреза для установления наиболее перспективных участков поискового бурения.

Полевыми геофизическими методами могут быть зафиксированы собственно соленосная толща, повышенно минерализованные рассолы — продукты подземного выщелачивания солей, обычно накапливающиеся вблизи кровли соляной толщи, сульфатные породы, которые на соседних площадях могут фациально переходить в мощную соленосно-калиеносную толщу, а также ореолы калия в наносах.

Поверхность соли или плотных разностей гипсо-ангидритовых пород по своим физическим параметрам является опорным горизонтом аномально высокого электрического сопротивления, средой с аномальными геоакустическими свойствами (граничная скорость 4000—4600 м/сек в солях и до 5200 м/сек в ангидритах). Мощные скопления солей в виде пластовых линз, соляных антиклиналей и куполов вследствие пониженной плотности соли ($\sigma = 2{,}0 \div 2{,}15$ г/см^3) относительно вмещающих ее пород (2,2—2,4 г/см^3 и более) выделяются отрицательными аномалиями силы тяжести и соответствующим поведением векторов высших ее производных. Наличие повышенно минерализованных рассолов вблизи поверхности соляной толщи фиксируется по данным электроразведки как среда повышенной электрической проводимости.

Таким образом, задачу обнаружения и прослеживания соленосных отложений можно решать в условиях пластовой залежи или субгоризонтально залегающих линз средней мощности (несколько десятков метров) по данным сейсморазведки (корреляционный метод преломленных волн — КМПВ) и электроразведки (методы вертикального зондирования — ВЭЗ и магнитотеллурических токов — ТТ) В условиях развития мощной соленосной толщи, наличия соляных антиклиналей и куполов дополнительно используются методы сейсморазведки МРНП (метод регулируемого направленного приема), МОВ (метод отраженных волн) и гравиразведка.

Для изучения гипсометрии поверхности соляной толщи при наличии опорных отметок глубин ее залегания в отдельных скважинах используются данные сейсморазведки КМПВ, МРНП и МОВ (относительная погрешность определения от 2—3 до 20% и более) и электроразведки ВЭЗ и ТТ (погрешность 10—20% и более). В условиях соляных антиклиналей и куполов (Соликамская, Прикаспийская впадины и др.) данные гравиразведки, особенно вариометрии, могут быть использованы для качественного картирования рельефа поверхности соли.

При наличии опорных скважин эти методы пригодны и для приближенных количественных расчетов, что нередко (Верхнекамское месторождение и др.) имеет существенное значение для выбора оптимальных мест заложения скважин поискового и разведочного бурения, определения мощности водозащитной толщи и др.

Нередко внутрисолевые горизонты и подошва соленосной толщи или контролирующие ее поведение ниже или выше залегающие

литологические границы фиксируются по данным МРНП, МОВ (более детально при использовании аппаратуры магнитной записи) и в некоторых регионах КМПВ. Маркирующими горизонтами являются относительно мощные пласты ангидрита, доломито-ангидритовой породы, мергеля, глин и др. От количества и выдержанности этих опорных или условных сейсмических горизонтов, применяемой аппаратуры и методики исследований зависит полнота информации сейсмического материала.

Привязка сейсмических горизонтов к разрезам одиночных скважин, вскрывших промышленные пласты калийных солей, позволяет изучить условия их залегания по профилям и в пределах отдельных площадей, выявить глубины залегания, участки наиболее полного развития отдельных циклов соленакопления, наличие зон тектонических нарушений и др. Эта информация весьма существенна для планирования поисков и последующей предварительной, детальной и даже эксплуатационной разведки месторождения. Тектонические нарушения в соленосной, подсолевой и надсолевой толщах могут быть установлены (при благоприятных сейсмогеологических условиях и высококачественной методике исследований) по данным МРНП и МОВ с использованием аппаратуры магнитной записи. Местоположение зон разломов может быть приближенно протрассировано по данным детальной высокоточной гравиразведки — вариометрии.

В Предкарпатском регионе можно по данным электроразведки (ВЭЗ и электропрофилирование) и гравиразведки выделить среди соляных аномалий калиеносные [99]. Над калийными пластами вследствие их большей растворимости и меньшего содержания нерастворимых компонентов агрессивные надсолевые воды раньше, чем на соседних участках, достигают своего насыщения. Поэтому в рельефе соляного зеркала формируются приподнятые участки. Менее интенсивное растворение должно иметь место и на участках развития слаборастворимых калийных пород — лангбейнитовой и полигалитовой.

В отдельных случаях при поисковых работах весьма ценными оказываются данные площадной гамма-съемки [174, 201, 315], использование которой возможно благодаря приближению к дневной поверхности обогащенных калием рассолов, образовавшихся в результате выщелачивания калийных пород.

Геологическая интерпретация данных геофизических исследований в скважинах, вскрывших галогенные образования, а также результаты экспериментальных исследований на моделях и в скважинах подземного бурения приведены в ряде опубликованных работ [5, 8, 9, 54, 90, 123, 139, 161, 246, 255, 256, 271, 278, 300, 328, 331] (рис. 66).

Основными методами каротажа, несущими информацию о соленосных сериях, являются гамма-каротаж (ГК), нейтронный гамма-каротаж (НГК), кавернометрия (КВ), метод кажущихся сопротивлений (КС), боковой каротаж (БК), а также нейтрон-нейтронный каротаж по тепловым (ННК-Т) и надтепловым (ННК-НТ) нейтронам,

гамма-гамма-каротаж плотностной (ГГК-П) и селективный (СГГК) и ультразвуковой каротаж (УЗК) [5, 8, 9, 256, 278, 300].

На предпоисковой стадии при ревизии архивных материалов по данным комплексного каротажа, выполненного в одиночных опорных скважинах, по которым имеется керновый материал и шлам, стремятся получить наиболее полную информацию по исследуемому региону:

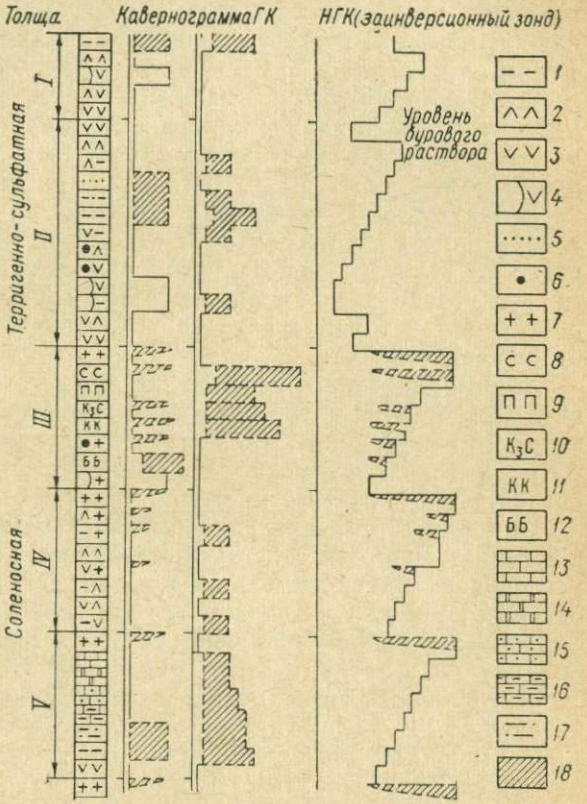


Рис. 66. Схематические диаграммы литолого-минералогического расчленения пород галогенной толщи Прикаспийской синеклизы (по данным ГК, НГК, КВ).

1 — глина, аргиллит; *2* — ангидрит; *3* — гипс; *4* — каверна; *5* — песок; *6* — битуминозность, бороносность; *7* — каменная соль; *8* — сильвинит; *9* — полигалитовая порода; *10* — кизерито-сильвиновая порода (хартзальц); *11* — карналлитовая порода; *12* — бишофитовая порода; *13* — известняк; *14* — доломит; *15* — песчаник; *16* — мергель; *17* — алевролит; *18* — интервал прослеживания диаграммы.

I — скважина сухая, *II* — скважина с водой. *Комплексы пород*: *III* — соляной (продуктивная зона), *IV* — сульфатный, *V* — терригенно-карбонатный.

а) установить наличие соленосной серии (серий) в разрезе скважины, составить полную литологическую колонку при наличии выборочного керна и шлама или только по каротажу и шламу без керна, который при бурении на нефть часто не извлекают;

б) выявить присутствие калийных пород, слагающих пачки и отдельные пласты, определить приближенно содержание в них окиси калия;

в) установить периодичность в переслаивании отдельных разновидностей соляных пород, выделить циклы соленакопления различного порядка;

г) определить углы и азимуты искривления скважин (инклинометрия).

При наличии группы скважин, пройденных по отдельным профилям или по определенной сети, по данным комплексного каротажа и анализа имеющегося керна, образцов пород, отобранных грунтоносом и по шламу, выделяют в галогенных сериях и вмещающих толщах надежные литолого-каротажные реперы, устойчивые для всего региона или для отдельных его площадей; устанавливают элементы периодичности галогенеза (циклы) различных порядков, площади, где возрастает полнота разреза отдельных циклов соленакопления; прослеживают интервалы калиеносных пород по профилям, определяют ориентировочно их минералогический состав и содержание в них окиси калия. В тех случаях, когда уже на предпоисковой стадии пройдены одна или несколько оценочных скважин, важно выполнить в этих скважинах весь комплекс каротажных исследований (ГК, НГК, КВ, КС, БК, инклинометрию), причем на калиеносных интервалах необходимо провести детализационные замеры кривой ГК (масштаб записи 1 : 50). В условиях крутых углов падения соляных пластов (соляные структуры, крутопадающие линзы) особое значение приобретает керноскопия [294, 295], без проведения которой трактовка внутреннего строения соляных тел будет неоднозначна.

Данные каротажа используют для уточнения интервалов развития отдельных горизонтов и корреляции разрезов, так как по керну не всегда можно отождествить отдельные пласты и даже горизонты, если одни и те же породы примерно равной мощности и состава повторяются в разрезе многократно.

На стадиях предварительной и детальной разведки с поверхности в условиях спокойно залегающих пластовых залежей и относительно устойчивого содержания калия в породе данные каротажа в основном используются для уточнения глубин залегания калийных пластов. Это особенно важно при низком выходе керна и ошибках в определении глубин залегания отдельных горизонтов.

В условиях Верхнекамского месторождения основная информация исходит от ГК, данные которого являются обязательными для установления мощностей залегания калийных пластов при подсчете запасов.

Однако целесообразно применять на этом месторождении и другие методы. НГК может быть использован для фиксации зон замещения карналлитов сильвинитами, уточнения разреза переходной толщи, нижние два соляных пласта которой являются дополнительными экранами, увеличивающими мощность водозащитной толщи. КС и БК могут дать дополнительную информацию о переходной и надсолевой водозащитной толщах. Ультразвуковой каротаж целесообразно использовать для изучения физико-механических свойств пород в околоскважинном массиве, резистивиметрию — для поэтажной дифференцированности степени солености вод надсолевого рассольного горизонта, а специальные резистивиметрические и радиометрические исследования — для изучения гидрогеологического режима пород низов надсолевой толщи.

По условиям строения калийных горизонтов в Припятском

калиеносном бассейне на стадиях предварительной и детальной разведки важная роль отводится методам ГК, НГК, БК (или КС) и кавернометрии. Данные БК (или КС) позволяют отбраковывать ложные («глинистые») гамма-аномалии и тем самым уточнять литологический состав пород над калийными пластами, что играет существенную роль при выборе рациональных систем разработки. Детализированные замеры ГК с учетом данных кавернометрии, НГК и БК позволяют выделять калийные пласты мощностью 20—30 см и выше при минимальных содержаниях окиси калия 2—4%.

Геофизические исследования в калийных рудниках, несмотря на обнадеживающие результаты экспериментальных исследований в СССР [174—177, 247, 301] и положительный опыт зарубежных работ [278, 419, 426—429], не нашли пока еще должного применения.

Шахтно-рудничная геофизика в калийных рудниках включает в себя: а) комплексный каротаж скважин подземного бурения; б) радиометрическое опробование подземных горных выработок; в) геоакустические и радиоволновые методы исследования геологического строения шахтных полей; г) геоакустические исследования физико-механического состояния целиков.

Комплексный каротаж скважин подземного бурения выполнялся на рудниках при проведении специальных экспериментальных работ [246, 301]. Имеется опыт применения бета- и гамма-каротажа скважин подземного бурения в калийных рудниках ПНР [278] и ГДР [426]. В скважинах подземного бурения по данным комплексного каротажа (ГК, ГГК-П, НГК) можно осуществлять детальную корреляцию разреза, выделять продуктивные пласты, вести оперативный подсчет запасов K_2O по блокам и др. В этих скважинах применяется особая малогабаритная аппаратура [246, 301] во взрывобезопасном исполнении.

Специальные исследования по применению радиометрического опробования на калий подземных горных выработок калийных рудников были успешно выполнены в ГДР [426] и при эксплуатации Солигорского месторождения. Опыт исследований показал перспективность метода как для экспресс-определения окиси калия, так и для корреляции разреза в сложных геологических условиях Предкарпатских и Прикаспийских калийных рудников.

Геоакустические и радиоволновые методы исследований геологического строения шахтных полей использовались Киевским политехническим институтом, а также ВНИМИ на Солотвинском солеруднике, где с успехом применялся геоакустический метод по детальному картированию боковой поверхности соляного штока. Имеется также богатый опыт геоакустических исследований в калийных рудниках ГДР, где картируются границы, расположенные на расстоянии до 100 м в почве выработки, с которыми связаны внезапные выбросы газа; обнаруживаются и оконтуриваются полости, заполненные газом и рассолами, вскрытие которых горнопроходческими машинами без предварительного дренирования приводит к опасным внезапным выбросам газа и рассолов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адамов Е. А., Цобин В. А., Чечель Э. И. Некоторые черты геологического строения и развития Илгинской впадины в связи с перспективами калиеносности. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. М., «Наука», 1970.

2. Акулич В. Г., Синичка А. М. Особенности строения межсолевой толщи верхнего девона в юго-западной части Припятской впадины. — В кн.: Вопр. геол. территории БССР и некот. смежн. р-нов УССР. Минск, «Наука и техника», 1970.

3. Анцупов П. В. Разрывные нарушения в Припятской впадине. — В кн.: Вопр. геологии территории БССР и некоторых смежных р-нов УССР. Минск, 1970.

4. Аширов К. Б., Ефремов П. Е. Условия развития пермских солеродных бассейнов юго-востока Русской платформы. Труды Гипровостокнефти, 1969, вып. 12.

5. Банера Н. И. Литолого-минералогическое расчленение пород галогенной толщи Прикаспийской синеклизы радиометрическими методами исследования скважин. — В кн.: Вопр. разраб. м-ний калийных солей. Л., «Недра», 1969. (Тр. ВНИИГ, вып. 51).

6. Баязитов С. Х. Характеристика месторождений калийных солей Белоруссии по данным геологоразведочных работ последних лет. — В кн.: Калийные соли и методы их переработки. Минск, 1963.

7. Белоликов А. И., Сапегин Б. И. Верхнекамское калийное месторождение. — В кн.: Проблемы прогноза поисков и разведки горнохимического сырья СССР. М., «Недра», 1971.

8. Беломар О. Д., Бардовский В. Я. Использование радиоактивного каротажа для выделения и расчленения пластов каменной соли. — Бюл. науч.-техн. информ., ОНТИ, ВИМС, 1961, № 6.

9. Беломар О. Д. и др. Опыт использования радиоактивного каротажа для расчленения пермских отложений Донбасса. — В кн.: Вопр. теории и методики геофизич. исслед. Киев, Изд-во АН УССР, 1963.

10. Белонижка П. М. О распределении и формах нахождения брома в соляных глинах Прикарпатья. — В кн.: Галогенные формации Украины (тезисы докл. симпозиума). Киев, «Наукова думка», 1971.

11. Близеев Б. И. Строение соленосной толщи кунгура Южного Приуралья. Казань, 1971. (Тр. Геол. ин-та, № 31).

12. Близеев Б. И. Ритмичность кунгурской соленосной толщи юго-востока Русской платформы и сопредельной части Предуральского прогиба. Там же.

13. Близеев Б. И., Вишняков А. К. Ритмичность галогенной толщи кунгурского яруса платформенной Башкирии и стратиграфическая приуроченность в ней залежей калийных солей. — Бюл. НТИ, сер. Геол. м-ний полезн. ископ. Региональная геология, № 16. М., ОНТИ, ВИЭМС, 1969.

14. Бобух В. А., Двуреченский В. А., Щербаков В. П. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности юго-западной части

Прикаспийской впадины и ее обрамления (Астраханская обл. и Калмыцкая АССР). Саратов, 1969. (Тр. НВНИИГГ, вып. 13).

15. Богацкий В. В. К вопросу сокращения числа проб при разведке рудных месторождений. — «Разведка недр», 1948, № 2.

16. Богацкий В. И. Вассерман Б. Я., Моделевский М. Ш. Новые данные о газоносности южной части Верхне-Печорской депрессии. — «Газ. пром.», 1963, № 8.

17. Богданов А. А. Основные черты тектоники Восточных Карпат. — «Сов. геология», 1949, № 40.

18. Богданов А. А., Серова М. Я. О стратиграфическом положении соленосных свит в разрезе миоцена Предкарпатья. — Учен. зап. МГУ, 1956. Сер. Геология, вып. 176.

19. Богомолова Л. И. и др. Подсолевые отложения восточного борта Прикаспийской синеклизы (Кенкияк-Мортук-Жанажольский район). — ДАН СССР, 1963, т. 149, № 5.

20. Бондаренко Б. В. Тектонические структуры поверхности кристаллического фундамента Припятской впадины и их соотношения со структурами осадочного чехла. — В кн.: Методика и геологич. результаты геофизич. исслед. Припятской впадины. Минск, «Наука и техника», 1967.

21. Британ И. В. Некоторые особенности троицкой пачки литвинцевской свиты нижнего кембрия и направление дальнейших поисковых работ на калийные соли в Канско-Тасеевской впадине. — В кн.: Геол. и калиеносность Сиб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. М., «Наука», 1970.

22. Брунс Е. П. История развития Припятского прогиба в палеозое. — Матер. ВСЕГЕИ, нов. сер., 1956, вып. 14.

23. Буялов Н. И. Калий в Урало-Эмбенском районе. — «Калий», 1932, № 8.

24. Бюллер Г. А. Десятилетие разведки советского калия. — «Калий», 1935, № 10.

25. Вальд А. Последовательный анализ. М., Физматгиз, 1960.

26. Вальтер И. Закон образования пустынь. СПб., 1911.

27. Валяшко М. Г. Экспериментальное исследование процессов метаморфизации. Труды ВНИИГ, 1952, вып. 23.

28. Валяшко М. Г. Основные химические типы природных вод и условия их образования. — ДАН СССР, т. 102, № 2, 1955.

29. Валяшко М. Г. Геохимические закономерности формирования месторождений калийных солей. Изд-во МГУ, 1962.

30. Валяшко М. Г. О происхождении рассолов осадочной коры. — В кн.: Химия земной коры, т. 1, М., Изд-во АН СССР, 1963.

31. Валяшко М. Г. Галогенез и его значение в геологии и геохимии. — Междунар. геол. конгр. Тезисы, т. II. М., 1971.

32. Валяшко М. Г., Жеребцова И. К., Садыков Л. З. Геохимические методы поисков месторождений калийных солей. Изд-во МГУ, 1966.

33. Валяшко М. Г., Нечаева А. А., Пельш Г. К. Экспериментальное исследование процесса метаморфизации ионом кальция разбавленных растворов сульфатного типа. Труды ВНИИГ, 1953, вып. 27.

34. Валяшко М. Г., Соловьева Е. Ф. О кристаллизации сильвина при испарении морской воды. — Там же.

35. Вант-Гофф Я. Г. Океанические соляные отложения. Русск. пер. под ред. А. В. Николаева. М.—Л., Химтеоретиздат, 1936.

36. Василевский А. Ф. Опорные горизонты соленосной формации кембрия юга Сибирской платформы. — В кн.: Геология и калиеносность Спб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. М., «Наука», 1970.

37. Васильев И. С. Методика разведочного дела. ОНТИ, 1933.

38. Вахрамеев В. А., Пейве А. В., Хераскова Н. П. Мезозой Таджикистана, юрские и нижнемеловые отложения Гиссарского хребта и Таджикской депрессии. Труды ГИН, 1936, вып. 58.

39. Вахрамеева В. А. О генезисе пестрых сильвинитов Верхнекамского месторождения. Труды ВНИИГ, 1954, вып. 29.

40. Вахрамеева В. А. К стратиграфии и тектонике Верхнекамского месторождения. Труды ВНИИГ, 1956, вып. 32.

41. Вахрамеева В. А., Горкун О. П. Петрографическое описание пород подсолевой толщи и нижней каменной соли Верхнекамского месторождения. Труды ВНИИГ, 1952, вып. 23; 1960, вып. 40.

42. Венглинский И. В. Стратиграфическое положение соленосной теребленской свиты Закарпатского прогиба и ее аналоги в сопредельных районах паратетиса. — Тезисы докл. симпозиума «Галогенные формации Украины и связанные с ними полезные ископ.». Львов, 1971.

43. Вернадский В. И. История минералов земной коры, т. II. М., Химтеоретиздат, 1933—1935.

44. Виноградов А. П. Введение в геохимию океана. М., «Наука», 1967.

45. Вистелиус А. Б. Расчленение немых толщ по количественным минералогическим, петрографическим, химическим признакам. — Зап. ВМО, т. 36, 1957, вып. 1, с. 99—115.

46. Вишняков А. К. Влияние эрозионных и карстовых процессов на сохранность солей в разрезах Шарлыкской площади. Казань, 1971. (Труды Геол. ин-та, № 31).

47. Владыкин М. В. К вопросу об оценке точности подсчета запасов месторождений полезных ископаемых. М., Углетехиздат, 1954. (Тр. ВНИМИ, сб. XXIX).

48. Волков А. Н. К опробованию каменной соли и других твердых растворимых солей. — В кн.: Опробование м-ний полезных ископ. ОНТИ, 1931.

49. Волошина А. М. и др. Атлас руководящих комплексов фораминифер, остракод, пыльцы, спор и отпечатков листьев палеозойских, мезозойских и кайнозойских отложений западных областей Украины. М., «Недра», 1965. (Тр. УкрНИГРИ, вып. X).

50. Волошина З. Г., Галицкий И. В. Стратиграфия, корреляция и распространение верхнефранской галогенной формации Днепровско-Донецкой впадины. — В кн.: Галогенные формации Украины и связанные с ними полезные ископ. Киев, «Наукова думка», 1971.

51. Воронова М. Л. Некоторые данные по петрографии соленосной толщи нижнего кембрия Восточной Сибири. Труды ВНИИГ, 1954, вып. 29.

52. Воронова М. Л. Петрографическая характеристика нижнекембрийских соленосных отложений юго-восточной части Сибирской платформы. Труды ВНИИГ, 1960, вып. 40.

53. Высоцкий Э. А. Геология, условия формирования и перспективы калиеносности соленосных толщ северной части Припятской впадины. — Автореф. канд. дис., БелНИГРИ, Минск, 1971.

54. Высоцкий Э. А., Беляцкий Е. И., Зыков И. А. О расчленении соленосных толщ, выделении и корреляции калийных горизонтов по каротажу в нефтепоисковых скважинах. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

55. Вялов О. С. Структура Карпат и Закарпатской области УССР. Тр. научно-геол. совещ. по нефти, озокериту и горючим газам УССР. Киев, Изд-во АН УССР, 1949.

56. Вялов О. С. Схема деления миоцена Предкарпатья. — ДАН СССР, нов. сер., 1951, т. 78, вып. 5.

57. Вялов О. С. Общее структурное подразделение западных областей Украины. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1953, вып. 5.

58. Вялов О. С. О краевых глубинных разломах. — Сб. трудов Геол. ин-та АН ГССР. Тбилиси, Изд-во АН ГССР, 1959.

59. Вялов О. С. Глубинные разломы и тектоника Карпат. Львов, 1965. (Геол. сб. Львовск. геол. о-ва, № 9).

60. Вялов О. С. Стратиграфия неогеновых моласс Предкарпатского прогиба. Киев, «Наукова думка», 1965.

61. Вялов О. С., Пишванова Л. С. О возрасте слоев с *Candorbulina universa*. Материалы VI съезда Карп.-Балк. ассоц. Докл. сов. геол. Киев, «Наукова думка», 1965.

62. Габай Л. Н. К возможности нахождения калийных солей в Джезказганском солеродном бассейне. — Тезисы докл. 3 науч.-техн. конф., март 1969 г. Областн. правл. НТО геологов. Караганда, 1969.
63. Габай Л. Н. Пермские отложения северной части Джезказганской впадины. — Автореф. канд. дис., МГУ, 1970.
64. Гавура С. П. К вопросу о генезисе хемогенных отложений в Предкарпатском прогибе. — Геол. сб. Львовск. геол. о-ва, 1961, № 7—8.
65. Геология СССР, т. III, БССР. М., «Недра», 1971.
66. Герасимова В. В., Седлецкий В. И. Калийные соли юга Средней Азии. Изд. Ростовск. гос. ун-та, 1969.
67. Гиммельфарб Б. М. Геологоразведочные работы на калий в Средней Азии в 1931 г. — «Калий», 1932, № 4.
68. Гиммельфарб Б. М. Среднеазиатские калийные залежи. Геологоразведочные работы в 1931 г. в ТССР на Окузбулакском месторождении. — В кн.: Гаурдакский хим. комбинат, т. II, ч. 1. Ашхабад, Туркменгосиздат, 1934.
69. Глушко В. В. Очерк геологической истории Предкарпатского краевого прогиба. Тр. ВНИИГ, 1956, вып. XXXII.
70. Глушко В. В. Очерк стратиграфии неогена краевого прогиба Восточных и Западных Карпат. — В кн.: Геол. и геохим. горюч. ископ. М., Изд-во АН СССР, 1968.
71. Глушков И. Н. О необходимости исследования пермских отложений каменной соли проведением новых или углублением существующих скважин. — «Уральский техник», 1911, № 4—5.
72. Глушков И. Н. О поисках каменной поваренной соли и калийных солей в северо-восточной России. — «Уральский техник», 1915, № 9—10.
73. Голев Б. М. О возможности присутствия соленосных отложений в Кросненской зоне Карпат. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1961, № 7.
74. Голубев Б. М. О несогласном залегании пород внутри соленосной толщи Верхнекамского месторождения. — В кн.: Геология и гидрогеология соленосных месторождений. Л., «Недра», 1972. (Тр. ВНИИГ, вып. 56).
75. Голубев Б. М. Строение соляной толщи Верхнекамского месторождения. — Автореф. канд. дис. Пермь, 1972.
76. Голубков И. А., Пишванова Л. С. К вопросу о стратиграфическом положении калушских слоев Предкарпатья. — ДАН СССР, 1954, т. 94, № 4.
77. Голубцов В. К. К стратиграфии фаменских отложений Припятского прогиба. — ДАН БССР, 1965, т. 9, № 3.
78. Голубцов В. К., Кедо Г. И. Данково-лебедянские отложения Припятской впадины. — В кн.: Геология и нефтеносность палеозойских отложений Припятской впадины. Минск, 1964.
79. Гольдберг-Захарова П. С. К вопросу о стратиграфии и тектонике калийного месторождения Соликамского района. — «Калий», 1932, № 8 и 9.
80. Горелик З. А. и др. Современная структура и история тектонического развития Припятской впадины. — «Наука и техника», 1968.
81. Горецкий Г. И. Аллювий великих антропогеновых прарек Русской равнины. М., «Наука», 1964.
82. Горкун О. П. Особенности тектоники верхневоротыщенских отложений в районе Стебника. — ДАН СССР, 1957, т. 112, № 6.
83. Горкун О. П. К стратиграфическому положению и литологии калийных линз в разрезе верхневоротыщенской свиты Стебниковского района. Труды ВНИИГ, 1959, вып. 35.
84. Горкун О. П. Строение, периодичность и длительность отложения соленосной толщи Старобинского месторождения. Труды ВНИИГ, 1964, вып. 45.
85. Горкун О. П. Тектоника верхневоротыщенских отложений района Стебниковского месторождения. Труды ВНИИГ, 1964, вып. 45.
86. Грайфер Б. И., Романов П. И., Залкинд И. Э. Стратиграфия и литофации кунгурского яруса Пермского Прикамья. — В кн.: Стратиграфические схемы палеозойских отложений. Пермь. М., Гостоптехиздат, 1962.
87. Грузман А. Д. и др. Унифицированная схема стратиграфии отложений палеогена и неогена Карпато-Балканской складчатой области. — В кн.:

Матер. по геол. и нефтегаз. Украины. М., «Недра», 1965. (Тр. УкрНИГРИ, вып. X).

88. Гуляева Л. А., Иткина Е. С., Тихомиров В. И. Геохимия и фации морских и континентальных солеродных бассейнов Чу-Сарысуйской депрессии. М., «Наука», 1968.

89. Дахнов В. Н. Электрическая разведка нефтяных и газовых месторождений. М., Гостоптехиздат, 1953.

90. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований разрезов скважин. М., «Недра», 1972.

91. Дашкевич Н. Н. Некоторые новые данные о тектонике юго-западной части Сибирской платформы в связи с поисками калийных солей. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. М., «Наука», 1970.

92. Джинориндзе Н. М. и др. Новые данные о мезоскладках в калиеносных отложениях Голыни Калуш-Голынского калийного месторождения. Л., 1972. (Тр. ВНИИГ, вып. 59).

93. Дзенс-Литовский А. И., Шлендова Т. К. Гидрогеологическая изученность Верхнекамского месторождения калийных солей. — В кн.: Гидрогеология соляных м-ний. Л., «Недра», 1967. (Тр. ВНИИГ, вып. 53).

94. Дзоценидзе Г. С. Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд. Изд. 2. М., «Недра», 1969.

95. Диденко Н. А. Тектоническое строение миоценового структурного этажа северо-западной части Предкарпатского прогиба. — «Геол. и геохим. горюч. ископ.», вып. 14, Киев, «Наукова думка», 1968.

96. Доленко Г. Н. Условия формирования и закономерности размещения нефтяных и газовых месторождений Карпат. — Автореф. докт. дис. Киев, 1961.

97. Доленко Г. Н. Взаимодействие тектонического и седиментационного факторов в формировании нефтяных и газовых месторождений Предкарпатского прогиба. — Матер. VI съезда Карп.-Балк. геол. ассоц. Докл. сов. геол. Киев, «Наукова думка», 1965.

98. Доленко Г. Н. Особенности строения и условия накопления соленосных толщ Карпатского региона. — В кн.: Условия образ. и особен. нефтегазоносности солянокуп. структур», т. 1. Киев, «Наукова думка», 1966.

99. Донченко К. Б. Геологическое обоснование использования электроразведочного метода при поисках калийных солей в Предкарпатье. — Геологич. журн. АН УССР, 1962, т. 22, вып. 2.

100. Донченко К. Б. Геологическое строение и особенности генезиса калиеносных отложений воротыщенской серии Предкарпатья.— «Лит. и полезные ископ.», 1964, № 3.

101. Другов Г. М., Исакова В. С., Панаев В. А. Новые данные по геологии верхней соленосной толщи юга Иркутского амфитеатра и направление дальнейших поисковых работ на калийные соли в Иркутской области. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. М., «Наука», 1970.

102. Дубинина В. Н. К минералогии и петрографии Верхнекамского месторождения. Труды ВНИИГ, 1954, вып. 29.

103. Думанский С. Г. К вопросу о геологическом строении Предкарпатского прогиба района Моршин — Калуша. — В кн.: Геология и нефтегазоносность территории УССР. М., 1963. (Тр. УкрНИГРИ, вып. V).

104. Ермаков В. А., Исаев А. Я., Гетманова Е. И. Гидрохимическая толща на территории западного обрамления Прикаспийской синеклизы. — «Геология нефти и газа», 1968, № 5.

105. Ермаков В. А., Исаев А. Я. О природе локальных подсолевых поднятий на территории Приволжской моноклинали. — «Сов. геология», 1969, № 11.

106. Ерошина Д. М. О некоторых особенностях строения соленосной толщи северо-западной части Припятской впадины. — В кн.: Литология, геохимия и полезные ископ. Белоруссии и Прибалтики. Минск, «Наука и техника», 1968.

107. Ерошина Д. М. Геология, условия формирования и калиеносность соленосной толщи северо-западной части Припятской впадины. — Автореф. канд. дис. Минск, 1969.

108. Ерошина Д. М. О соотношении структурных планов соленосной и подсолевой толщ в западной части Припятской впадины. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

109. Ерошина Д. М., Ляхович О. К. О составе несоляных пород верхней соленосной толщи в северо-западной части Припятской впадины и Прибалтики. Минск, «Наука и техника», 1970.

110. Ефремов П. Е. Влияние сульфатно-галогенных отложений перми на тектоническое строение и нефтегазоносность Куйбышевско-Оренбургского Заволжья. — Автореф. канд. дис. Куйбышев, 1968.

111. Жарков М. А. Кембрийская соленосная формация Сибирской платформы. — «Сов. геология», 1966, № 4.

112. Жарков М. А. Основные вопросы тектоники юга Сибирской платформы в связи с перспективами калиеносности. М., «Наука», 1966.

113. Жарков М. А. Эволюция соленакопления в геологической истории. — В кн.: Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, 1971.

114. Жарков М. А. и др. Новые данные о проявлениях калиеносности в кембрийских отложениях Иркутского амфитеатра. — «Лит. и полезн. ископ.», 1967, № 1.

115. Жаркова Т. М. Петрография и минералогия каменной соли юго-западной части Сибирской платформы. — «Геол. и геофиз.», 1964, № 12.

116. Жеребцова И. К. Поведение брома в эвтоническую стадию сгущения морской воды. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. М., «Наука», 1970. (Тр. Сиб. отд. АН СССР, Ин-т геохимии и геофизики, вып. 116).

117. Журавлев В. С. Главный этап формирования соляных куполов и связанные с ним закономерности размещения залежей нефти и газа в Прикаспийской и Польско-Германской экзогональной впадинах. — В кн.: Солянокупольные регионы СССР и их нефтегазоносность, ч. 1. Киев, «Наукова думка», 1969.

118. Затенацкая Н. П. Гидрогеохимические и литологические особенности девонских отложений района Старобинского месторождения калийных солей. — «Лит. и полезн. ископ.», 1972, № 1.

119. Зданович А. Б. и др. Справочник экспериментальных данных по растворимости многокомпонентных водно-солевых систем. Л., Госхимиздат. Т. II, 1954; т. III, 1961.

120. Зеленцов И. И. Геологическая характеристика нового Петриковского месторождения калийных солей. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

121. Зеленцов И. И. Промышленный калийный горизонт Петриковского месторождения. — В кн.: Твердые полезные ископ. БССР. Минск, «Наука и техника», 1970.

122. Золотова В. П. Верхний горизонт кунгурского яруса Пермского Прикамья. — Учен. зап. Пермского ун-та, 1961, т. 18, вып. 2.

123. Зыков И. А. Геологическая интерпретация результатов геофизических исследований в скважинах по калийным солям. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

124. Иванов А. А. Верхне-Камское месторождение калийных солей. Л.—М., 1932. (Тр. Всес. геол.-разв. объедин. НКТП СССР, Гос. НТГР, вып. 232).

125. Иванов А. А. Опыт сравнительной характеристики разреза сильвинитовой зоны в пределах разведанной части Верхнекамского месторождения. — «Калий», 1933, № 1.

126. Иванов А. А. Основы геологии и методики поисков, разведки и оценки месторождений минеральных солей. М., Госгеолиздат, 1953.

127. Иванов А. А. Распространение и типы ископаемых месторождений калийных солей. — «Геол. рудных м-ний», 4, 1959.

128. Иванов А. А. К методике разведки Старобинского месторождения калийных солей. Труды совещ. по использованию калийных солей Белоруссии. Минск, изд-во АН БССР, 1961.

129. Иванов А. А. История открытия Верхнекамского месторождения калийных солей. Матер. по геол. м-ний неметаллич. полезн. ископ. Л., 1962. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 83).

130. Иванов А. А. О пестрых сильвинитах Верхнекамского месторождения калийных солей. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 99).

131. Иванов А. А. Пермские солеродные бассейны Печоро-Камского Предуралья. Новосибирск, изд. Сиб. отд. АН СССР, 1965.

132. Иванов А. А., Воронова М. Л. О сильвинитовой шляпе Верхнекамского месторождения. — В кн.: Геология м-ний калийных солей. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 99).

133. Иванов А. А., Воронова М. Л. Геология Верхнепечорского соленосного бассейна и его калиеносность. — В кн.: Геология соляных и калийных месторождений. Л., 1968. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 161).

134. Иванов А. А., Воронова М. Л. Галогенные формации. М., «Недра», 1972.

135. Иванов А. А., Левицкий Ю. Ф. Геология галогенных отложений (формаций) СССР. Л., 1960. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 35).

136. Иванов А. А. и др. Геология и условия формирования Старобинского месторождения калийных солей в Белоруссии. Л., 1961. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 68).

137. Иванов А. В., Богацкий В. И. Поиски нефти и газа в пермских отложениях юго-восточной части Тимано-Печорской провинции. — «Нефтегазовая геология и геофизика», № 4, 1963.

138. Иванов В. К. История раннепермского Донецкого водоема. — «Сов. геология», № 9, 1968.

139. Итенберг С. С. Нефтепромысловая геофизика для геологов. М., Гостоптехиздат, 1951.

140. Казаков В. Ф., Седлецкий В. И., Сокольский Л. Г. О подземных водах Гаурдак-Кугитангского района. Ашхабад, 1963. (Изв. АН ТССР, сер. физ.-техн., хим. и геол. наук, № 6).

141. Казаковский Д. А. Оценка точности результатов в связи с геометризацией и подсчетом запасов месторождения. М., Углетехиздат, 1948.

142. Каллистов П. Л. Изменчивость оруденения и плотность наблюдений при разведке и опробовании. — «Сов. геология», 1956, № 53.

143. Кириков В. П. Ритмичность в строении соляных толщ Припятского прогиба. Л., 1959. (Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 11).

144. Кириков В. П. Об условиях залегания калийных горизонтов Старобинского месторождения. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 99).

145. Кириков В. П. Строение и условия формирования галогенных толщ Припятского прогиба. — Автореф. канд. дис., Л., 1964.

146. Кислик В. З. Некоторые особенности локальных зон замещений 2-го калийного горизонта Старобинского месторождения.— ДАН БССР, 1963, т. 7, № 2.

147. Кислик В. З. Зоны замещения сильвинитов каменной солью на 2-м калийном горизонте Старобинского месторождения и условия их образования. — Автореф. канд. дис. Минск, 1966.

148. Кислик В. З. Постседиментационные изменения в калийных горизонтах Старобинского месторождения. — В кн.: Проблемы прогноза, поисков и разведок м-ний горно-химического сырья СССР. Казань, 1970.

149. Кислик В. З., Лупинович Ю. И. Особенности строения краевой зоны 2-го калийного горизонта Старобинского месторождения. — ДАН БССР, 1964, т. 8, № 11.

150. Кислик В. З., Лупинович Ю. И. Годовой ритм седиментации сильвинитов Старобинского месторождения. — В кн.: Литология, химия и полезные ископ. Белоруссии и Прибалтики. Минск, «Наука и техника», 1968.

151. Кислик В. З., Лупинович Ю. И. О постседиментационных изменениях горизонтов калийных солей. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, 1969.

152. Кислик В. З. и др. Гематитовые прослои — стратиграфические

аналоги калийных горизонтов Старобинского месторождения. — Материалы 2 конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, 1968.

153. Кислик В. З., Лупиновичю. И., Ерошина Д. М. О закономерностях строения галогенной формации Припятской впадины и литолого-геохимические особенности ее калийных горизонтов. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. Новосибирск, «Наука», 1970.

154. Китык В. И. Соляная тектоника Днепровско-Донецкой впадины. Киев, «Наукова думка», 1970.

155. Климов М. А. Прикарпатский калиеносный бассейн и перспективы расширения сырьевой базы производства калийных удобрений в УССР. — «Геологич. журн.», 1968, 28, № 2 (укр.).

156. Климов М. А. Калиеносность нижневоротыщенской свиты и перспективы дальнейших поисков калийных солей в Предкарпатском бассейне. Труды ВНИИГ, 1972, вып. 59.

157. Колесник А. П. и др. Итоги региональных геолого-геофизических работ в северо-западной части Прикаспийской впадины и ее обрамлении и направление дальнейших работ на 1967—1970 гг. Саратов, 1969. (Тр. НВНИИГГ, вып. 13).

158. Колосов А. С. и др. Геохимия перспектив на калий горизонтов кембрийских отложений Канско-Тасеевской впадины. — В кн.: Геология и калиеносность Сибирской платформы. М., «Наука», 1970.

159. Колтыпин С. Н. Тектоника и история развития Прикаспийской впадины. Саратов, 1969. (Тр. НВНИИГГ, вып. 13).

160. Кольцова В. В., Яржемский Я. Я. Материалы к петрографии пермских соляных отложений некоторых районов Волгоградского Поволжья. Труды ВНИИГ, 1969, вып. 54.

161. Комаров С. Г. Геофизические методы исследования скважин. М., Гостоптехиздат, 1963.

162. Компанцев В. П., Тимофеева Н. М. Сейсмические исследования Восточных Карпат. — Материалы VI съезда Карп.-Балк. геол. ассоц. Докл. сов. геол. Киев, «Наукова думка», 1965.

163. Копнин В. И. Условия развития соляной тектоники Соликамской депрессии. — В кн.: Геология и нефтегазоносность Пермского Прикамья и прилегающих районов. М., 1965. (Тр. ВНИГНИ, Кам. филиал, вып. 43).

164. Копнин В. И., Наборщиков В. П. К условиям формирования Дуринского эрозионно-компенсационного прогиба Соликамской впадины. Труды Пермск. политехнич. ин-та, 1966, сб. 20.

165. Кореневский С. М. К стратиграфии калиеносной свиты Калуш-Голынского района. Труды ВНИИГ, 1956, вып. 35.

166. Кореневский С. М. Условия формирования соленосных отложений и калийных залежей в междуречье Стрыя и Быстрицы Надворнянской. — В кн.: Вопр. минер. осадкообразований, кн. 3 и 4, Львов, 1956.

167. Кореневский С. М. и др. Галогенные формации северо-западного Донбасса и Днепровско-Донецкой впадины. М., «Недра», 1968.

168. Кореневский С. М., Воронова М. Л. Геология и условия формирования калийных месторождений Прикаспийской синеклизы и Южно-Предуральского прогиба. М., «Недра», 1966.

169. Кореневский С. М., Донченко К. Б. Геология и условия формирования калийных месторождений Советского Предкарпатья. Л., 1963. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 99).

170. Коржинский Д. С. Режим кислотности и щелочнометальности трансмагматических рассолов. — В кн.: Проблемы кристаллохимии минералоэндогенного минералообразования. Л., «Наука», 1967.

171. Корзун В. П. О верхнедевонских вулканогенных образованиях района Борщевки. — Материалы 1 науч. конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, 1965.

172. Корнеева В. Г. История геологии развития Предкарпатского прогиба в свете новых данных. — Материалы VI съезда Карп.-Балк. геол. ассоц. Киев, «Наукова думка», 1965, с. 311—323.

173. Коробов С. С. Некоторые новые данные по геологии Индерского поднятия. Труды ВНИИГ, 1960, т. 40.
174. Котельников В. В. Применение некоторых радиометрических методов при поисках и разведке месторождений калийных солей на Украине и в Белоруссии. — В кн.: Опыт применения радиоактивных и других физико-химических методов при поисках и разведке руд нерадиоактивных элементов. Л., «Недра», 1967.
175. Котельников В. В. Бета-опробование подземных горных выработок на месторождениях калийных солей. — В кн.: Шахтно-рудничная геофизика. Вопр. развед. геофизики. Л., «Недра», 1968, вып. 7.
176. Котельников В. В., Алешин Н. С., Сенько А. К. Установки для непрерывного гамма-каротажа разведочных скважин подземного бурения. — Там же.
177. Котельников В. В., Сенько А. К. О возможности радиометрического обслуживания калийных рудников с целью получения сведений к подсчету запасов солей в недрах. — В кн.: Вопр. разраб. м-ний калийных солей. Л., «Недра», 1969. (Тр. ВНИИГ, вып. 51).
178. Коцюба О. Д. Разломы юго-восточного обрамления Прикаспийской впадины. — ДАН СССР, 1970, т. 190, № 1.
179. Крашенинников В. А. Стратиграфия миоценовых отложений Средиземноморья по фораминиферам. М., «Наука», 1971. (Тр. Геол. ин-та АН СССР, вып. 220).
180. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М. Госгеолтехиздат. Изд. 1, 1940; изд. 2, т. I, 1960; т. II, 1961.
181. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1964.
182. Кропоткин П. Н., Валеев Б. М. Каменная соль в глубоких грабенах и во впадинах с корой океанического типа. — Бюл. МОИП, отд. геол., 5, 1970.
183. Крылов Н. А., Мальцева А. К. Юрские отложения запада Средней Азии и их нефтеносность. М., «Наука», 1967.
184. Кудрявцев Ю. Е. Некоторые новые данные о геохимическом строении Стебникского месторождения калийных солей. — Материалы по гидрогеологии и геологической роли подземных вод. Изд. ЛГУ, 1971.
185. Кузьмин В. И., Зарайский В. Н. К оценке ошибок аналогии запасов месторождений полезных ископаемых. — Изв. вузов. Горн. журн., 1961, № 2.
186. Кумпан С. В. и др. Разведочное дело. Ч. I и II. ОНТИ, 1937.
187. Курнаков Н. С. Метаморфизация рассолов Крымских соляных озер. — Зап. ВМО, 2 сер., 34, 1896.
188. Курнаков Н. С. О нахождении калиевого минерала — хлористого калия или сильвина в России. — Изв. Рос. Акад. наук, 1916, с. 1411.
189. Курнаков Н. С., Белоглазов К. Ф., Шматько М. К. Месторождения хлористого калия соликамской соленосной толщи. — Изв. Рос. Акад. наук, 1917, IV сер., т. II, 8.
190. Курнаков Н. С. и др. О калиеносности Урало-Эмбенского района. — «Калий», 1939, № 4.
191. Курнаков Н. С. и др. Калийные соли в районе Индерского озера. — «Калий», 1937, № 5.
192. Курнаков Н. С., Жемчужный С. Ф. Магниевые озера Перекопской группы. — Изв. Рос. Акад. наук, 1917.
193. Курнаков Н. С., Лепешков И. Н., Кандаурова В. Ф. Калийные соли Волго-Эмбы и Прикарпатья и их эффективность как удобрения. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа АН СССР, 1948, т. XVI, 3.
194. Курнаков Н. С., Николаев В. И. Солнечное испарение морской воды и озерных рассолов. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа АН СССР, 1938, т. X.
195. Курнаков Н. С., Ронкин Б. Л. Соляные озера Волго-Каспийского района. — Изв. АН СССР, 1931.
196. Курочка В. П. Строение верхней соленосной толщи Припятской

впадины. — В кн.: Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности БССР. М., «Наука», 1966.

197. Кущыба А. М. Материалы по геологии Исачковского соляного купола. — В кн.: Тр. нефт. конф. Киев, Изд-во АН УССР, 1939.

198. Ладыженский Н. Р. Новые данные тектонического районирования Карпат. — Материалы VI съезда Карп.-Балк. геол. ассоц. Киев, «Наукова думка», 1965, с. 302—310.

199. Левенштейн М. Л. Новые данные о составе и строении нижнепермских отложений Донецкого бассейна. Матер. по геол. и газоносн. нижнепермских отложений юга Русской платформы. Изд. Харьк. гос. ун-та, 1961.

200. Леонович П. А., Баязитов С. Х. Геологические условия и вещественный состав калийных солей Старобинского месторождения по данным последних геологоразведочных работ. — В кн.: Тр. совещ. по использованию и обогащению калийных солей Белоруссии. Минск, 1961.

201. Лизанец В. Г. Применение радиометрических методов разведки для поисков залежей калийной соли. — Науч. зап. Львовск. политехн. ин-та, 1960, № 1, вып. 75.

202. Лисицын А. П. и др. Геохимия и литология кернов бурения на дне Тихого океана. — Междунар. геохим. конгр. Тезисы, т. II, 1971.

203. Лихарев Б. К. Пермская система. — В кн.: Геологическое строение СССР, т. 1. Стратиграфия. М., «Недра», 1968.

204. Лобанова В. В. Вопросы петрографии калийных залежей Восточного Предкарпатья. Л., «Недра», 1956, (Тр. ВНИИГ, вып. 32).

205. Лобанова В. В. К петрографии калийных пород Предкарпатского передового прогиба. — В кн.: Вопр. минер. осад. образ. Львов, 1956, кн. 3, 4.

206. Лобанова В. В. Петрографическая характеристика соляной толщи поднятия Западный Азгир. Труды ВНИИГ, 1960, вып. 40.

207. Лобанова В. В. Петрографо-минералогическая характеристика калийных горизонтов Жилянского месторождения. — Там же.

208. Лупинович Ю. И. Некоторые особенности карналлита Старобинского месторождения калийных солей. — ДАН БССР, 1962, т. 6, № 4.

209. Лупинович Ю. И. О ритмичном строении нижней сильвинитовой зоны 3-го калийного горизонта Старобинского месторождения.— ДАН БССР, 1964, т. 8, № 2.

210. Лупинович Ю. И. Геологическое строение, петрография и условия образования третьего калийного горизонта Старобинского месторождения (БССР). — Автореф. канд. дис. Минск, 1965.

211. Лупинович Ю. И. Об изменениях разреза промышленной части 3-го калийного горизонта Старобинского месторождения. — ДАН БССР, 1965, т. 9, № 1.

212. Лупинович Ю. И. Характеристика верхней сильвинитовой зоны 3-го калийного горизонта Старобинского месторождения. — Материалы 1 конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1965.

213. Лупинович Ю. И. Петрографические и некоторые геохимические особенности карналлитов и карналлитосодержащих пород западной части Припятской впадины. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. — Минск, «Наука и техника», 1969.

214. Лупинович Ю. И., Кислик В. З. О знаках ряби в каменной соли 2-го калийного горизонта Старобинского месторождения. — «Лит. и полезн. ископ.», 1965, № 2.

215. Лупинович Ю. И. и др. Происхождение гематитовых прослоев в надсолевых толщах калийных месторождений. — «Лит. и полезн. ископ.», 1968, № 6.

216. Лупинович Ю. И., Кислик В. З., Зеленцов И. И. Геологическое строение и условия формирования галогенной формации Припятской впадины. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

217. Лупинович Ю. И. и др. Геологическая характеристика соляной толщи и основных калийных горизонтов в северо-западной части Припятской впадины. — Там же.

218. Лупинович Ю. И. и др. О калиеносности северо-западной части Припятской впадины. — ДАН БССР, 1968, т. 12, № 3.
219. Лупинович Ю. И. и др. Некоторые результаты поисковых работ на калийные соли в Припятской впадине. Труды Ин-та геологии и геофизики. Сиб. отд. АН СССР, 1970, вып. 116.
220. Лупинович Ю. И. и др. Структурно-текстурные особенности сильвинитов западной части Припятской впадины. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.
221. Лупинович Ю. И., Протопопов А. Л. Особенности петрографии сильвин-карналлитовых и карналлит-сильвиновых пород Старобинского месторождения. — В кн.: Литология, геохимия и полезн. ископ. Белоруссии и Прибалтики. Минск, «Наука и техника», 1968.
222. Лупинович Ю. И., Тихонов С. А. К характеристике состава фракции меньше 0,001 мм галопелитов калийных горизонтов Старобинского месторождения. — В кн.: Стратиграфия, литология и полезн. ископ. БССР. Минск, «Наука и техника», 1966.
223. Лупинович Ю. И., Шабловская Р. К. Строение и фациальные изменения калийных горизонтов Старобинского месторождения. В — кн.: Геол. и гидрогеол. Припятского прогиба. Минск, «Наука и техника», 1963.
224. Лысенко Ф. О. Научная хроника о работах Роменской экспедиции Ин-та геологии АН УССР в 1934 г. Киев, 1935. (Геологич. журн., т. 2, вып. 1).
225. Ляхович О. К. Вещественный состав галопелитов Старобинского месторождения. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.
226. Мадарас А. И., Козлова В. Н. Геохимическая характеристика соленосных отложений некоторых районов Ангаро-Ленского бассейна. — В кн.: Геология и газоносность Сиб. платф. М., «Наука», 1970. (Тр. Ин-та геологии и геофиз. Сиб. отд. АН СССР, вып. 116).
227. Мамонтов В. Н. Геологические исследования и полезные ископаемые в районе Ухта-Печора-Камской ж. д. СПб., 1911.
228. Макаревич В. Н. Особенности проявления соляной тектоники в Припятской впадине. — В кн.: Вопр. геологии территории БССР и некоторых смежн. р-нов УССР. Минск, «Наука и техника», 1970.
229. Матерон Ж. Основы прикладной геостатики. М., «Мир», 1968.
230. Махнач А. С. Геология СССР, т. 3, Белоруссия. М., «Недра», 1971.
231. Махнач А. С. и др. Литология и геология девонских отложений Припятского прогиба в связи с их нефтеносностью. Минск, 1966.
232. Мелкова Н. В. К петрографии зоны калийно-магниевых солей Верхнепечорского месторождения (по разрезу скв. 1012). Л., «Недра», 1969. (Тр. ВНИИГ, вып. 54).
233. Милановский Е. Е. Основные типы рифтовых зон материков. — Вестн. ЛГУ, 1970, № 2.
234. Минко Г. С. Новые данные по геологии и перспективам калиеносности Канско-Тасеевской впадины. — В кн.: Геология и калиеносность Сиб. платф. и др. р-нов соленакопления СССР. М., «Наука», 1970.
235. Мирошниченко В. И. Краткий геологический очерк западных склонов Кугингтау и Гаурдак-Тюбегатанской антиклинали. — В кн.: Гаурдакский хим. комбинат, т. I. Ашхабад, Туркменгосиздат, 1933.
236. Михайлов А. Е. Основные этапы развития Предкарпатского краевого прогиба. — Бюл. МОИП, 1951, отд. геол. 26 (3).
237. Могилевский Г. Б. Опробование эксплуатационных скважин на Магнитогорском руднике. — Горн. журн., 1957, № 5.
238. Морачевский Ю. В. Очерки геохимии верхнекамских соляных отложений. Труды ВНИИГ, 1939, вып. 17.
239. Морачевский Ю. В. Условия отложения осадков в Соликамском бассейне. — Бюл. Ин-та галургии, 1940, № 6—7.
240. Морачевский Ю. В. Очерки геохимии верхнекамских соляных отложений. Л., Госхимиздат, 1939. (Тр. ВИГ, вып. 17).
241. Муратов М. В. Тектоника и история развития альпийской геосинклинальной области юга европейской части СССР, т. II. М., Изд-во АН СССР, 1949.

242. Неволин Н. В. Общие черты глубинного геологического строения Западного Казахстана. М., «Недра», 1965.
243. Неволин Н. В. Тектоника и перспективы нефтегазоносности Западного Казахстана. М., Гостоптехиздат, 1961.
244. Николаев В. И., Кузнецов Д. И., Бокий Г. Б. К познанию условий образования и природы астраханита. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа АН СССР, 1935, т. VII.
245. Никольская Ю. П., Колосов А. С. Признаки калиеносности юга Сибирской платформы. — «Геол. и геофиз.», № 1, 1965.
246. Новиков П. И. Количественное определение калия в калийных рудах по гамма-каротажным диаграммам. — В кн.: Опыт применения радиоактивных методов при поисках и разведке нерадиоактивных руд, № 1. М., Госгеолтехиздат, 1962.
247. Новиков П. И. Определение бета-методом содержания калия в калийных породах с учетом факторов, влияющих на точность измерения. — Там же.
248. Огиенко В. С. Распределение брома в каменной соли Ангаро-Ленского бассейна и возможности нахождения калийных солей. — «Геохимия», № 8, 1959.
249. Орлянкин С. М. Геология, гидрогеология и соленосность Колво-Вишерской водораздельной области. — Зап. ВМО, 1941, т. 70, вып. 1.
250. Павлов Д. И. Галитовые анатектиты и некоторые их менее метаморфизованные аналоги. — ДАН СССР, 1970, т. 195, № 6.
251. Панин Ф. И. О геологии Гаурдакского месторождения. — В кн.: Геология месторождений самородной серы. М., «Недра», 1969.
252. Парникель Е. С. Гаурдакское месторождение самородной серы. — В кн.: Геология месторождений самородной серы. М., «Недра», 1969.
253. Пельш А. Д. О восстановлении сульфатов в воде Каспийского моря. Труды Сол. лаб. АН СССР, 1936, вып. V.
254. Пересунько Д. И. Гидрогеология серных месторождений Средней Азии. М., «Недра», 1959. (Науч. тр. Моск. горн. ин-та, № 28).
255. Перьков Н. А. Изучение разрезов галогенных толщ методами промысловой геофизики. — В кн.: Вопр. геофизич. методов исслед. М., ГосИНТИ, 1962.
256. Пестриков А. С. Использование нейтронного метода по надтепловым нейтронам для литологического расчленения разрезов скважин, выделение коллекторов и оценки их продуктивности. — В кн.: Вопр. геологии и нефтегазоносности Волгоградской обл. М., «Недра», 1965.
257. Петрашкевич М. И., Демчук Н. Н., Гуридов А. И. Нефтеносность и фации неогеновых отложений Закарпатья. — В кн.: Матер. по геол. и нефтегазоносн. Украины. М., «Недра», 1965. (Тр. УкрНИГРИ, вып. X).
258. Петриченко О. И., Сливко Е. П. Физико-химические условия формирования галогенных образований Украины по данным изучения включений в галите. Междунар. геохимич. конгр. Тезисы докл., т. II. М., 1971.
259. Петров Н. П., Чистяков П. А. Литология солевых и красноцветных отложений мезозоя юго-западных отрогов Гиссара. Ташкент, «Наука», 1964.
260. Петрова Е. М. Взаимодействие рассолов карбонатного типа с растворами солей кальция и магния. — Автореф. канд. дис. М., 1953.
261. Петрова Е. М. Изучение геохимии Старобинского месторождения. — В кн.: Перспективы калиеносности соляных отложений Сибири. Новосибирск, «Наука», 1965.
262. Писарчик Я. К. Литология и фации кембрийских отложений Иркутского амфитеатра с нефтегазоносностью и соленосностью. Л., Гостоптехиздат, 1963.
263. Пишванова Л. С. Фораминиферы миоцена Предкарпатья и их стратиграфическое значение. — Автореф. канд. дис. Львов, 1960.
264. Пишванова Л. С. Новый гельветский вид фораминифер *Quinqueloculina distorta*. — Палеонтол. журн., 1961, № 3.
265. Пишванова Л. С. Зоны планктонных фораминифер и их значение для расчленения молассовых отложений. VII конгресс Карп.-Балк. геол. ассоц. Доклады, ч. II, т. 2. София, 1965.

266. Пишванова Л. С. К вопросу сопоставления миоцена западных областей Украины и Италии по планктонным фораминиферам. Палеонт. сб., № 2. М., «Недра», 1965.

267. Пишванова Л. С. Новая микрофаунистическая зона в Предкарпатье — зона *Globigerina bolli*. — Бюл. МОИП, 1966, отд. геол., т. 61 (2).

268. Пишванова Л. С., Шварева Н. Я. Стратиграфическое значение фораминифер и спорово-пыльцевых комплексов в миоценовых отложениях Предкарпатского прогиба и Волыно-Подольской окраины Русской платформы. — В кн.: Матер. по геол. и нефтегазоносн. Украины. М., «Недра», 1965. (Тр. УкрНИГРИ, вып. X).

269. Погребицкий Е. О. Теоретические основы разведки месторождений полезных ископаемых. Изд-во ЛГИ, 1965.

270. Погребицкий Е. О. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., «Недра», 1968.

271. Позднякевич З. Л. Расчленение разреза фаменской соленосной толщи Припятской впадины. — В кн.: О геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Припятской впадины. М., 1964.

272. Преображенский П. И. Соликамское калийное месторождение. Л., Госхимтехиздат, 1933.

273. Прокофьев А. П. Сравнение данных геологоразведочных работ с результатами эксплуатации месторождения. — «Разведка и охрана недр», № 11, 1958.

274. Протопопов А. Л. Каменная соль высаливания и ее генетические типы. Сб. тр. молодых галургов. Л., «Химия», 1969.

275. Протопопов А. Л. О вторичных структурах некоторых пород 3-го калийного горизонта Старобинского месторождения калийных солей. Л., 1971. (Тр. ВНИИГ, вып. 55).

276. Прошляков Б. К., Васильев Ю. М. Некоторые результаты обработки материалов сверхглубокой Аралсорской скважины. — «Лит. и полезн. ископ.», 1969, № 6.

277. Пуаре И. В. Минералогический состав некоторых образцов соликамских солей. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа, 1930, т. 4, вып. 2.

278. Пшевлоцкий К. С. Поиски калийных солей в Польше радиометрическими методами. — В кн.: Ядерная геофизика при поисках полезных ископаемых. М., Гостоптехиздат, 1960.

279. Раевский В. И. Метод определения плотности разведочной сети, необходимой для выявления зон замещения в калийных солях Верхнекамского месторождения. Науч. тр., 1963, сб. 12. Пермь, вып. 2.

280. Раевский В. И., Копнин В. И. Плотность разведочной сети на стадии детальной разведки Верхнекамского месторождения. Науч. тр., сб. 4. Пермь, 1962.

281. Раевский В. И., Смирнов Б. С. Некоторые закономерности соляной тектоники Верхнекамского месторождения. — В кн.: Геология и гидрогеология соляных месторождений. Л., «Недра», 1972. (Тр. ВНИИГ, вып. 56).

282. Разумовская Е. Э. Причины и характер красной окраски калиевых соединений Соликамского месторождения. — Материалы по общ. и прикл. геологии. М., ОНТИ НКТП СССР, 1927, вып. 105.

283. Разумовская Е. Э. Описание соленосной толщи Соликамского месторождения. Тр. геол.-разв. упр. ВСНХ СССР, 1931, вып. 54.

284. Разумовская Е. Э. Геологические исследования в области соляных месторождений Ленского и Сунтарского районов ЯАССР. — Изв. Всесоюз. геол. фонда, 1945, вып. 1.

285. Разумовская Е. Э. О характере и распространении соленосных фаций в Сибири. Л., 1956. (Матер. ВСЕГЕИ, нов. сер., вып. 8).

286. Репман Е. А. О возрасте гаурдакской свиты юго-западных отрогов Гиссарского хребта. Ташкент, «Наука», 1964. (Науч. тр. Ин-та геологии и геофиз. АН УзССР и Главгеологии УзССР, вып. 3).

287. Родионов Д. А. К вопросу о статистической теории однородности геологических совокупностей. — «Геохимия», 1965, № 4.

288. Руженцев В. Е. Тектонический очерк соленосного бассейна смежных частей Узбекистана и Туркменистана. — Бюл. МОИП, 1931, VI, отд. геол., т. IX (3—4).

289. Рыковсков А. Е. Проблема бессульфатности Соликамского калийного месторождения. Труды Главн. геол. упр., 1932, вып. 43.

290. Рябинин А. Н. К вопросу о геологических условиях нахождения калийных солей в Соликамском районе Пермской губ. — Материалы по общ. и прикл. геологии. М., 1920, вып. 53.

291. Рязанцев И. П. Как был открыт калий. Еженедельник Уральского облсовнархоза, 1926, вып. 2.

292. Савинский И. Д. Таблицы вероятностей подсечения эллиптических объектов прямоугольной сетью наблюдений. М., «Недра», 1964.

293. Самойлов Я. В. Об использовании калиевых солей в России. — Изв. Моск. отд. Геолкома, 1919, т. 1.

294. Свидзинский С. А. Геологическое строение и методика изучения Эльтонского солянокупольного месторождения калийных солей. — Автореф. канд. дис. Ростов-на-Дону, 1971.

295. Свидзинский С. А. Применение метода кернометрии при поисках калийных солей на Эльтонском соляном куполе. — В кн.: Проблемы прогноза поисков и разведки месторождений горно-химического сырья СССР. М., «Недра», 1971.

296. Седлецкий В. И. О некоторых экзотектонических явлениях, развитых в отложениях гаурдакской свиты. — Изв. АН ТССР, сер. физ.-техн., хим. и геол. наук, 1965, № 4.

297. Седлецкий В. И., Труфанов В. Н., Голиков-Заволжский И. В. О термодинамических условиях формирования древних соляных отложений. — В кн.: Галогенные формации Украины (тезисы докл. симпозиума. Сентябрь, 1971 г. во Львове). Киев, «Наукова думка», 1971.

298. Седун Э. В., Ерошина Д. М. Петрография основных разновидностей каменной соли Припятской впадины. — В кн.: Геология и петрография калийных солей Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1969.

299. Седун Э. В., Шабловская Р. К. Ритмичность в строении 1-го калийного горизонта Старобинского месторождения. — Материалы 1 науч. конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, 1965.

300. Сенько А. К. Опыт применения гамма-каротажа при поисках и разведке месторождений калийных солей и картировании галогенных разрезов. — В кн.: Опыт применения радиоактивных и др. физ.-хим. методов при поисках и разведке руд нерадиоактивных элементов. М., «Недра», 1967.

301. Сенько А. К., Котельникова В. В. Опыт применения радиометрических методов при опробовании калийных солей в подземных выработках и шпурах. — Там же.

302. Сердюченко Д. П. О некоторых богатых бором осадочно-метаморфических фациях. — ДАН СССР, 1955, т. 102, вып. 4.

303. Скалон В. Н. Русские землепроходцы XVII в. в Сибири. Изд. МОИП, 1951.

304. Скворцова К. В. О тектоническом строении Калуш-Голынского месторождения. М., «Недра», 1964. (Тр. ВНИИГ, вып. 45).

305. Скворцова К. В. О зубах акул в калиеносных отложениях Предкарпатья. — В кн. Геология и гидрогеология соляных месторождений. Тр. ВНИИГ, 1972, вып. 56.

306. Славин В. И., Хаин В. Е. Роль тектонических разрывов в строении и развитии Восточных Карпат. — Материалы VI съезда Карп.-Балк. геол. ассоц. Докл. сов. геол. Киев, «Наукова думка», 1965.

307. Смирнов В. И. Геологические основы поисков и разведки рудных месторождений. Изд. МГУ, 1957.

308. Смирнов В. И. О плотности разведочной сети. — «Сов. геология», № 58, 1957.

309. Соколов В. Л., Шаля А. А. Формация и палеоструктура верхней перми и мезозоя Прикаспийской впадины. Саратов, 1969. (Тр. ВНИИГ, вып. 13).

310. Соколов К. П. Геофизические методы разведки. Л., «Недра», 1966.
311. Соллогуб В. Б. О границе Внешней и Внутренней зоны Предкарпатского прогиба. — ДАН СССР, т. 102, 1955, вып. 5.
312. Соллогуб В. Б. Строение Предкарпатского прогиба по данным сейсмических исследований. — В кн.: Геологическое строение и нефтеносность западных и южных областей Украины. Киев, Изд-во АН УССР, 1959.
313. Софроницкий П. А. Геология и нефтеносность Уфимско-Соликамской впадины в Пермской области. — Автореф. докт. дис. Л., 1961.
314. Софроницкий П. А., Золотова В. П. Нижний горизонт кунгурского яруса Прикамья. — Учен. зап. Пермск. ун-та, 1957, т. 11, вып. 2.
315. Сочеванова Л. Б. Применение радиометрических методов для поисков и разведки месторождений каменной соли и калийных солей. — В кн.: Методические указания по применению радиометрических методов. М., Госгеолтехиздат, 1963.
316. Справочник геофизика. М., Госгеолтехиздат, т. I, 1960; т. II, 1961; т. III, 1963; М., «Недра», т. IV, 1966.
317. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. т. III. М., Изд-во АН СССР, 1962.
318. Страхов Н. М. Развитие литологических идей в России и СССР. М., «Наука», 1971.
319. Субботина С. И. Глубинное строение Советских Карпат и прилегающих территорий по данным геофизических исследований и перспективы поисков нефтеносных структур. — В кн.: Геологич. строение и нефтеносность зап. и юж. областей Украины. Киев, Изд-во АН УССР, 1959.
320. Субботина Н. Н. Микрофауна олигоценовых и миоценовых отложений р. Воротыща (Предкарпатье). Микрофауна СССР. Л., Гостоптехиздат, 1960. (Тр. ВНИГРИ, вып. 153).
321. Тихвинский И. Н., Близеев Б. И. Основные закономерности строения и условий накопления кунгурских отложений Урало-Поволжья. — В кн.: Вопросы литологии и стратиграфии допалеозойских, палеозойских и мезозойских отложений Русской и Скифской платформы. М., «Недра», 1971.
322. Толвинский К. В. Диапировая складчатость и нефтеносность предгорий Восточных Карпат. — «Сов. геология», 1941, № 2.
323. Трофимук П. И. Некоторые особенности бром-хлорных отношений в галогенной толще кембрийских отложений Ангаро-Ленского бассейна и их интерпретация для целей поисков месторождений калийных солей. — В кн.: Геология и газоносность Сибирской платформы. М., «Наука», 1970. (Тр. Ин-та геол. и геофиз. Сиб. отд. АН СССР, вып. 116).
324. Уайт Д. Е. Термальные воды вулканического происхождения. — В кн.: Геохимия соврем. поствулканич. процессов. М., «Мир», 1965.
325. Уразов Г. Г. Порядок отложения солей калиевого Соликамского месторождения с точки зрения путей кристаллизации четвертичной системы. — Изв. Ин-та физ.-хим. анализа АН СССР, 1930, IV, вып. 2.
326. Урусов А. В. и др. Новые данные по стратиграфии и перспективам нефтегазоносности пермских и триасовых отложений Волгоградской области. Саратов, 1965. (Тр. ВНИИНГ, вып. 3).
327. Урьев И. И. Карбонатная минерализация межсолевых Додонско-Илецких отложений Ельского вала. — Изв. АН СССР, сер. физ.-техн. наук, 1963.
328. Утегенов С. М. К вопросу определения содержания калия и магния в галогенных образованиях по гамма-каротажу. — Изв. АН КазССР, 1962, сер. геол., вып. 6 (51).
329. Утробин В. Н. Особенности тектонического строения внешней зоны Предкарпатского прогиба. Геол. сб. Львовск. геол. о-ва, Изд. Львовского гос. ун-та, 1958, № 5—6.
330. Федынский В. В. Разведочная геофизика. — В кн.: Геофизич. методы исслед. земной коры, пластов и разведка полезн. ископ. М., «Недра», 1964.
331. Фельдман И. И. Выделение бороносных горизонтов в соленосных толщах и минералогическое расчленение калийно-магниевых солей методами

радиоактивного каротажа. — В кн.: Разведочная и промысловая геофизика. М., Гостоптехиздат, 1963, вып. 50.

332. Ферсман А. Е. Геохимия России. Пгр., 1922.

333. Фивег М. П. О годовом цикле седиментации каменной соли Верхнекамского месторождения. — ДАН СССР, 1948, т. 61, вып. 6.

334. Фивег М. П. О геологических особенностях формирования соленосных толщ. Л., 1952. (Тр. ВНИИГ, вып. 23).

335. Фивег М. П. О некоторых задачах геологического изучения калийных месторождений. Вопросы геологического изучения агрономических руд. М., Изд-во АН СССР, 1956.

336. Фивег М. П. О текстурах нижней каменной соли Верхнекамского месторождения. Л., Госхимиздат, 1959. (Тр. ВНИИГ, вып. 35).

337. Фивег М. П. О некоторых вопросах палеогеографии эпох соленакопления. Л., «Недра», 1972. (Тр. ВНИИГ, вып. 60).

338. Фивег М. П., Банера Н. И. Палеогеография кунгурского соленакопления восточной части Русской платформы и Предуральского прогиба. — «Лит. и полезн. ископ.», 1968, № 1.

339. Фоменко К. Е. Соленосные бассейны мира в свете строения земной коры. — Бюл. МОИП, 1971, отд. геол., 3.

340. Фоменко К. Е. Нефть, газ, соль и верхняя мантия земного шара.— Там же.

341. Фомина В. Д., Кислик В. З., Луппинович Ю. И. Некоторые результаты изучения пород, покрывающих 2-й калийный горизонт в краевой зоне Старобинского месторождения. — ДАН БССР, 1966, т. 10, № 3.

342. Фомина В. Д., Луппинович Ю. И., Кислик В. З. К вопросу о трещиноватости калийных горизонтов Старобинского месторождения. — ДАН БССР, 1965, т. 9, № 8.

343. Фурсенко А. В. О верхнедевонских отложениях Припятского Полесья. — ДАН СССР, 1953, т. 90, № 2.

344. Хатьянов Ф. И. Геологическое строение и история развития Предуральского краевого прогиба. — В кн.: Матер. совещ. по проблеме «Прогибы». Киев, «Наукова думка», 1966.

345. Херасков Н. П. Поисковые работы на калий в Средней Азии (Геолого-поисковые исследования юго-западного окончания Гиссарского хребта). — В кн.: Гаурдакский хим. комбинат, т. II, ч. 1. Ашхабад, Туркменгосиздат, 1934.

346. Ходьков А. Е. О происхождении замещенных зон на Верхнекамском месторождении. Л., Госхимиздат, 1956. (Тр. ВНИИГ, вып. 32).

347. Ходьков А. Е. Роль процессов подземного выщелачивания в геологии Старобинского месторождения. Л., Госхимиздат, 1964. (Тр. ВНИИГ, вып. 46).

348. Ходьков А. Е. О роли миграции постседиментационных вод в геологии Старобинского месторождения. — Вестн. ЛГУ, 1965, № 12.

349. Ходьков А. Е. Основные черты гидрогеологии важнейших эксплуатируемых соляных (калийных) месторождений. — В кн.: Матер. по гидрогеологии и геологической роли подземных вод. Изд. ЛГУ, 1971.

350. Ходьков А. Е., Валуконис Г. Ю., Кореннов Ю. Ф. Уточнение генетической природы глинисто-мергелистой толщи Старобинского месторождения. Труды ВНИИГ, 1967, вып. 53.

351. Ходькова С. В. О вторичных формах каинита на Стебникском месторождении калийных солей. — «Лит. и полезные ископ.», 1965, № 6.

352. Ходькова С. В. Лангбейнит Предкарпатья и его парагенезисы. — «Лит. и полезные ископ.», 1968, № 6.

353. Ходькова С. В. Минералы и породы Стебникского месторождения калийных солей. — В кн.: Матер. по гидрогеологии и геологической роли подземных вод. Изд. ЛГУ, 1971.

354. Хоментовский А. С. Геология и полезные ископаемые окрестностей г. Канска. — Бюл. МОИП, отд. геол., 1934, т. 12, вып. 1.

355. Хоментовский А. С. Соль центральной части Красноярского края. — В кн.: Матер. по геол. и полезн. ископ. Вост. Сиб., 1935, вып. 6.

356. Хоментовский А. С. Материалы по геологии и полезным ископаемым восточной окраины Енисейского кряжа. — Материалы по геол. и полезн. ископ. Вост. Сиб., 1938, вып. 17.

357. Хоментовский А. С. Некоторые данные по геологии Туманшетского соленосного района (Восточная Сибирь). — Бюл. МОИП, отд. геол., 1950, т. 25, вып. 3.

358. Хрущов Д. П. О находке сильвинита в отложениях галогенного комплекса Роменской структуры. — Геол. журн., 1962, т. 22, вып. 3, Киев.

359. Хрущов Д. П., Слутин Е. М. О геологии девонских галогенных пород Днепровско-Донецкой впадины (на укр.). ИГН АН УССР, сер. геол. родовищ корисних копален. Киев, 1963, вып. 12.

360. Цареградский И. П. Об оптимальности ромбической поисковой сети. Тезисы докл. II Сиб. совещ. по применен. математич. методов и ЭВМ в геологии, геофизике. Новосибирск, 1967.

361. Чернов А. А. Минерально-сырьевая база северо-востока европейской части СССР. Труды СОПС, Сев. комплексная эксп., 1948.

362. Чернов А. А. Задачи разведочных работ на каменную соль и соли калия в Пермской губернии. — Горн. журн., 1—2, 1922.

363. Чирвинский П. Н. Ритмы отложений верхней толщи подстилающей каменной соли Соликамского месторождения. — Изв. Естеств.-науч. ин-та при Молотовском гос. ун-те, 1948, т. 12, вып. 7.

364. Чуенко П. П. Геологическая карта Средней Азии (юго-западные отроги Гиссарского хребта). Труды Тадж.-Памирск. эксп., 1937, вып. XVI.

365. Чуенко П. П. Юго-западные отроги Гиссарского хребта. — В кн.: Геол. УзССР, т. II. М., ОНТИ НКТП СССР, 1937.

366. Шабловская Р. К. Сравнительная характеристика сильвинитов Старобинского и Тюбегатанского месторождений. — Материалы 1 науч. конф. молодых геологов Белоруссии. Минск, 1965.

367. Шабловская Р. К. Особенности состава покрывающей каменной соли в зоне выклинивания второго калийного горизонта Старобинского месторождения. — В кн.: Литология, геохимия и полезн. ископ. Белоруссии и Прибалтики. Минск, «Наука и техника», 1968.

368. Шарапов И. П. Об определении изменчивости и выдержанности месторождений полезных ископаемых. — «Разведка недр», 1952, № 3.

369. Шарапов И. С. Свойства и генезис солепроявлений в верхней части бассейна р. Лены. Труды Вост.-Сиб. геол. треста, 1936, вып. 10.

370. Шарапов И. С. Солепроявления в юго-восточной части Среднесибирской платформы. Труды Вост.-Сиб. геол. треста, 1938, вып. 25.

371. Шатский Н. С. К вопросу о происхождении роменских гипсов, и пород Исачковского холма на Украине. — Бюл. МОИП, 1931, отд. геол., т. 9, № 3—4.

372. Шатский Н. С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. — В кн.: Сравнит. тектоника древ. платформ. — Изв. АН СССР, 1946, сер. геол., № 1.

373. Шепетунин И. Ф. Солевые богатства Восточной Сибири как база основной химической и бромной промышленности и новые пути в освоении минерального сырья. — Материалы к конф. по развитию производит. сил Вост. Сибири. Иркутск, 1958.

374. Шехтман П. А. Об ошибках применения математической статистики в теории разведки месторождений. Ташкент, 1959. (Тр. Среднеазиатского политехн. ин-та, нов. сер., вып. 6).

375. Шешуков Н. Г. К вопросу геологии карналлитов Верхнекамского месторождения. — «Калий», 1936, № 9.

376. Шугин А. А. Калийные соли Средней Азии. — В кн.: Минеральные богатства Средней Азии. Л., 1935. (Тр. Тадж.-Памир. экспед. при СНК СССР).

377. Шугин А. А. Итоги работ по разведке Окузбулакского калийного месторождения. М.—Л., 1937. (Тр. Науч. ин-та по удобрениям и инсектофунгисидам им. Самойлова, ОНТИ НКТП СССР, вып. 138).

378. Шурыгин А. М. Расчет оптимальных сетей скважин для поисков залежей заданного размера. — «Разведка и охрана недр», № 2, 1967.

379. Щербина В. Н. Ритмичность и цикличность осадкообразования в разрезе соляной толщи Старобинского месторождения калийных солей. — ДАН СССР, 1960, т. 131, № 2.
380. Щербина В. Н. Минералого-петрографические зоны калиеносных горизонтов Припятского соляного бассейна. — ДАН БССР, 1960, т. 4, № 2.
381. Щербина В. Н. О соотношении карбонатно-глинистого и сульфатного комплексов в галитовых и сильвинитовых породах Припятского соляного бассейна. — ДАН БССР, т. 4, № 5, 1960.
382. Щербина В. Н. Строение соляной толщи Старобинского месторождения калийных солей. — Изв. вузов, сер. Геология и разведка, № 11, 1960.
383. Щербина В. Н. Элементы многолетней ритмичности в сильвинитовых минералого-петрографических зонах соляных горизонтов Припятского соляного бассейна. — ДАН БССР, т. 6, № 9, 1962.
384. Щербина В. Н. Водорастворимые компоненты соляных глин второго калийного горизонта Старобинского месторождения. — В кн.: Калийные соли и методы их переработки. Минск, изд. АН БССР, 1963.
385. Щербина В. Н. О водорастворимых компонентах соляных глин Старобинского месторождения. — ДАН БССР, т. 7, № 11, 1963.
386. Щербина В. Н., Зайцева Н. В. О некоторых закономерностях изменения содержания алюмосиликатной CaO в тонкодисперсной фракции галопелитов Старобинского месторождения калийных солей. — Материалы симпозиума по изуч. и использ. глин Белоруссии. Минск, «Наука и техника», 1968.
387. Щукарев С. А., Толмачева Т. А. Коллоидно-химическая теория соляных озер. Журн. Русск. физ.-хим. о-ва, 62, 1930.
388. Эвентов Я. С. и др. Тектоника западной и северной частей Прикаспийской впадины и ее обрамлений и основные направления поисково-разведочных работ на нефть и газ. Саратов, 1969. (Тр. НВНИИГГ, вып. 13).
389. Яншин А. Л. Проблема поисков в Сибири сырья для производства минеральных удобрений. — «Геология и геофизика», 1970, 4.
390. Яржемский Я. Я. К литологии среднего кембрия Приангарья. Труды Вост.-Сиб. геол. треста, 1936, вып. 16.
391. Яржемский Я. Я. К литологии окрестностей ст. Половина. Восточно-Сиб. ж. д. Труды Вост.-Сиб. геол. треста, 1938, вып. 25.
392. Яржемский Я. Я. К стратиграфии среднего кембрия юго-восточной оконечности Среднесибирской платформы. — Изв. АН СССР, сер. геол., 1938, № 2.
393. Яржемский Я. Я. К петрографии Белорусского соляного месторождения. Л., Госхимиздат, 1960. (Тр. ВНИИГ, вып. 40).
394. Яржемский Я. Я. К номенклатуре и классификации галогенных пород морского типа. — «Лит. и полезные ископ.», № 6, 1964.
395. Яржемский Я. Я. Калийные и калиеносные галогенные породы. Новосибирск, «Наука», 1967.
396. Яриков Г. М. и др. Литолого-стратиграфический разрез Николаевской опорной скважины № 2 (предварительные данные). Труды ВНИИНГ, 1965, вып. 3.
397. Borchert H., Muir R. O. Salt deposits. The origin, metamorphism and deformations of evaporites. The University series in Geology van Neustrand. London, 1964.
398. Chlebowski T. Spostzezenia geologiezne z miocenu Kalusza i Bochni. — Przycezynki do geologii Polski. Biul. 29. Warszawa, 1947.
399. Cita M. B., Premoli Silva J. Pelagien foraminifera from the type Lanhian. — Intern. geol. congr., rept XXI sess., 1960, pt. XXII. «Proc. Intern. Paleontol. Union». Copenhagen.
400. Friedberg W. Przyzinki do znajomosci miocenu Polski. — Rozn. Panst. Inst. Geol., 9, 1933.
401. Gunzert G. Salzpolge und Bauder Kalisalzlagerstätte von Stebnik im Ukrainischen Subkarpatikum. — Geotektonische Forschungen, H. 26, 1967.
402. Hiller J.-E., Keller P. Untersuchungen an den Lösern der Kalisalzlagerstätte Buggingen. — Kali- und Stainsalz, Bd. 4, H. 6, 1965.
403. Kossmat F. Beitrag zur Tectonik der Kalisalzlagerstätte von Kalusz Ostralizien). — Jahrb. geol. Reich., Bd. 63. Wien, 1913.

404. Kripp A. Chemische Untersuchungen des Ost- und West-Galizischen Salzgebirges. Jahrb. geol. Reich., Bd. 19, H. 1. Wien, 1969.
405. Kuzniar C. Budowa zloz soli potasowych w niecce Kaluskiej. Posic.— Naukowe Panst. Inst. Geol., № 25. Warszawa, 1930.
406. Kuzniar Cz. Zloze Solne w Kaluszu. — Prace Panst. Inst. Geol., 3, cr. 3, 1931.
407. Kuzniar Cz. Zloze soli potasowych. w Holyniu. — Inst. Geologicznego, t. VII, z. 3. Warszawa, 1933.
408. Kuzniar Cz. Zloze solne w Kaluszu. — Prace Panst. Inst. Geol., t. III, Z. 3. Warszawa, 1939.
409. Lill M. Polyhalit von Stebnik. — Jahrb. geol. Reich., Mineral Mitteil., Bd. 24, 1874.
410. Lotze F. Steinsalz und Kalisalze. — Geol. die wichtigste Lagerstatten der «Nicht-Erze», III. Berlin, 1938.
411. Manuel F. A., Joaquin M.-P. Contribucion al conocimiento de la para genesis de los gacimientos de la cuenca potasica Catalona (Barcelona, Ecpana). — «Rend. Soc. ital. miner. e petrol.», 24, № 1, 1968.
412. Mezzadzi P. La serie gessoso-solfifera della Sicilia e un deposito marina Bolletino del servizio Geol. D'Italia, vol. LXXVIII, fasc. 4—5. Roma, 1957.
413. Moncada C. A Giacimenti potassici Siciliani. — Revista mineraria Siciliana, anno VIII, № 44. Palermo, 1957.
414. Niedzwiecki J. Nowsze odsloniecia zloza soli potasowych w Kaluszu. — Kosmos, r. 35. Lwow, 1910.
415. Ogniben L. Petrografia della serie solfifera Sicilana e considerazioni geologiche rolative. — Memorie descrittike della Carta geologica d'Italia, vol. 38. Roma, 1957.
416. Pishvanova L. S. On the zonation of the Miocene by means of Planktonic foraminifera. (Committee Mediterzanean Neogene Stratigrapjy. Proc. IV sess., Bologna, 1967). — Jiornale di Geologia (2), XXXV, fasc. III. Bologna, 1968.
417. Richter-Bernburg G. Über Salinare sedimentation.— Zeitschr. deutsch. geol. Gesel. Bd. 105, 1955.
418. Rios J. M. Saline deposits of Spaine. — Geol. Soc. Amer. Spec. Papers, № 88, 1968.
419. Sittler C. The sedimentary trough of the Khine graben. — «Tectonophysics», 1969, 8, № 4—6.
420. Über die Erkundung der Spannungsverhältnisse in stützpfeilern des Kali- und Steinsalzbergbaus durch Akustischer Basis. Freib, Forsch, c-36. Berlin, 1957.
421. Usiglio J. L. Analyse de l'eau de la Mediterance sur le cotes de France. — Ann. de Chem. et de Phys., XXVII, 1849, 3.
422. Vie G. La potasse en Navarre Espagnole. — Echo Min. Metall., 1953, № 8.
423. Wagner W. Die Tertiaren Salzlagerstätten im Oberrheintalgraben. — Zeitschr. deutsch. geol. Gesel. Band. 105, Teil 4. Hannover, 1953.
424. Windakewicz E. Polyhalit von Stebnik. — Oest. Zeitschr. f. Berg- u. Hütti, 28. Wien, 1875.
425. Windakewicz E. Solnictwo. czesc. III. Krakow, 1927.
426. Winter U. Über die Eignung der radiometrischen Methode zur Schnellbestimmung des Kaligehaltes für Bemusterungszwecke am Anstehenden im Kalibergbau. — «Bergbautechnik», 1960, № 7.
427. Winter U. Untertagegeophysik im Kali- und Steinsalzbergbau zur Bekämpfung der Gas- und Laugengefahr. Leipzig, 1966.
428. Winter U. Geophysik im Dienste des Bergbaues. — «Urania», H. 4. Leipzig, 1968.
429. Winter U. Anwendung des elektromagnetischen Wellendurchstrahlungsverfahrens zur Hydrogeologischen Erkundung von Gebirgskomplexen zwischen Bohrungen im Kalibergbau. — Zeitschr. für Angewandte Geologie. 1971, Hft. 12.
430. Zuber R. Flisz i Nafta. Lwow, 1918.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Раздел I. КАЛИЙНЫЕ БАССЕЙНЫ СССР

Глава 1. Калиеносность кембрийских соленосных серий 5
1. Соляные источники Восточной Сибири 6
2. Стратиграфия соленосных серий и положение зон калиепроявления 8
3. Калиепроявления в соленосных сериях 12
Глава 2. Девонские калийные бассейны 15
1. Припятский калийный бассейн 16
2. Калиепроявления в девонских соленосных сериях Днепровско-Донецкого прогиба и Донбасса 59
Глава 3. Пермские калийные бассейны 63
1. Калийные бассейны юго-востока Русской платформы и и Предуральского прогиба 65
2. Калиепроявления Днепровско-Донецкого прогиба . . . —
3. Прикаспийский калийный бассейн 70
4. Верхнекамский калийный бассейн 104
5. Верхнепечорский калийный бассейн 142
Глава 4. Верхнеюрский калийный бассейн 152
1. Геологическая характеристика Гаурдак-Кугитангского района отрогов Гиссара 153
2. Калийные месторождения Средней Азии 159
Глава 5. Третичные калийные бассейны 183
1. Предкарпатский калийный бассейн 187
2. Калийные месторождения Предкарпатья 194
3. Некоторые особенности палеогеографии и условий формирования калиеносных отложений Предкарпатья 230

Раздел II. ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Глава 1. Поисковые признаки и поисковые работы 237
1. Поисковые признаки . . . . . —
2. Предпоисковые работы 248
3. Поисковые работы 250
Глава 2. Обоснование методики разведки месторождений калийных солей 252
1. Требования промышленности к качеству калийных солей 256
2. Принципы геолого-промышленной группировки месторождений калийных солей по природным факторам . . —
3. Существующие методы и системы разведки месторождений калийных солей 258
4. Недостатки существующих методов разведки месторождений калийных солей 260

5. Горногеологические факторы, определяющие параметры сети разведочных выработок, и методы их обоснования 265
6. Особенности разведки месторождений калийных солей 308
7. Пространственное размещение разведочных выработок 313
8. Опробование залежей калийных солей 316
9. Геофизические исследования при поисках и разведке месторождений калийных солей 31

Список литературы 32

Министерство химической промышленности СССР
Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт галургии

МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ СССР

Методы их поисков и разведки

Редактор издательства *З. Г. Сегаль*. Переплет художника *Б. Н. Осенчакова*. Техн. редактор *А. Б. Ящуржинская*. Корректоры *Л. И. Зайцева* и *Т. А. Блох*.

Сдано в набор 20/II 1973 г. Подписано в печать 9/VII 1973 г.
М-07506. Формат 60 × 90¹/₁₆. Бумага № 2. Печ. л. 21¹/₂. Уч.-изд. л. 25,26.
Тираж 1250 экз. Заказ № 105/837. Цена 2 р. 77 к.

Издательство «Недра», Ленинградское отделение.
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
196006, Ленинград, Московский пр., 91.

ОПЕЧАТКИ И ИСПРАВЛЕНИЯ

С.	Строка	Напечатано	Должно быть
47	14 сн.	в табл. 6.	в табл. 5.
49	табл. 6, 3-я графа слева	$A+B+C$,	$A+B+C_1$,
49	табл. 6, 2-я графа справа	C,	C_2,
154	2 сн.	Байбиянкана.	Байбичикапа.
155	5 св.	[345]	[38]
159	19 св.	0,00 л/сек;	0,001 л/сек;
160	подпись к рис. 43	*I—I*—Тюбегатанская брахиантиклиналь; *II—II*—Лялимканская солянокупольная структура; *III—III*—Акбашская соляно-купольная структура.	Разрезы: *I—I*—Лялимканской соляно-купольной структуры; *II—II* и *III—III*—Тюбегатанской брахиантиклинали.
186	1 св.	[421].	[419].
250	5 св.	20—30 м	20—30 см
323	13 св.	[278, 419,	[278, 420,

Заказ 105

2р.77к.

817

НЕДРА · 1973