

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ТРУДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Выпуск 29

Ю. А. КОСЫГИН

**ТИПЫ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР
ПЛАТФОРМЕННЫХ
И ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ
ОБЛАСТЕЙ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА

ТРУДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

Выпуск 29

Ю. А. КОСЫГИН

**ТИПЫ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР
ПЛАТФОРМЕННЫХ
И ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ
ОБЛАСТЕЙ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
МОСКВА 1960

•

Ответственный редактор
академик А. П. Яншин

І. ВВЕДЕНИЕ

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ И ЕЕ РОЛЬ В СТРОЕНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Соляные структуры разнообразной величины и формы — от небольших округлых куполов до протягивающихся на десятки километров антиклиналей — широко распространены во многих участках земной коры. Площади их распространения называют солянокупольными областями или областями соляной тектоники. Их границы в основном совпадают с границами некоторых крупных отрицательных тектонических структур, входящих в состав как платформенных, так и геосинклинальных областей — с синеклизами, грабенами, краевыми прогибами и межгорными или внутренними впадинами. Соляная тектоника развивается не во всех крупных отрицательных тектонических структурах, а только в тех из них, в которых накопились и сохранились соленосные толщи (формации) с достаточно мощными пластами каменной соли. Так как соляные структуры являются результатом течения или выжимания соли вверх, то в них участвует сама соленосная толща, а также лежащие выше слои; слои же, подстилающие соль, если не считать районов со сложными надвиговыми соотношениями, не затрагиваются соляной тектоникой. Таким образом, ее распространение ограничено не только в горизонтальном, но и в вертикальном направлении. Соляной тектоникой нарушаются только верхние слои земной коры в районах распространения соленосных формаций. Мощность толщи, затрагиваемой процессами соляной тектоники, в отдельных случаях (Прикаспийская впадина, Голф) достигает 8—10 км; в ряде районов распространение соляной тектоники в глубину ограничивается 2—3 км, и буровые скважины могут достигать подсолевых слоев, не участвующих в строении соляных структур (Ишимбаевский район в Предуральском прогибе, неогеновая соль в нефтеносных районах Ирана в Месопотамском прогибе). Наконец, распространение соляной тектоники в глубину может быть еще меньше (Волго-Уральская область, Франкская впадина эпигерцинской платформы Западной Европы), но в таких случаях проявления соляной тектоники слабо выражены и типичные солянокупольные структуры не образуются.

Поскольку распространение соляной тектоники ограничивается глубиной залегания соленосных отложений и поскольку она может быть непосредственно не связана с глубинными тектоническими процессами, ее можно в какой-то мере приравнивать к экзотектоническим дислокациям. Однако оползневые дислокации, деформации вспучивания глин, гляцио-дислокации и т. д. обычно распространяются вниз не более чем на десятки метров. Соляная же тектоника охватывает толщу слоев значительной мощности и вместе с глубинными и дислокационными движениями земной коры, — такими, как вековые опускания и поднятия, складчатость и образование разломов, — участвует в едеформировании на протяжении крупных отрезков геологического времени. Достаточно сказать, что формирование Эмбенских, Северогерманских и Североамериканских (Голф) соляных куполов продолжается более двух эр. Таким образом, соляная тектоника, хотя и имеет некоторые общие черты с экзотектоническими дислокациями, но стоит ближе к тектоническим движениям более крупного масштаба.

СВЯЗЬ СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКИ С КРУПНЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Соляные структуры известны в пределах древних и молодых платформ и геосинклинальных областей.

На Русской платформе известны две крупные солянокупольные области — в Прикаспийской впадине и в Днепровско-Донецкой впадине и две области с недостаточно развитой соляной тектоникой — Восточно-русская впадина и Припятский прогиб. На Сибирской платформе есть по крайней мере две солянокупольные области: одна из них — в Ангаро-Ленском прогибе и отсюда, возможно, непрерывно распространяется в пределы Лено-Вилуйской впадины и Березовского прогиба, где также имеются проявления соляной тектоники; вторая соответствует Хатангской впадине. На Русской и Сибирской платформах соляная тектоника связана с деформациями соляных толщ кембрийского, девонского и пермского возраста, входящими в состав платформенного чехла. Солянокупольные районы известны также в пределах Африканско-Аравийской древней платформы; к ним относятся синеклиза Габона, Суэцкий грабен и грабен Мертвого моря; соленосные толщи здесь также входят в состав платформенного чехла, но они более молодого — мезозойско-кайнозойского возраста.

В пределах эпигерцинской платформы Западной Европы многочисленные проявления соляной тектоники связаны с соленосными толщами верхней перми и триаса, составляющими низы платформенного чехла. Особенно многочисленны и разнообразны соляные структуры в солянокупольной области Северной Германии (Северогерманская впадина). К ней примыкают обладающие специфическими особенностями солянокупольные районы Субгерцинской, Тюрингской и Франкской впадин. Соляная тектоника известна также в Рейнском грабене, Аквитанской впадине и впадине р. Эбро. К структурному типу эпигерцинской платформы принадлежит, по-видимому, Голф, представляющий одну из крупнейших солянокуполь-

ных областей на земном шаре; возраст соленосных формаций здесь точно не установлен: согласно одним воззрениям он может быть пермским, согласно другим — мезозойским. На обширных пространствах эпигерцинской платформы СССР (Урало-Тяньшанской области палеозойской складчатости) нет достоверно известных солянокупольных районов; возможно, таковым является район Сарысуйских куполов в Чуйской впадине.

Ряд солянокупольных областей и районов приурочен к краевым и внутренним впадинам геосинклинальных областей. В областях палеозойской складчатости наиболее хорошо изучена соляная тектоника южной части Предуральяского прогиба. Шире распространены районы соляной тектоники в областях альпийской складчатости; соляные структуры известны в Предкарпатском прогибе, Месопотамском краевом прогибе, в Верхне-Тиссенской и Трансильванской впадинах на внутренней излучине Восточных и Южных Карпат.

Соленосные толщи в платформенных солянокупольных областях во всех известных случаях приурочены к платформенному чехлу; на территории краевых прогибов и внутренних впадин — к осадочным комплексам, выполняющим эти структуры и образовавшимся одновременно с их формированием. Таким образом, соляная тектоника, как правило, развивается в пределах одного структурного яруса. Известен лишь один случай, когда она корнями своими уходит в нижний структурный ярус (кембрийская соляная тектоника в Месопотамском прогибе). Соляные структуры могут быть связаны с одной (например, кунгурский ярус Предуральяского прогиба) или несколькими соляными толщами, расположенными на различных стратиграфических уровнях (например, две миоценовые соленосные свиты Предкарпатского прогиба в Румынии).

СОЛЯНАЯ ТЕКТНИКА В ПЛАТФОРМЕННЫХ И ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Области проявления соляной тектоники можно разделить на две большие группы — платформенные и геосинклинальные. Соляные структуры каждой из этих групп в общем отличаются друг от друга.

Платформенным областям более свойственны куполовидные формы, часто изометрических очертаний, которые могут быть не связаны друг с другом в линейные зоны. Геосинклинальным областям, наоборот, свойственны линейные соляные структуры — разного рода соляные антиклинали, простирания которых подчинены господствующим простираниям складчатости. Однако в платформенных областях наряду с типичными куполовидными формами встречаются цепочки удлиненных куполов, а также соляные антиклинали значительной протяженности; в одних случаях это может быть связано с отчетливо удлиненной формой вмещающих синеклиз (Днепровско-Донецкая впадина), в других случаях — с системами разломов. В геосинклинальных областях наряду с линейными соляными структурами встречаются типичные соляные купола (например, в Трансильвании). Несмотря на существующие отклонения, для плат-

форменных солянокупольных областей остается в общем характерным преобладание куполовидных, а для геосинклинальных областей — линейных соляных структур. Второе отличие платформенных и геосинклинальных соляных структур заключается в характере деформаций самой соли.

Для первых более характерно поднятие соляных ядер с растяжением лежащих выше слоев и с образованием нормальных сбросов в надсолевых сводах, для вторых — участие соли в боковых перемещениях, во сбросах и надвигах, частичное или полное пережимание соляных ядер, и т. д. Отсюда вытекают и генетические различия между платформенными и геосинклинальными соляными структурами. Вполне объяснимо, что формирование типичных платформенных соляных куполов происходило за счет медленного «всплывания» легкой пластичной соли в среде более тяжелых надсолевых пород. Разумеется, соляные купола растут в определенной геологической обстановке, и жизнь вмещающих платформенных прогибов и синеклиз отражается на их формировании. Для южной Эмбы было показано, что небольшие тектонические напряжения, появляющиеся в условиях платформенного развития, сказались в ориентировке длинных осей куполов (Косыгин, Швембергер, Никитина, 1948; Неволин, 1951). В образовании более сложных соляных структур складчатых областей общетектонические напряжения участвовали заметнее; при этом в ходе деформации сказывались пластические свойства соли, обуславливавшие ее активное участие в дисгармонических структурах. И здесь не могло не быть «всплывания» соли под влиянием нагрузки, но тектонические напряжения (складкообразование, боковое сжатие и т. д.) значительно ускорили движение соли и усложнили создаваемые ею структурные формы.

ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Соляные структуры отличаются от обычных куполов и антиклиналей и обладают присущими только им особенностями, что находит отражение в соответствующей тектонической терминологии (соляной купол, соляной шток и т. д.).

Соляным массивом называют подземное скопление соли, образованное в результате ее пластического течения и представляющее собой значительное утолщение первоначальных соляных пластов; соляные массивы образуют ядра различных соляных структур: куполов и антиклиналей. Соляным штоком называют соляной массив цилиндрической формы, высота которого значительно больше его диаметра. Соляным куполом (или соляной антиклиналью) называют куполовидную или антиклинальную складку, ядром которой является соляной массив. Соляные купола, в которых соляной массив или кепрок, т. е. «каменная шляпа», образовавшаяся при растворении вершины массива, выходят на поверхность, называют открытыми куполами; если вершина соляного массива перекрыта надсолевыми слоями, купол будет называться закрытым в зависимости от глубины положения вершины массива — мелким или глубоким. Деформации покры-

вающих соль слоев над соляным массивом называют надсолевой структурой соляного купола.

Расположенные между соседними соляными куполами участки с синклинальным или плоским залеганием слоев представляют собой межкупольные пространства. Понижения кровли соляной толщи, образовавшиеся в связи с ростом соляных массивов и оттоком соли из смежных с куполами участков, являются компенсационными депрессиями. Небольшие синклинальные прогибы, которые образуются по соседству с соляными куполами над компенсационными депрессиями, называют компенсационными или ободковыми (rim) синклиналями. Совокупность дислокаций, которая возникает внутри соленосной толщи в процессе пластического течения соли, представляет внутреннюю тектонику соли; ее формы достигают большой сложности и напряженности в хорошо развитых соляных массивах, которые сформировались в результате длительной аккумуляции соли.

СОЛЕНОСНЫЕ ФОРМАЦИИ И ТЕКТОНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОДЗЕМНОГО РАСТВОРЕНИЯ СОЛИ

Формы соляной тектоники образуются за счет соленосных толщ или формаций и зависят от их строения и состава. В соленосной формации главным компонентом являются пласты и толщи каменной соли, в парагенетических отношениях с которой обычно находятся ангидриты, доломиты, калийные соли, а также терригенные, часто красноцветные породы. Соленосные формации имеют обычно трехчленное строение (нижний комплекс — доломиты и ангидриты, средний комплекс — соль, верхний комплекс — гипс-ангидриты), которое отражает колебания солености бассейна в отложении соленосных слоев. В некоторых соленосных формациях заключено несколько трехчленных пачек или ритмов; такого рода сложная соленосная формация известна в основании платформенного чехла Европейской эпигерцинской платформы в пределах Германии. Для соленосных формаций характерна смена их членов не только в вертикальном, но и в горизонтальном направлении: к окраинам соленосного бассейна соль обычно постепенно замещается гипс-ангидритами, доломитами и терригенными породами. С такими фациальными замещениями связано изменение характера и полное исчезновение соляных структур в зонах выклинивания соленосных формаций.

Растущие соляные массивы приподнимают над собой гипс-ангидриты верхнего комплекса, которые образуют каменную шляпу или кепрок соляного купола. Такой кепрок является первичным, так как образовался из слоев нормальных осадочных пород. Но он может образоваться также путем подземного выщелачивания вершины соляного массива; условия для этого наступают при достижении вершинами растущих соляных массивов уровня грунтовых вод, на котором происходит растворение соли или «слизывание» вершин массивов. В таких условиях происходит накопление над соляным массивом плохо растворимого материала, входившего в состав соленосной формации в виде включений,

прослоев или прожилков в соляном комплексе. В этом случае образуется вторичный кепрок, мощность которого будет тем больше, чем больший объем соли растворен и чем больше в ней содержалось плохо растворимого материала. В Прикаспийской впадине, например, где пермская соль содержит мало прослоев и примесей, соляные купола обладают сравнительно маломощными вторичными кепроками, а в Днепровско-Донецкой впадине, где девонская соль чередуется с другими породами, в том числе с диабазами, образуются мощные тяжелые кепроки, придающие соляным структурам этого района весьма своеобразный облик. Если «слизывание» вершины массива происходит в условиях общего подъема солянокупольной области, то надсолевые породы неизбежно проседают, занимая место уносимой в растворах соли. Так возникают м у л ь д ы о б р у ш е н и я или о с е д а н и я, которые состоят из прогнувшихся или опустившихся по сбросам надсолевых слоев и более молодых, континентальных накоплений, заполнивших карстовые оседания в рельефе.

Почти плоскую и почти горизонтальную поверхность соляного массива, образовавшуюся в результате подземного его размыва, называют с о л я н ы м з е р к а л о м. Неравномерная нагрузка кепрока на соляное зеркало ведет к перераспределению соли на вершине соляного массива и к образованию форм вторичной соляной тектоники, к числу которых принадлежат соляные шипы, представляющие небольшие соляные штоки, соляные ребра, соляные карнизы, появляющиеся в результате бокового выдавливания соли из-под кепрока, и т. д.

II. ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ НА ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМАХ

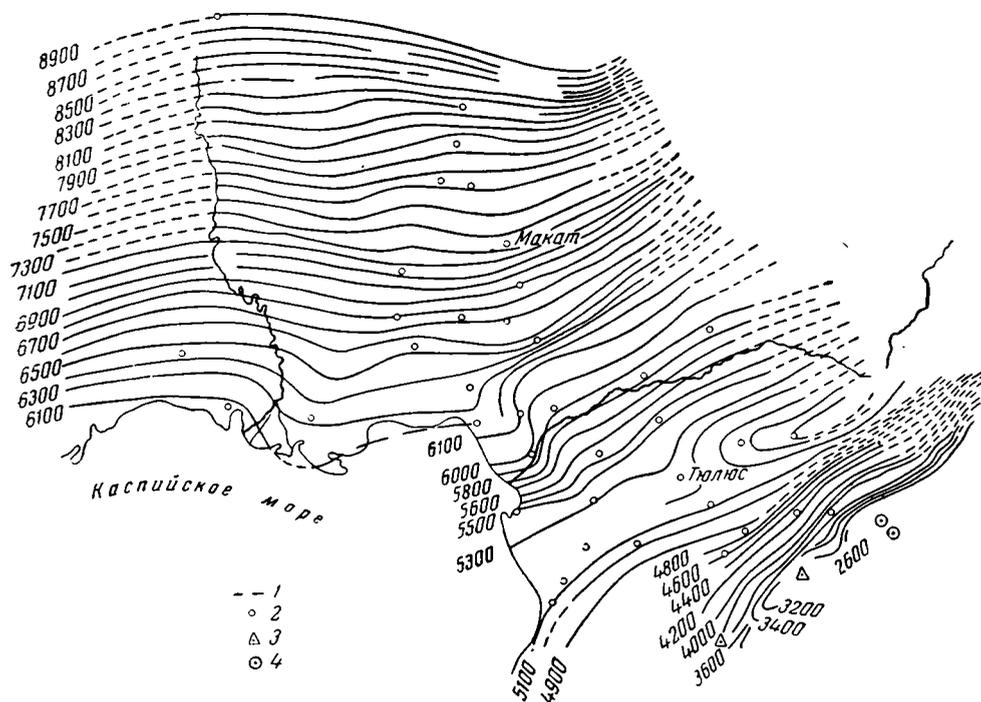
ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ТИПЫ СОЛЯНОКУПОЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМ

Солянокупольные области древних платформ можно отнести к трем разновидностям: а) крупные синеклизы с глубоким залеганием соленосных формаций (впадины Прикаспийская, Днепровско-Донецкая, Хатангская, Лено-Ангарская), б) небольшие синеклизы и грабены (Суэцкий грабен, синеклиза Габона, Припятьский прогиб), в) синеклизы с неглубоким залеганием соленосных формаций и слабым проявлением соляной тектоники (Восточнорусская впадина).

ПРИКАСПИЙСКАЯ ВПАДИНА

Распространение соляных структур. В качестве примера солянокупольной области — крупной синеклизы с глубоким залеганием соленосных формаций может быть рассмотрена Прикаспийская впадина, занимающая юго-восточный угол Русской платформы. Впадина обладает большими размерами и угловатыми очертаниями, что связано с крупными ограничивающими ее разломами, существование которых доказано вдоль северного борта впадины (Токаревский сброс, Жадовский уступ) и в районе Сталинграда. Впадина выполнена толщей кайнозойских, мезозойских и пермских отложений; к последним приурочена мощная соленосная формация, дающая начало многочисленным — не менее 500 — соляным куполам. Соленосная формация глубоко погружена и на основе материалов сейсморазведки отраженных волн (фиг. 1) можно полагать, что ее подошва в центре впадины располагается на глубине около 10 км. На северо-восточной окраине Прикаспийской впадины соленосная формация обнажается на поверхности и вскрывается скважинами; видно ее обычное трехчленное строение и можно проследить выклинивание соли и ее замещение сульфатными и терригенными породами к окраине соленосного бассейна. В пределах самой впадины соленосная формация приближается к поверхности только в ядрах соляных куполов и нигде не пройдена бурением до подошвы. Кепрок большинства куполов имеет мощность 10—20 м, что, по-видимому, отражает мощность верхнего сульфатного комплекса соленосной формации, а на куполах, соляные массивы которых подвергались длительному размыву, развиты более мощные вторичные кепроки (на Индере 60—70 м) в основном ангидрито-гипсового состава.

Расположение соляных куполов Прикаспийской впадины не подчинено каким-либо определенным выдерживающимся направлениям. В процессе изучения солянокупольной области делались предположения о связи соляных куполов с меридиональными зонами Уральского простираения (Тихонович, 1924), однако, эти предположения не оправдались. Только путем палеогеографических построений на большом фактическом материале стали выясняться формы связи расположения куполов с региональной структурой. Так, для нижнемеловой эпохи была установлена область прогибания, названная Байчунасским прогибом (Косыгин,



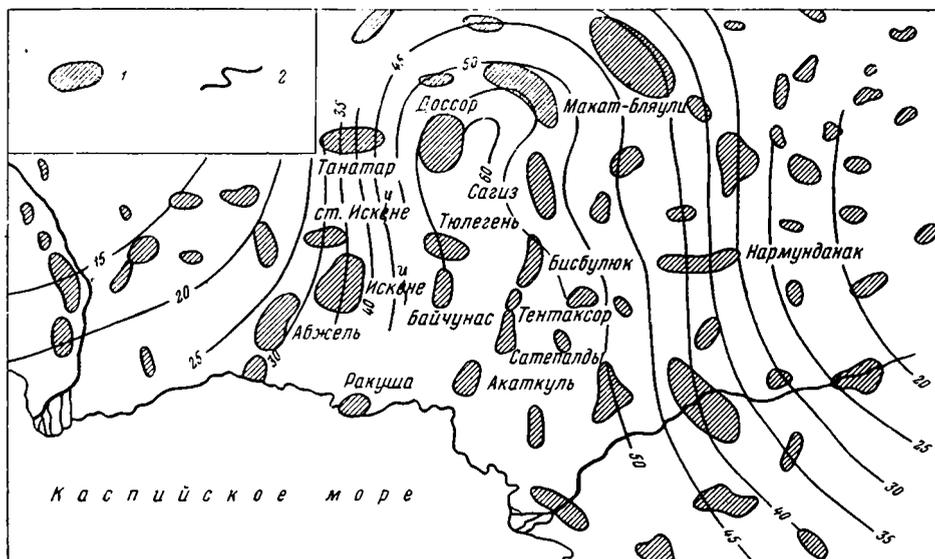
Фиг. 1. Схема строения подсолевого ложа юго-восточной части Прикаспийской впадины (по М. Н. Баренбойму)

1 — изогипсы; 2 — точки наблюдения; 3 — опорные свавжины; 4 — разведочные свавжины

Швембергер, Никитина, 1948); размещение соляных куполов обнаружило близкое соответствие с его очертаниями (фиг. 2). Меридиональные цепочки куполов располагаются в прогибе по его простираению; связь этих куполов с меловым прогибом подчеркивается не только их расположением, но и качественным их отличием от куполов, находящихся за пределами прогиба. Общее пространственное соотношение расположения соляных куполов с очертаниями Байчунасского мелового прогиба близко напоминает известные для Русской платформы соотношения между плакантиклиналями и структурами первого порядка. Подобные же соотношения соляных куполов с крупными флексурными изгибами или ступенями фундамента внутри Прикаспийской впадины были намечены Н. В. Неволиным (1951), П. Е. Харитоновым (1954), М. Н. Баренбоймом (1955) и др.

Проявления соляной тектоники на окраинах Прикаспийской впадины. Значительно более четко связь расположения соляных куполов с элементами вмещающей структуры проявляется в прибортовых частях впадины. Если в центральных ее уча-

ствах такую связь обычно трудно уловить или она устанавливается только посредством палеогеографических построений, то вблизи бортов впадины вступают в строй так называемые «граничные условия», которыми определяются выдержанная ориентированность соляных структур и их зональное расположение. Указанные закономерности проявляются в различных участках прибортовых зон неодинаково, а зависят от особенностей их геологического строения. Так, например, на западе Прикаспийской впадины в районах Сталинграда, Красного Кута, Озинок и Уральска ее борта осложнены крупными сбросами. К югу и юго-востоку от этих сбросов,

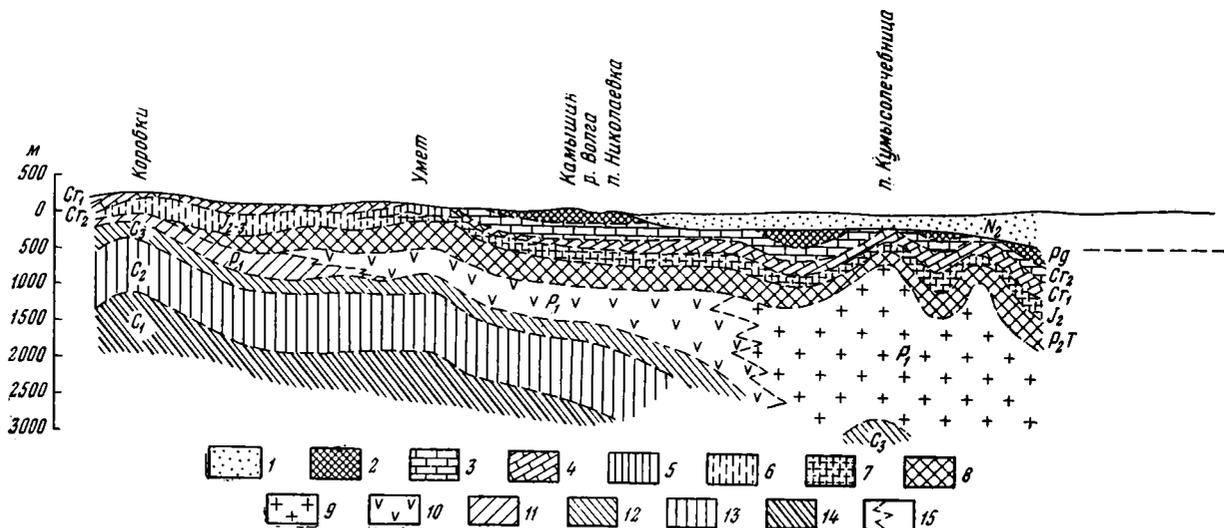


Фиг. 2. Байчунасский меловой прогиб по изопахитам нижнего альба

1 — соляные купола; 2 — изопахиты нижнего альба

в пределах зоны, ширина которой измеряется немногими десятками километров, наблюдается более или менее правильная ориентированность соляных структур, имеющих здесь брахиантиклинальную форму. Генезис таких соляных антиклиналей вероятно связан с тем, что прибортовые уступы резко ограничивают распространение мощных тектонически активных соляных толщ; течение соли, направленное по восстанию соляных пластов в пределах прибортовой зоны, экранируется уступами, что ведет к образованию краевых соляных валов (фиг. 3). В районе Озинок, наиболее детально освещенном геологическими работами, установлено до четырех параллельных ограничивающему впадину Жадовскому уступу рядов солянокупольных структур. Общая ориентировка длинных осей соляных структур улавливается также в нижневолжском участке борта впадины, севернее и северо-восточнее Астрахани, что может быть поставлено в связь с предполагающимся здесь резким ограничением впадины и возможным наличием погребенного разлома, проходящего вдоль границы докембрийской платформы с палеозойской складчатой областью.

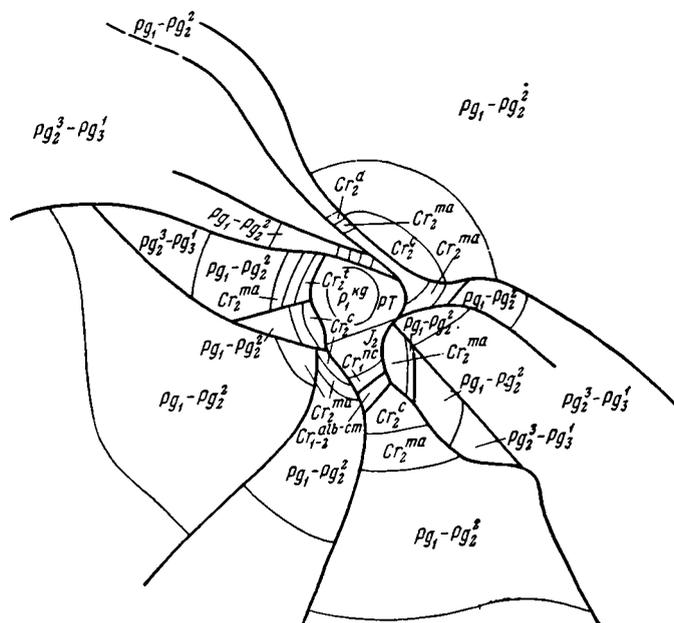
Иные соотношения наблюдаются на Южно-Эмбенском участке борта Прикаспийской впадины, который характеризуется постепенным возвышением и выклиниванием пермских соленосных свит по направлению к Южно-Эмбенскому поднятию; в связи с этим соляная тектоника постепенно убывает и исчезает к юго-востоку, причем длинные оси куполов не приобретают общих закономерных простираний, подчиненных



Фиг. 3. Поперечный разрез через западный борт Прикаспийской впадины (по В. Д. Ильину)

1 — четвертичные и плиоценовые отложения; 2 — палеоген; 3 — верхний мел; 4 — нижний мел; 5 — верхняя юра; 6 — юра (нерасчлененная); 7 — средняя юра; 8 — верхняя пермь и триас; 9 — каменная соль (нижняя пермь); 10 — гипсы и ангидриты (нижняя пермь); 11 — известняки и доломиты (нижняя пермь); 12 — верхний карбон; 13 — средний карбон; 14 — нижний карбон; 15 — зоны фациальных переходов

направлению борта впадины. В зоне выклинивания известен открытый соляной купол малого диаметра — Карачунгул (фиг. 4). На юго-восточном борту Прикаспийской впадины также известно несколько подобных куполов — Саркрама, Кумызтубе, купол Замятина, Джилансаид. Появление куполов этого типа, вероятно, следует связывать с развитием местных центров тектонической аккумуляции соли в зоне выклинивания, в условиях отсутствия складчатости в пермской системе, вмещающей соленосную толщу. Иная, значительно более сложная картина наблюдается севернее,



Фиг. 4. Карачунгул

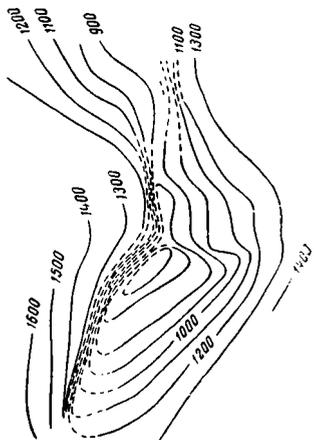
$P_2^3-P_3^1$ —верхний эоцен и нижний олигоцен нерасчлененные; $P_1-P_2^2$ —палеоцен — средний эоцен нерасчлененные; Cr_2^d — датский ярус; Cr_2^{ma} — маастрихт; Cr_2^c — кампан; Cr_2^t —турон; Cr_{1-2}^{alb-sm} —альб и сеноман нерасчлененные; Cr_1^{nc} —неоном; J_2 — юра средняя; PT — пермь и триас нерасчлененные; P_1^{kg} — кунгур; — линии дизъюнктивных нарушений

на широте Актюбинска, где пологозалегающим мезокайнозойем перекрыты пермские складки; при движении с востока на запад вкост простирания здесь наблюдается следующая закономерная смена типов тектонических структур:

- а) крутые соляные (?) антиклинали типа Коктубе;
- б) узкие глубокие мульды типа Новоукраинской, расположенные над соляными ядрами антиклиналей (по геологическим и гравиметрическим данным);
- в) пологие антиклинальные поднятия, осложненные соляными куполами и грабенами;
- г) типичные соляные купола.

Борта Прикаспийской впадины построены неоднородно и характер осложняющих их соляных структур различен. Можно выделить ряд разновидностей бортов впадины.

1. Впадина граничит с палеозойской складчатой областью, причем мезокайнозойский чехол лежит несогласно на складчатом основании, складки которого постепенно затухают в сторону впадины; имеются сложные зональные соотношения различных типов соляных структур от линейных складок до куполов (Предуральский участок борта Прикаспийской впадины).

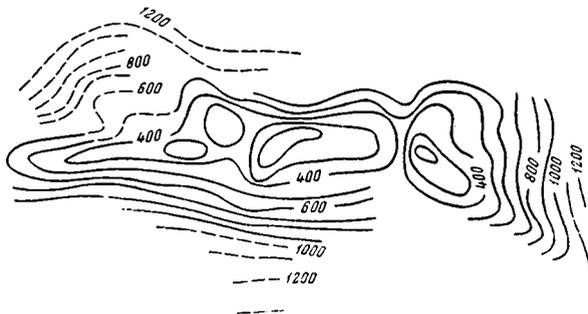


Фиг. 5. Карабатаи

2. Впадина граничит с палеозойской складчатой областью или палеозойским платформенным поднятием, причем соленосные толщи постепенно воздымаются и выклиниваются под мощным покровом мезокайнозоя; наблюдается постепенное затухание соляной тектоники без элементов линейности, в зоне выклинивания появляются открытые купола малого диаметра (Южно-Эмбенский участок).

3. Впадина отделена от палеозойской складчатой области или палеозойских платформенных поднятий резко выраженными уступами; образуются краевые брахиантиклинали типа «соляных валов» (Нижевожский и Сталинградско-Уральский участки).

4. Впадина граничит с палеозойскими платформенными поднятиями, причем выклинивание соленосных толщ происходит постепенно и на небольшой глубине; соляная тектоника постепенно затухает, причем в зоне выклинивания наблюдаются грабены, развитие которых, возможно, отчасти связано с выщелачиванием солей (восточная часть Общего Сырта).

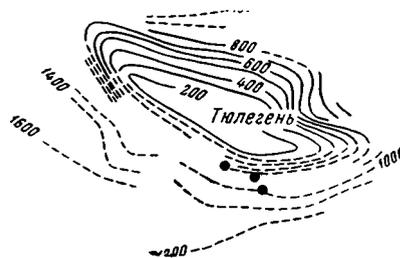


Фиг. 6. Сагиз

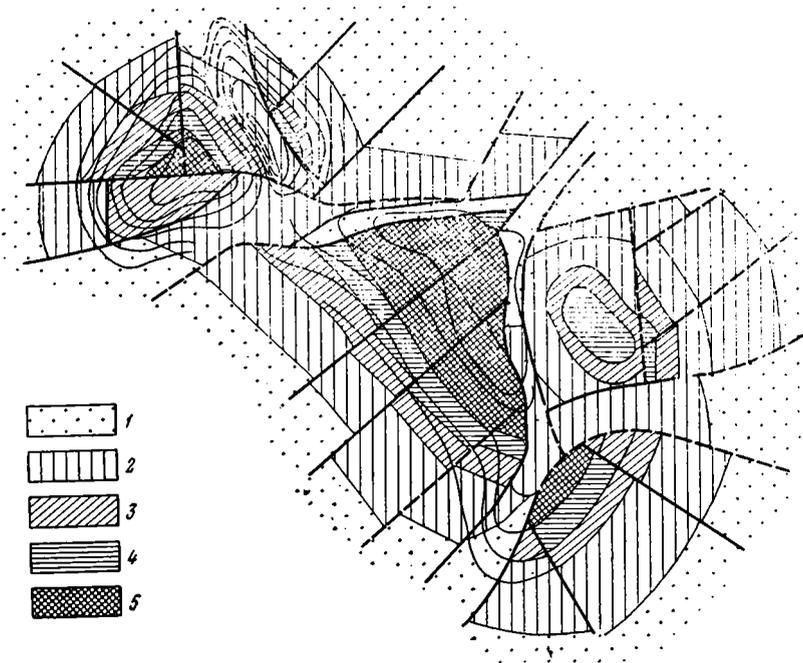
Соляные массивы. Основным типом соляных куполов Прикаспийской впадины являются закрытые мелкие купола. Размеры куполов широко варьируют от десятых долей квадратного километра до сотен квадратных километров (Индер 250 км²; Челкар более 600 км²). Средние размеры купола 30—50 км². Соляные массивы в плане обычно эллиптических очертаний и имеют асимметричное строение: один из склонов более крутой. Соотношения длинной и короткой осей массивов составляют 1 : 3 — 1 : 5 (фиг. 5). Очень часто удлинённый соляной массив осложнен двумя-тремя небольшими вздутиями, расположенными вдоль оси массива (фиг. 6). Многие соляные массивы имеют разветвленную форму. Тенденция к ее образованию намечается в виде резко выраженного структурного носа,

осложняющего один из склонов (фиг. 7). Некоторые соляные массивы имеют еще более сложную форму, при которой образование вторичных куполов вдоль оси сочетается с разветвлением массива (фиг. 8). Соляные массивы, вершины которых были выведены на поверхность, размыты и перекрыты трансгрессивной серией отложений, имеют широкую плоскую вершину (фиг. 9). Встречаются соляные массивы треугольной и звездообразной формы.

В разрезе соляные массивы имеют, как правило, форму асимметричного конуса с закругленной вершиной, а массивы со срезанной вершиной — форму усеченного конуса. Наклоны боковых поверхностей составляют в среднем $10-15^\circ$ на пологих и $25-80^\circ$ на крутых склонах массива. Представление о такой «двухскатной» форме соляных массивов возможно будет пересмотрено в свете новых данных глубокого бурения. Так, скважины, бурившиеся на периферии Макатского купола, установили подворачивание склона соляного массива на глубине 1200—2400 в толще верхнепермских отложений (фиг. 10). Если большая крутизна и подворачивание



Фиг. 7. Тюлегень

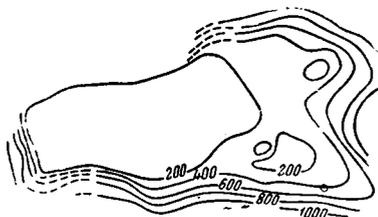


Фиг. 8. Макат. Геологическая и структурная карта
(по Н. П. Тимофеевой и Л. Н. Юрьевой)

1 — сеопн-гурон; 2 — альб-сеноман; 3 — апт; 4 — неоком; 5 — юра

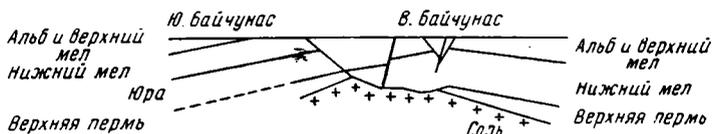
склонов на больших глубинах будут подтверждены и для других куполов, то придется признать, что в верхнепермскую эпоху в процессе отложения мощной (не менее 2500 м) толщи терригенных осадков формировались крупные соляные штоки, вершины которых в мезокайнозой испытывали менее интенсивные сводообразные поднятия.

Надсолевые структуры. Надсолевые структуры соляных куполов рассматриваемого типа являются прямым отражением структуры соляного массива и можно проследить, что весь ход развития надсолевого свода отражает процесс подъема соляного массива. Пликативные и дизъюнктивные дислокации надсолевых слоев, а также изменения их мощностей были все время тесно связаны с ростом соляных массивов. Для надсолевых структур закрытых куполов Прикаспийской впадины можно отметить две наиболее важные особенности.



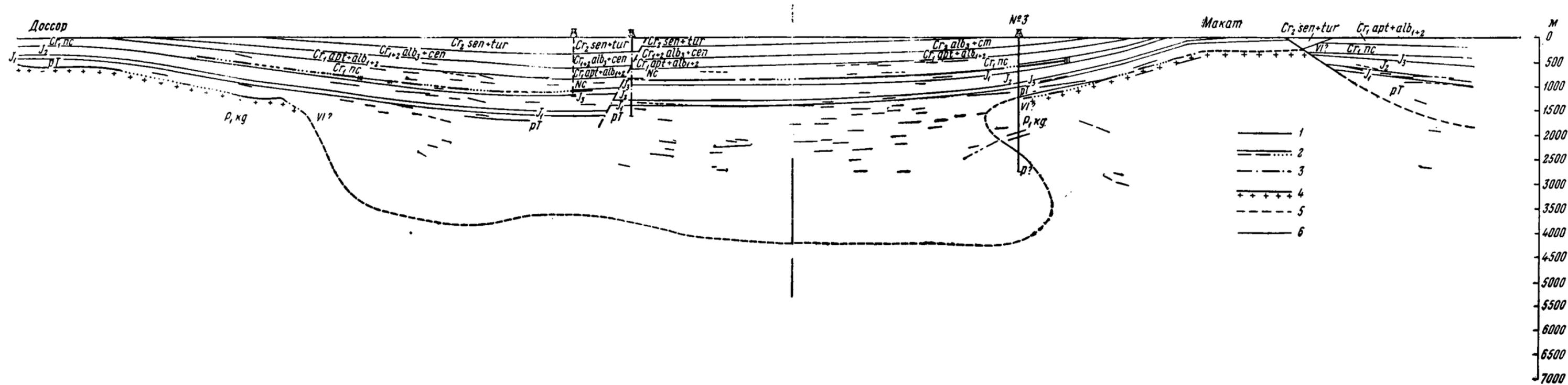
Фиг. 9. Новобогатинск

Первая особенность заключается в развитии характерной сети нормальных сбросов. На соляных куполах наиболее обычной эллиптической формы развиваются две системы сбросов: основная система продольных сбросов и второстепенная система поперечных сбросов. Продольные сбросы отличаются большими амплитудами (до сотен метров) и пологими наклонными сбрасывателями (50—60°). Главный продольный сброс делит структуру на поднятое и опущенное крыло и всегда наклонен в сторону опущенного крыла. На поднятых крыльях куполов дополнительные продольные сбросы встречаются сравнительно редко, чаще они наблюдаются на опущенных крыльях. Обычно продольный сброс, ближайший к главному,



Фиг. 11. Геологический разрез через Южный и Восточный Байчунас

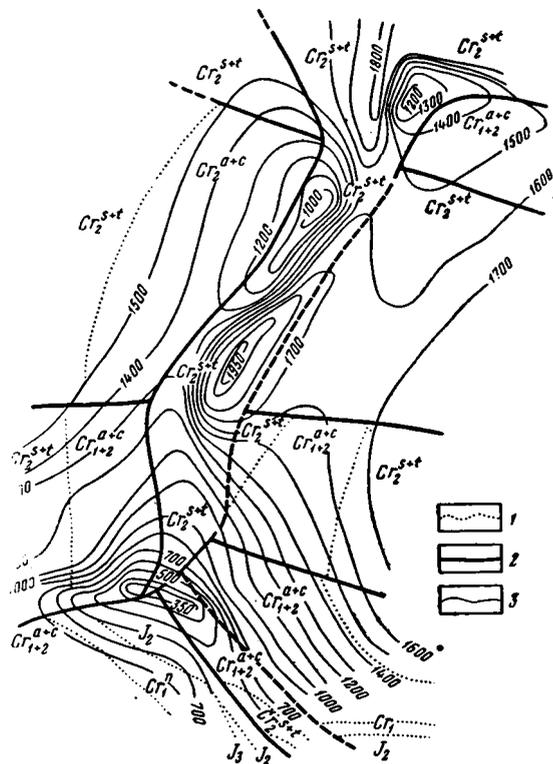
наклонен к нему навстречу и образует вместе с ним клинообразный (в поперечном сечении) грабен. Грабены характерны для большинства соляных куполов Прикаспийской впадины. Они прослеживаются на всем протяжении структуры, сужаясь на поднятых ее участках и расширяясь на опущенных. На погружениях купола сбросы, ограничивающие грабен, расходятся и затухают. На сравнительно глубоких куполах, сложенных с поверхности меловыми отложениями, ширина грабена значительна (Иманкара—1—1,2 км), на более поднятых куполах с юрой в своде она меньше (Макад, Жолдыбай—500—600 м); наконец, на некоторых куполах, размытых до юры, грабен на значительном протяжении поднятия вовсе выклинивается. Основной продольный сброс является продолжением крутого склона вершины соляного массива; крутой склон соли сам представляет собой как бы дизъюнктивное нарушение, приводящее породы соляного ядра в тектонический контакт с различными горизонтами надсолевых слоев опущенного крыла; в пределах поднятого крыла надсолевые слои примерно параллельно поверхности соляного массива. С усложнением строения соляного ядра соответственно усложняется сеть сбросов; появляются дополнительные поперечные и продольные сбросы, так или иначе отражающие неровности поверхности соли. Примером такой сложной сбросовой сети с несколькими грабенами и наличием большого количества ограниченных сбросами блоков является сбросовая сеть Макада, соляной массив которого осложнен несколькими самостоятельными вздутиями соли (см. фиг. 8). Характерными для многих соляных куполов



Фиг. 10. Разрез через купол Макат и межкуповольную зону Макат—Доссор (по Е. А. Айзенштадту)
 1 — сейсмические горизонты; 2 — опорные сейсмические горизонты; 3 — сбросы по оейсмическим данным; 4 — соль по данным преломленных волн;
 5 — предполагаемое положение кровли соли; 6 — геологические границы

Прикаспийской впадины являются вторичные сводообразные вздутия, осложняющие опущенные крылья (фиг. 11); генетически эти вздутия связываются с подтоком соли со стороны межкупольных пространств, после того как уже образовался основной продольный сброс купола. Значительное развитие вторичного сводообразного поднятия может привести к обособлению депрессионного понижения кровли соли в центральной части купола (фиг. 12). В таком случае грабен располагается над этим депрессионным понижением, являясь его отражением в надсолевой структуре.

Вторая особенность строения надсолевого свода заключается в быстрых и значительных изменениях мощностей надсолевых слоев, что свидетельствует о неравномерном росте отдельных частей купола. Изменения мощности происходят за счет: а) плавного уменьшения мощности, связанного с утонением и выклиниванием отдельных прослоев при движении от крыльевых к поднятым участкам структуры; б) уменьшения мощности в том же направлении за счет размывов и налегания одних толщ на другие с угловым несогласием; в) резкого различия в мощностях на смежных блоках, разделенных сбросами. Если первые два вида изменения мощности обычны для многих постепенно растущих складок и куполов, то третий вид является не совсем обычным. Он связан с резкой дифференцированностью соляного купола в процессе его роста, с поднятием одних блоков и опусканием других, в результате чего из разрезов смежных блоков выпадают не только ярусы, но и целые системы. Относительные движения смежных блоков со временем изменяли знак, вследствие чего в опущенных ныне участках структур мы можем наблюдать очень неполные разрезы по сравнению с ныне поднятыми участками. Примером этому служат Байчунас, главными частями которого являются Южный Байчунас, Восточный Байчунас и Северный Байчунас. На Южном Байчунасе над солью располагаются верхнепермские, а затем юрские отложения; на Восточном Байчунасе, представляющем собой смежный блок, верхняя пермь и юра размыты, а на соли непосредственно трансгрессивно залегает неокм. В настоящее время Восточный Байчунас с его неполным разрезом является опущенной частью Байчунасской структуры, а Южный Байчунас и Северный Байчунас, где системы надсолевых отложений представлены полностью, являются наиболее поднятыми ее частями (см. фиг. 11). Купол Искине состоит из опущенной части, с поверхности сложной породами



Фиг. 12. Алтыкуль

1 — геологические границы; 2 — сбросы; 3 — изогипсы поверхности соли

мела (Южное Искине), и поднятой, где под четвертичными отложениями вскрываются коренные породы верхней перми, юры и мела (Северное Искине). На Южном Искине апт, срезая с угловым несогласием верхнюю пермь, юру и неоком, залегает непосредственно на соли, что свидетельствует о значительном росте и размыве соляного ядра в аптском веке. На Северном Искине соляное ядро перекрыто верхнепермскими отложениями и в дальнейшем никогда не выходило на поверхность. Таким образом этот ныне поднятый участок структуры был в прошлом относительно пониженным ее участком.

Открытые купола. Некоторые открытые купола Прикаспийской впадины отличаются от закрытых только глубиной эрозионного среза. К их числу можно отнести Черную речку, где в связи с подземным размывом вершины массива образовалось соляное зеркало и мощный вторичный сульфатный кепрок. Близкое строение имеет Новобогатинск, который еще в плиоцене был открытым куполом, а затем его выравненная вершина с мощным кепроком была перекрыта новейшими отложениями. Однако в пределах впадины встречается, по крайней мере, две разновидности открытых куполов, обладающих специфическими особенностями и существенно отличающихся от закрытых куполов.

К первой разновидности относятся небольшие округлые купола, расположенные вдоль юго-восточной и восточной окраин солянокупольной области (Карачунгул, Саркрама, Джилансаид, Ащедулак, Мертвые ссли и др.). Для этих куполов характерно наличие тектонических контактов между надсолевыми породами и кунгурскими ядрами, сложенными на поверхности гипсами кепрока, а на глубине солью. Вдоль контакта ядер с породами крыльев на некоторых куполах развиты тектонические брекчии. На вершинах гипсовых ядер присутствуют пакеты дислоцированных верхнепермских, юрских и нижнемеловых пород, вынесенные при движении соляного штока. Для всех небольших открытых куполов характерно развитие системы сбросов, радиально расходящихся от границ соляного ядра, а также концентрических или касательных к периферии ядра.

Ко второй разновидности относятся очень крупные по размерам, также в общем округлые купола — Индер и Баскунчак — с огромными полями обнажающихся гипсов кепрока. Купола эти плохо изучены в глубину, так как вблизи них не проводили в достаточном объеме бурения и детальных сейсморазведочных работ. Индерский купол отличается огромными размерами; его гипсовое поле занимает более 250 км²; мощность вторичного кепрока достигает 70 м. Ядро концентрически окаймляется узкими полосками пермотриасовых, юрских, меловых и неогеновых отложений. Оно местами отделено от крыльев периферическими (концентрическими) сбросами; развита также система радиальных сбросов, разделяющих окаймляющее соляной массив кольцо надсолевых отложений на ряд секторов. Гипсовое поле Баскунчакского купола занимает 360 км²; соотношения его с крыльями плохо выяснены. Факты непосредственного налегания на соляно-гипсовое ядро Индера различных горизонтов верхней перми и нижней юры, а на ядро Баскунчакского купола — нижнего и верхнего мела, свидетельствуют о том, что периодический размыв ядер этих куполов происходит уже на протяжении полутора—двух эр. По соседству с гипсовыми полями в обоих случаях к югу от них расположены крупные округлые озера — Баскунчакское и Индерское, образовавшиеся на месте обширных компенсационных мульд. На Баскунчаке края такой мульды осложнены концентрическими сбросами. На Индере развиты еще по окраинам ядра и параллельно его краям узкие компенсационные (300—500 × 2000 м) синклинали в юрских и меловых отложениях. В районах обоих куполов имеются небольшие подчиненные

межкупольной зоны известен соляной перешеек. В относительно хорошо изученной межкупольной зоне Доссор-Макад также вырисовывается перешеек, делящий зону на северную и южную части.

«В пределах небольшой, но глубокой южной части мульды пласты от центра максимального погружения плавно поднимаются к куполу Доссор и перешейку. Что касается перешейка, то он осложнен вторичной складчатостью, которая придает структурной карте в этой части сложный и прихотливый характер. Здесь отмечаются два вторичных поднятия в неокомских отложениях с превышениями от 40 до 70 м и площадью от 4,5 до 6 км². Вдоль перешейка проходит сброс с амплитудой до 300 м, который соединяется со сбросами грабенов соседних куполов (Доссор, Макад, Сагиз), что указывает на общность моментов формирования этих структур и соединяющего их перешейка. Мощность надсолевых отложений в пределах перешейка равна мощности этих отложений на соседних куполах. Это обстоятельство также указывает, что перешеек в своей геологической жизни был теснейшим образом связан с жизнью куполов, т. е. он одновременно с ними переживал подъемы, размывы и т. п.» (Неволин, 1951).

Соляные структуры с погребенными размытыми сводами и наложенными мульдами. В северо-восточной части Прикаспийской впадины развиты погребенные соляные антиклинали. Одна из таких антиклиналей с широким плоским, по-видимому, ранее эродированным сводом, прослеживается в меридиональном направлении к югу от купола Джаксымай. Вдоль краев плоского свода этой соляной антиклинали образовались узкие соляные ребра, возникновение которых вероятно обязано притоку соли из смежных синклиналей. Из-за наличия ребер свод соляной антиклинали является вогнутым. Близкое строение имеет соляная структура Тамдыкуль, на которой обширное плоское соляное ядро несогласно перекрыто палеогеновыми отложениями.

Основные типы соляных структур Прикаспийской впадины. Для Прикаспийской впадины можно наметить следующие типы соляных структур.

Основной тип: округлые, овальные, звездообразные, ветвящиеся, в общем изометричные соляные купола с хорошо развитой сетью сбросов, образующих поднятое и опущенное крылья, и центральный грабен или систему грабенов при сложной форме соляного массива; в пределах блоков надсолевого свода местные перерывы на различных стратиграфических уровнях.

Сопутствующие формы: а) вторичные небольшие соляные поднятия на опущенных крыльях, б) компенсационные мульды, обычно овальные асимметричные, прижатые к крутому склону смежного соляного массива, в) соляные перешейки в межкупольных пространствах.

Особняком стоят крупные открытые купола Индер-Баскунчакского типа, площадью иногда выше 600 км² с прилежащими к ним обширными мульдами-озерами, по окраинам которых могут быть купола меньших размеров.

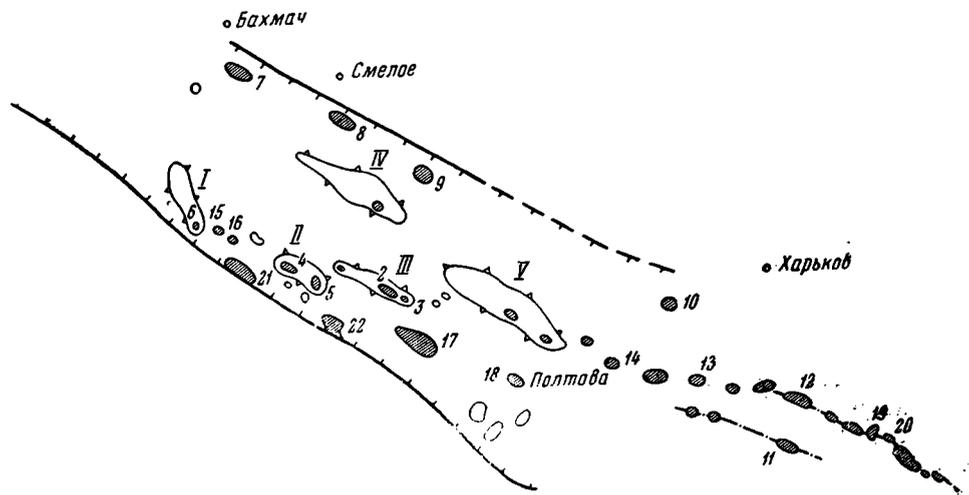
Кроме того в окраинных частях Прикаспийской впадины развиты соляные брахиантиклинали, удлиненная форма которых связана с положением бортов впадин: краевые соляные валы, округлые открытые купола малого диаметра вдоль зоны предполагаемого выклинивания соли, мульды и грабены выщелачивания.

ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКАЯ ВПАДИНА

Расположение соляных куполов и их разновидности. Несколько иные формы соляной тектоники наблюдаются во впадинах, имеющих вытянутую форму. Для таких впадин характерна единообразная ориентировка складок вообще и соляных структур в частности. В Прикаспийской впадине такую ориентировку мы наблюдаем

только вдоль крутых ее бортов; в удлиненных впадинах аналогичные «краевые» условия распространяются на всю их площадь. Особенно отчетливо это наблюдается в Днепровско-Донецкой впадине, которая на глубине ограничена крупными разломами.

Днепровско-Донецкая впадина вытянута с северо-запада на юго-восток; в состав надсолевого комплекса входят породы верхнего девона, нижнего и среднего карбона, перми, триаса, юры, мела, палеогена и неогена. По меловым отложениям Днепровско-Донецкая впадина представляет собой широкий эллиптических очертаний прогиб («Украинская меловая мульда» А. Д. Архангельского), а при переходе к нижним толщам она все более и более сужается. Девонские отложения залегают в узком



Фиг. 14. Схема расположения соляных куполов в Днепровско-Донецкой впадине

Валы: I — Прилукско—Антоновский. II — Исачковский. III — Радченковско—Малосорочинский, IV — Глинский. V — Солохско—Диканьский; соляные структуры: 1 — Гасенково, 2 — Радченково, 3 — Лейново, 4 — Исачки, 5 — Ромодан, 6 — Каплинцено, 7 — Дмитровка, 8 — Ромны, 9 — Сицевка, 10 — Валки, 11 — Беляевка, 12 — Алексеевская, 13 — Медведовка, 14 — Распашное, 15 — Яцины, 16 — Логовики, 17 — Сагайдан, 18 — Полтава, 19 — Петровский купол, 20 — Берекский купол, 21 — Колайдинцы, 22 — Петривцы

(100—120 км ширины) грабене. Глубина поверхности докембрийского фундамента в этом грабене составляет 5—6 км. Соленосная толща вне соляных куполов скважинами нигде не вскрывалась. Судя по тому, что соляными штоками вынесены к поверхности обломки известняков с верхнедевонской фауной, а также по аналогии с разрезами смежных областей (Припятский прогиб) соленосная толща может быть отнесена к девону. В ряде соляных штоков и в их кепроках заключено большое количество обломков диабазов, пласты которых первоначально или переслаивали каменную соль или залежали непосредственно над ней. Естественно связывать появление диабазов с разломами, ограничивающими девонский грабен. Распространение соляной тектоники ограничено площадью грабена. Наиболее ясно выраженные соляные структуры вытянуты вдоль основных, ограничивающих его разломов (фиг. 14).

В Днепровско-Донецкой впадине достоверно установлено более 20 соляных структур, где соляные ядра или сопровождающие их брекчии вскрыты бурением (Косыгин и Бланк, 1958). Кроме того имеется большое количество куполов, устанавливаемых по данным геофизических исследований и структурного картирования.

По данным Н. А. Самборского, мощность надсолевой девонской толщи, относимой им целиком к фаменскому ярусу и состоящей главным образом из песчано-глинистых пород с подчиненными прослоями известняков, может достигать 2500 м. Цифра эта получена сопоставлением разрезов ряда скважин, пробуренных вдоль южного борта впадины. Несогласно на девоне залегает турнейский и местами визейский ярус. Мощность карбона в центральной части впадины в районе Радченкова, по материалам Л. С. Палец и Б. С. Исаченко, составляет 1550 м, из которых 1300 м приходится на нижний и 250 м на средний отдел. Выше, отделяясь поверхностью регионального несогласия, залегает красноцветная толща верхней перми (150 м). В восточных и северо-восточных районах впадины ниже этого несогласия сохранились верхний карбон и нижняя пермь, которая также содержит прослой камня соли (Шебелинка). Это дает основание предполагать, что в восточных районах впадины могли иметь место некоторые перемещения нижнепермской соли. Однако бесспорных фактов наложения нижнепермской соляной тектоники на девонскую пока нет. Верхняя пермь вверх по разрезу сменяется песчано-глинистой толщей триаса (370—430 м), выше следует юра (480—640 м), разрез которой заканчивается киммериджем. Верхи юры размыты; большая часть нижнемелового отдела в разрезе также отсутствует. Меловые отложения (700 м в центре впадины) отделяются от юрских вторым крупным региональным несогласием. Третье значительное несогласие наблюдается между мелом и палеогеном, который на крыльях Днепровско-Донецкой впадины и на поднятиях внутри ее срезает не только различные горизонты меловой системы, но на некоторых структурах лежит непосредственно на юре, триасе и палеозое. Вместе с тем между поднятиями центральной зоны Днепровско-Донецкой впадины переход от мела к палеогену постепенный. Мощность палеогена составляет в центре впадины 300 м, увеличиваясь в компенсационных мульдах Роменского и других куполов до 740 м. Таким образом общую мощность надсолевой толщи можно оценить в 5—6 км, что согласуется с геофизическими данными о глубине Днепровско-Донецкой впадины.

Соляные структуры этой впадины образуют цепочки, вытянутые в соответствии с простиранием впадины. Однако генетическая связь соляных структур с более крупными «вмещающими» тектоническими формами может быть различной.

Во-первых, значительная часть соляных куполов осложняет крупные валообразные поднятия, вытянутые или вдоль или под острым углом к простиранию впадины. Радченковский вал осложнен Гасенковским, Радченковским и Лейковским соляными поднятиями, расположенными вдоль его оси. Журавковский вал осложнен Каплинцевским соляным штоком. Вдоль Исачковского вала расположены соляные купола Исачки и Ромодан. Глинский и Солохский валы, обладающие широкими плоскими сводами, осложнены куполами, расположенными по краям этих сводов.

Вторая группа соляных куполов (Дмитровка, Ромны, Синевка, Валки) не имеет видимой связи с валами; эти купола расположены вдоль северного борта впадины. Расстояние между Ромнами, где развита девонская соленосная толща, давшая начало крупному Роменскому штоку, и Смеловской опорной скважиной, вскрывшей докембрийский фундамент непосредственно под карбоном, всего 20 км. Следовательно купола второй группы прижаты к границе выклинивания соленосного девона, или, что более вероятно, к крупному разлому, ограничивающему с севера его распространение.

Третья группа соляных куполов в восточной части впадины (Беляевка, Алексеевка, Медведовка, Распашное), как можно судить по общей картине их размещения, лежит на продолжении осей антиклиналей Дон-

басса, погружающихся в Днепровско-Донецкую впадину. К востоку линии этих соляных куполов переходят в цепочки брахиантиклинальных структур северо-западных окраин Донбасса (Петровский, Берекский и другие купола).

Четвертую группу образуют соляные структуры, прижатые к разлому, ограничивающему с юга девонский грабен Днепровско-Донецкой впадины. Для этих структур характерны слабообразованное соляное ядро, отсутствие «внедрений» соли в лежащие выше толщи и нормальное ее перекрытие верхнедевонскими отложениями (Калайдинцы, Петривцево).

Наконец, для ряда куполов (Логовики, Яцины, Сагайдак, Полтава) связи с вмещающими структурами не проступают достаточно отчетливо.

Соляные структуры в Днепровско-Донецкой впадине развивались по-разному.

Во-первых, на некоторых соляных структурах (Калайдинцы, Петривцево и, возможно, Полтава) соляные ядра перекрыты в нормальной стратиграфической последовательности лежащими выше девонскими отложениями. Соляные ядра этих структур никогда не размывались и брекчий над ними не возникало.

Ко второй возрастной разновидности относятся соляные структуры Радченково и Сагайдак, соляные ядра которых, местами сопровождающиеся брекчиями, несогласно перекрыты нижним карбоном.

К третьей разновидности относятся купола (Беляевка, Медведовка), ядра которых несогласно перекрыты верхнепермскими отложениями. Над соляными массивами располагаются брекчии.

К четвертой разновидности относится соляной купол Дмитровка, соляное ядро и кепрок которого перекрыты меловой толщей.

Пятую, довольно многочисленную разновидность составляют купола с ядрами, несогласно перекрытыми палеогеном (Распашное, Валки, Синевка, Логовики, Яцины).

Наконец, к шестой разновидности относятся купола, ядра которых перекрываются непосредственно континентальными неогеновыми или четвертичными осадками, а в отдельных случаях в связи с явлениями вторичной соляной тектоники (перемещение соли под влиянием нагрузки брекчиевых кепроков) выходят на поверхность. К этой разновидности принадлежат купола: Ромны, Исачки, Гасенково, Лейково и Ромодан.

Во всех случаях после того, как соляно-брекчиевое ядро было перекрыто толщей того или иного возраста, развитие соляной структуры продолжалось, но проходило в виде изгиба надсолевых слоев без прорыва их и выхода соли на поверхность. Характерно, что стратиграфические уровни, до которых поднимаются брекчии в куполах последних четырех разновидностей, соответствуют крупнейшим региональным перерывам и эпохам наступления континентальных условий в Днепровско-Донецкой впадине.

Структуры с соляными ядрами, перекрытыми девонскими и каменноугольными отложениями. Для соляных ядер, перекрытых непосредственно девонскими отложениями, характерно отсутствие брекчий. Это означает, что соляные пласты были захоронены сразу после своего отложения, а соляные ядра ни разу не поднимались к дневной поверхности и не подвергались наземному или подземному размыву. Типичной антиклиналью этой разновидности являются Калайдинцы; размеры ее 15×4 км, длинная ось вытянута по простиранию южного борта впадины вдоль ограничивающего ее разлома. По данным Н. А. Самборского, соленосная толща, вскрытая здесь на глубине 2200 м, содержит прослой карбонатных песчаников и вверх постепенно сменяется нормально перекрывающими ее терригенными и карбонатными слоями девона. Каменноугольное море размывало девонскую Калайдинскую складку, наклоны крыльев которой, судя по величинам угловых несо-

гласий, достигали 25°. При этом размыта складка вершины соляного ядра располагалась на глубине 900 м; ближе к поверхности земли в последующее время она никогда не поднималась.

Накопление каменноугольных осадков (визейского яруса и среднего отдела) сменилось новым региональным подъемом, сопровождавшимся складкообразованием; доверхнепермская складка, образованная каменноугольными слоями, имела наклоны крыльев 10—12°. В толще перми, триаса и юры по изменением мощностей от свода к крыльям намечается лишь очень слабый рост Калайдинской структуры, по-видимому, связанный со слабым раздуванием соляного ядра. Так, мощность верхнепермской толщи увеличивается к крыльям на 20—25 м, триаса на 15—20 м. Палеогеновые отложения несогласно налегают на юрских отложениях, мощность которых, главным образом за счет размыва верхних горизонтов в сводовой части складки, на 200 м меньше, чем на крыльях. Существование столь большого несогласия трудно связать с соляной тектоникой, которая, если и проявлялась на Калайдинской структуре в перми и триасе, то лишь весьма слабо. По-видимому, предпалеогеновое несогласие, прослеживаемое регионально в Днепровско-Донецкой впадине, связано с ее общим поднятием, которое сопровождалось обновлением ранее существовавших складок. С начала палеогена заметных поднятий Калайдинской структуры не происходило.

Петривцевская складка, где соль, вскрытая на глубине 1940 м, согласно перекрывается девонem, значительно менее выгажега, чем Калайдинская. По одному из горизонтов среднего карбона здесь намечается антиклинальный перегиб высотой 100 м; его срезает верхнепермская толща с угловым несогласием в 2—3°. Поверхность размыва карбона моноклинално наклонена к северо-востоку, т. е. к центру впадины; в том же направлении, но более круто наклонена поверхность девона; к центру впадины так же увеличиваются мощности отдельных горизонтов карбона. По мощностям лежащих выше отложений (пермь, триас, юра, палеоген) развития соляного ядра проследить нельзя. Предпалеогеновое складкообразование здесь сказалось лишь в формировании структурного носа, прослеживаемого по контурам геологической карты допалеогенового среза.

Из приведенных данных можно заключить, что в известных пока складках, где соляные ядра перекрыты девонem, соляная тектоника или проявлялась в очень слабой степени, или же совсем осталась незаметной; формирование структур происходило в периоды общих поднятий, главным образом в три этапа: перед отложением карбона (для Калайдинцев — в предвизейское время), в предверхнепермское и предпалеогеновое время.

Более энергично соляная тектоника проявилась на складках, где соль или сопровождающие ее брекчии перекрыты непосредственно карбоном. Следует считать, что эти складки в девоне были достаточно резко выражены и поэтому в предкаменноугольное время были размыты до соляных ядер. В Радченково и Сагайдаке брекчии не содержат обычных для многих других куполов обломков диабазов. Этому обстоятельству трудно дать пока однозначное толкование. Во-первых, можно допустить, что в недрах впадины диабазы распространены весьма неравномерно и что одним куполам поэтому свойственны диабазовые брекчии, а другим брекчии без диабазов. Во-вторых, возможно, что в крипстоструктурах Радченковского типа соляные ядра размыты весьма неглубоко и этот размыв не достиг диабазов, которые, по данным Полтавских скважин, могут отсутствовать в верхних 200 метрах соленосной толщи. Однако наиболее вероятным представляется третье толкование, согласно которому брекчии Радченково и Сагайдака образовались не за счет внутрисолевых, а за счет надсолевых пород. Такие брекчии, состоящие из надсолевых пород, широко известны над соляными массивами Белоруссии (Ельск) и Лено-Ангар-

ской впадины. Они свойственны крипструктурам, и происхождение их связано с растрескиванием надсолевого свода, заполнением трещин прожилками соли и обрушением обломков после ее выщелачивания.

В Радченковско брекчия вскрыта двумя скважинами, показавшими ее исключительно однородный состав и строение; состоит она из обломков тонкополосчатых известняков, более редких обломков ангидрита и темного глинисто-карбонатного цемента. Мощность брекчий в Радченково достигает 100 м, в Сагайдаке 50 м; местами брекчий отсутствуют и каменноугольные отложения залегают непосредственно на соли. Ограниченное распространение брекчий может рассматриваться как аргумент в пользу их образования из надсолевых растрескивавшихся пород; действительно брекчия выщелачивания должна присутствовать повсеместно под уровнем подземной эрозии, а брекчия обрушения — только в участках, подвергшихся растрескиванию.

Формирование Радченковской структуры началось еще в докаменноугольное время. Однако в силу недостаточности материала (всего три скважины достигли девона) нельзя судить о морфологии, а тем более генезисе докаменноугольной структуры. Надо думать, что несмотря на наличие эродированного соляного ядра, соляная тектоника, как таковая, здесь еще не проявлялась, так как в развитой в Радченково 1500-метровой толще нижнего и среднего карбона не отмечено каких-либо локальных изменений мощностей, которые можно было бы связать с ростом соляных массивов одновременно с осадконакоплением. Никаких явных признаков соляной тектоники нельзя усмотреть и в довершнепермской структуре, представляющей собой длинную узкую антиклиналь с наклонами крыльев до 30°, ЗСЗ — ВЮВ простирания с наюгом в своде, воздымающуюся в направлении к восточному замыканию Радченковской складки по мезозою и размытую здесь до визейского яруса. Ось каменноугольной складки несколько смещена к югу (200—300 м) относительно оси по мезозойскому поднятию. По подошве верхней перми вырисовывается пологая брахиантиклиналь высотой 150 м с обособляющимися в ее пределах четырьмя куполовидными поднятиями, четкообразно вытянутыми вдоль оси складки. Эти куполки по замыкающим их изогипсам имеют высоту не более 20—25 м. Вероятно они представляют собой отражение значительных вздутий соли вдоль Радченковской антиклинали. Рост складки в мезозое и кайнозое происходил непрерывно как в процессе накопления осадков, так и во время региональных подъемов, сопровождавшихся ее размываниями. Сопоставление разрезов сводовых и крыльевых скважин показало, что если принять величину подъема складки в течение юрского, мелового и палеогенового периода за 100, то на долю среднеюрской эпохи приходится 15% роста, верхнеюрской эпохи — 12%, нижнего мела и сеномана — 12%, верхнемеловой эпохи (без сеномана) — 49%, бучакского века — 6%, киевского и харьковского веков — 6%. Амплитуда складки по мергелям киевского яруса не превышает 15 м, темп ее новейшего роста незначителен и геоморфологически она заметно не выражена.

Сагайдакское поднятие во многом сходно с Радченковским, но в отличие от него обладает более изометрической формой. Довершнепермская складка имела наклоны крыльев до 15% и была нарушена сбросами. Подошва верхней перми образует слегка вытянутый с северо-запада на юго-восток купол высотой около 150 м с соотношением осей 5 : 3. Величина подъема Сагайдакского купола в течение юрского, мелового и палеогенового периодов распределяется так: среднеюрская эпоха — 11%, верхнеюрская эпоха — 10%, меловой период — 74%, палеоген — 4%. Меловые отложения в своде Сагайдака полностью отсутствуют и поэтому величина послепермского и послемелового размыва, а также рост купола в мелу могут быть выражены только суммарным процентом. Амплитуда поднятия по

киевскому ярусу не более 10—15 м, таким образом темп роста купола с конца эоцена ничтожен.

Сравнивая складки обеих разновидностей, можно заключить, что их развитие происходило по трем главным этапам, связанным с общим подъемом страны в докаменноугольное, в доверхнепермское и в допалеогеновое время. Процессы же соляной тектоники относительно активно развивались на Радченковской и Сагайдакской структурах, где в мезозое и палеогене обособлялись пологие куполовидные вздутия, рост которых происходил одновременно с осадконакоплением.

Структуры с соляными ядрами, перекрытыми верхнепермскими, меловыми и палеогеновыми отложениями. Соляные ядра перекрыты верхнепермскими отложениями на Медведовском и Беляевском куполах.

На Медведовском куполе под верхней пермью вскрыты брекчии, содержащие обломки темно-серых известняков, глинистых сланцев и песчаников, но не включающие диабазов; по брекчии пройдено 150 м. В своде Беляевского купола аналогичные брекчии мощностью 65 м вскрыты на глубине 250 м; нижние 9 м брекчий образованы обломками темно-серого битуминозного известняка с участием гипса. Таким образом, в толще брекчий намечается некоторая зональность, несвойственная брекчиам выщелачивания. Вполне возможно, что это брекчии обрушения и что девятиметровый пласт известняковой брекчии стратиграфически соответствует надсолевым известнякам, вскрываемым в других районах Днепровско-Донецкой впадины. Если это так, то в Беляевке и Медведовке можно встретить не «настоящие» соляные штоки, а криптоструктуры, размытые в доверхнепермское время до уровня девонской соленосной толщи. Однако достаточных данных для решения этого вопроса пока еще нет. Однако возможно, что рассматриваемые купола представляют собой либо структуры Белорусского типа, где верхняя пермь на крыльях последовательно срезает залегающие в нормальной стратиграфической последовательности толщи девона и карбона, либо же в доверхнепермское время они имели крутые соляные массивы, несогласно контактирующие с боковыми породами карбона.

После глубокого размыва доверхнепермских структур развитие Беляевского и Медведовского куполов продолжалось.

Крупное несогласие между мелом и юрой Медведовки, где юра мощностью 500 м местами полностью размыта и мел залегает непосредственно на триасе, свидетельствует о том, что значительные поднятия купола происходили не только в предпалеогеновое время, но и в предыдущие эпохи мезозоя. Общая величина подъема Беляевского и Медведовского куполов в мезозойскую эру значительно больше, чем Радченковского и Сагайдакского (1400—1500 м против 400—500 м).

О солянокупольной природе подъема куполов в мезозое говорит наличие четкой выполненной юрой глубокой (250 м) компенсационной синклинали на юго-восточном крыле Беляевского купола.

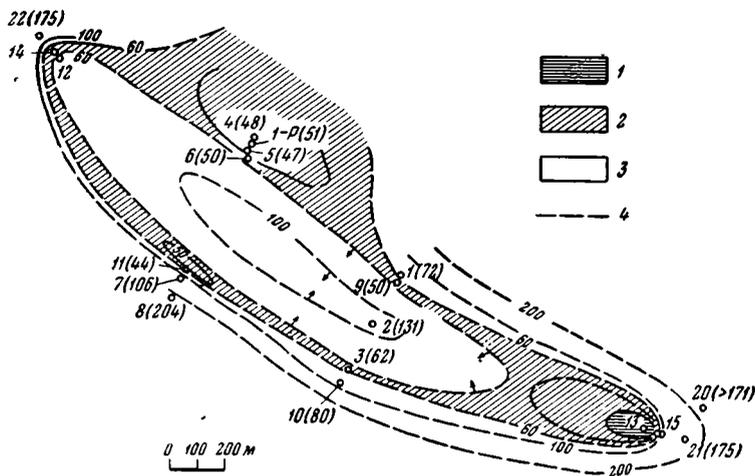
В палеогене рост куполов замедляется. Так, в Медведовке рост купола не отражается на мощностях бучацкого яруса; в послеэоценовое время происходит значительное проседание (до 70 м) свода купола.

Прогибание сводов Медведовского и Беляевского куполов не является пассивным проседанием, которое можно было бы связывать с растворением вершины соляного массива. Здесь одновременно с прогибанием центральных частей свода происходило компенсированное поднятие его окраинных участков, что можно объяснить только вторичной соляной тектоникой.

В отличие от Сагайдакской и Радченковской структур купола, где ядра перекрыты верхней пермью, имеют отчетливую округлую форму

более значительный темп роста, сопровождаются явлениями вторичной соляной тектоники и отчетливыми компенсационными мульдами (Беляевка).

Дмитровка — единственный изученный соляной купол с брекчиями, перекрытыми меловыми отложениями. Скважина, пробуренная на северном склоне штока, прошла ряд прослоев переотложенных брекчий, переслаивающихся с нормальными осадочными породами вероятно триасового и юрского возраста. Эти брекчии, примыкающие к крутому склону штока, могли образоваться вследствие длительного размыва соляного массива, поднимавшегося одновременно с накоплением осадков в триасовом и юрском периодах. В верхнемеловых и палеогеновых отложениях Дмитровки прослоев брекчий или переотложенных включений из соляного штока не наблюдается. Следовательно, размыв штока закончился в доверхнемеловое время.



Фиг. 15. Дмитровка. Структурная карта по подошве харьковского яруса

1 — зона размыва; 2 — зона пониженных мощностей; 3 — зона повышенных мощностей; 4 — изогипсы подошвы харьковского яруса

Соляной массив Дмитровки перекрыт шапкой брекчий выщелачивания мощностью до 250 м; над брекчиями сохранились верхнемеловые отложения. Шапка брекчий Дмитровского купола могла образоваться за счет «слизывания» грунтовыми водами вершины растущего соляного массива в нижнемеловую эпоху. В верхнемеловую эпоху Дмитровский купол продолжал интенсивно расти; так, над шапкой брекчий мощность верхнего мела незначительна (10—20 м), а за пределами штока превышает 150 м.

В верхнемеловую и палеогеновую эпохи Дмитровское поднятие росло, как закрытая структура. В отдельные моменты происходил слабый размыв надсолевых брекчий (начало сеномана, начало палеогена, начало харьковского века). Рост поднятия был довольно интенсивным, если судить по максимальным разностям мощностей отдельных горизонтов (верхний мел — 158 м, бучакско-каневские слои 90 м, киевский ярус — 50 м, харьковский ярус — 200 м). Рост сопровождался развитием в палеогене компенсационной мулды на южном крыле. В харьковском веке рост купола замедлился и начали развиваться явления вторичной соляной

тектоники, обусловленные оттоком соли от центральных перегруженных брекчиевым кепроком частей вершины купола к его периферии (фиг. 15).

Более многочисленна группа структур, где надсолевые брекчии перекрыты бучакско-каневскими слоями.

На куполе Распашное под бучаком на глубине 207—217 м вскрываются брекчии мощностью до 130 м, подстилаемые солью; брекчии состоят из обломков песчано-глинистых пород, среди которых присутствуют темные глинистые сланцы, диабазы, ангидрит, реже — известняки и мергели. В соли содержится значительная примесь карбонатного вещества, в виде включений, заполняющих каверны, и прослой ангидритов. На Литвиновском куполе брекчия вскрыта под бучаком на глубине 124 м, и имеет мощность 134 м; она состоит из обломков темных аргиллитов, песчаников, темно-серых кавернозных известняка и ангидрита. В лежащей ниже толще соли встречены прослой ангидритов, известковистых песчаников, включения глины, известняка и ангидрита. На Каплинцевском куполе под бучаком пройдены брекчии мощностью 130 м, состоящие из песчаников, известняков, доломита и ангидрита. На Синевском куполе под бучаком пройдено более 300 м брекчий, состоящих из ангидритов, песчаников и диабазов. В Логовиках и Яцинах, представляющих собой единый спаренный купол с седловиной, являющейся возможно аналогом центральной депрессии Дмитровка, брекчии вскрываются под бучакским и харьковским ярусами. Залегание харьковского яруса непосредственно на брекчии здесь, так же как и в Дмитровке, связано не со срезанием соляного ядра харьковской трансгрессией, а с ростом куполов в палеогене, что сопровождалось частичными размывами надсолевых горизонтов и верхней части шапки брекчий выщелачивания.

Купол Распашное в целом в эоценовую и последующие эпохи продолжал расти; его высота по подошве киевских мергелей достигает 50—70 м; к юго-западу и северо-востоку от купола за то же время сформировались две компенсационные мульды глубиной до 50 м.

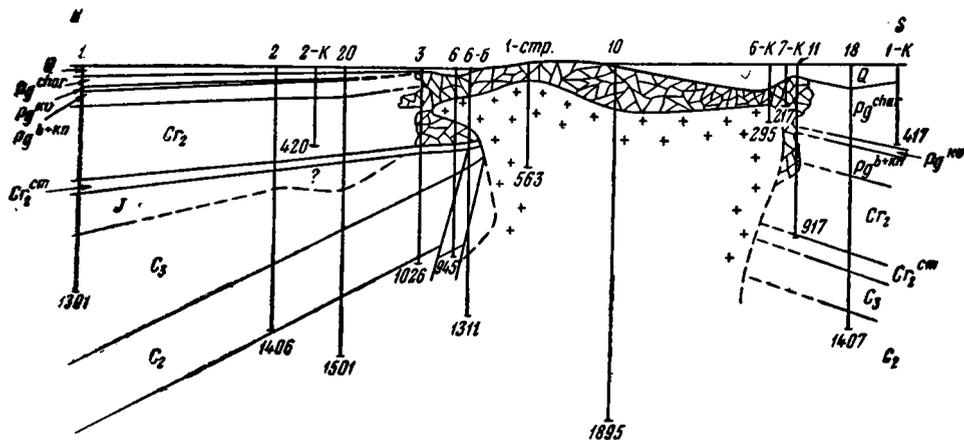
На Литвиновском куполе, обладающем округлой формой и диаметром 3 км, к югу и северу от поля брекчий под палеогеном вскрывается маастрихт, мощность которого примерно выдерживается (186—190 м). Это говорит о вероятном «прорезании» верхнего мела соляным штоком. Распределение мощностей бучакского яруса подтверждает впечатление о значительной активности роста Литвиновского купола; так, на своде мощность бучака — 10 м, на северном и южном крыльях — 97—126 м. В эоценовую и последующую эпохи здесь формировался округлый купол, высота которого относительно различных крыльев по подошве киевского яруса составляла 30—60 м. Купол окаймлен компенсационными прогибами глубиной до 30—50 м, образующими более или менее правильную кольцевую «ободковую» синклинали.

Отчетливо устанавливается существование компенсационной сипклинали, вероятно имеющей ободковую форму, и около Синевского купола.

Структуры с соляными ядрами, перекрытыми верхнемеловыми и палеогеновыми отложениями, характеризуются более интенсивным, по сравнению с ранее рассмотренными структурами, ростом в палеогене, наличием доказанных компенсационных мульд на всех куполах, наличием надсолевых брекчий выщелачивания, появлением боковых переотложенных брекчий, связанных с ростом и размывом соляных штоков в процессе накопления осадочных толщ (Дмитровка).

Открытые соляные купола Роменского типа. Роменский купол является классическим и наиболее изученным примером открытого купола в Днепровско-Донецкой впадине. Структура, сформированная к концу юры, была размыва в нижнемеловую эпоху при общем подъеме страны; соляное ядро было выведено на поверхность и о его

росте в нижнем мелу может свидетельствовать мощная линза немых песков на северном крыле купола, отложившаяся вероятно в компенсационной мульде того времени. Размытая складка была трансгрессивно перекрыта сеноманом (фиг. 16). Однако рост и размыв соляного ядра продолжались, что привело к концентрации обломков в периферической его части в виде брекчий. Часть этих брекчий переотлагалась в окружающих соляное ядро бассейнах, образуя языки, чередующиеся с нормальными морскими осадками. Образование переотложенных брекчий продолжалось в течение верхнемеловой и палеогеновой эпох; одновременно развивалась крупная компенсационная мульда на южном крыле купола. В неогене и четвертичном периоде в связи с общим подъемом страны сформировалась мощная шапка надсолевых брекчий выщелачивания. Наличие



Фиг. 16. Ромны. Разрез открытого соляного купола

этих брекчий при их неоднородном составе повело к перетеканию соли на вершине массива и образованию форм вторичной соляной тектоники — депрессии в центре купола и ребра и карниза вдоль северного края массива. Нагрузка кепрока на вершину массива весьма неравномерна. Это связано с наличием двух типов брекчий — диабазовой (уд. вес — 2,43) и глинистой (уд. вес — 2,2), причем течение соли на вершине массива происходит от участков, нагруженных диабазовыми брекчиями.

Сходными чертами развития обладает Исачковский открытый соляной купол, где также имеются боковые переотложенные брекчий, переслаивающиеся с морскими палеогеновыми осадками, шапка надсолевых брекчий выщелачивания, выходящая на дневную поверхность, и соляной карниз.

На примере Лейковского открытого соляного купола можно проследить связь куполов этого типа с палеозойскими складками. Лейковский шток расположен на юго-восточном погружении Радченковской брахиантиклинали; здесь надсолевые брекчий мощностью 200 м, содержащие обломки диабазов, известняков, ангидритов и глинистых сланцев, вскрываются непосредственно под четвертичными отложениями.

Ось Радченковской довершнепермской структуры по направлению к Лейкову воздымается, вследствие чего в районе купола верхняя пермь налегает непосредственно на породы визейского яруса. Таким образом, по-видимому, Лейковский купол стал развиваться в наиболее приподнятом участке довершнепермской складки, где девонские слои тогда вероятно выходили на поверхность. Размеры и конфигурация Лейковского штока

не установлены; диаметр его не более 1,5 км. Скважины, пробуренные по соседству со штоком, вскрывают харьковские, киевские и бучакские слои, верхнемеловую карбонатную толщу и сеноман с мощностями, мало измененными по сравнению с нормальными мощностями этих отложений в окружающих межкупольных пространствах. Это дает основание думать, что Лейковский шток подобно Роменскому прорезает толщу палеогена и верхнего мела. К югу от купола по изогипсам подошвы киевского яруса вырисовывается компенсационная мульда глубиной 30—35 м.

Второй очень неглубокий компенсационный прогиб, как бы отделяющий Лейковский шток от Радченковской антиклинали, прослеживается по верхнемеловой карбонатной толще, мощности которой в 1 км к северо-западу от центра штока увеличены на 45 м по сравнению с более удаленными пунктами.

На новейшую активность штока указывают геоморфологические данные — огибание его излучиной реки Псел и годнятое положение одной из речных террас.

На северо-западном погружении Радченковской антиклинали расположен пока еще очень слабо изученный Гасенковский шток, брекчии которого вскрываются под четвертичными отложениями.

Закономерности развития соляных структур Днепровско-Донецкой впадины.

1. В истории развития соляных куполов и валоподобных структур Днепровско-Донецкой впадины отчетливо обозначается несколько основных этапов, которые начинались глубокими опусканиями и прогибаниями, сопровождающимися накоплением мощных осадочных толщ, и завершались общими подъемами страны, размывом и образованием в геологическом разрезе поверхностей региональных несогласий.

Первый этап обнимает девонский период или его часть; второй — каменноугольный период и нижнепермскую эпоху; третий — верхнепермскую эпоху, триасовый и юрский периоды и нижнемеловую эпоху; четвертый — верхнемеловую эпоху; пятый — третичное и четвертичное время.

2. В течение первых двух этапов происходило формирование узких антиклиналей, вытянутых по простиранию впадины или под острым углом к ее оси. Наклоны крыльев докаменноугольных складок достигали 25° (Калайдинцы); росли эти складки в условиях значительного общего бокового сжатия, о чем говорят установленные Н. А. Самборским надвиги в девоне Калайдинцев. Сближение бортов центрального грабена, который образовался в теле Русской платформы, представляется мало вероятным, и поэтому причину складкообразования следует усматривать в подъеме растянутых в процессе прогибания девонских толщ, их сжатии и кораблении. Размыв девонских складок привел местами к обнажению соляных ядер и образованию брекчии обрушения (Радченково).

Второй этап начался накоплением толщи каменноугольных осадков; в этот период не происходило роста складок, что доказывается прекрасной выдержанностью мощностей горизонтов карбона в Радченково и Сагайдаке. Никаких признаков проявления соляного тектогенеза на этом этапе не подмечено. Складкообразование происходило во второй половине этапа одновременно с общим подъемом и размывом. Наклон крыльев складок по слоям карбона местами достиг 25° (Радченково), в толще карбона появились взбросы (Ромны). Поскольку складкообразование было приурочено к общему поднятию страны и сопровождалось интенсивным сжатием, механизм складкообразования следует объяснить так же как и механизм формирования девонских складок.

Локализация девонских и каменноугольных складок вероятно в какой-то мере определялась положением разломов в докембрийском фундаменте

платформы. Во всяком случае складки, расположенные вдоль южного ограничения девонского грабена, прижаты к крупному разлому.

Местами размыв складок обнажил их соляные ядра, над которыми образовались брекчии обрушения, а в отдельных случаях возможно также брекчии выщелачивания.

3. В течение третьего этапа (верхняя пермь — нижний мел) становится заметным проявление соляной тектоники: возникают округлые куполы, компенсационные впадины (юрская компенсационная мульда Беляевки и нижнемеловая мульда на северном крыле Роменского купола) и уменьшается мощность отдельных горизонтов над сводами, как следствие одновременного с осадконакоплением роста куполов.

Рост структур с наиболее глубоко погруженными соляными ядрами, перекрытыми девоню, происходит с очень незначительной скоростью или вовсе незаметен; рост структур с соляными ядрами, перекрытыми карбоном, прослеживается более отчетливо. Наконец, над структурами, где соляные ядра перекрыты верхнепермской толщей, образуются ясно выраженные соляные купола.

Некоторые наиболее активные купола (Дмитровка), по-видимому, размывались одновременно с осадконакоплением и продукты их разрушения отлагались в виде брекчий в окружающих триасовых и юрских осадках. В нижнемеловую эпоху произошел общий подъем страны, базис эрозии понизился, вершина Дмитровского и, вероятно подобных ему штоков, была «слизана» подземными водами с образованием 250-метровой шапки надсолевых брекчий; таким образом создано значительное противодействие на соль и заметно уменьшилась скорость роста штоков.

4. В течение четвертого этапа (верхний мел) продолжается рост соляных структур, обозначившихся в третьем этапе. Рост куполов с ядрами, перекрытыми верхней пермью, сказывается в уменьшении мощностей горизонтов меловой системы над сводами. На Дмитровке наблюдается интенсивный рост купола, причем шапка надсолевых брекчий временами выходит на поверхность и верхняя ее часть на отдельных участках размывается; но все же противодействие шапки брекчий уже не позволяет Дмитровскому соляному массиву достичь поверхности. На ряде других куполов (Ромны) происходит размыв соляных массивов и образование боковых переотложенных брекчий.

В конце этапа происходит общий подъем страны и связанное с ним складкообразование. Только так можно объяснить anomalно большие угловые несогласия между палеогеном и мелом, которые прослеживаются регионально и не увязываются с общей картиной плавного развития соляной тектоники.

В связи с общим поднятием и наступлением континентальных условий в конце этапа на ряде куполов сформировались мощные шапки брекчий выщелачивания (Распашное, Литвиновка, Синевка, Логовики, Яцины), приведшие к торможению и приостановке роста ряда куполов.

5. В начале пятого этапа палеогеновые осадки перекрыли ядра ряда заторможенных куполов, которые продолжали, затем развиваться, как закрытые структуры. Ромны, Исачки и другие открытые купола продолжали расти, а ядра их размываться с образованием боковых переотложенных брекчий, чередующихся с палеогеновыми породами.

В палеогене на ряде куполов (Дмитровка, Медведовка, Беляевка, Распашное) отчетливо проявилась вторичная соляная тектоника, связанная с перетеканием соли под нагрузкой брекчиевых кепроков и приведшая к образованию центральных депрессий. Во второй половине этапа (неоген-четвертичный период) наступил общий подъем, который привел к формированию шапок брекчий на открытых куполах (Ромны, Исачки, Лейково и др.) и образованию форм вторичной соляной тектоники над

ними. Этот процесс нашел свое геоморфологическое выражение в изгибах рек и дислокациях террас.

б. Для Днепровско-Донецкой впадины основным типом соляных структур являются удлиненные, приуроченные к валам и продольным разломам соляные массивы, над которыми в разное время образовались брекчиевые кепроки, что определило морфологические различия отдельных куполов. Сопутствующие формы: а) компенсационные, часто «ободковые» мульды, б) центральные надштоковые впадины, в) соляные ребра, шипы и карнизы.

Кроме основного типа встречаются соляные структуры со слабо развитыми ядрами, перекрытыми девонскими или каменноугольными отложениями, без признаков протыкания.

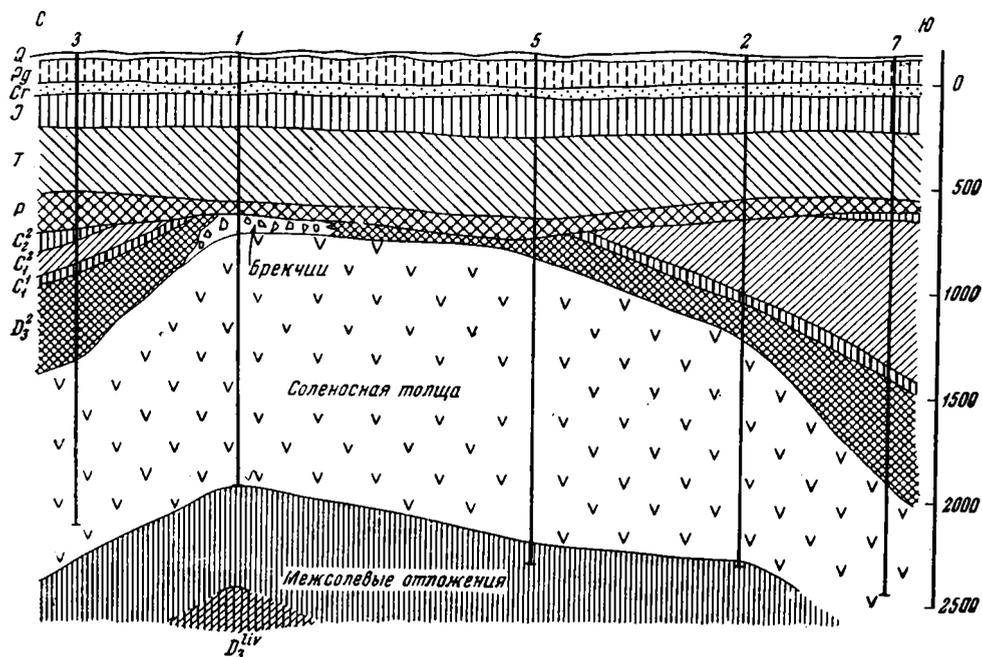
ПРИПЯТЬСКИЙ ПРОГИБ

В качестве примера солянокупольной области, приуроченной к небольшой синеклизе или грабену, можно рассмотреть Припятский прогиб, представляющий собой западное продолжение Днепровско-Донецкой впадины, но обладающий иными особенностями геологического развития (Ляпкин и Люткевич, 1956; Рынг, 1956). Впадина ограничена крутыми уступами, а внутренними горстами она подразделяется на ряд впадин второго порядка. Наибольшая глубина залегания докембрийского фундамента в восточной части впадины достигает, по данным сейсморазведки, 3,5—4,5 км. В западной (Гуровской) впадине поверхность фундамента прослеживается на глубинах 2,5—3 км, а на западе северной (Шатилковской) впадины она достигнута скважиной на глубине 1660 м. Припятский прогиб выполнен девонскими и более молодыми отложениями. Разрез девона (Брунс, 1956 и др.) начинается наровскими слоями и включает две соленосные свиты, возможно местами сливающиеся в одну. Нижняя соленосная свита сопоставляется с ливенскими слоями; в погруженных частях впадины она достигает 300-метровой мощности и заключает в себе линзы каменной соли. Верхняя соленосная свита относится к верхнефаменскому подъярису и мощность ее в погруженных частях Припятского прогиба достигает 1800 м. Разрез девона завершается 300-метровой толщей чередующихся глин, мергелей и доломитов. Выше выделяются несогласно залегающий на девоне визейский ярус, средний карбон, верхнепермские красноцветные и триасовые пестроцветные отложения, верхняя юра, нижний и верхний мел и палеоген. Характерной особенностью Припятского прогиба является сравнительно неглубокое положение кровли соленосной свиты: на западе 350—700 м и на востоке 700—2700 м. Возможно, что с небольшой глубиной залегания соли и сравнительно небольшой нагрузкой надсолевых пород связана относительная простота местных форм соляной тектоники. Здесь развиты невысокие вздутия соли, причем случаи непосредственного тектонического контакта соли со слоями моложе девона здесь пока не установлены. Иными словами «прорывы» солью лежащих выше слоев не наблюдаются.

Расположение соляных структур подчинено общему структурному плану, определяемому широтными разломами и уступами. Соляные поднятия вытянуты в широтном направлении, а некоторые из них образуют валы, прослеженные до 55 км в длину (Ельский и Давыдовский). Соляные структуры Припятского прогиба принадлежат по крайней мере к двум разновидностям: поднятия, рост которых прекратился до пермского периода, и поднятия, рост которых продолжался в конце палеозоя и в мезозое.

Представителем первой разновидности является Ельская структура (фиг. 17). Соль здесь образует вздутие, в центре которого мощность ее

на 20—30% больше, чем на крыльях. Соляное ядро обладает плоской вершиной, над которой сохранилось 60—80 м девонских надсолевых отложений и брекчий, рассматриваемых как вторичный кепрок. Брекчии и надсолевые девонские слои несогласно перекрыты континентальными пермскими и триасовыми отложениями, имеющими несколько увеличенную мощность над соляным ядром. В развитии Ельского соляного поднятия намечаются следующие этапы:



Фиг. 17. Ельское соляное поднятие

1) рост соляного ядра в девонском (увеличение мощности надсолевых фаменских отложений при движении к крылу) и каменноугольном периодах;

2) продолжение роста соляного ядра и размыв надсолевого свода в среднем и верхнем карбоне и в нижнепермскую эпоху, подземный размыв соли, вероятное образование соляного зеркала и вторичного кепрока (брекчии);

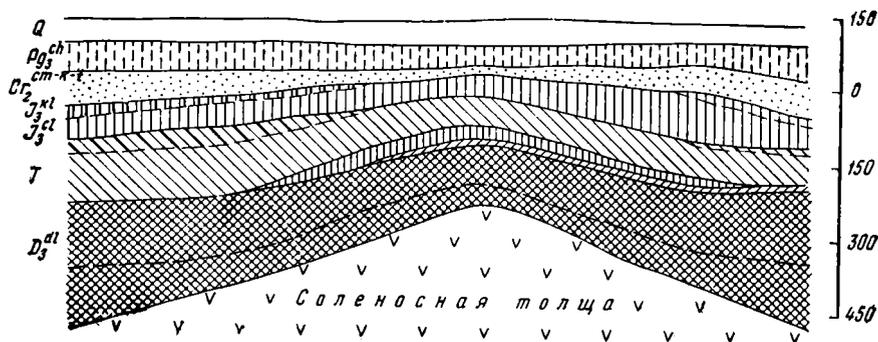
3) образование впадины над соляным ядром с повышенными мощностями континентальных, пермских и триасовых отложений в условиях общего подъема страны;

4) образование горизонтального недислоцированного чехла юрских, меловых и палеогеновых осадков.

К той же разновидности принадлежит Наровлянское поднятие.

Соляное поднятие Копаткевичи (фиг. 18) представляет вторую разновидность. Здесь соляное ядро сохранило свою тектоническую активность по крайней мере вплоть до верхнего мела. Признаки движения соли можно усмотреть в девоне, триасе, верхней юре и верхнем мелу. Кровля соли образует здесь пологий симметричный свод высотой 500 м, при движении вверх по надсолевому разрезу крылья становятся все более пологими. Имеется ряд местных или усиленных подъемов соли несогласий между нижним карбоном и триасом, триасом и верхней юрой, верхней юрой и сеноманом, сеноманом и палеогеном; выше слои залегают практически

горизонтально. Причину большей подвижности соли в Копаткевичах следует искать вероятно в большей мощности соли. Нахождение визейских, в основном континентальных, отложений только на своде говорит о возможном развитии в это время неглубокой надсолевой впадины.



Фиг. 18. Соляное поднятие Копаткевичи

Тип соляных поднятий Припятского прогиба можно охарактеризовать как пологие соляные антиклинальные и куполовидные массивы (вздутия), закончившие свое развитие в верхнем палеозое (Ельск) или мезозое (Копаткевичи), не создавшие сбросовой сети или явлений протыкания, несущие сравнительно маломощные древние брекчиевые остаточные кепроки, формирование которых относится к палеозою.

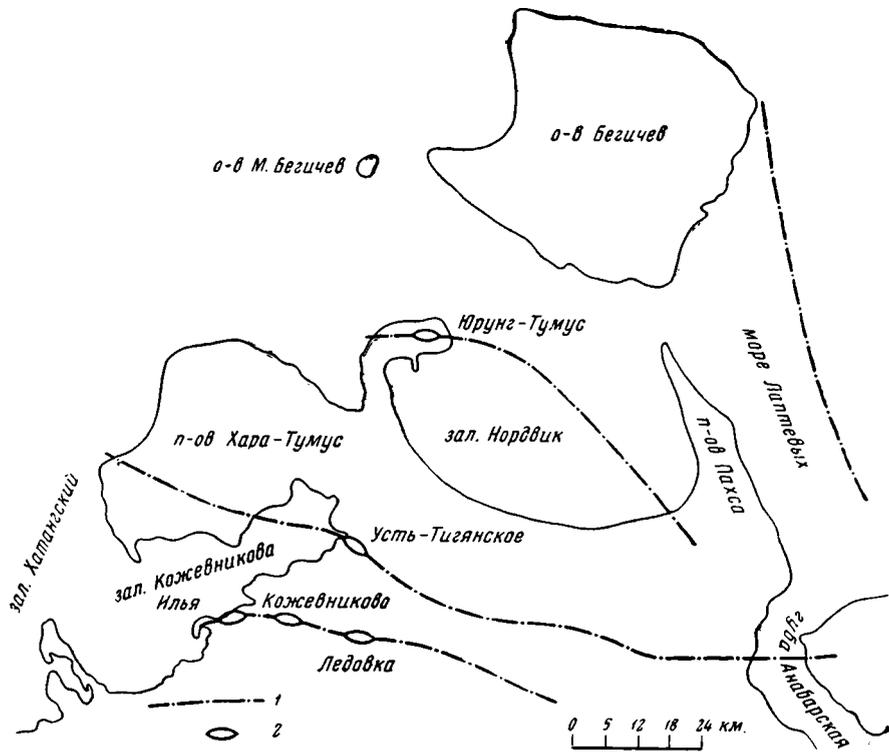
ХАТАНГСКАЯ ВПАДИНА

К солянокупольным районам, связанным с удлинёнными синеклизами, относится также Нордвик-Хатангский район, лежащий в пределах Хатангской впадины Сибирской платформы. Соленосная формация, возраст которой предположительно определяется, как девонский (или кембрийский?) залегает здесь вне соляных куполов на значительной глубине и образована чередованием соли, ангидрита, глин и известняков. Такая «загрязненность» соленосной толщи объясняет большую мощность кепроков, достигающую 300 м (на куполе Кожевниково) (Жорнелюк, Кочетков, Емельянцеv, 1946). Нахождение глыб диабазов в кепроке Нордвикского купола может указывать на то, что в состав соленосной толщи здесь, как и в Днепровско-Донецкой впадине, входят диабазы.

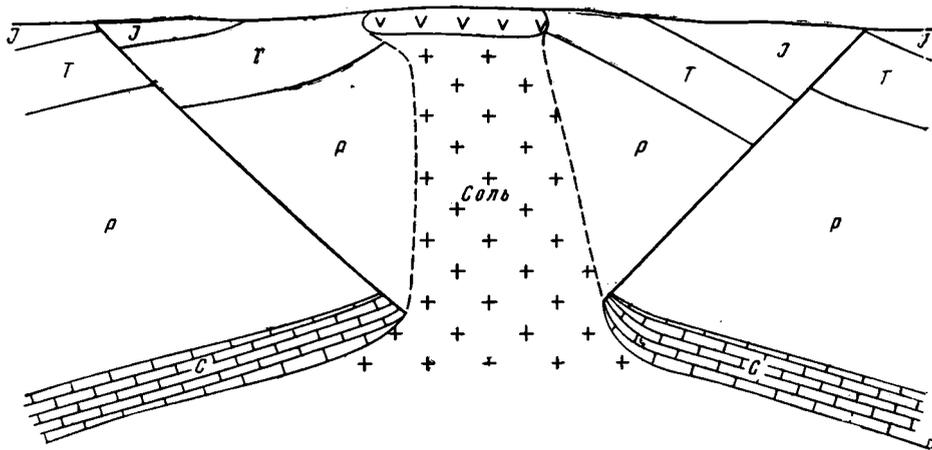
В составе надсолевой толщи выделяются карбонатные толщи верхнего девона и нижнего карбона, обрывки которых сохранились на склонах соляных массивов, терригенные толщи перми, триаса, юры, нижнего мела (валанжина) и меловые континентально-пресноводные отложения (угленосная толща); общая мощность надсолевых слоев не менее 4500 м.

Структурный план района определяется наличием широтных антиклинальных линий, ориентированных соответственно простиранию северного ограничения Сибирской платформы. Здесь особенно отчетливо выделяются южная Ильинско-Южнотигянская антиклинальная линия с куполами Илья, Кожевниково и Ледовка (фиг. 19) и северная Тигяно-Анабарская линия с Усть-Тигянским куполом. Несколько севернее на п-ове особняком расположен купол Юрунг-Тюмус (Нордвик); судя по геофизическим данным и широтному простиранию самого купола, он также вероятно приурочен к антиклинальной линии, продолжение которой скрыто под водами моря Лаптевых.

Среди куполов Нордвик-Хатангского района можно выделить две разновидности, различающиеся по очертаниям соляных ядер: эллиптические,



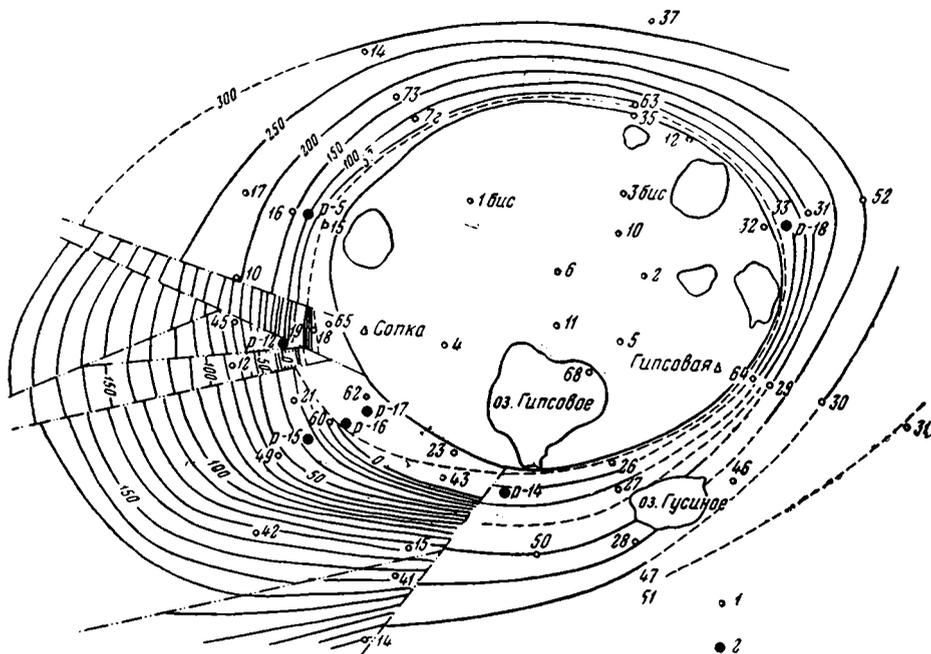
Фиг. 19. Схема расположения соляных структур
 Нордвик-Хатангского района
 1 — ось антиклинали; 2 — поднятие



Фиг. 20. Геологический разрез купола Нордвик
 (по Ю. И. Корнилюку, Т. П. Кочеткову и Т. М. Емельянову)

широтно-вытянутые купола и округлые купола. К первой разновидности принадлежит Нордвик (Лаппо и Кусов, 1947; Лаппо, 1946) с соляным штоком размером $3,35 \times 0,85$ км, вытянутым в широтном направлении и прикрытым кепроком мощностью до 140 м. Соляной массив обладает крутыми склонами и на юге осложнен соляным карнизом, под которым скважины входят в юрские отложения; поверхность массива представляет собой горизонтальное соляное зеркало. Крылья и погружения купола разбиты многочисленными нормальными сбросами, причем главная роль принадлежит продольным сбросам, амплитудой до 500 м (фиг. 20).

Ко второй разновидности принадлежит почти округлый купол Кожевниково с соляным штоком диаметром 3 км, прикрытым кепроком мощностью до 300 м (фиг. 21). Крылья купола разбиты радиальными сбросами примерно также, как на типичных куполах Голфа.



Фиг. 21. Схематическая структурная карта поднятия Кожевникова
1 — структурные свавины; 2 — глубокие роторные свавины

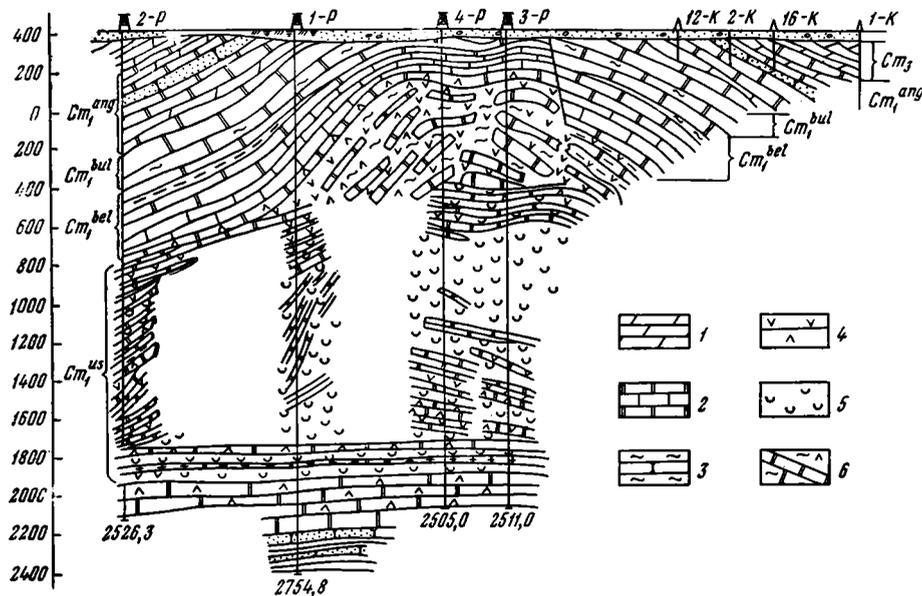
Кроме отмеченных двух разновидностей в Нордвик-Хатангском районе вероятно развиты также закрытые купола с глубоко погруженными соляными ядрами. Но эта разновидность здесь еще не изучена.

Для куполов Нордвик-Хатангского района можно отметить такие характерные черты: удлинение в соответствии с простиранием впадины или почти округлая форма в плане, мощные остаточные кепроки, вызывающие развитие форм вторичной соляной тектоники (карнизы); развитие интенсивной сети сбросов в надсолевой структуре.

АНГАРО-ЛЕНСКИЙ ПРОГИБ

Совершенно иной характер чем в Днепровско-Донецкой и Хатангско-впадинах имеет соляная тектоника в третьей удлиненной синеклизе — Ангаро-Ленском прогибе. Здесь развиты длинные узкие антиклиналы,

общем параллельные простиранию самого прогиба, а также зоне байкальской складчатости, окаймляющей его с юго-востока. Эти складки неоднократно описывались по данным геологических съемок, причем их формирование связывали как с расколами фундамента и боковыми напряжениями, так и с возможными проявлениями соляного тектогенеза. Каждому из этих факторов разные исследователи уделяли различную роль (Шарапов, 1938; Арсеньев и Нечаева, 1947; Туголесов, 1952; Зайцев, 1954, и др.). В качестве характерных признаков складок, выделенных им под названием «структур Литвинцевского типа», Н. С. Зайцев указывает прямолинейность, асимметричность, преобладание длины над шириной с соотношением от 1 : 4 до 1 : 20, наличие продольных, реже поперечных разрывов. Длина складок нередко достигает 50 км (Литвинцевская антиклиналь), а длина отдельных структур из описанных Д. А. Туголесовым на р. Непе — до 70 км. В южной части прогиба (Верхнеленской впадине Н. С. Зайцева) Жигаловская антиклиналь прослежена на 100 км.



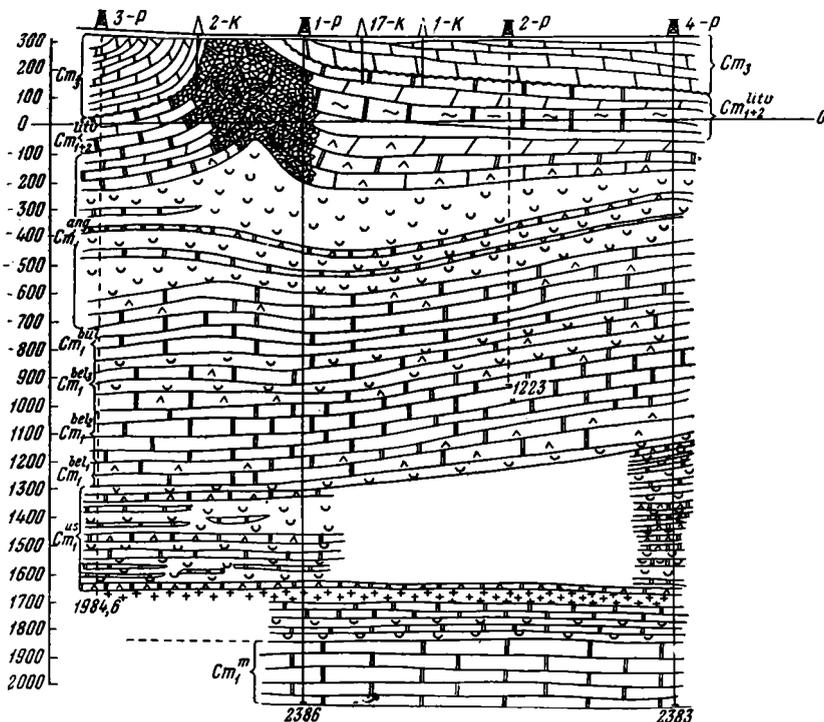
Фиг. 22. Кузнецовская брахiantiклиналь (по А. И. Кононову)

Cm_3 — верхоленская свита верхнего кембрия; Cm_1^{ang} — ангарская свита нижнего кембрия; Cm_1^{bul} — булайская свита; Cm_1^{bel} — бельская свита; Cm_1^{us} — усольская свита; 1 — мергели; 2 — доломит, известняк; 3 — песок, глина; 4 — гипс, ангидрит; 5 — соль каменная; 6 — доломито-глинисто-ангидритовые породы, сильно перемятые.

Ангаро-Ленский прогиб выполнен главным образом кембрийскими отложениями, в которых выделяются подсолевой комплекс (ушаковская и мотская свиты керфайского яруса нижнего кембрия), основная соленосная толща (усольская свита), надсолевые, а местами межсолевые карбонатные отложения бельской и булайской свит, карбонатная, а местами соленосная, ангарская свита (свиты от усольской до ангарской составляют ленский ярус нижнего кембрия) и надсолевой комплекс, состоящий из литвинцевской свитой среднего кембрия и верхоленской свитой верхнего кембрия.

На природу складок, развитых в южной части Ангаро-Ленский прогиб, проливает свет, проводившееся здесь с 1949 г. разведочное бурение,

результаты которого обобщены А. И. Кононовым (1957). Бурением изучены немногие участки. Два из них соответствуют воздыманиям шарнира Жигаловской антиклинали, представляющей собой узкую (3,5 км) складку, близкого к байкальскому простирания. Кузнецовская (фиг. 22) брахиантиклиналь (6,35 × 3,5 км) симметрична и крылья ее наклонены под



Фиг. 23. Туркуская складка (по А. И. Кононову)

Cm_{1+2}^{litv} — литвиновская свита низов среднего и верхов нижнего Кембрия; Cm_1^m — мотская свита нижнего Кембрия. Остальные условные обозначения те же, что на фиг. 22

углами 45—60°. Карбонатные породы ангарской, булайской и бельской свит у свода складки сильно раздроблены и перемяты. Бурением установлено наличие утолщенного ядра, сложенного породами соленосной усольской свиты, мощность которой в своде достигает 1500, а на крыле лишь 1100 м; ядро образовалось за счет течения соли, на что указывает наличие сплошной семисотметровой толщи соли в сводовых скважинах, тогда как на крыле мощность отдельных прослоев не более 40—60 м и они переслаиваются ангидритово-доломитовыми породами. В своде складки выше соленосных пород установлена четырехсотметровая толща ангидритодоломито-глинистых брекчий, которые не прослеживаются на крыльях и могут рассматриваться как остаточный кепок, или, по А. И. Кононову, как «покрышка, образовавшаяся за счет разрушения верхней части усольской свиты в процессе ее подъема». Вторая изученная бурением Балытинская складка находится на Жигаловской антиклинали в 80 км юго-западнее Кузнецовской; здесь также, но в меньшей степени, сформировалось соляное ядро за счет концентрации соли усольской свиты; мощность последней в своде всего лишь на 85 м больше, чем на крыле.

Значительно севернее Жигалова в районе Усть-кута бурением освещена Туркуская асимметричная очень узкая (3,5 × 0,25 км) складка почти меридионального простирания с опрокинутым западным крылом; ампли-

туда складки по среднему кембрию составляет 180—280 м. Здесь соляное ядро образовано солями верхов ангарской свиты, мощность которых по сравнению с крыльевыми участками увеличена в три раза (фиг. 23). Лежащие ниже булайская и бельская свиты обладают постоянной мощностью и полого наклонены к западу. Благодаря наличию соли и изменению ее мощностей в усольской свите имеется еще одно структурное несоответствие — слои подсолевой мотской свиты наклонены к востоку.

Согласно данным А. И. Кононова, в надсолевых слоях происходит сокращение мощностей к сводам, что по нашему мнению можно объяснить за счет постепенного формирования соляных ядер в кембрийском периоде, когда карбонатные породы кембрия были еще достаточно пластичны и уступали течению соли. Последующий подъем страны привел к образованию мощных вторичных ангидритово-доломитовых кепроков, которые стали препятствовать дальнейшему развитию соляных ядер.

Соотношения соляной тектоники Лено-Ангарского прогиба с подсолевой структурой пока недостаточно точно выяснены. Однако имеющиеся данные позволяют говорить о пологом моноклиналином залегании подсолевых толщ и о вероятном наличии перегибов или уступов слоев под соляными антиклиналями.

Для выделения разновидностей соляных структур Ангаро-Ленской впадины нет достаточных материалов. В целом тип структур, освещенных бурением, можно предварительно определить как соляные антиклинали, локализовавшиеся над уступами или разломами фундамента. Карбонатный состав надсолевой толщи создал особенности в развитии этих структур (например, наличие карбонатных брекчиевых остаточных кепроков, отсутствие типичных солевых штоков, что, возможно, связано с сопротивлением известняковой покрывки, и т. д.).

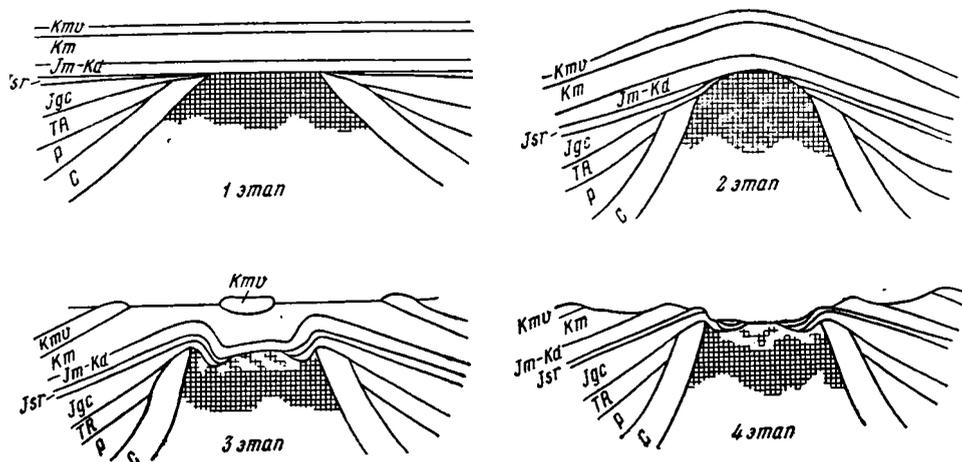
ЛЕНО-ВИЛЮЙСКАЯ ВПАДИНА

Соленосные свиты в нижнем кембрии Сибирской платформы распространены весьма широко. По характеру складок Ангаро-Ленского прогиба логично предположить, что соленосные свиты имеют здесь сплошное распространение и на северо-востоке достигают Березовского прогиба, где развиты куполовидные структуры; формирование последних трудно представить без участия соляного тектогенеза. Вероятно они достигают также района Кемпендяйских дислокаций в Лено-Вилюйской впадине, где соляные структуры в общем подчинены байкальскому простиранию, но имеют расплывчатые лапчатые очертания; это возможно связано с большей глубиной залегания соленосных свит и менее четкой выраженностью уступов фундамента или других обуславливающих локализацию соли структурных элементов в подсолевой толще. Судя по карте Н. М. Чумакова (фиг. 24), форма Кемпендяйских куполов с их изгибами и разветвлениями напоминает форму Эмбенских куполов. Кемпендяйские купола вероятно обладают обширными плоскими вершинами, на что указывает обилие мелких, возможно карстового характера, озер в пределах сводов, сложных палеозойскими породами. Наличие на сводах относительно небольших юрских и меловых мульд говорит о подземном выщелачивании соляных массивов или о вторичной соляной тектонике.

КОЛОРАДСКОЕ ПЛАТО

Совершенно своеобразное тектоническое положение занимает район развития соляных структур на Колорадском плато в Северной Америке. Колорадское плато представляет собой обломок Северо-Американской платформы, окруженный со всех сторон зонами мезозойской складчатости

и испытывавший дислокации платформенного типа, а также внедрения лакколитов (Ирдли, 1954). На докембрийском основании здесь располагаются кембрийские отложения, на них несогласно лежит девон, выше следуют миссисипий, пенсильваний и пермь. Мощность палеозойских отложений сравнительно невелика; максимума в 1600 м она достигает на западной окраине плато. В северной части плато, к югу от бассейна Уинта в направлении северо-запад — юго-восток плато пересекается системой параллельных антиклиналей, разделенных пологими синклиналями. Эти антиклинали, число которых достигает восьми, по-видимому, связаны с разломами фундамента, тем более, что некоторые из них (например, Слениш — Велли) по простиранию замещаются разломами. Ядра антиклиналей сложены соленосными слоями верхнепенсильванской свиты «парадокс», перекрываемой известняками «гермоза» той же системы и пермскими свитами «рико» и «котлер». Соляные ядра были размыты в триасовом



Фиг. 25. Развитие соляных антиклиналей на Колорадском плато (по Ирдли).
Вертикальный масштаб преувеличен

С — формация Эрмоса; Р — пермь; Т — триас; Jgc — группа Глен-Каньон; Jsr — группа Сан-Рафаэль; Jm-Kd — формации Моррисон-Данота; Km — глинистые сланцы Манкос; Kmv — группа Месаверде

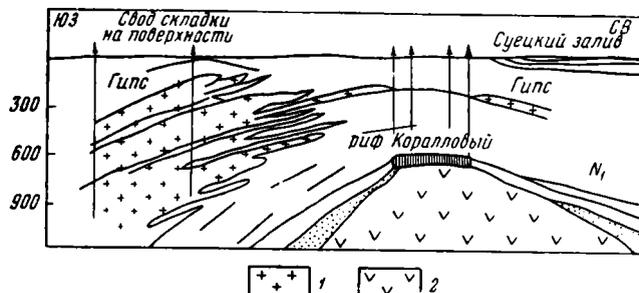
периоде и несогласно перекрыты триасовыми и юрскими слоями. При поднятиях Колорадского плато в третичном периоде происходило выщелачивание вершин соляных массивов и образование мульд оседания, в которых сохранились мезозойские отложения.

Соляные структуры плато Колорадо по своему положению и линейности несколько сходны со структурами Ангаро-Ленского прогиба, где однако не дошло до образования мульд оседания, так как соль залегает на большой глубине. На фиг. 25 изображена схема развития соляных антиклиналей Колорадского плато по Стоксу.

ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКИ В НЕБОЛЬШИХ ВПАДИНАХ АФРИКАНСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Проявления соляной тектоники известны в ряде небольших впадин Африканской платформы, но там они еще недостаточно изучены. Существует, например, пологое соляное вздутие, образованное аккумуляцией миоценовой соли, на крыле антиклинали Гемзах в Египте (фиг. 26). В прибрежном осадочном бассейне Габона на западном побережье Афри-

ки геофизическими работами и бурением установлены соляные структуры, число которых достигает 30, а по другим данным 100; возраст соли предположительно аптский. Издавна известны проявления соляной тектоники в грабене Мертвого моря, где с открытым соляным штоком Джебел-Уздум связана библейская легенда о жене Лота. Известны соляные купола на территории Йемена. Однако по всем этим районам пока еще нет данных, позволяющих судить о типах и особенностях соляных структур.



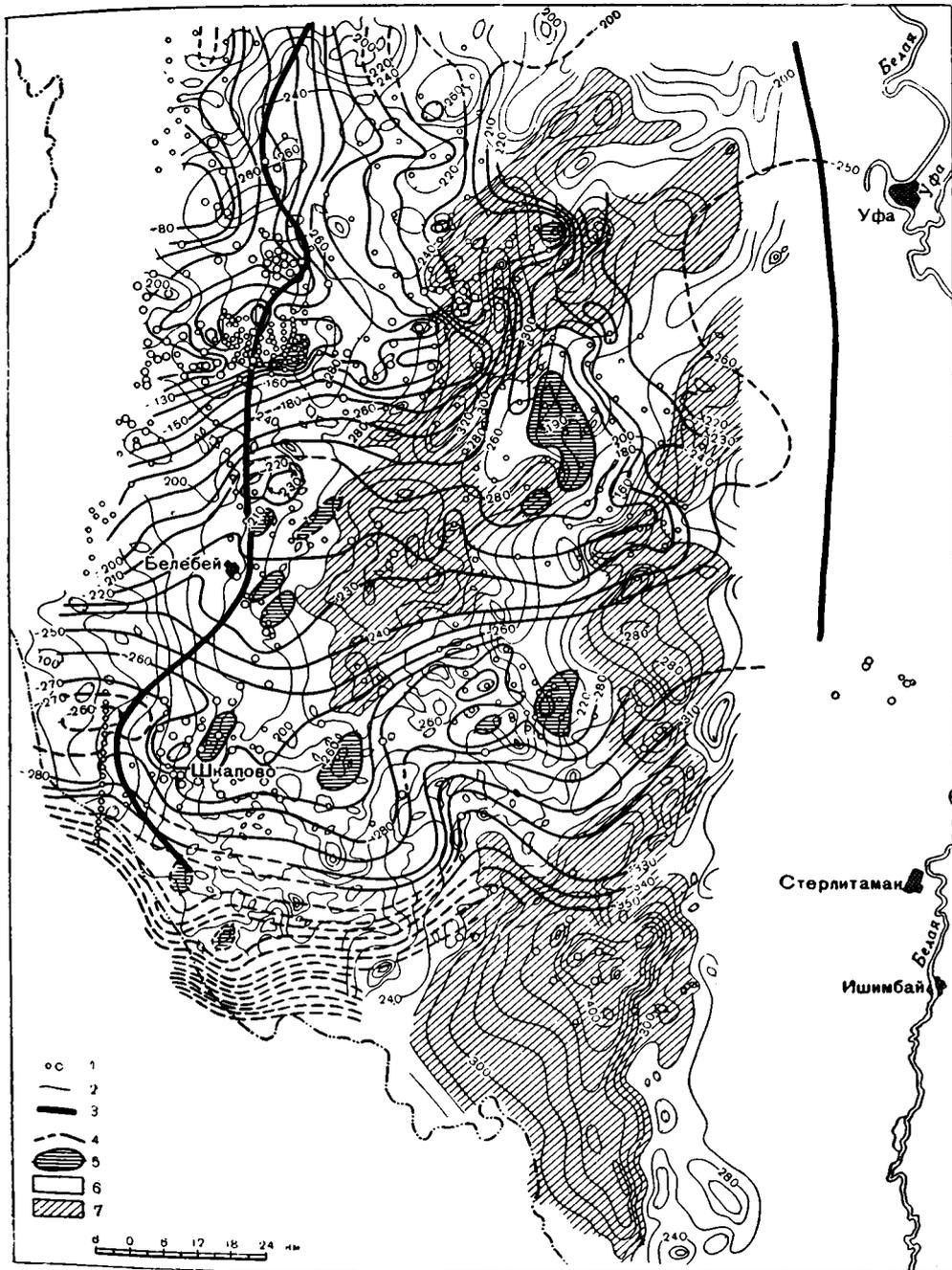
Фиг. 26. Антиклиналь Гемзах
1 — соль; 2 — гранит

ПРОЯВЛЕНИЕ СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКИ В НЕГЛУБОКИХ СИНЕКЛИЗАХ ПЛАТФОРМ

Недостаточно еще изучены формы проявления соляной тектоники в участках неглубокого залегания маломощных соленосных толщ. Однако опыт бурения на нефть в Волго-Уральской области, где соль прерывиста распространена в кунгурском ярусе, показывает, что на глубинах 300—500 м проявляется отчетливая тенденция аккумуляции соли и в связи с этим имеет место смещение сводов складок. На фиг. 27 из сопоставления стратоизогипс по подошве кунгура и по кровле спириферового подъяруса видно значительное структурное несоответствие. Многие из мелких поднятий, обрисовывающихся по спириферовому подъярусу и совершенно не отражающихся по подсолевому горизонту, связаны с местными центрами аккумуляции соли. Особенно значительная система соляных валов проходит по восточной окраине платформы. Бурением на Стерлибашевском валу установлено, что подсолевые соли здесь образуют моноклинал (фиг. 28). На Сараевской, Каргалинской и Елатминской структурах по соляными антиклиналями большой амплитуды также установлено бурением отсутствие поднятий в артинских и каменноугольных отложениях. В ряде мест под прогибами верхних горизонтов расположены подсолевые поднятия (Шафрановское, Давлекановское, Каменское, Языковское). Отмечается приспособление раздувов соли к рельефу подсолевого ложа (Розанов, 1956). В других случаях, как например в Сорочинске, по поднятиям надсолевых слоев устанавливаются подсолевые поднятия, и значительно смещенные вследствие тектонической аккумуляции соли в их крыльях.

Локальные платформенные поднятия, характеризующиеся смещением сводов в верхней перми относительно сводов в артинских и каменноугольных слоях, вызванным пластическими деформациями соленосной толщи кунгура, относят к Сорочинскому типу структур, причисляя к нему Стерлибашево (Рыбаков, 1956).

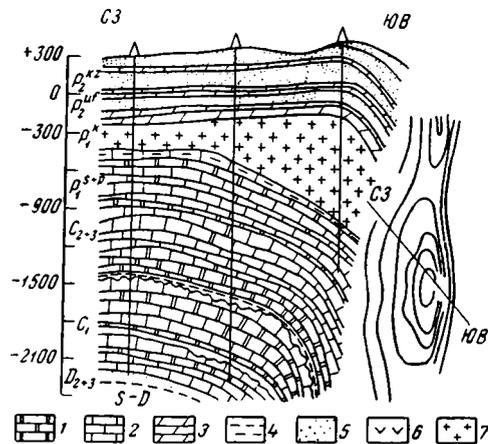
Своеобразные проявления соляной тектоники описываются в Западной Канаде на склоне Канадского щита (Goudie, 1956), где в девонской имеет комплекс красноцветных гипсоносных и соленосных осадков



Фиг. 27. Структурная карта юго-западных районов платформы (по Л. Н. Розанову)
 1 — свянины; 2 — изолинии по кровле спириферового подъяруса; 3 — контур распространения соли в кунгурских отложениях; 4 — изолинии по кровле репера К и в основании кунгура; 5 — поднятия в подсолевых отложениях; 6 — зоны, наиболее перспективные для обнаружения подсолевых поднятий; 7 — зоны, мало перспективные для обнаружения подсолевых поднятий

Бурение на площади Элбоу в Саскачеване установило куполообразное поднятие в девонских и юрских отложениях, окруженное ободковой синклиналью. В пределах купола девонские отложения частью раздроблены и превращены в брекчию, на склонах купола имеются сбросы. Структура

Элбоу рассматривается как древний соляной купол, соляное ядро которого уничтожено выщелачиванием.



Фиг. 28. Разрез через Стерлибашевский вал
1 — доломиты; 2 — известняки; 3 — мергели;
4 — глины; 5 — песок и песчаник; 6 — гипсы и ан-
гидрит; 7 — соль

ТИПЫ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР НА ДРЕВНИХ ПЛАТФОРМАХ

Проявления соляной тектоники на древних платформах весьма разнообразны и зависят, во-первых, от характера вмещающей крупной структуры (ее глубины, формы, особенностей развития), во-вторых, от состава, мощности и положения в разрезе соленосной формации. Остальные факторы, влияющие на формирование соляной структуры, по-видимому, носят производный характер. Например, вторичная соляная тектоника

связана с наличием мощного кепрока, его образование связано в свою очередь как с составом соленосной толщи, так и с действием ряда факторов, сделавших возможным подземный размыв массива и накопление кепрока.

Группировки соляных структур древних платформ можно было бы вести по многим признакам: например, по форме соляного массива в плане, по форме в разрезе, наличию сбросов, наличию размывов соляных ядер и т. д. Классификации по каждому из этих признаков в отдельности, естественно, были бы односторонними.

Представляется целесообразным в качестве двух основных классов на древних платформах выделять соляные эвдиоструктуры и соляные криптоструктуры. Первый класс — «настоящие», хорошо развитые соляные купола, в которых соляные ядра развились длительно и приведены в тектонический контакт с надсолевыми толщами, или же надсолевые горизонты прислонены к соляному массиву, который представлял собой размывавшийся остров над активно поднимавшимся соляным ядром. Соляные эвдиоструктуры развились в глубоких впадинах, в которых соленосные толщи, результате длительного их погружения опустились на большие глубины (впадины Прикаспийская, Днепровско-Донецкая, Хатангская, вероятно Вилюйская); соляные ядра могут принимать цилиндрическую форму, образовывать карнизы, вследствие длительного размыва могут накапливаться мощные вторичные кепроки и развиваться вторичная соляная тектоника.

Ко второму классу принадлежат структуры, соляные ядра которых сравнительно слабо развиты и не вышли за пределы соленосной толщи или непосредственно ее покрывающих и связанных с нею постепенным переходом слоев. Соляные ядра криптоструктур могут быть размыты несогласно перекрыты лежащими выше отложениями и только таким образом приведены с ними в контакт. Соляные криптоструктуры могут встречаться в глубоких впадинах, но свойственны они в основном мелким

впадинам, где подсолевые отложения достигаются при современной технике разведочного бурения (Припятский прогиб, Лено-Ангарский прогиб, Суэцкий грабен, западный склон Канадского щита, Волго-Уральская область).

Среди эвдио- и криптоструктур могут встречаться изометричные и удлиненные формы; первые характеризуют режим развития соляной тектоники, относительно «свободный» от влияния линейных элементов вмещающей структуры; вторые возникают в сфере влияния крутых бортов впадин (краевые зоны Прикаспийской впадины), в узких удлиненных прогибах (Днепровско-Донецкая впадина), при наличии разломов фундамента или линейных складок в чехле (Ангаро-Ленский прогиб, плато Колорадо и др.).

Среди эвдиоструктур древних платформ выделяются:

а) купола Эмбенского типа — изометричные, лапчатой формы с соляными перешейками, с мелкими вздутиями и прогибами на крупных соляных массивах, с системами грабенов в надсолевой структуре;

б) купола Роменского типа — «протыкающие», с мощными боковыми осадочными брекчиями и надсолевыми брекчиями выщелачивания;

в) купола с мощными ангидритовыми кепроками, к которым принадлежат структуры Хатангской впадины; эти купола во многом подобны куполам синеклизы Голфа в Северной Америке и могут быть отнесены к Техас-Луизианскому типу, который будет охарактеризован при рассмотрении соляной тектоники молодых платформ.

Среди криптоструктур можно различать:

а) погребенные криптоструктуры (например, Глинская, прекратившая свой рост и не сказавшаяся на залегании пермотриаса и мезозоя);

б) длительно живущие криптоструктуры (например, Копаткевичи, где соляное ядро формировалось длительно, на протяжении многих периодов, как и в эвдиоструктурах);

в) растворенные криптоструктуры, соляное ядро которых полностью растворилось и остались лишь результаты деформаций, вызванных его ростом, и скопления брекчий (западный склон Канадского щита);

г) криптоструктуры в карбонатных толщах (своеобразные структуры Ангаро-Ленского прогиба, в которых соленосная толща непосредственно перекрывается мощными карбонатными слоями; вследствие проникновения соли, вероятно по трещинам, в карбонатную покрывку и последующего ее выщелачивания образуются надсолевые карбонатные брекчиевые кепроки);

д) краевые соляные валы и соляные вздутия, образующиеся главным образом вдоль линии выклинивания или резкого изменения мощности соли (Волго-Уральская область, северо-западная окраина Прикаспийской впадины, соляное поднятие Гемзах в Египте), с этими структурами связаны несоответствия поверхностной и подсолевой тектоники, что важно учитывать при бурении на нефть и газ.

III. ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКИ НА МОЛОДЫХ ПЛАТФОРМАХ

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ТИПЫ СОЛЯНОКУПОЛЬНЫХ ОБЛАСТЕЙ МОЛОДЫХ ПЛАТФОРМ

На молодых платформах, также как и на древних, выделяется несколько типов солянокупольных областей:

а) солянокупольные области крупных синеклиз с глубоким залеганием соленосных толщ (Голф, Северогерманская впадина);

б) небольшие грабены и впадины (Рейнский грабен, Субгерцинская впадина, Тюрингенская впадина);

в) синеклизы с неглубоким залеганием соленосных формаций и слабыми проявлениями соляной тектоники (Франкская впадина).

Во многих случаях проявления соляной тектоники на древних и молодых платформах весьма сходны. Некоторые различия улавливаются в продолговатых синеклизах, в которых на молодых платформах более четко проявляется связь расположения соляных структур с расколами палеозойского фундамента.

СОЛЯНОКУПОЛЬНАЯ ОБЛАСТЬ ГОЛФА

Общие черты тектоники и расположение соляных куполов. Синеклиза Голфа в Северной Америке представляет собой наряду с Прикаспийской впадиной одну из крупнейших солянокупольных областей мира. Синеклиза занимает территорию большей части Мексиканского залива, его северное побережье в пределах штатов Техас и Луизиана и его юго-западное побережье в пределах Мексики. На севере синеклиза образует два сравнительно мелких заливообразных ответвления по обе стороны поднятия Себайн — одно в Восточном Техасе, другое в Луизиане. Синеклиза выполнена третичными и меловыми отложениями. Третичный разрез сложен песчано-глинистыми относительно пластичными толщами, мощность которых достигает 7 км. В разрезе мел наряду с песчано-глинистыми породами значительную роль играют также известняки и мергели, чем обусловлена меньшая пластичность меловой толщи и ее большая способность к разломам. Различия литологии третичных и меловых толщ сказываются на морфологии соляных куполов. В прибрежных районах, где соляным штокам приходится расти в мощной толще третичных осадков, они часто обладают правильной округлой формой; в северных же районах Техаса и Луизианы, где мощность третичной толщи очень невелика и «диктующая» роль принадлежит мелу, надсолевыми

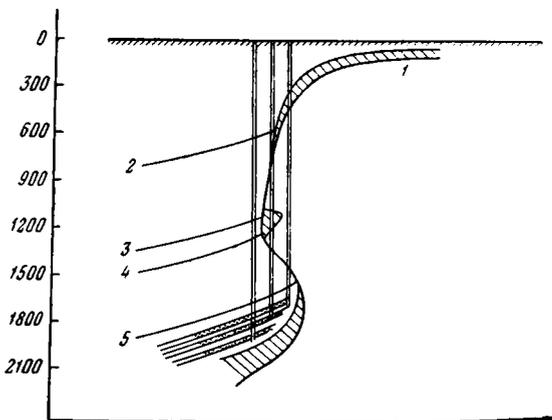
структура многих соляных куполов носит блоковый характер. Возраст соли в синеклизе Голфа спорен; его считают или нижнемеловым (на основании наличия ангидритовых пачек в нижнем мелу на северном борту синеклизы), или пермским. Вторая точка зрения преобладает, так как в соли одного из куполов были обнаружены остатки водорослей, напоминающих пермские. Недавно Хэлбаути и Хардин (Halbouty a. Hardin, 1956) составили предположительные палеогеографические схемы для пермского периода, в которых рисуют в границах Голфа большую соляную лагуну, соединявшуюся узким проливом с пермским соляным бассейном Скалистых гор. Каков бы ни был возраст соленосной толщи, она в прибрежных районах Голфа залегает на глубине не менее 10 км; об этом говорит простой подсчет мощностей, а также анализ стратиграфических и геофизических данных, произведенный Бартоном, Ритцем и Хикеем (Barton, Ritz a. Hickey, 1933). Согласно этим авторам в районе Нового Орлеана (устье Миссисипи) глубина залегания подошвы верхнего мела достигает 10 км. Новейшими сейсмическими работами в области Мексиканского залива (Ewinga. oth., 1955) глубина залегания Фундамента в зоне берега определяется также в 10 км. Таким образом, глубина залегания соленосной толщи в Голфе не меньше, а возможно больше, чем в Прикаспийской впадине. Борты синеклизы Голфа осложнены крупными сбросами. Особенно отчетливые и протяженные системы сбросов сопровождают западный склон синеклизы (сбросы Балконис и Мексика).

Расположение соляных куполов Голфа не подчинено каким-либо определенным направлениям; оно довольно незакономерно. Форма куполов большей частью круглая, так что по ориентировке их длинных осей нельзя судить о господствующих простираниях. Только для трех случаев была попытка связать купола в линейные цепочки. Во-первых, несколько куполов впадины Восточного Техаса (Стин, Брук-сэлин, Кичи, Палестайн, Бетлер) образуют меридиональную цепочку, параллельную сбросам Мексика; во-вторых, купола Хэмбл-Бигхилл в юго-восточном Техасе группируются в цепочку СВ—ЮЗ простирания, в общем параллельную сбросам Балконис. Наконец «пять островов» Луизианы (Бэл-Ил, Котланш и др.) образуют цепочку, вытянутую в направлении ЮВ—СЗ и параллельную предполагаемому простиранию ближайшего отрезка погрешенных палеозойских складчатых сооружений в долине р. Миссисипи. Если соединение куполов в цепочки правильно, то все намечающиеся цепочки скорее всего соответствуют сбросам, осложняющим борты синеклизы по их простиранию.

Соляные купола Голфа сравнительно однообразны. Здесь не известны ни соляные антиклинали, ни сложные и оригинальные структуры Индерского типа. По характеру проявления соляной тектоники выделяются еверные или «внутренние» районы, где вследствие сравнительно неглубокого залегания соленосных толщ и меньшей пластичности надсолевых пород развиты соляные купола, сильно осложненные сбросами с массивами «незрелой» конической формы. В прибрежных районах, напротив, развиты округлые и цилиндрические соляные штоки; они в общем однородны и здесь нельзя выделять районов, которые, отличались бы друг от друга типом соляных поднятий. Вместе с тем вершины соляных куполов у бережья располагаются на разной глубине.

В крайней южной Мексиканской части синеклизы Голфа в районе стмуса среди толщ развития кайнозойских отложений развиты соляные антиклинали северо-восточного простирания и соляные купола (Занапа, рнала) с вертикальными и даже подвернутыми стенками (Guzman a. oth., 1953). Подсолевые слои здесь не вскрыты. На некоторых соляных массивах вынесены к поверхности глыбы юрских известняков, а на окраинах синеклизы на гранитах фундамента располагаются докimmerиджские

красноцветные толщи — возможные возрастные аналоги соли. С учетом этих фактов возраст соленосной толщи здесь обычно условно определяется как юрский. Таким образом, возраст соли в северной и юго-западной частях Голфа может быть различен. Впрочем, определение его и здесь и там основывается преимущественно на общих палеогеографических соображениях.

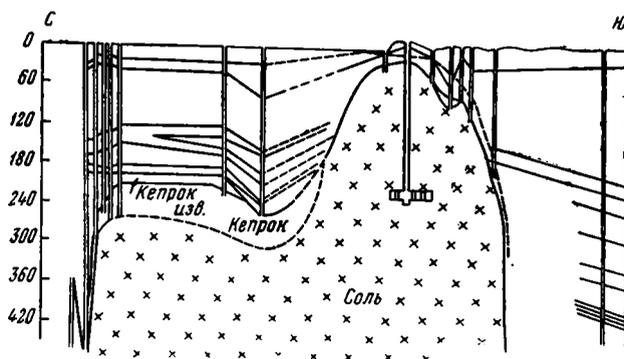


Фиг. 29. Разрез соляного купола Хоклей с повернутым склоном

1 — кепок; 2 — кровля Фрио; 3 — кровля Винсбург; 4 — кровля Дженсон; 5 — кровля Йегуа

Соляные массивы. Соляные массивы (штоки) Голфа имеют преимущественно цилиндрическую форму. В отдельных случаях установлено подвертывание склонов (фиг. 29), что наблюдается, например, на куполе Хоклей в графстве Гаррис в Техасе (Halbouty a. Hardin, 1956). Высота массивов, как можно судить по приведенным выше данным, достигает 10 км; диаметр от 1,3 до 4 км, причем явно преобладают массивы диаметром 1,5—2 км. По подсчетам Бартон (Barton, 1933), вершины 75%

куполов располагаются на глубинах до 500 м. Как правило, соляные массивы Голфа в процессе своего роста претерпевали неоднократные подземные размывы, что привело к накоплению мощных вторичных кепроков (на куполе Клей-Крик более 300 м, на куполе Хай-Айленд — 400 м).

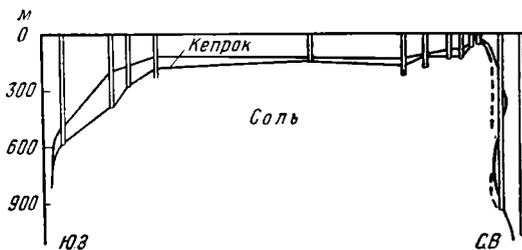


Фиг. 30. Разрез через купол Джефферсон-Айленд

Неравномерная нагрузка тяжелых сульфатных кепроков на соль вызвала усложнения формы соляных массивов в виде пиков, центральных депрессий, кольцевых поднятий и соляных карнизов. Кроме того, на форму соляных массивов Голфа оказывают влияние радиальные сбросы, появляющиеся в надсолевых сводах; рост соли под отдельными блоками — секторами идет с разной скоростью, вследствие чего на вершинах соляных массивов образуются хорошо очерченные выступы, по форме соответствующие секторам надсолевой структуры.

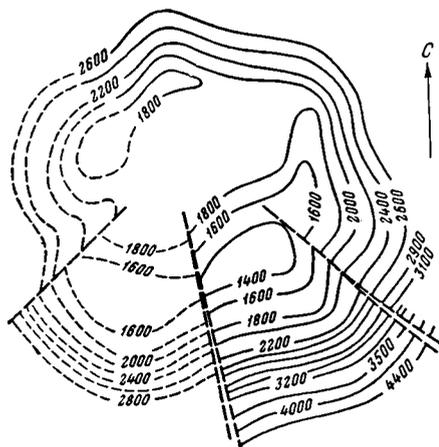
Рассмотрим несколько примеров куполов с усложненной формой массивов.

1. Соляной массив купола Джефферсон Айленд (один из «пяти островов» Луизианы) обладает почти идеальными округлыми очертаниями, вертикальными стенками и плоской вершиной, располагающейся на глубине 300 м. В юго-восточной части массива на его краю располагается соляной шип, высота которого над поверхностью соляного зеркала составляет 255 м. С севера и запада соляной шип окаймлен компенсационной депрессией в поверхности соляного зеркала, которая устанавливается по синклиналильному залеганию перекрывающих его четвертичных отложений. Вне шипа развит кепрок мощностью до 100 м; на самом шипе кепрок отсутствует (фиг. 30).

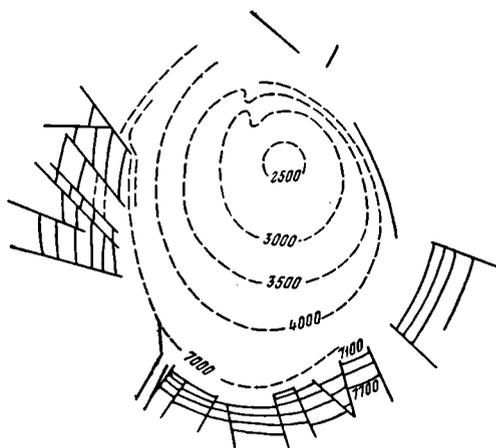


Фиг. 31. Разрез через купол Бэл-Ил (по Бертону)

2. Плоская вершина соляного массива купола Бэл-Ил (фиг. 31) в южной части перекрыта кепроком мощностью до 200 м; к северу мощность кепрока постепенно уменьшается до полного исчезновения. В районе отсутствия кепрока возвышается соляной шип высотой около 75 м. С соляным шипом связан соляной карниз, осложняющий северный склон соляного массива. Прилегающий к соляному шипу участок кровли массива слегка прогнут, образуя компенсационное опускание.



Фиг. 32. Поверхность соляного массива купола Клей-Крик (по Фергусону и Минтону)



Фиг. 33. Поверхность соляного массива и радиальные сбросы купола Дженнингс

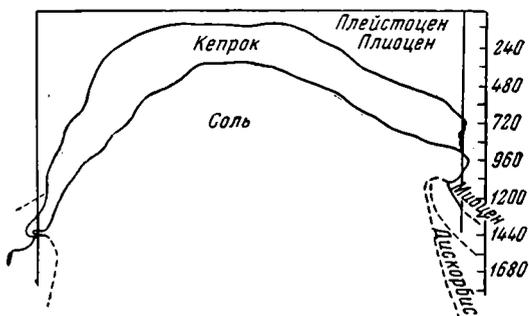
3. Соляной массив Клей-Крик несет на себе кепрок мощностью 330 м в центральной части и 40—100 м на периферии. В соответствии с нагрузкой кепрока на вершине массива образовалось кольцевое поднятие и центральная депрессия с относительным превышением 100—120 м (фиг. 32). Кроме того, вершина массива Клей-Крик осложнена уступами, соответствующими радиальным сбросам надсолевого свода.

4. Вершина соляного массива Дженнингс (фиг. 33) также осложнена уступами (или флексурными перегибами), связанными с радиальными сбросами в надсолевых слоях.

5. Соляной массив Хай-Айленд, прикрытый вторичным кепроком мощностью до 400 м, окаймлен хорошо выраженным соляным карнизом, формирование которого связано с боковым выдавливанием соли из-под кепрока (фиг. 34).

Усложненная форма соляных массивов Голфа является скорее исключением, чем правилом. Обычно соляные массивы имеют плоскую или округленную вершину (фиг. 35).

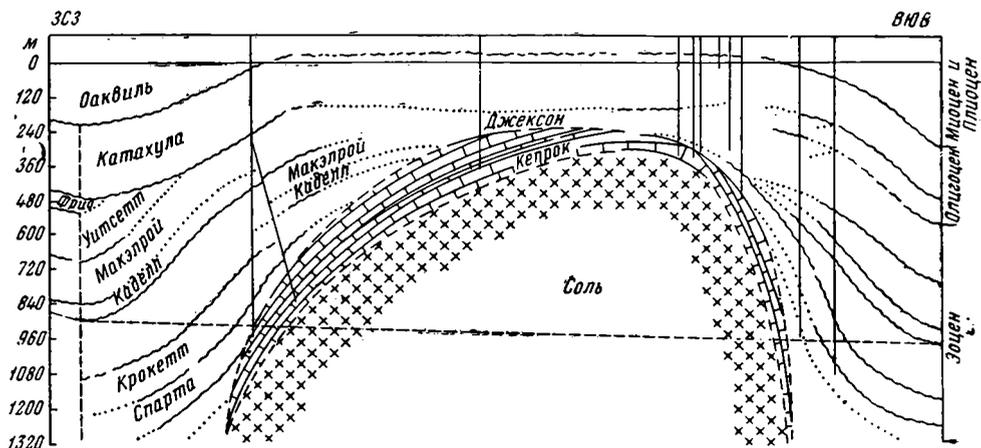
Схематический чертеж Сеглунда (Seglund, 1956) иллюстрирует современные представления о форме типичных соляных массивов прибрежной



Фиг. 34. Разрез через купол Хай-Айленд (по Хальбути)

полосы Голфа и их соотношении с надсолевыми породами (фиг. 36). Соотношение соляного карниза и шипа мы видели на примере купола Бал-Ил; близкая к этому картина наблюдается в Роменском куполе Днепровско-Донецкой впадины. Вторичные поднятия у подножий соляных массивов, обнаруженных в Голфе бурением последних лет, по-видимому, стоят в связи с продолжающимся боковым притоком соли в направлении к основному массиву,

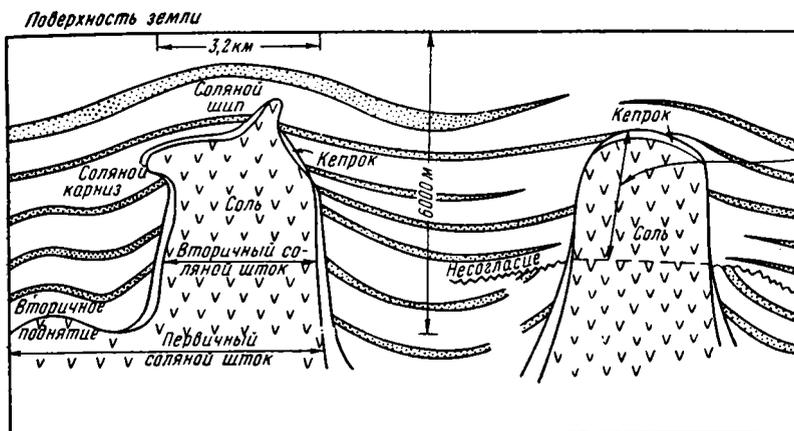
когда вблизи него уже образовались небольшие компенсационные впадины, останавливающие соль на ближних подступах к куполу. В общем, это примерный аналог вторичных соляных вздутий на опущенных крыльях Эмбенских куполов.



Фиг. 35. Разрез через купол Бренхем (по Бэдфорду)

Надсолевые структуры. Говоря о залегании надсолевых слоев на куполах Голфа, надо коснуться трех вопросов: во-первых, особенностей строения надсолевых сводов, во-вторых, характера примыкания боковых пород к вертикальным цилиндрическим стенкам массивов, в-третьих, особенностей сбросовой сети. В соответствии с округло-цилиндрической формой соляных массивов надсолевые своды в Голфе имеют также округлую форму. Слои наклонены во все стороны от соляных массивов. Непрерывный рост куполов отразился в уменьшении мощности

почти всех надсолевых горизонтов к центрам поднятий; некоторые пачки вовсе выклиниваются. В разрезах над соляными массивами поэтому обычно наблюдаются перерывы и несогласия. Характерно, что эти перерывы являются строго локальными и их стратиграфическое место на разных куполах может быть разным. Наблюдения над изменениями мощностей и перерывами на куполах показывают, что каждому из них свойственна своя система местных несогласий, различная интенсивность размывов и различных темп движения.



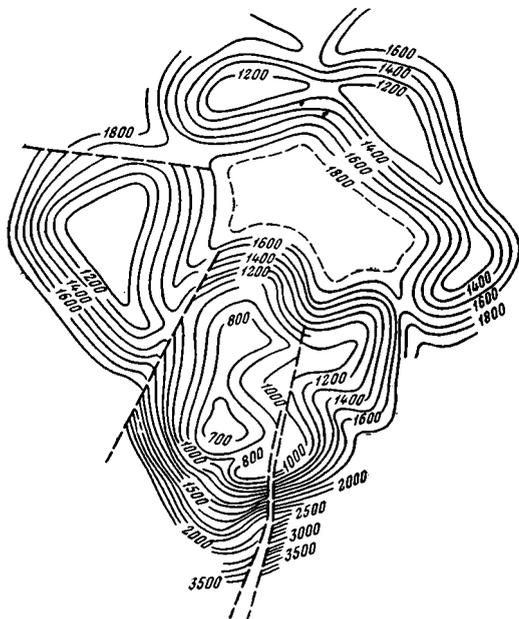
Фиг. 36. Схема соотношения соляных массивов с надсолевыми толщами в Голфе (по Сеглунду). Стрелкой показана часть купола, [росшая одновременно с осадконакоплением

Особенности залегания надсолевых слоев видны на примере купола Бренхем (фиг. 35). Здесь наблюдается уменьшение мощности всех свит, слагающих надсолевой свод и полный размыв многих из них. Разрез здесь вскрыт бурением до низов серии «Клейборн» (средний эоцен); нижняя свита этой серии «Спарта» отмечена только на крыльях, она трансгрессивно срезана средней свитой «Крокет», которая в восточной части купола залегает непосредственно на кепроке. Верхняя свита «Йегуа» сохранилась только на крыльях; она срезана серией «Джексон» (верхний эоцен), которая ближе к своду купола переходит на породы свиты «Крокет», а затем непосредственно на кепрок. Свита «Катахула» (миоцен) срезает различные горизонты серий «Джексон» и «Фрио» (верхний олигоцен), вследствие чего мощность серии «Джексон» на своде снижается до 8 м против 400 м на крыльях. Подошва оаквильских песков (миоцен-плиоцен), которыми разрез третичных отложений в Бренхеме заканчивается, срезает трансгрессивно верхи свиты «Катахула», образует купол высотой около 300 м.

В качестве второго примера может быть приведен купол Шугерленд. Здесь свита «Виксбург» (нижний олигоцен) вне купола имеет мощность 360 м, на склонах — 12 м, в своде над кепроком — не более 1,5 м и, наконец, в центральной части свода эта свита полностью отсутствует. Мощность свиты «Фрио» (верхний олигоцен), составляющая вне купола 540 м, снижается на своде, где свита эта залегает непосредственно на кепроке, до 90 м. Мощность морского нижнего миоцена уменьшается на своде до 127 м против 240 м на крыльях. Свита «Катахула» на Шугерленде полностью размита. Значительно уменьшается в мощности миоцен-плиоценовая свита «Флеминг» (с 1000 до 350 м); отдельные горизонты ее над сводом отсутствуют.

Близкая картина выпадения и сокращения горизонтов надсолевой толщи наблюдается на большинстве куполов Голфа.

Второй особенностью поведения слоев в надсолевых сводах является локальная фашиально-литологическая изменчивость, связанная с интенсивным ростом куполов в мелководных, в общем, условиях третичных бассейнов. Например, в сводах куполов прибрежной зоны отмечается появление линз коралловых и фораминиферовых известняков в глинистых толщах морского миоцена (купола Вест Колумбия и Дамон Маунд), появление мощных песчаных линз в различных глинистых свитах олигоцена (Шугерленд), локальное исчезновение характерных комплексов фораминифер в связи с размывом массива и местным засолением бассейна и т. д.

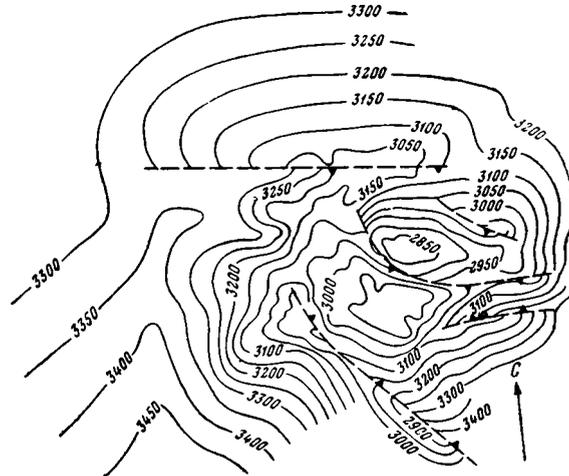


Фиг. 37. Структурная карта купола Клей-Крик по кровле «средних песков» свиты Уилкоккс (по Фергусону и Минтону)

Нижние горизонты надсолевой толщи, не участвующие в строении сводов над соляными массивами, примыкают к их вертикальным цилиндрическим стенкам (см. фиг. 34, 35). Такие соотношения обычно объясняются протыкающим действием соли и описываются как явления выжимания или прорыва. Однако есть ряд указаний на то, что во время отложения во всяком случае некоторых пачек слоев, примыкающих в настоящее время к боковым стенкам массивов, соляные ядра были обнаружены и размывались, и продукты их размыва переотлагались поблизости. К подобным фактам относится нахождение обломков и галек пород кепрока в миоценовых осадках вокруг купола Дженнингс, где они образуют местами брекчиевидные и конгломератовые породы. Переотложенные окатанные кристаллы ангидрита были обнаружены также в олигоцене на краях куполов у устья р. Бразос (Hanna, 1940), а также на куполе Шугерленд. В схеме Сеглунда (Seglund, 1956) отражено, что верхние части массивов выростали одновременно с осадконакоплением вокруг купола; однако для той части массивов, которая расположена ниже поверхности основного несогласия в толще надсолевых осадков, Сеглунд продолжает придерживаться представления о быстром протыкающем внедрении соляного штока.

Для соляных куполов Голфа характерны радиальные системы сбросов. Расположение радиальных сбросов в надсолевом своде купола Клей-Крик видно на фиг. 37; здесь прослежены редкие с малыми амплитудами сбросы, в общем следующие направлениям радиусов. При менее правильной форме купола (фиг. 38) и сбросы образуют не столь правильную сетку. На примере купола Ракунбэнд видно, что в надсолевом своде появляются системы параллельных сбросов, отличные от радиальных. Более характерные системы радиальных сбросов развиты в периферии цилиндрических ядер, в примыкающих к ним толщах, что хорошо видно на примере купола Дженнингс (см. фиг. 33). Очень распространены касательные (тангенциальные) сбросы, протягивающиеся параллельно границам соля-

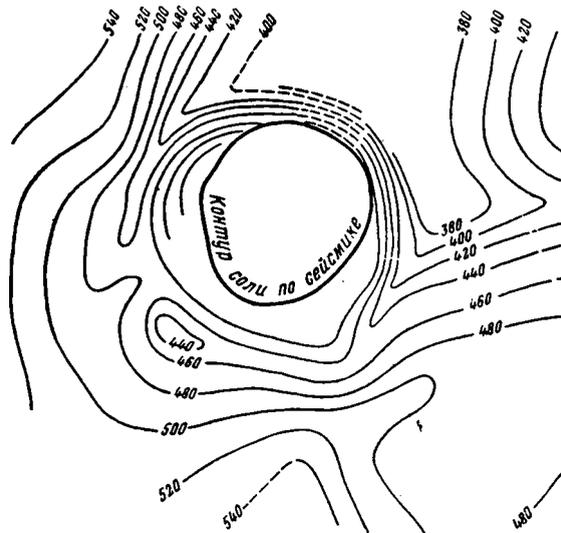
ного массива и отделяющие от него опущенные части крыльев. На некоторых глубоких куполах, где соляные ядра не достигаются бурением, в надсолевых слоях наблюдаются нерадиальные системы ступенчатых сбросов и грабен. Грабены ограничены наклоненными навстречу друг другу нормальными сбросами; в грабенах мощность ряда свит больше, чем на приподнятых блоках, что свидетельствует об одновременных с осадконакоплением движениях по сбросам. В южной Мексиканской части Голфа на округлых соляных куполах также развиты сбросы и радиальные грабены; многочисленные выклинивания горизонтов на крыльях куполов свидетельствуют об их постепенном росте. Вершины соляных массивов, как и в США, несогласно перекрываются различными стратиграфическими горизонтами надсолевой толщи: эоценом, олигоценом и миоценом.



Фиг. 38. Структурная карта купола Ракунбэнд по кровле «песка гутоски» в низах свиты Уитсетт. (по Тису и Миллеру)

Межкупольные пространства. В межкупольных пространствах Голфа известны структуры двух типов — компенсационные синклинали и остаточные поднятия. Образование тех и других обус-

ловлено течением соли. Компенсационные синклинали, связанные с округлыми куполами Голфа, местами имеют вид неполного кольца или ободка, окаймляющего купол; отсюда примененное в США название — «ободка».



Фиг. 39. Купол Монт-Силвен с ободковыми синклиналиями (по Венландту и Кнебель)

ловлено течением соли. Компенсационные синклинали, связанные с округлыми куполами Голфа, местами имеют вид неполного кольца или ободка, окаймляющего купол; отсюда примененное в США название — «ободка».

ковые» (rim) синклинали. Примером может служить купол Монт-Силвен (фиг. 39), имеющий округлые очертания и концентрически окаймленный компенсационными мульдами, сливающимися в одну ободковую синклиналь.

Остаточные поднятия в межкупольных пространствах обособляются между компенсационными мульдами смежных куполов как участки, не затронутые соляной тектоникой. Такое остаточное поднятие Кэти известно в межкупольном пространстве между куполами Хоклей, Джойс-Ричардсон, Клодин и Брукшар. Размеры поднятия Кэти 20×15 км, тогда как диаметры смежных куполов составляют 2—3 км. Поднятие не нарушено сбросами. Остаточный характер поднятия доказывается данными по мощностям. Если на соляных куполах мощности на своде уменьшены, то на своде поднятия Кэти они являются нормальными для данной зоны моноклинали Голфа.

СЕВЕРОГЕРМАНСКАЯ ВПАДИНА

Общие черты тектоники и распространение соляных структур. Вторым примером солянокупольной области, приуроченной к крупной и глубокой синеклизе молодой платформы, является Северогерманская впадина. Впадина выполнена толщей юрских, меловых и третичных отложений, мощность которых от выступов герцинского складчатого основания на юге возрастает в северном направлении, достигая 4—5 км; толща эта — преимущественно терригенная (известняки встречаются только в верхней юре, валанжине и верхнем мелу) — отличается большой стратиграфической полнотой. Ниже юры лежат красноцветные отложения верхнего триаса с редкими прослоями каменной соли, средний триас или «раковинный известняк», состоящий из известняков, мергелей, доломитов и ангидритов с прослоями каменной соли мощностью до десятков метров, «пестрые песчаники» нижнего триаса, также содержащие местами соляные пласты. Самостоятельная роль триасовых соляных пластов в тектонике — ничтожна; главное значение имеют пермские (цехштейновые) соленосные формации, состоящие из нескольких соленосных свит, имеющих циклическое строение. Каждый цикл начинается ангидритами (от 1 до 35 м мощности), выше следуют каменная и калийная соли, еще выше следуют «регрессивные серии», состоящие из ангидритов, доломитов и глин. Всего выделяется четыре цикла: верхний IV, цикл мощностью 125 м содержит «юнейшую» соль (50 м), следующий, III, цикл — «юную» соль (115—210 м), II цикл — «древнюю» соль (50—700 м) и I цикл — «древнейшую» соль (несколько метров). К югу на окраинах выступов герцинского основания мощность всех циклов кроме первого значительно уменьшается. Проявления соляной тектоники в Северогерманской впадине связаны с распространением цехштейновой соленосной формации и прослеживаются от герцинских горстов Саксонии и Гарца до берегов Северного и Балтийского морей; соляные купола распространены в междуречье Везера и Эльбы, западнее Везера на побережье Северного моря и вдоль правого берега Эльбы. На север соляная тектоника распространяется в пределы Дании, на восток — в окрестности Берлина.

В пределах Северогерманской впадины можно выделить две области, отличающиеся по характеру соляных структур.

Первая область занимает территорию между Везером и Аллером и примыкает непосредственно к герцинским горстам; допермский складчатый фундамент здесь залегает на относительно небольшой глубине. Соляная тектоника этой области представлена сложно построенными и разно ориентированными соляными антиклиналями, которые частью расположены вдоль разломов герцинского и рейнского простиранья; однако некоторые антиклинали испытывают повороты и ветвления.

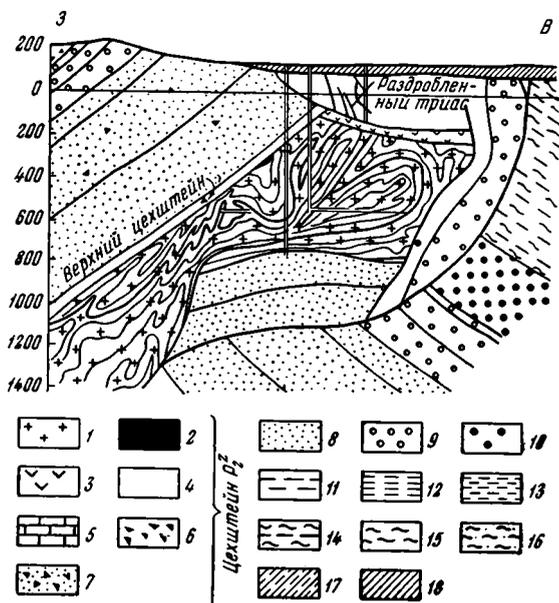
Вторая область занимает остальные более северные и погруженные части впадины; здесь развиты соляные купола, утратившие видимую связь с антиклиналями; лишь кое-где имеются купола с ориентированными длинными осями или купола, которые по расположению объединяются в линии. Так, купола, расположенные на окраине солянокупольной области, к северо-востоку от р. Эльбы, могут быть сгруппированы в линии северо-западного простирания. Линия Киль — Любек ограничивает распространение соляной тектоники к северо-востоку (Востоноэльбский массив).

На востоке солянокупольной области между Флехтингером и Восточноэльбским массивом развиты сравнительно простые формы соляной тектоники, в частности пологие слабо нарушенные купола.

Несколько особняком стоит группа соляных куполов Польши, находящихся в зоне Поморско-Куявского поднятия, расположенного на северо-западном продолжении Свентокшижских гор и ограниченного Датско-Мазовецко-Люблинской и Щецинско-Лодзинско-Меховской мульдами (Ксенжкевич и Самсонович, 1956). Эти структуры лежат вдоль стыка эпигерцинской платформы Западной Европы и Русской (Восточноевропейской) древней платформы (Шатский, 1946). Соляные купола Польши связаны с обособленной областью распространения мощных соленосных фаций цехштейна, вытянутой вдоль северо-восточного края эпигерцинской платформы.

Основными типами соляных структур Северогерманской впадины являются сложные соляные антиклинали междуручья Везера и Аллера и собственно соляные купола.

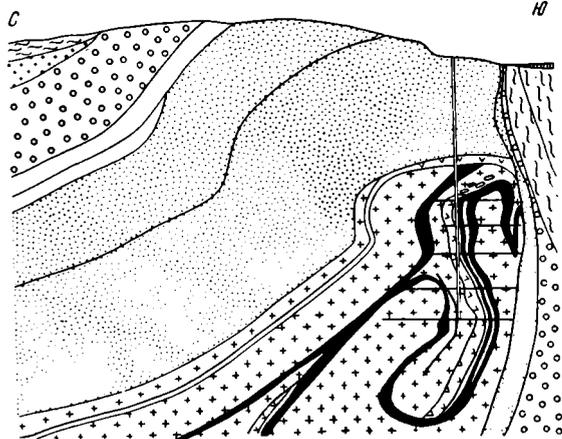
С о л я н ы е а н т и к л и н а л и. Классическим представителем соляных антиклиналей южных окраин Северогерманской впадины считается складка Лейне (фиг. 40), расположенная вместе с другими параллельными ей складками (Альсбург, Эльфас, Рюденер) на северо-западном продолжении герцинского выступа Гарца и имеющая северо-западное простирание. Соляное ядро складки надвинуто к северо-востоку, причем строение зоны надвига осложнено рядом крупных чешуй триасовых пород; процесс надвигания отразился также на поведении отдельных прослоев внутри соленосной свиты, на ее внутренней структуре, которая представлена многочисленными сложно построенными, складками волочения. Справедливо считается, что эта антиклиналь связана с одним из разломов герцинского простирания, широко распространенных в данном районе.



Фиг. 40. Антиклиналь Лейне (по Реннеру из Лотце)

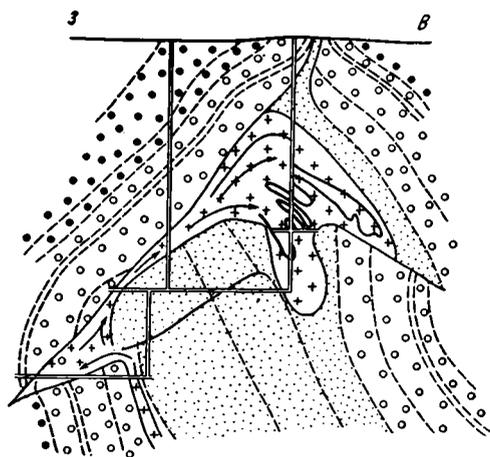
1 — каменная соль; 2 — калийные соли; 3 — ангидрит; 4 — глины; 5 — известняки и доломиты; 6 — базальт; 7 — базальт с включениями пород соленосной свиты (породы 1—7 относятся к цехштейну P_2^x); 8 — пестрый песчаник (T_1); 9 — раковинный известняк (T_2); 10 — кейпер (T_3); 11 — нижняя юра (J_1); 12 — средняя юра (J_2); 13 — верхняя юра (J_3); 14 — юра и мел ($J + Cr$); 15 — нижний мел (Cr_1); 16 — верхний мел (Cr_2); 17 — третичные; 18 — четвертичные (Q)

Движение по разломам сопровождалось боковым сдавливанием, с чем и связано надвигание соляных ядер. Особенностью складки Лейне, как и сходных с ней антиклиналей, является мульда оседания, расположенная над сводом и заполненная раздробленными породами триаса. Севернее системы Лейне простирания складок становятся менее закономерными; наряду со складками герцинского направления появляются складки рейнского направления, а также сложно изогнутые антиклинали. Например, антиклиналь Лейне на северо-западе, изгибаясь, принимает сначала меридиональное, затем северо-восточное и, наконец, рейнское (северо-северо-восточное) простирание, переходя в диашировую зону Зарштедт — Люртер; антиклиналь Зальцгиттер, расположенная севернее Гарца, сложно изгибаясь, переходит в складку Хильдесмейер. Складки здесь по типу строения близки к антиклинали Лейне. Рассмотрим некоторые из них, расположенные на одной оси Финенбург — Зальцгиттер — Хильдесмейер.



Фиг. 41. Антиклиналь Финенбург (по Фильда из Лотце)

Условные обозначения см. фиг. 40

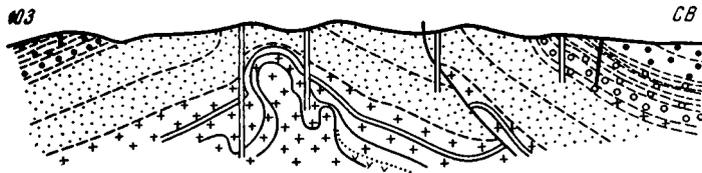


Фиг. 42. Антиклиналь Зальцгиттер (по Лотце)

Условные обозначения см. фиг. 40

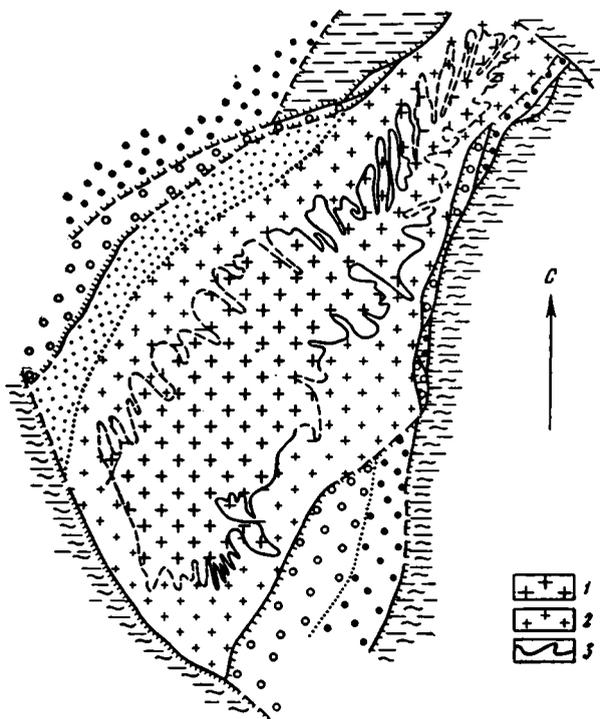
Складка Финенбург (фиг. 41) расположена параллельно и близко к северному склону Гарца. На южном крыле соляное ядро оборвано вертикальным сбросом и приведено в контакт с верхами нижнего триаса. Явных признаков надвигания, как на Лейне, нет; внутренние очертания более просты и представлены двумя относительно широкими складками, подчеркивающими движения северного крыла вверх. Складка Зальцгиттер (фиг. 42) обладает весьма запутанной тектоникой. В нижней части разреза видно, что сильно сжатое соляное ядро надвинуто на запад на породы среднего триаса, а на востоке соль в нормальной стратиграфической последовательности перекрывается нижним триасом. Затем, по-видимому, верхняя часть соляного ядра была надвинута к востоку и в ней возобновились скопления соли и вертикальный ее подъем. Возможно, что питание солью продолжалось из поднадвиговой части ядра. Сложность структуры Зальцгиттера говорит скорее всего о разнообразии испытанных ею внешних тектонических воздействий.

Складка Хильдесмейер (фиг. 43) построена более просто; в ней соляное ядро согласно перекрыто лежащими выше слоями. Участие внешних боковых усилий в формировании структуры проявилось в наличии отдельной соляной чешуи на северо-восточном крыле.



Фиг. 43. Антиклиналь Хильдесмейер (по Лотце)
Условные обозначения см. фиг. 40

В общем складки южной части Северогерманской впадины построены разнообразно; для них характерны явления надвигания, которые проявляются в разной степени и могут рассматриваться, как результат внешних воздействий, связанных с раздробленностью этой части молодой



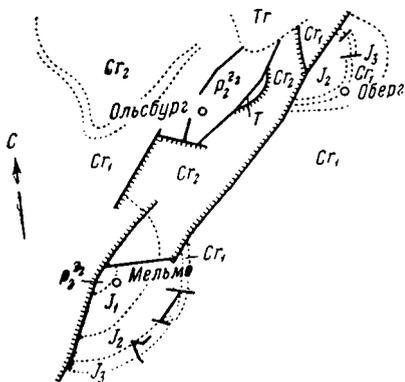
Фиг. 44. Геологическая карта — срез купола
Бентер (по Лотце)

1 — древняя каменная соль; 2 — юная каменная соль;
3 — линия между ними — калийная соль

платформы разломами различных простираций. На морфологии соляных ядер здесь сказывается не только течение соли вверх под нагрузкой, но и ее особая реакция как высокопластичного материала на общетектонические напряжения.

Соляные купола. Для большинства соляных куполов Северо-германской впадины характерны цилиндрические соляные массивы, ограниченные от боковых пород сбросовыми нарушениями; на некоторых куполах соленосная толща цехштейна на одном из склонов массива нормально перекрывается нижним триасом.

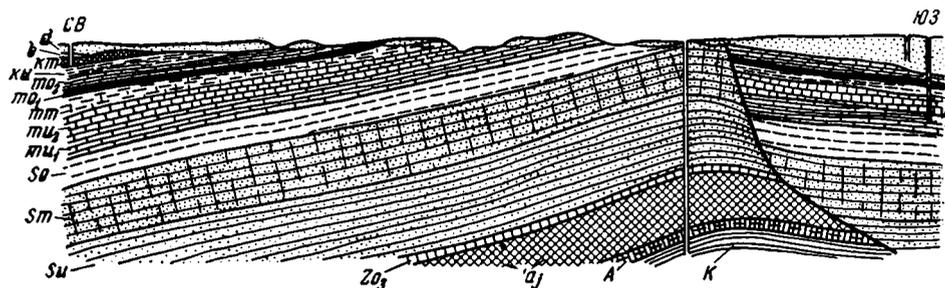
Купол Бентер (фиг. 44), расположенный у Ганновера, типичен для района, расположенного в непосредственном соседстве с зоной только



Фиг. 45. Купол Оберг-Мельме. Геологическая карта

что рассмотренных соляных антиклиналей. Купол ориентирован в северо-северо-восточном направлении и окружен многоугольником сбросов, причем на северо-западном крыле соль согласно перекрыта отложениями нижнего триаса, а на других крыльях контактирует непосредственно со средним и верхним триасом и юрой. Соляной массив имеет вертикальные стенки и даже несколько сужается книзу. Внутренняя тектоника соли в плане представляет пучок складок с вертикальными осями, радиально сходящимися к центру купола; здесь мы видим приспособление концентри-

рующейся в куполе слоистой массы к его ограниченному пространству и выраженную в направлениях осей складок тенденцию течения соли к наиболее поднятой части массива.



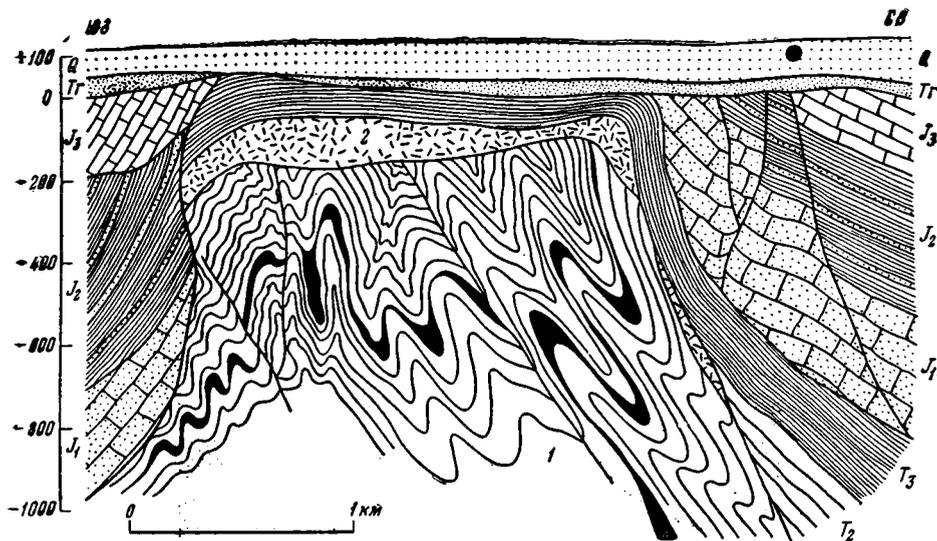
Фиг. 46. Купол Рудерсдорф (по Лотце).

К — калийные соли; А — главный ангидрит; Na₃ — юная каменная соль; ZO₁ — верхний цехштейн; Su — Sm — So — пестрый песчаник — нижняя, средняя и верхняя свиты; m₁₂ — m₁ — m₂₀ — равнинный известняк; hu — km — кейпер; b — третичные; d — четвертичные

Купол Оберг-Мельме (фиг. 45), расположенный в том же районе, принадлежит к иному типу; это — сложная структура, напоминающая Эмбенские купола; лишь на одном из участков она осложнена подобным Бентеру соляным массивом Ольсбург, представляющим цилиндрическое горстовое поднятие цехштейновой соли, со всех сторон ограниченное сбросами. Купол Оберг-Мельме вытянут в северо-восточном направлении. Он, подобно Эмбенским куполам, разбит системой продольных нормальных сбросов, наклоненных под пологими углами (45—60°). В центральной части купола проходит продольный грабен, выполненный верхним мелом. К юго-востоку от грабена располагаются два просто построенные полу-

купола: юго-западный — Мельме с цехштейном в своде и северо-восточный — Оберг с юрой в своде. С северо-запада к грабену примыкает соляной массив Ольсбург. Еще дальше к северо-западу расположена компенсационная мульда, выполненная верхним мелом.

Примером слабо развитых куполов в восточной части Северогерманской впадины служит купол Рудерсдорф около Берлина (фиг. 46); здесь пологое коническое соляное ядро согласно перекрывается триасом;



Фиг. 47. Соляной купол в Клодаве (Польша)

1 — соль (цехштейн); 2 — гипсовая шпала (цехштейн); T_2 — раковинный известняк; T_3 — кейпер; J_1 — лейас; J_2 — средняя юра; J_3 — верхняя юра; Tr — третичные породы; Q — четвертичные породы

триасовый свод пересечен нормальным сбросом, обязанным растяжению надсолевой толщи.

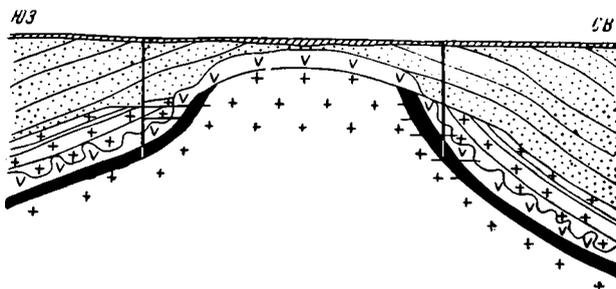
Соляные купола Польши, расположенные в зоне Поморско-Куявского поднятия, сложенного с поверхности нижнемеловыми и юрскими отложениями, приурочены главным образом к его юго-западному краю (куполм Вапно, Иноврацлава или Хохензальца, Клодава). Они подобны типично-хорошо развитым Северогерманским открытым куполам. Например, соляное ядро купола Клодава (фиг. 47) обладает почти вертикальными стенками и приведено в тектонический контакт с породами среднего и верхнего триаса и юры. На плоской вершине соляного массива располагается мощный кейпер, формировавшийся в дотретичное время; надсолевые структуры осложнены сбросами. В зоне Поморско-Куявского поднятия установлены также закрытые глубокие купола, к числу которых относится Бартельштейн (Ortwin, 1953).

Межкупольные пространства. В межкупольных пространствах Северогерманской впадины установлены компенсационные мульды (например, у купола Оберг-Мельме) и весьма своеобразные межкупольные поднятия, которые по своему положению отвечают остаточным поднятиям, но обнаруживают признаки активного роста. По сейсмическим исследованиям одного из межкупольных пространств следует, что слои, залегающие вблизи поверхности, полого наклонены к востоку; следующая ниже группа слоев, относимая к мелу и юре, образует куполовидный изгиб, обязанный вздутию слоев кейпера; подошва триаса

залегают плоско. Данную структуру рассматривают как зачаточное соляное поднятие, образующееся за счет перераспределения соли в соляной линзе кейпера (Крей а. оth., 1954). Анализ мощностей показал постепенный и почти равномерный рост этого поднятия с конца нижнемеловой эпохи до плиоцена; общая амплитуда поднятия достигает 600—700 м. Однако не все известные межкупольные поднятия обязаны своим возникновением тектонической активности соляных линз кейпера; некоторые из этих поднятий представляют результат медленного воздымания пологих соляных сводов цехштейна. В данном случае можно говорить об остаточных межкупольных активизированных поднятиях. Анализ мощностей показывает, что и эти поднятия начали расти в конце нижнемеловой эпохи; однако, в третичном периоде темп их роста резко снизился.

СУБГЕРЦИНСКАЯ ВПАДИНА

В качестве одного из примеров осложненной явлениями соляной тектоники синеклизы удлинённых очертаний может быть названа Субгерцинская впадина, расположенная между Гарцем и Флехтингером, что определяет ее внутреннюю структуру, характеризующуюся выдержанным герцинским простираем складок. Субгерцинская впадина выполнена



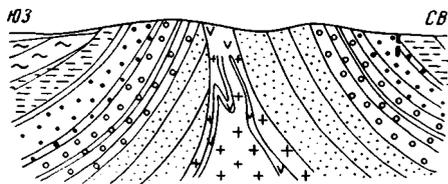
Фиг. 48. Стасфуртская антиклиналь
(по Фульда из Лотце)

Условные обозначения см. фиг. 40

верхним триасом, юрой и мелом, а в сводах складок выходят низы триаса и иногда цехштейн. В Субгерцинской впадине в отличие от Северогерманской очень большой мощностью (более 500 м) обладает «древняя» соль; кроме того развиты «юная» (100—200 м) и «юнейшая» (25—50 м) соли. Впадина осложнена следующими продольными структурами: а) у северного борта впадины проходят системы сбросов Аллерталь и антиклиналь Кальбер, лежащая на ее восточном продолжении; б) южнее протягивается крупная Стасфурт-Эгельнерская антиклиналь, образующая на западе три ветви: северную — Нейендорферскую, среднюю — Эльмскую и южную — Ассе; в), еще южнее проходит антиклинальная линия с поднятиями (с востока на запад) Ашерлебенерским, Гию и Фальштейнским. С юго-востока на северо-запад интенсивность складчатости возрастает. На юго-востоке развиты пологие антиклинали, на северо-западе появляются складки с круто наклоненными крыльями.

Наиболее крупной структурой Субгерцинской впадины является Стасфуртская антиклиналь (фиг. 48), известная с 1170 г. как месторождение соли и прорезанная огромным количеством шахт. Длина складки 60 км; на востоке она обладает пологими крыльями (7—8°), к западу резкость тектоники возрастает и наклоны крыльев достигают вначале 40—60°, а затем 70—90°. Соляное ядро образовано «древней» каменной солью, слои которой на обоих крыльях перекрываются в нормальной страти-

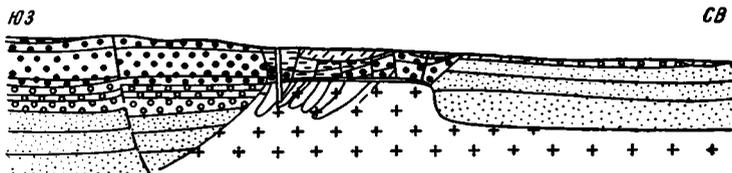
графической последовательности маломощными слоями «юной» каменной соли и нижним триасом. Согласно залегание соли и лежащих выше толщ является характерным признаком, положенным в основу выделения известного «стасфуртского» типа соляных структур. Соляное ядро Стасфуртской складки сильно утолщено вследствие тектонической аккумуляции соли; на это указывает значительное выполаживание слоев соленосной толщи с глубиной (на участке, где в верхах толщи слои наклонены под углом 60° , на глубине 700 м их падение составляет лишь 8°). Верхняя поверхность соляного ядра выровнена древней подземной эрозией; однако последующими движениями соли она сводообразно выгнута; над соляным зеркалом образовался кенрок.



Фиг. 49. Антиклиналь Ассе (по Вольштеду из Лотце)

Условные обозначения см. фиг. 40

Существенно иначе построена антиклиналь Ассе, являющаяся представительницей другого типа (фиг. 49). Здесь в отличие от Стасфуртской антиклинали контакт соли с покрывающими породами на одном из крыльев осложнен сбросом, по которому соль приведена в контакт со средними и верхними горизонтами нижнего триаса и слегка на них надвигается. Очевидно здесь налицо, во-первых, более энергичная аккумуляция соли в ядре, во-вторых, воздействие внешних усилий, выразившееся в надвигании.



Фиг. 50. Антиклиналь и грабен Аллерталь (по Вольштеду с дополнениями)

Условные обозначения см. фиг. 40

В качестве третьего примера приведем очень своеобразную соляную структуру Аллерталь (фиг. 50). Эта соляная антиклиналь расположена на границе двух плоских ступеней, что подчеркивает ее связь с разломом основания. Соляное ядро глубоко срезано подземной эрозией, что можно видеть по положению сохранившихся частей мелких складок в соленосной свите. Над соляным ядром образовалась очень крупная мульда оседания, ограниченная сбросами и известная как грабен Аллерталь.

ТЮРИНГЕНСКАЯ ВПАДИНА

Вторым примером удлиненной синеклизы является Тюрингенская впадина, расположенная между герцинскими выступами Гарца и Тюрингенского леса. Впадина и все осложняющие ее структуры вытянуты в герцинском (северо-западном) направлении. В Тюрингенской впадине платформенный покров менее мощен и полон, чем в Субгерцинской впадине; здесь развит цехштейн, выходящий на поверхность вдоль окраин, триас и юра. В состав соленосной толщи входят мощные соляные пласты среднего и верхнего цехштейна («древняя», «юная» и «юнейшая» соль). Общая

тектоника Тюрингенской впадины характеризуется складками и сбросами выдержанного герцинского простирания. С северо-востока на юго-запад здесь располагаются:

а) Мансфельдерская мульда, выполненная нижним триасом и занимающая северо-восточную часть впадины, представляющую как бы залив ее к востоку от Гарца;

б) Теутшенталлерская и сближенная с ней Хорнбургерская антиклинали;

в) Кверфуртерская мульда, выполненная нижним и средним триасом;

г) доцехштейновое поднятие Кихфайзер и лежащая на его продолжении Боттендерф-Рослебенерская антиклиналь;

д) система сбросов (грабен) Финне, представляющая уступ, отделяющий поднятый северный борт впадины, сложенный с поверхности нижним триасом, от остальной более опущенной части впадины;

е) антиклинали Лейнефельде-Монтероде значительной протяженности к западу от этой системы узких грабен.

Распространение соленосных толщ в Тюрингенской впадине неравномерно. Оно определяется, с одной стороны, локальными изменениями палеогеографических условий, с другой стороны, последующим выщелачиванием. Так в центре Мансфельдерской мульды «древняя» каменная соль выклинивается, тогда как на бортах мульды обладает большой мощностью; эти изменения обусловлены палеогеографической обстановкой накопления древней соли. Вдоль окраины герцинских массивов соль полностью удалена подземной эрозией, причем языки выщелачивания глубоко заходят внутрь впадины, достигая Рослебенерской антиклинали.

В Тюрингенской впадине, в отличие от Субгерцинской, проявления соляной тектоники явно подчинены элементам общей структуры подсольевых отложений. Так, в отношении Стасфуртской соляной антиклинали можно спорить, развилась ли она на месте пологой антиклинали, разлома или даже синклинали, соляные же структуры Тюрингенской впадины являются лишь частными осложнениями более крупных вполне определенных структур. Соляная тектоника здесь относительно слабо развита и находится как бы в зачаточной форме.

Примером соляной структуры Тюрингенской впадины может служить очень невысокий округлый купол, представляющий аккумуляцию соли на антиклинали Лейнефельде-Монтероде в точке ее разветвления, где чмеются благоприятные условия для притекания соли из трех синклинальных пространств.

На антиклиналях Кихфайзер-Рослебенер, Хорнбургер и Теутшенталлер соль на сводах уничтожена подземной эрозией; характер внутренней соляной тектоники на крыльях и наличие в соли складок течения говорят о том, что на этих антиклинальных складках происходил некоторый приток соли к сводам.

ФРАНКСКАЯ ВПАДИНА

Франкская впадина эпигерцинской платформы Европы может быть рассмотрена как пример мелкой синеклизы с зачаточными проявлениями соляной тектоники. Франкская впадина располагается между выступами герцинского основания — Рейнским сланцевым нагорьем и Тюрингенским лесом; на севере ее ограничивают выходы доцехштейновых дислоцированных пород — горы Рихельсдорфер и Верра. Впадина выполнена триасом, местами перекрытым третичными отложениями. Она расположена в зоне южных окраин цехштейнового соляного бассейна Северной Германии, где происходит выклинивание соленосных толщ. Здесь развита древнейшая каменная соль среднего цехштейна, к зоне максимальных мощ-

ностей (более 200 м) которой в северной части впадины приурочены проявления соляной тектоники. Общая тектоника Франкской впадины характеризуется разломами и прослеживающимися вдоль них узкими грабенами, ориентированными параллельно краям герцинских массивов; происхождение этих грабенов совершенно независимо от соляной тектоники.

На выходах цехштейновой соленосной толщи вдоль северного обрамления впадины — в Рихельсдорфере и по краю Тюрингенского леса соль уничтожена подземной эрозией и появляется только в 6—7 км южнее, образуя наклоненную к югу моноклираль Верра. Южнее соляные слои погружаются под обширную триасовую мульду без проявления соляной тектоники и снова поднимаются на небольшие глубины у города Фульда в районе Ренской возвышенности.

Соляная тектоника во Франкской впадине выражена слабо и ограничена внутрипластовыми смятиями, свидетельствующими о течении соли в моноклинальных пластах вверх по восстанию, и небольшими аккумуляциями соли в головах моноклинальных пластов и в поднятых частях небольших плакантиклиналей. Наиболее отчетливо соляная тектоника проявилась в районе моноклинали Верра. Здесь наблюдается скопление соли в голове соляного пласта, чем вызвана значительная деформация и наклон соляного зеркала на север, т. е. в сторону, обратную наклону моноклинали. Кроме того на деформациях соляного зеркала здесь сказались поперечные антиклинальные и синклинальные изгибы, осложняющие моноклираль Верра. Вследствие течения соли в сторону антиклинальных изгибов (например, в районе Берка) соляное зеркало деформировалось, причем выпуклости расположились на местах, антиклинально изогнутых, а вогнутости на синклинальных изгибах (фиг. 51). К югу от моноклинали расположено зачаточное округлое соляное куполовидное поднятие Ваха, в своде которого соль частично уничтожена подземной эрозией.



Фиг. 51. Структура поверхности соли на моноклинали р. Верра (по Лотце)

ТИПЫ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР НА МОЛОДЫХ ПЛАТФОРМАХ

Проявления соляной тектоники на молодых платформах принципиально не отличаются от ее проявлений на древних платформах. Однако существуют некоторые различия. Например, на молодых платформах мы не знаем куполов Роменского типа, растворенных криптоструктур и криптоструктур в карбонатных толщах; однако такие структуры на молодых платформах, по-видимому, могут иметься при наличии соответствующих условий и возможно впоследствии будут обнаружены. Эвдиоструктуры типа Лейне могут быть свойственны главным образом молодым платформам, будучи связанными с их повышенной по сравнению с древними платформами подвижностью. Но и в этом случае нельзя исключить вероятность обнаружения подобных форм на древних платформах.

К классу эвдиоструктур в известных солянокупольных областях молодых платформ принадлежат: а) купола Техас-Луизианского типа, широко развитые в синеклизе Голфа, а также в Северогерманской низменности, б) купола Эмбенского типа с их лапчатыми очертаниями,

грабенами и многочисленными соляными поднятиями подчиненного значения, распространенные в Северогерманской впадине; их представителем является купол Оберг-Мельме; в) эвдиоструктуры с надвинутыми соляными ядрами (тип Лейне), характеризующиеся разорванными и надвинутыми соляными ядрами, имеющими в отдельных случаях очень сложную форму (антиклиналь Зальцгиттер).

В классе криптоструктур на молодых платформах можно выделить: а) погребенные криптоструктуры, к которым относятся остаточные межкупольные поднятия в Голфе (Кэти); б) длительно живущие криптоструктуры, к которым принадлежит известная Стасфуртская антиклиналь, и межкупольные поднятия, развившиеся из триасовых соляных линз; в) соляные вздутия, к которым относятся структуры Тюрингенской и Франкской впадин.

IV. ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ В КРАЕВЫХ, ВнутРЕННИХ И МЕЖГОРНЫХ ВПАДИНАХ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ ВО ВнутРЕННИХ И МЕЖГОРНЫХ ВПАДИНАХ

В подвижных зонах земной коры — геосинклинальных областях, а также в областях интенсивной глыбовой раздробленности (например впадины Средней Азии), соляная тектоника распространена довольно широко, однако солянокупольные области здесь сравнительно небольших размеров. Соляная тектоника сосредоточивается в отдельных прогибах, где создавались благоприятные условия для образования водоемов с интенсивным испарением солей. Известны солянокупольные области, приуроченные к краевым прогибам (Предуральский прогиб, Предкарпатский прогиб, Месопотамский прогиб); место соленосных толщ в формационных рядах краевых прогибов может быть различным, что наряду с другими факторами обуславливает особенности проявления соляной тектоники в разных краевых прогибах. Если прогиб начинает формироваться в условиях общего подъема геосинклинальной области и его формационный ряд начинается с лагунно-континентальных осадков и конгломератов, соленосная формация располагается в основании разреза, а выше нее следуют морские толщи, отвечающие эпохе наиболее интенсивного формирования прогиба. Таково положение, например, в Румынском Предкарпатье, где корни соляных структур лежат на больших, пока недоступных бурению глубинах, а соляные массивы прорезают всю толщу осадков краевого прогиба.

Во втором случае, когда в начале формирования прогиба отлагаются морские толщи, затем последовательно сменяющиеся лагунными и континентальными, соленосная формация занимает место в центральной части разреза. Соляные структуры затрагивают при этом только верхние неморские толщи. Корни соляных структур и подсолевые слои могут достигаться бурением и поскольку подсолевые морские толщи (артинские отложения Предуралья, асмарийские известняки Ирана) обычно содержат нефть, важное практическое значение в данном случае имеет вопрос о соотношении соляной и подсолевой тектоники. Особенности соляной тектоники во внутренних впадинах могут быть различными; в тех случаях, когда внутренние впадины развиваются на срединных массивах, соляные структуры очень близки к платформенным (округлая форма и нелинейное расположение). Для соляной тектоники зон раздробления (например, впадин Средней Азии) характерна приуроченность соляных структур к разломам и наличие узко сжатых ядер.

Общие черты геологического строения. Рассмотрим вначале Предкарпатский прогиб в Румынии, где основная соленосная свита находится внизу формационного ряда. Это лучший пример солянокупольной области, связанной с краевым прогибом, где соленосные толщи залегают в основании разреза. В центральных частях прогиба они располагаются очень глубоко, достижимы для бурения только в ядрах поднятий и поэтому здесь вопрос о соотношении соляных и подсолевых структур не может быть выяснен. Однако на северном и западном бортах в ряде случаев может быть прослежено бурением подсолевое ложе. В строении прогиба участвуют следующие слои.

Выше олигоцена Восточных Карпат, представленного битуминозными глинами и мощными песчаниками (дизодиловые сланцы, песчаники Клива, слои Пучоса и др.), местами несогласно, местами с постепенным переходом располагается толща неогена. Залегающую в ее основании соленосную свиту, образованную мергелями, гипсами, каменной солью, соленосными глинами, брекчиями, песками и конгломератами, условно относят к аквитанскому ярусу. Наиболее вероятно, что именно эта толща и дает начало большинству соляных структур Балахской впадины. К бурдигальскому ярусу (в последнее время чаще к подошве гельвета) относят пачку полимиктовых песков и конгломератов («брэбу» и «петричика»), соответствующую слободским конгломератам краевого прогиба советских Восточных Карпат и несогласно залегающую на аквитане и олигоцене. Гельветский ярус (свиты «Жымпени» и «Тецкани») образован песчанистыми и мергелисто-глинистыми породами.

Разрез тортона начинается глобигериновыми мергелями, которые переходят в мергелистый туф с глобигеринами, являющийся аналогом трансильванского туфа «Деж» — прекрасного маркирующего горизонта. Выше туфа располагается соленосная толща, в которой соль связана переходами с ангидритами и глинистой соленосной брекчией (брекчии «сэри»). Разрез тортона венчается глинистыми радиоляриевыми сланцами, песчаниками, мергелями и битуминозными глинами. В отношении ряда соляных структур доказано, что они связаны с тортонской соленосной свитой. Выше располагаются бугловские слои (карбонатные глины мощностью 250—300 м), выделяемые здесь в самостоятельный горизонт, сарматский ярус, представленный всеми тремя отделами и сложенный глинами, известняками и песками.

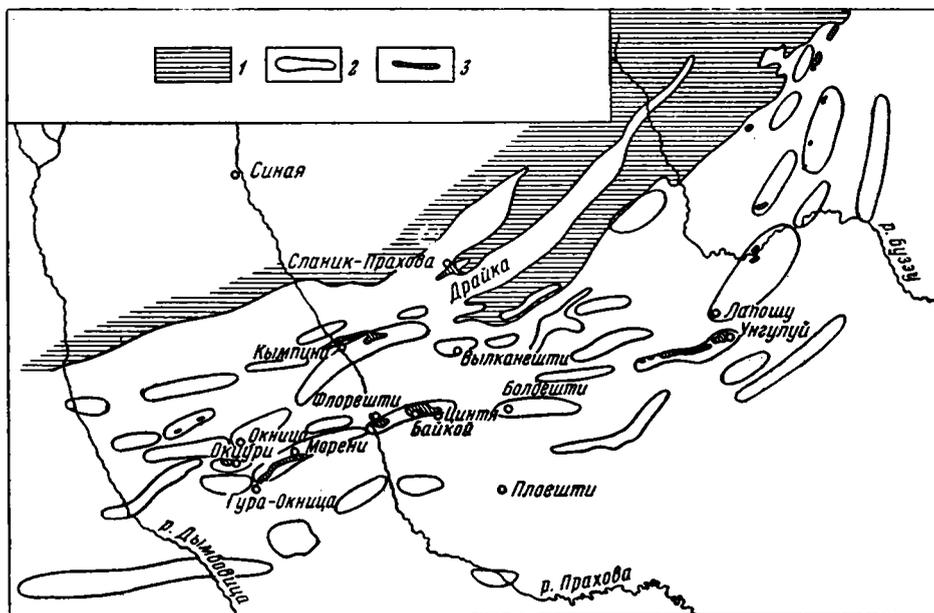
Еще выше следует песчано-глинистая толща меотиса (300—600 м), несогласно залегающая на различных горизонтах вплоть до олигоцена. Это крупное региональное несогласие в толще третичных осадков сыграло важную роль в распределении нефтяных залежей. Далее вверх по разрезу залегают мощные глины понта (500—1000 м), песчано-глинистые дакийские слои (300—400 м) и молассовая толща левантинского яруса (до 900 м), в которой песчано-глинистые породы с углями местами замещаются галечниками.

Предкарпатский прогиб построен асимметрично — вблизи флишевой зоны Карпат развиты сжатые складки, осложненные явлениями надвигания. К югу и юго-востоку складки эти сменяются диапировыми структурами с соляными ядрами протыкания, а еще далее к югу развиты относительно пологие и широкие брахиантиклинали. Граница краевого прогиба с флишевой зоной имеет неровный контур; в частности две крупные неогеновые синклинали Сланик и Драйна глубоко входят под острым углом в зону распространения флишевых осадков (фиг. 52).

Явления соляной тектоники ограничены очень узкой полосой (15—25 км), идущей вдоль фронта Карпат, причем зона интенсивной диапиро-

вой соляной тектоники имеет протяженность около 80 км и располагается между реками Дымбовица и Бузеу.

Соляные структуры. Соляные структуры Предкарпатского прогиба весьма разнообразны. У северного и северо-западного края прогиба соль участвует в строении надвиговых структур. Здесь несомненно не только ее течение вверх, но и участие в боковых перемещениях.



Фиг. 52. Расположение соляных структур в Румынском Предкарпатье

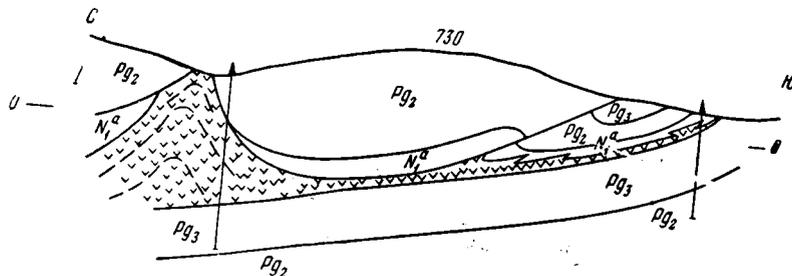
1 — флишевая зона; 2 — складки; 3 — соляные ядра

В районе Тыргу-Окна в тектоническом окне Ойтуз известны соляные структуры, растущие из-под надвига. Здесь на миоценовую толщу, включающую нижнюю соленосную свиту и покрывающие ее породы, надвинут эоцен. Соль образовала массивы, приподнявшие породы покрова и достигшие поверхности. Поскольку бурением установлено спокойное наклонное залегание подсолевых олигоценых слоев, соляные поднятия Тыргу-Окна надо считать образованными течением соли вверх под влиянием нагрузки. По-видимому, еще до надвигания эоценового покрова начался подъем соляного ядра и оно было размыто, а затем эоцен был надвинут на размытый соляной массив, а на крыльях соляного поднятия на надсолевой миоцен. После надвигания продолжался рост соляного массива, который привел к деформации поверхности надвига, сводовому подъему и размыву эоценового аллохтона. В результате этого вершина соляного массива вторично вышла на поверхность (фиг. 53).

В районе Окница (фиг. 54) соляная структура осложняет покров надвига. Соленосная свита аквитанского яруса надвинута на левантин и нормально перекрыта гельветским ярусом. В районе тектонического выклинивания соленосной толщи аккумуляровалась соль, вследствие чего в надвинутом покрове образовалось соляное поднятие, над которым сводовообразно изогнуты слои гельветского яруса.

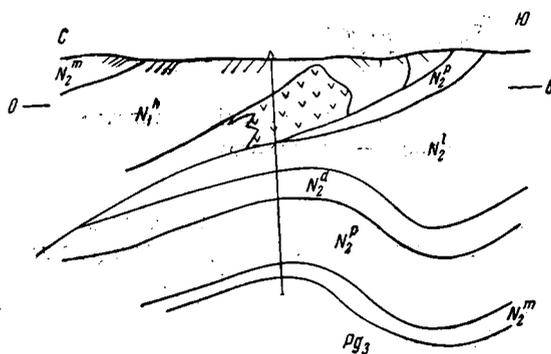
Весьма интересна соляная структура Вулканешти (фиг. 55). Здесь последовательность событий представляется такой. Сначала образовался

крупный разлом, по которому западное крыло, сложенное гельветским, тортонским и сарматским ярусами, оказалось значительно поднятым относительно восточного крыла, сложенного меотисом, понтом, дакийскими и левантинскими слоями. В верхней своей части этот сброс, амплитуду которого по подсчету мощностей можно оценить в 2 км, становится пологим и переходит в надвиг, чем и объясняется соотношение тортона и сармата с левантинским ярусом на восточном крыле складки. По-видимому,



Фиг. 53. Разрез через соляную структуру Сланик — Молдова (Тыргу-Овна)

вслед за образованием сброса началась концентрация соли в поднятом блоке, образование соляного вздутия, которое затем превратилось в узкий соляной массив с почти вертикальными стенками. Соль пришла в контакт с меотисом, понтом, дакийскими и левантинскими слоями, т. е. располо-



Фиг. 54. Разрез через соляную структуру Окинца (по И. В. Высоцкому)

жилась вдоль сброса. Очень вероятно, что эта соляная «прокладка» облегчала дальнейшее взаимное перемещение обоих блоков. Рост соляного массива привел к растяжению и разрыву поднятого крыла в верхних зонах, где это крыло переходит в пологую чешую. Здесь в поднятом и надвинутом крыле соль образовала антиклинальное поднятие и почти достигла поверхности.

Соотношения, наблюдаемые в надвиговых структурах, проливают свет на природу классических соляных диапиров Румынии. К их числу принадлежит широкая, сложенная на поверхности левантином складка Флорешти — Байкой — Цинтя. Она рассечена системой продольных сбросов. Между этими сбросами в западной и центральной частях складки заключены не сообщающиеся друг с другом отдельные выступы соли в виде горстов. Между выступами крылья складки соприкасаются вдоль продольных сбросов (фиг. 56). Система продольных сбросов круто наклонена к югу, и северное крыло несколько надвинуто на южное. Это особенно хорошо видно в разрезах через Флорешти (фиг. 57), где соль внедрилась вдоль продольного разлома в виде узкого вытянутого по простиранию ядра, ширина которого не превышает 200 м; в вертикальном разрезе можно наблюдать, что ядро образует пережимы и раздувы. Между Флорешти

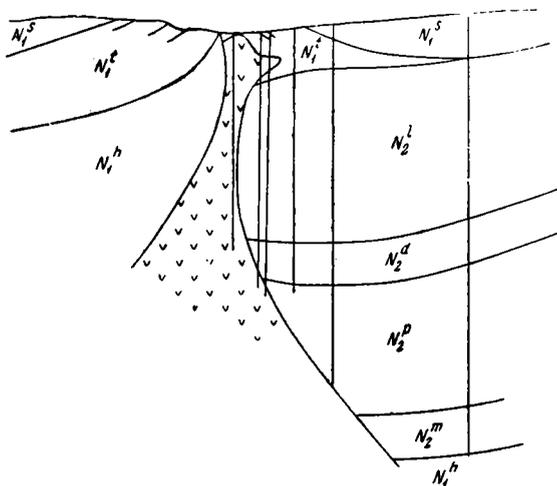
и Байкоем ядро наблюдается только на глубине 1200 м и ниже и образует тонкий заостренный кверху клин, расположенный вдоль основного продольного сброса, по которому выше глубины 1200 м породы крыльев непосредственно соприкасаются. В Цинте соляная «прокладка» сохранилась лишь в верхней 500—600-метровой части разреза, ниже она полностью выжата и крылья складки контактируют по сбросу; предполагается, что на значительной глубине сохранились корни соляного массива. Сравнение разреза Флорешти с разрезом Вылканешти говорит в пользу того, что сброс предшествовал подъему соли, что узкое соляное тело служило как бы смазкой между перемещавшимися крыльями сброса и местами нацело выжималось в процессе этого движения. Наклон соляного тела следует сбросу и отвечает общей тенденции движения масс от Карпат к Валахской впадине.

Другая картина наблюдается в центральной Байкойской части складки (фиг. 58). Ширина соляного ядра здесь местами более километра. Оно хотя слабо наклонено к югу, но занимает положение, близкое к вертикальному. Кроме того в этом участке складки северное крыло не приподнято относительно южного: крылья расположены на одном уровне, а местами южное крыло даже выше. Такие структурные соотношения можно объяснить тем, что в центре складки аккумуляция соли была наибольшей

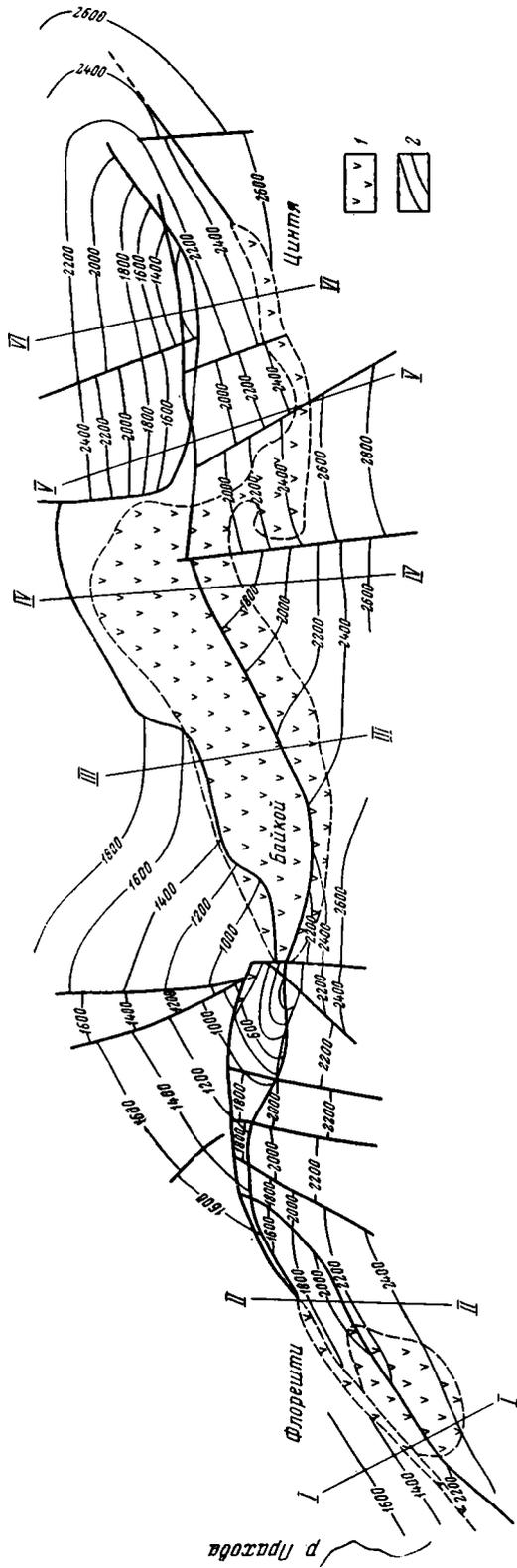
и здесь образовалось широкое соляное ядро. Силы подъема соли начали преобладать по сравнению с общим боковым движением материала; соляной массив стал почти вертикальным, а подъем соли стал влиять на расположение крыльев, нарушив обычно наблюдаемое закономерное надвижение на юг. Боковое движение надсолевой толщи и здесь отразилось на структуре соли; с ним следует связать незначительный наклон ядра и многочисленные его пережимы.

К тому же типу соляных структур относится складка Морени, расположенная юго-западнее Байкоя. Здесь также на погружениях вдоль продольного сброса наблюдаются узкие клиновидные, местами выжатые соляные тела, наклоненные к северу, а в центральной части — вертикальный, значительно более широкий соляной массив (фиг. 59). В Морени, как и в Байкое, на южном крыле наблюдается значительно большая мощность отдельных горизонтов (понт, меотис), чем на северном. Это можно объяснить как одновременным с осадконакоплением смещением крыльев вследствие продолжающегося движения по разлому (причем соляной массив мог иметь значение смазки), так и формированием компенсационной мульды на южном крыле; вероятнее всего оба процесса протекали совместно.

Восточнее известны соляные структуры, в которых степень прорыва соли более ограничена и в какой-то мере сохранился надсолевой свод. Например, в Лапошу соляное ядро контактирует с гельветом, слагающим оба крыла складки. В Унгулуе (фиг. 60) породы соляного ядра перекрываются сарматом, который на обоих крыльях последовательно перекрывается



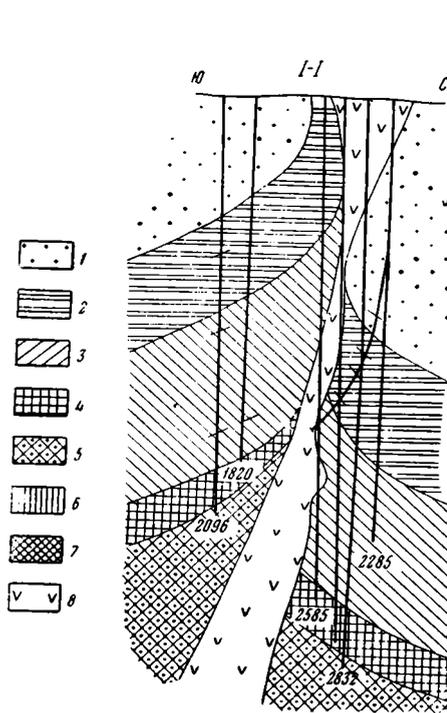
Фиг. 55. Соляная структура Вылканешти



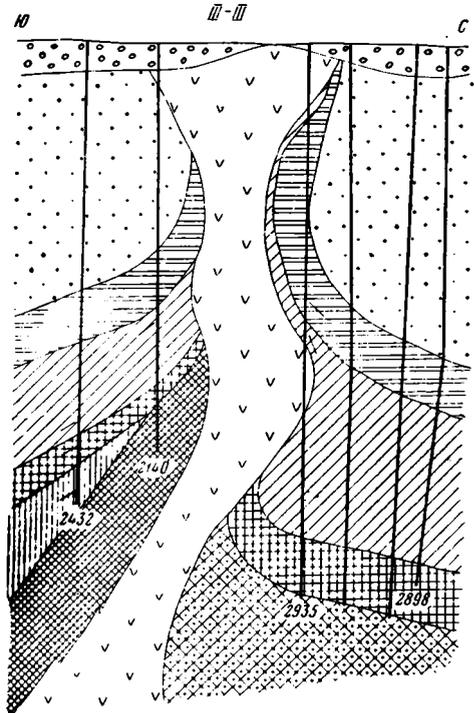
Фиг. 56. Структурная карта антиклинали Флорешти — Байкой — Цинтя
 1 — соль; 2 — меоцит

меотисом и понтом. Соляное ядро и складка в целом опрокинуты к югу в соответствии с общим направлением опрокидывания складок.

На пологом симметричном соляном вздутии в районе Мареш-Самара (фиг. 61), уменьшены мощности верхнего тортона и выклинивается мео-



Фиг. 57. Разрез через соляную структуру Флорешти. Разрез I — I
1 — левантские отложения; 2 — дейские отложения; 3 — понтические отложения; 4 — меотические отложения; 5 — миоценовые отложения; 6 — бугловские отложения; 7 — гелльветские отложения; 8 — соль



Фиг. 58. Соляная структура Байкой. Разрез III — III
Условные обозначения см. фиг. 57

тис к своду, а также имеется сводообразный перегиб толщи понта. Все это говорит о длительном формировании поднятия.

Основные разновидности соляных структур. Рассмотренные разновидности соляных структур можно свести к следующим типам:

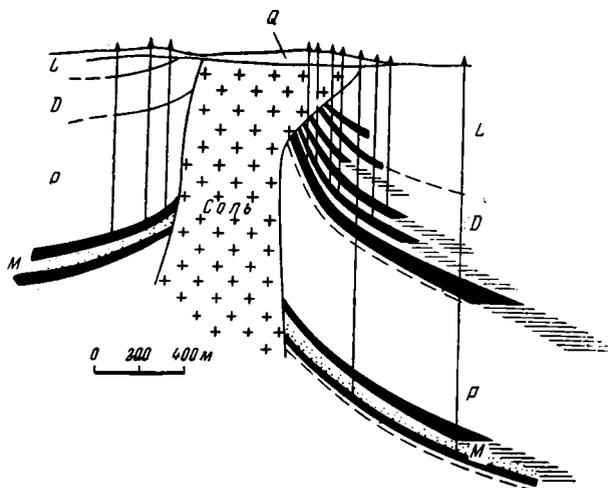
а) поднадвиговые соляные структуры (соляные ядра приподнимают и прорывают покров надвига (аллохтон), тогда как корни их находятся в автохтоне);

б) надвиговые соляные структуры (соляные ядра осложняют строение покровов надвигов, корни их находятся в аллохтоне);

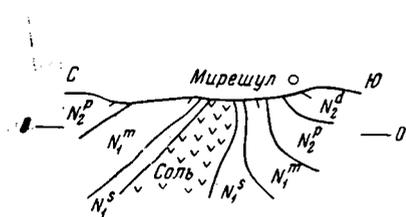
в) соляные антиклинали типа Морени (пережатые узкие наклонные соляные ядра — «лезвия» — с отдельными штокообразными утолщениями); соль контактирует со всеми горизонтами вплоть до левантина);

г) соляные кристоструктуры, в которых соляные ядра могут быть несогласно перекрыты различными горизонтами неогеновой толщи;

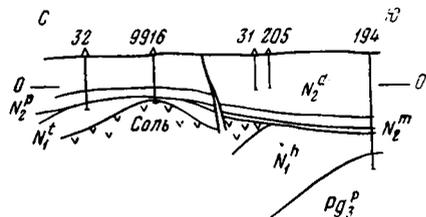
наблюдается уменьшение мощностей и выклинивания в подсолевой толще, что свидетельствует о постепенном росте складок.



Фиг. 59. Геологический разрез через складку Морени (по Г. Маковею)



Фиг. 60. Разрез через соляную структуру Унгулуй (по И. В. Высоцкому)



Фиг. 61. Разрез через соляную структуру Мареш — Самара (по И. В. Высоцкому)

МЕСОПОТАМСКИЙ КРАЕВОЙ ПРОГИБ

Общие черты геологического строения. В строении Месопотамской низменности и северного побережья Персидского залива принимает участие мощный комплекс отложений, в котором имеются две соленосные толщи. Нижняя из них принадлежит к кембрийской системе. Кембрийская соленосная толща образует многочисленные соляные купола в Южном Иране. Мощность этой толщи неизвестна. Наряду с солью она содержит соленосные мергели, ангидриты, известняки и изверженные породы. Она перекрыта верхнекембрийскими, пермокарбонными, триасовыми, юрскими, меловыми и палеогеновыми отложениями, суммарная мощность которых достигает 5 км.

К формациям собственно Месопотамского (Предзагорского) краевого прогиба можно причислить лишь лежащие выше отложения, начинающиеся асмарийскими битуминозными известняками олигоцена-миоцена, которые заключают в себе основные запасы нефти Ирана и Ирака и поэтому хорошо изучены. Мощность асмарийских известняков составляет 300—600 м. Над ними залегает верхняя соленосная толща, принадлежащая к нижнему отделу свиты «фарс» среднемиоценового возраста и прорезаемая скважинами при бурении на асмарийские известняки. Соленосная толща состоит из переслаивания солей, ангидритов, красных и серых мергелей, тонких прослоев известняков; мощность ее, по данным бурения, достигает

3200 м, а, по данным сейсморазведки, в местах раздувов превышает 6000 м. Толща надсолевых пород состоит из среднего и верхнего «фарса» (верхний миоцен), сложенных песчаниками, известняками, красными мергелями и гипсами, мощностью до 1000 м, и молассовой толщи «бахтиари», состоящей из мощных прослоев песков, глин и конгломератов (до 5000 м). Асмариийские известняки, «фарс» и «бахтиари» образуют ряды антиклинальных складок, интенсивность которых убывает от Загроса к Аравийской платформе; складкам свойственно асимметричное строение: более крутые — юго-западные крылья.

Соляная тектоника на территории Месопотамского прогиба связана с обеими соленосными толщами. Каждая толща порождает соляные структуры своеобразного стиля. Если фарсидские структуры по своему расположению и развитию тесно связаны со складчатостью краевого прогиба, то кембрийские купола, корни которых находятся ниже формаций краевого прогиба в подстилающем его структурном ярусе, секут всю толщу осадков, не считаясь с ее тектонической структурой, возникшей в кайнозое.

Соляные структуры «фарса». Можно указать три основных свойства соляных структур «фарса». Во-первых, они вытянуты в соответствии с господствующим простиранием антиклиналей, обнаруживая тем самым определенную связь с формированием складчатости краевого прогиба. Во-вторых, они резко не соответствуют положению сводов антиклиналей в лежащих ниже асмариийских известняках, располагаясь над их крыльями; это связано с неравномерным первичным распределением соляных масс, которые выклинивались к сводам асмариийских антиклиналей. Такое распределение соли очевидно связано либо с существованием ясно выраженного и «прямого» по отношению к структурному плану рельефа поверхности асмариийских известняков к моменту начала отложения фарса, или же с продолжающимся ростом антиклиналей в верхнефарсидское время. В-третьих, соляные купола и соляные выступы, как правило, надвинуты с северо-востока на юго-запад, т. е. в соответствии с направлением наклона складок асмариийских известняков от геосинклинальных складчатых сооружений Загроса к Аравийской платформе. Это обстоятельство опять же свидетельствует о тесной связи проявлений соляной тектоники «фарса» с общей тектоникой прогиба.

Среди фарсидских соляных структур наблюдается множество разновидностей, отличия которых обусловлены главным образом характером первичного распределения соли над асмариийскими антиклиналями. О'Бриен (O'Brien, 1955) выделил здесь четыре типа соляных структур (фиг. 62).

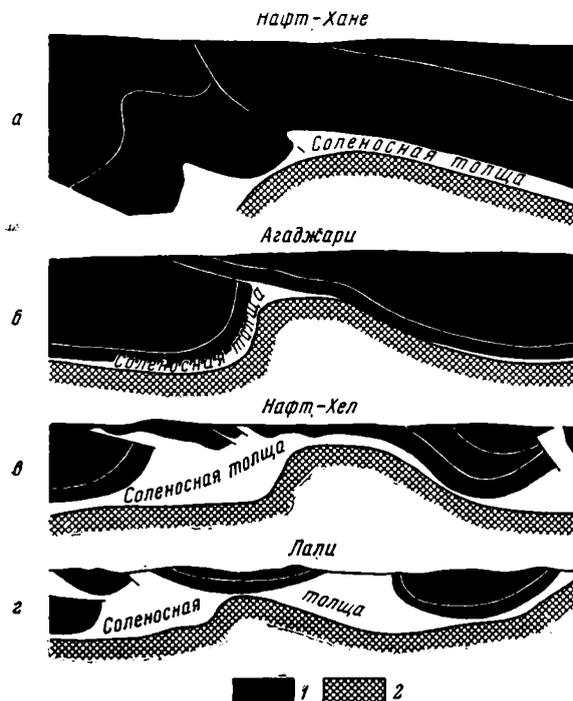
1. Тип Нафт-Хане, названный так по имени нефтяного месторождения у Ирано-Иракской границы, характеризующийся малой мощностью соленосной толщи нижнего «фарса» и незначительным содержанием в ней соляных пластов. Соль образует лишь сравнительно невысокие вздутия, слегка наклоненные к юго-западу.

2. Тип Агаджари характеризуется наличием сравнительно маломощной соленосной толщи на юго-западном крыле и почти полным отсутствием ее на своде и северо-восточном крыле; в присводовой части юго-западного крыла образовалось вздутие соли, давшее начало соляной чешуе, по которой северо-восточное крыло складки надвинуто на юго-западное.

3. Тип Нафт-Хел характеризуется большой мощностью соленосной толщи на юго-западном крыле и очень глубокой надсолевой синклиналию на северо-восточном крыле; надвинутые на юго-запад соляные чешуи осложняют юго-западное крыло складки.

4. Тип Лали характеризуется почти полным отсутствием соленосной толщи над сводом складки асмариийских известняков и большими

мощностями ее над обоими крыльями; соляные поднятия образовались на обоих крыльях; поднятие юго-западного крыла осложнено надвинутыми к юго-западу чешуями.



Фиг. 62. Типы соляных структур Фарса в Иране
1 — пассивный комплекс; 2 — компетентный комплекс

С точки зрения более общей классификации тип Нафт-Хане следует относить к соляным вздутиям, а остальные типы характеризовать как соляные вздутия, осложненные чешуйчатой структурой.

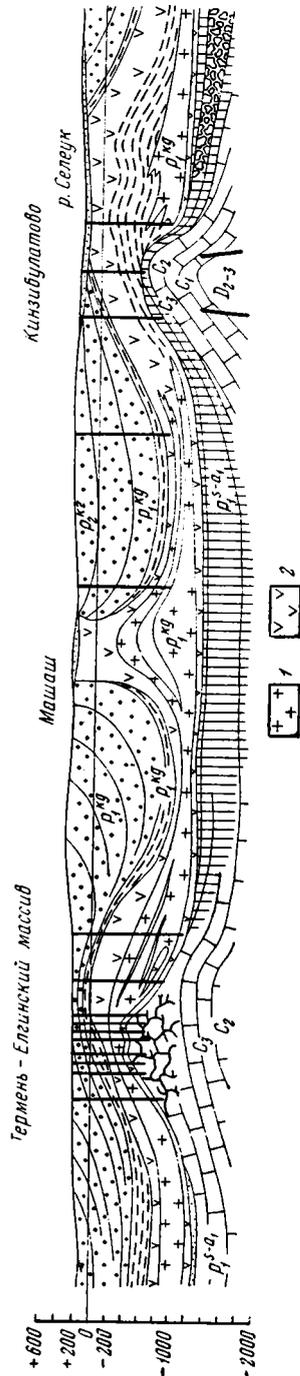
СОЛЯНАЯ ТЕКТОНИКА В ПРЕДУРАЛЬСКОМ ПРОГИБЕ

Проявления соляной тектоники в Предуральском прогибе в общем очень близки к соляной тектонике Месопотамского фарса. Здесь также соленосная тоща в формационном ряду занимает место между морской карбонатной и континентальной молассовой формациями; так же быстро выклиниваются и раздуваются соляные прослой, а подсолевое ложе располагается сравнительно неглубоко и хорошо изучено бурением, проводившимся на подстилающие нефтеносные известняки.

В южной части Предуральского прогиба, где формы соляной тектоники имеют наибольшее распространение и наилучшим образом изучены (Богданов, 1947; Страхов, 1947), кунгурская соленосная толща подстилается комплексом артинско-сакмарских отложений, преимущественно карбонатного состава. Эти отложения образуют высокие рифовые выступы, обуславливающие расчлененность рельефа подсолевого ложа. Согласно схеме, принятой после исследований Н. М. Страхова (1947), в составе кунгура здесь выделяются: а) нижний соленосный горизонт, наиболее мощный и наиболее изменчивый; в центре прогиба он представлен чередованием соли и ангидритов, на восточном борту прогиба эти породы замещаются песчано-сланцевой толщей с прослоями гипсов, а на западном

борту пласты соли сокращаются в мощно-сти, распространяясь, как показало бурение последних лет, далеко в пределы Русской платформы; над рифовыми массивами и антиклинальными поднятиями артинского яруса отложения соленосного горизонта или отсутствуют, или представлены только своими верхними горизонтами; мощность соленосного горизонта в понижениях артинского ложа достигает 1200 м; б) гипсово-ангидритовый горизонт (100—300 м), присутствующий повсеместно; в) переходная толща (150—300 м), представленная чередованием терригенных красноцветных пород, гипсов и ангидритов. Выше залегают верхнепермские красноцветные толщи молассового типа, мощность которых в Ишимбайской части Предуралья достигает 1000 м, увеличиваясь к югу до 2000 м.

Неравномерное накопление соли привело к неравномерным проявлениям соляной тектоники. Так на участках со сравнительно неглубоким залеганием артинского ложа развились пологие и невысокие соляные вздутия, а в районах с глубоким залеганием артинского ложа и большой мощностью соли образовались более высокие соляные поднятия с выходами на поверхность гипсов, образующих небольшие как бы диапировые структуры (фиг. 63) или же более обширные гипсовые поля. Как отмечает Н. М. Страхов, «независимо от того, относится ли данное поднятие к категории криптодиапировых или осложнено диапировыми явлениями, верхняя отметка соли упорно держится на одном и том же уровне — 325—285 м». Можно считать, что постоянство верхнего уровня поверхности соли связано с подземным размывом вершин соляных массивов в эпоху более глубокого, чем сейчас, вреза эрозийной сети Предуралья (вероятно средний плиоцен). Подземный размыв вершин соляных поднятий сопровождался значительным накоплением над солью сульфатного материала, ранее заключавшегося в виде прослоев в соленосном горизонте, а затем причленившегося к гипсово-ангидритовому горизонту. Мощность гипсово-ангидритового горизонта над соляными вздутиями поэтому, как правило, значительно увеличена (250 и до 400 м над вздутиями при 100—150 м в районах понижения кровли кунгура). Отдельные блоки гипсов оказались приподнятыми до поверхности земли, где (например, в Смакаевском поднятии) наблюдаются раздробления, смятия и крутые

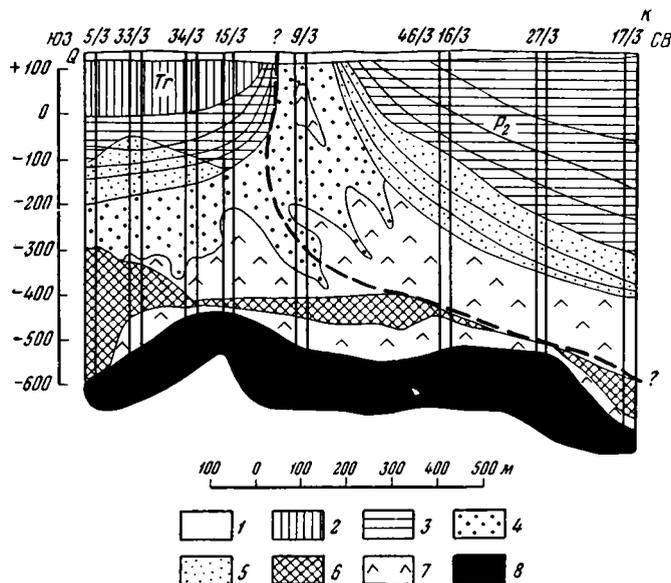


Фиг. 63. Профильный разрез через Термень-Егленский массив и Кизилбулатово в Предуральском прогибе (по А. А. Богданову)

1 — соль; 2 — сульфатные породы

наклоны гипсов, а также разрывы по их контакту с лежащими выше красноватными отложениями. Эти явления следует связывать с гипсовой тектоникой — следствием гидратации гипсов.

Предельный уровень кровли соли и широко распространенные и хорошо известные явления ее подземного растворения не были приняты во внимание Н. М. Страховым (1947) и А. А. Богдановым (1947), которые



Фиг. 64. Разрез через Кусяпкуловский массив (по Н. М. Страхову)

1 — четвертичные отложения; 2 — третичные отложения; 3 — уфимские отложения; 4 — гипсы; 5 — переходная толща; 6 — каменная соль; 7 — ангидриты; 8 — артинские отложения

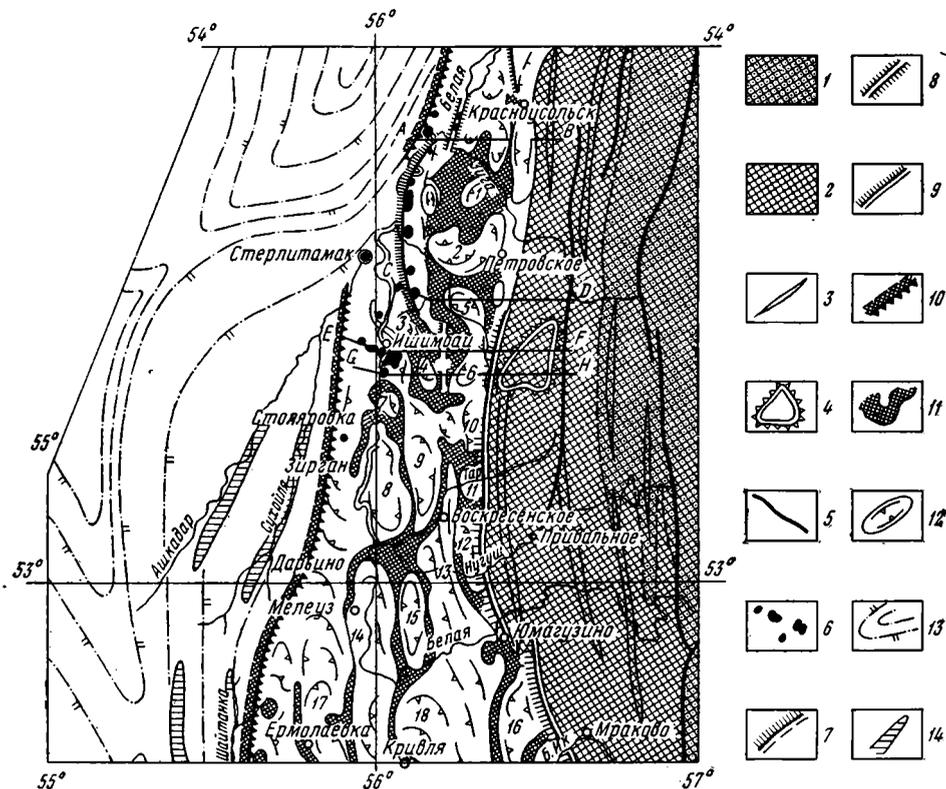
объясняли увеличенные мощности сульфатов над соляными поднятиями тем, что сульфаты наряду с солью испытывали пластические перемещения под влиянием тангенциальных тектонических усилий. В качестве наиболее показательного примера Н. М. Страхов приводит гипсовый диапир над Кусяпкуловским массивом (фиг. 64), где «под областью прорыва сульфатных пород горизонт каменной соли здесь утонен до чрезвычайности, а в некоторых пунктах соль и вовсе отсутствует». Этот пример, по мнению Н. М. Страхова, показывает, что перемещения пород гипсово-ангидритового чередования не затрагивали соленосного горизонта. На самом деле структурные соотношения, наблюдаемые в Кусяпкулове, вполне могли быть созданы за счет аккумуляции соли с последующим ее подземным растворением. Известны же нам своеобразные структуры на западном склоне Канадского щита, которые предположительно связывают с полным растворением соляного массива.

Явления подземного растворения больших объемов соли в Предуральском прогибе подтверждаются широким распространением третичных мульд оседания над соляными ядрами в Южноуральском бурогольном бассейне. Эти мульды описаны А. С. Хоментовским (1953), который их формирование связывает с растворением соляных тел при региональных понижениях уровня грунтовых вод.

Неравномерным и не сплошным накоплением соли и связанными с этим особенностями ее пластических перемещений обусловлен петельча-

тый характер распространения соляных структур в плане, хорошо видный на карте А. А. Богданова (фиг. 65).

Актюбинское Приуралье, которое до недавнего времени многие исследователи рассматривали как краевой прогиб, представляет собой лишь окраину складчатой зоны Урала, от которого в западном направлении происходит общее погружение слоев и затухание складчатости. Подсоле-



Фиг. 65. Тектоническая карта Башкирского Приуралья (по А. А. Богданову)

I. Западная, окраина Уральской складчатой зоны: 1 — протерозойские образования в сводовых частях антиклиналей; 2 — девонские каменноугольные самарские и артинские образования восточного крыла Уральского краевого прогиба; 3 — антиклинальные складки; 4 — куполовидные поднятия; 5 — надвиги и сбросы; II. Предуральская депрессия: 6 — рифовые массивы самарского и артинского возраста; 7 — односторонние горсты; 8 — горстовидные складки; 9 — фленсуры восточного борта депрессии; 10 — фленсура западного борта депрессии; 11 — гипсовые ядра линейных и кольцевых и диапировых складок; 12 — синглинальные блоки, выполненные красноцветной формацией; III. Восточная окраина Русской платформы: 13 — условные изогипсы кровли артинских (на севере) и кунгурских (на юге) образований; 14 — соляные антиклинали

вая (артинская) толща в 10 км восточнее Актюбинска выходит на поверхность в ядре Жилинской складки, где эта толща интенсивно дислоцирована; в 60 км западнее подсолевые слои погружены на глубину 5000 м и залегают почти горизонтально.

Многие особенности соляных структур Актюбинского Предуралья выяснены буровыми и геофизическими работами 1946—1956 гг. (Авров, 1957).

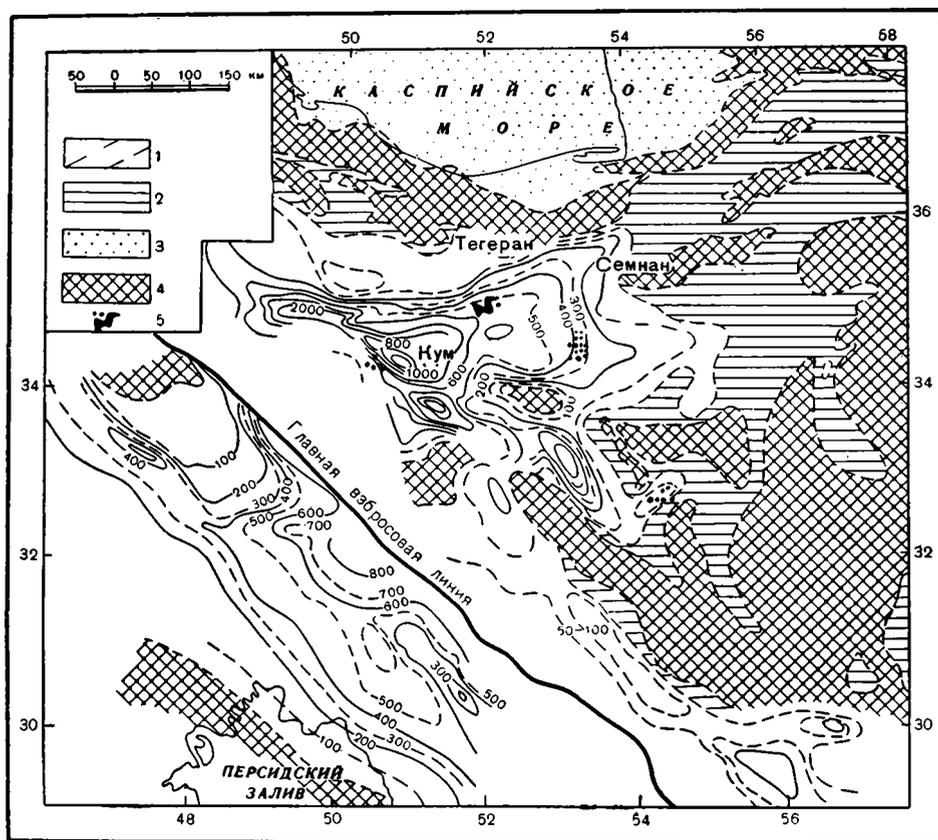
Для Актюбинского Приуралья характерны длинные антиклинали, нарушенные продольными разрывами, по которым сводовые части скла-

док надвинуты к западу (с амплитудами 500—1500 м). Наиболее восточные складки размыты до подсолевых слоев и не имеют соляных ядер. Западнее же, в связи с общим погружением зеркала складчатости, в сводах появляются утолщенные соляные ядра, надвинутые на западные крылья складок со значительной амплитудой, вследствие чего своды по кунгуру смещены на 2—3 км к западу относительно сводов по артинским отложениям.

Отсюда следует, что в Актюбинском Приуралье соль не создает самостоятельных структурных форм, а лишь усиливает характерные для этого района длинные, нарушенные надвигами антиклинали, аккумулируясь и образуя мощные ядра в их сводах.

СОЛЯНАЯ ТЕКТНИКА ЦЕНТРАЛЬНОГО ИРАНСКОГО БАСЕЙНА

В качестве примера солянокупольной области, приуроченной к внутренней впадине, может быть рассмотрен Центральный Иранский бассейн



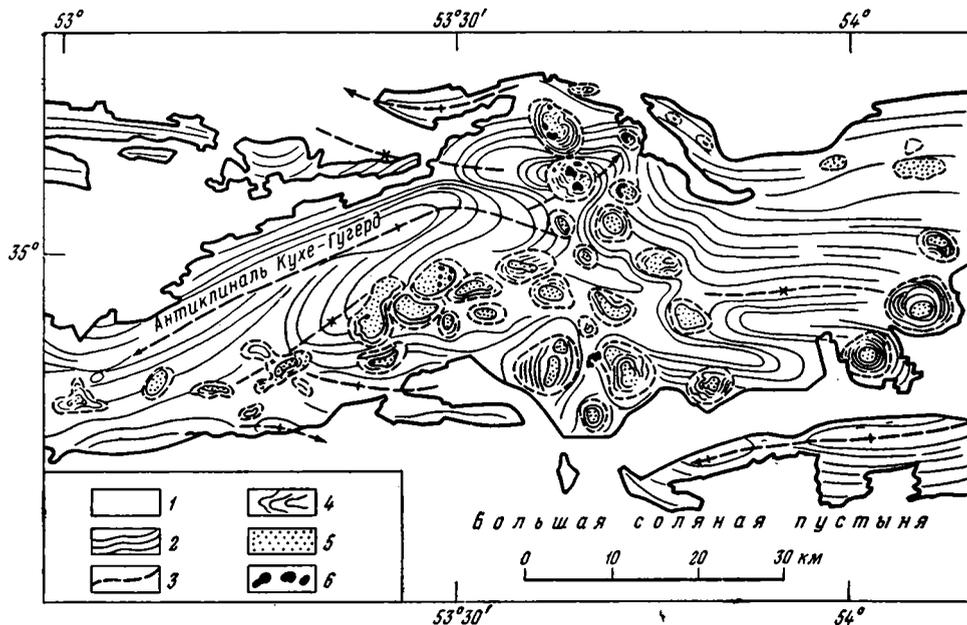
Фиг. 66. Центральный Иран. Карта мощностей олиго-миоцена и размещения соляных структур (по А. Гансеру)

1 — изопахиты (в метрах) морского олиго-миоцена типа Асмари; 2 — миоценовые отложения типа Фарса, трансгрессивно залегающие на доасмарийских отложениях; 3 — морской миоцен, наспийская фация; 4 — площади, на которых отложения олигоцена и миоцена отсутствуют; 5 — соляные купола

(Гансер, 1956; Фурер и Содер, 1956), развившийся в области срединного массива. Складчатый и метаморфизованный фундамент здесь сформировался к середине мезозоя. К верхнемеловой эпохе относится зарождение впадины, которая заполнялась преимущественно карбонатными

отложениями мела и вулканогенными толщами эоцена. В нижнем олигоцене здесь местами, и только в южной части бассейна отложилась так называемая нижняя красноцветная формация, в которой среди красноцветных алевролитов и мергелей заключены пласты гипса и каменной соли. Нижнеолигоценовая соль не создает хорошо выраженных форм соляной тектоники, но вспучивание соли в виде линз наблюдается юго-восточнее Кума в районе города Шураба (фиг. 66). Выше соли располагается карбонатная толща олигоцен-миоцена, которая распространена в Центральном бассейне не повсеместно, а заполняя в его пределах ряд более мелких впадин (например, впадину Кум с мощностями до 2000 м, впадину Семнан с мощностями до 500 м и др.). Этот карбонатный комплекс является примерным аналогом по возрасту асмарийских известняков Месопотамского прогиба. Еще выше залегает верхняя красноцветная формация, состоящая из пород солоноватоводного и озерно-континентального происхождения, красных и зеленых мергелей и песчаников с прослоями конгломератов на окраинах бассейна; мощность формации достигает 5—6 км; в основании ее располагаются мощные пласты каменной соли, распространенные не повсеместно, а лишь в отдельных участках бассейна. Всего в Центральном Иране известно около 50 соляных куполов, которые группируются на четырех отдельных участках.

Наиболее многочисленная группа куполов расположена южнее города Семнана. Здесь на сравнительно небольшой площади сгруппировано до 35 куполов; большинство из них имеет округлую форму и обычный диа-



Фиг. 67. Соляные купола к югу от Семнана (по А. Гансеру)

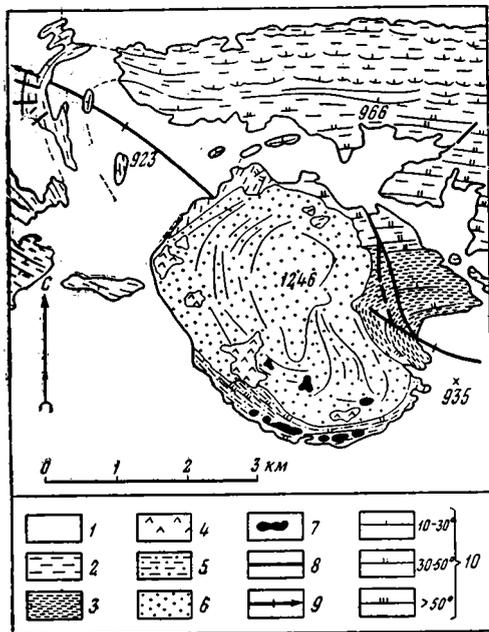
1 — аллювий; 2 — верхний миоцен с линиями простиранья; 3 — гипсовая оторочка соляного ядра; 4 — доверхнемиоценовые породы в соляном ядре; 5 — соль и гипс; 6 — основные интрузивные и вулканические образования

метр — 8 км. Расположение куполов в общем довольно беспорядочно; замечено только, что они как бы избегают осевых частей крупных антиклиналей, заполняя синклинальные пространства, и располагаются на крыльях и переклиналях развитых здесь пологих складок (фиг. 67).

В условиях сухого климата Центрального Ирана вершины соляных массивов не «слизываются» грунтовыми водами, а выходят на поверхность и образуют соляные холмы. Все они в районе Семнана возвышаются над окружающей равниной приблизительно на 100 м, что очевидно обусловлено достижением петростатического равновесия, т. е. уравнивания веса столба относительно тяжелых подсоловых пород весом более высокого столба относительно легкой соли.

Солянокупольные группы, расположенные восточнее Тегерана и к северо-востоку от города Эрдекана, занимают сравнительно небольшие площади; купола по типу весьма сходны с Семнанскими.

Несколько особняком стоит отдельный купол Кухе-Немек (фиг. 68), расположенный западнее города Кума. Он тоже подобен Семнанским куполам: форма его круглая, диаметр 4—5 км, высота холма над поверхностью земли — 200 м. Судя по высоте холма и учитывая уравнишенность столбов породы, можно считать, что соленосная толща залегает здесь глубже, чем в районе Семнана. Купол Кух-Немек прорывает западное погружение крупной почти широтной антиклинальной складки; бурение на той же складке, но близ ее свода — в 20 км от купола, показало, что мощность



Фиг. 68. Купол Кухе-Немек (по Х. Хуберу)

1 — аллювий; 2 — верхний миоцен; 3 — нижний миоцен; 4 — остатки гипса; 5 — гипсово-мергельная оторочка; 6 — каменная соль; 7 — андезит; 8 — сбросы; 9 — ось; 10 — направление и углы падения (цифры на карте — высота в метрах)

соли здесь не превышает 100 м, что, конечно, совершенно недостаточно для образования купола 5-километрового диаметра. Очевидно, что на погружении складки мощность соли увеличена по сравнению с ее сводом.

Для внутренней впадины Центрального Ирана, таким образом, характерны соляные купола особого типа — купола с обнажающимися соляными ядрами — возвышенностями.

СОЛЯНАЯ ТЕКТОНИКА В ТРАНСИЛЬВАНСКОЙ ВПАДИНЕ

Трансильванская впадина выполнена палеогеном и неогеном. Вдоль северного ее борта прослеживается относимая к палеоцену континентальная «светлая нижних пестрых глин», залегающая несогласно на фундаменте. Над этими слоями, а в южной части впадины непосредственно на кристаллическом основании, залегает толща эоцена (до 500 м), представленная мергелями и песчаниками с устричными банками, прослоями гипсов, оолитовых и рифовых известняков. Олигоцен в районе города Клужа начинается толщей чередования мергелей и песчаников (слои «мера»); севернее они замещаются углистыми глинами с прослоями бурых углей и залегающими выше них глинами, битуминозными известняками и песчаниками. Выше располагаются красные глины с бурыми углями; они по простиранию переходят в черные глинистые битуминозные сланцы «иле-

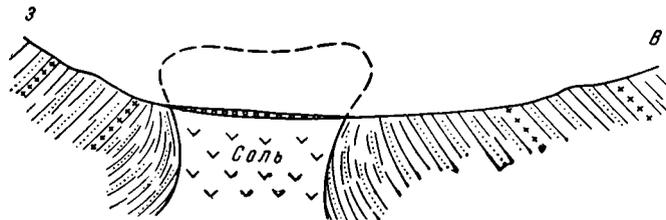
андра» (до 150 м), являющиеся возрастным аналогом дизодиловых слоев Предкарпатья. Выше идут грубые песчаники, конгломераты и глины с прослоями углей, составляющие основание миоцена; в низах этой толщи в северной части Трансильвании встречаются прослой с бурдигальской фауной. Гельветский ярус сложен мергелями, песками и конгломератами с прослоями гипса. Тортонский ярус начинается туфом «деж», выше которого располагается соленосная свита с мощностью, возрастающей от окраин (200—300 м) к центру (500—600 м) впадины; заканчивается разрез тортона серыми глинами с линзами литотамниевых известняков. Выше располагается песчано-глинистая толща сармата с несколькими прослоями туфов и паннонские озерные песчано-глинистые слои с прослоями конгломератов и бурых углей, соответствующие меотису и понту. Общая мощность надсолевой толщи превышает 2 км.

Соляные структуры Трансильвании принадлежат к двум различным группам. В центре впадины на площади диаметром до 80 км располагаются пологие изометрические купола, сложенные с поверхности сарматскими и паннонскими слоями с наклоном крыльев 5—10°. Всего здесь известно до 60 куполов, из которых 20 значительных размеров. Пологими и невысокими вздутиями купола обязаны тортонской соли, которая перекрывается в нормальной стратиграфической последовательности верхними слоями тортонского яруса; никаких признаков диапиризма здесь нет.

По периферии впадины проходят зоны узких (1—3 км) линейно вытянутых складок, осложненных соляными ядрами. Таких зон, протяженностью до 100 км, в основном две. Первая идет вдоль северо-западного ограничения впадины по линии Совата — Быстрица и на значительном протяжении скрыта под покровом молодых эффузивов. Вторая зона идет вдоль западного борта впадины и имеет почти долготное простирание. Эти зоны считаются зонами соляных диапиров; однако, хотя некоторые соляные массивы имеют вертикальные и даже подвернутые стенки, они не прорывают горизонтов в надсолевой толще, а лишь приподнимают и задирают лежащие выше тортонские песчано-глинистые слои. Так выглядит соляное ядро Окна — Муреш (фиг. 69) на западной антиклинальной линии. В штольнях, пересекающих боковые контакты ядра с покрывающими породами, видно согласное залегание части надсолевых слоев и слоистой толщи соли; между ними лишь местами наблюдаются глинистые брекчии мощностью 20—30 мм, свидетельствующие о некотором относительном проскальзывании вдоль контакта. Соляные ядра окраинных антиклинальных зон имеют очень неглубокие корни. Об этом свидетельствует и то, что наряду с вертикально стоящими ядрами здесь наблюдаются и слабодислоцированные линзы соли, почти в нормальном ее залегании. Так соляной массив Окна-Деж, находящийся на северном продолжении антиклинали Окна-Муреш, представляет собой вытянутую в долготном направлении соляную линзу, подстилаемую туфом «деж». Мощность соли здесь не превышает 120 м; в подошве линзы соль залегает горизонтально, в 40—50 м выше в ней появляются изгибы в виде пологих (20—30°) волн с непостоянными мощностями отдельных прослоев, а местами также опрокинутых и веерообразных складок с простиранием, соответствующим простиранию линзы.

Трудно согласиться с распространенным мнением, что линейные зоны складок по бортам Трансильванской впадины возникли в результате реакции неогеновых отложений на внешние тангенциальные силы. Вероятнее всего эти зоны располагаются вдоль глубоких разломов; об этом говорит их прямолинейность на значительном протяжении. Кроме того зона Совата — Быстрица параллельна линии неогеновых вулканов Хартиты, что также свидетельствует в пользу возможной их приуроченности к одному из разломов Добруджинского направления. Западной же зоне

соответствует наиболее «глубокая» и четкая для всей Трансильвании линейная, отрицательная гравитационная аномалия (до -35 мгл) длиной 120, шириной 10—15 км. Эта аномалия может соответствовать полосе с наибольшими мощностями соленосной свиты, вытянутой вдоль разлома. Распределение аномалий силы тяжести в Трансильванской впадине близко к распределению аномалий в Днепровско-Донецкой впадине. И здесь и там есть центральные зоны максимумов, нарушенные периферическими зонами минимумов. Региональный относительный максимум силы тяжести (до $+15$ мгл) имеет треугольную форму и располагается к северу от р. Муреш; здесь находятся наименее развитые купольные структуры.



Фиг. 69. Купол Окна-Муреш (по М. Илие)

К югу от р. Муреш и по р. Тырнова-маре расположен региональный минимум силы тяжести (до -30 мгл), в пределах которого заключены наиболее значительные купола. Наконец, к западу от центрального максимума расположена упомянутая выше полосовая отрицательная аномалия с вертикальными соляными ядрами в тортоне. Приуроченность наиболее развитых соляных структур к зонам региональных минимумов свойственна также Днепровско-Донецкой впадине. До известной степени сходные соотношения наблюдаются и в Прикаспийской впадине (Хобдинский максимум и окружающие его зоны минимумов).

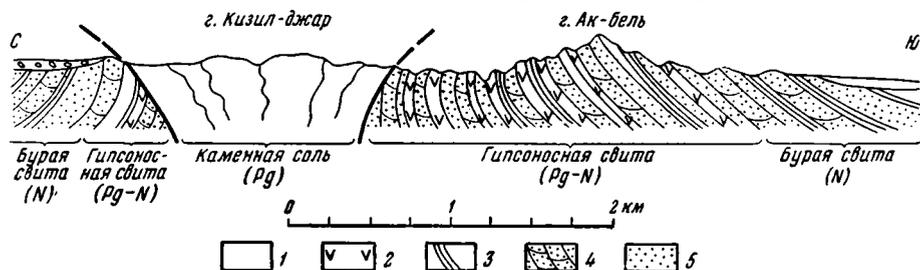
В Трансильванской впадине развиты только криптоструктуры. Среди них можно различить три разновидности: а) изометрические пологие купола, обусловленные невысокими вздутиями соли; б) крупные соляные ядра на линейных антиклиналях, развившихся, по-видимому, на разломах вдоль бортов впадины; в) соляные вздутия в пределах небольших соляных линз (Окна-Деж).

ПРОЯВЛЕНИЯ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ В НОВООБРАЗОВАННЫХ ВПАДИНАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

Известны проявления соляной тектоники в новообразованных впадинах Средней Азии, возникших в результате глыбовых движений в мезозое и кайнозое. Впадины эти могут рассматриваться, с одной стороны, как результат раздробления молодой платформы, а с другой стороны, как элемент вновь образовавшейся мобильной (негеосинклинальной) области. Небольшие размеры впадин обуславливают весьма небольшие размеры соленосных бассейнов и в общем локальный характер проявлений соляной тектоники; ведущая роль разломов в тектонике впадин обуславливает связь соляных структур с разломами.

В Ферганской впадине (Огнев, 1937) соляные структуры известны лишь в ее северо-западном сегменте и связаны с соленосной свитой олигоцена, состоящей из каменной соли с прослоями глин и сульфатов; мощность соленосной свиты — 600 м. Она перекрывается гипсоносной свитой олигоцен-миоцена (до 2000 м), сложенной глинами, глинистыми сланцами и гипсами, выше следуют терригенные песчано-глинисто-мергелистые толщи (бурая и палевая свиты) миоцена и плиоцена. Акбельская антикли-

наль, образованная гипсоносной и более верхними свитами, осложнена узким сжатым веерообразным соляным ядром (фиг. 70); она простирается с юго-запада на северо-восток, т. е. примерно параллельно борту Ферганской впадины, который соответствует краю палеозойского массива Кураминских гор. По сообщению А. И. Суворова Акбельская и другие подобные ей соседние складки являются непосредственным продолжением разломов палеозойского фундамента, что доказывается полевыми наблюдениями у края палеозойского обрамления Ферганской впадины.



Фиг. 70. Ак-Бель — Кизилджарская соляная антиклиналь (по В. Н. Огневу)

Да и сама Акбельская складка осложнена продольным разломом, вдоль которого выжато соляное ядро, надвинутое к северу и приведенное в контакт с верхами гипсоносной свиты. Данные о строении складки на глубину отсутствуют. Очень сходные проявления соляной тектоники известны также в Кочкарской впадине, являющейся восточным продолжением Иссыккульской (Шульц, 1940). Соленосная свита, залегающая здесь в основании неогеновой молассовой формации, сложенной песчано-глинистыми породами с участием конгломератов и мергелей, выдавлена вдоль разлома, параллельного ограничению впадины. Соленосная свита, по свидетельству С. С. Шульца, отлагалась здесь в условиях сравнительно небольшого бессточного озера.

СОЛЯНАЯ ТЕКТОНИКА В ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

К межгорным впадинам Средней Азии близка по своему строению Таджикская депрессия, изображаемая на большинстве структурных схем как краевой прогиб Памирского отрезка альпийской геосинклинальной области. Однако, хотя Таджикская депрессия и занимает положение краево о прогиба, она лишена многих характерных признаков, свойственных этому типу структур. Здесь вместо линейно вытянутого желоба мы видим почти изометричный прогиб; асимметрия в строении в значительной степени затуманена, так как там, где должно было бы быть пологое платформенное крыло, развиты разломы, по которым значительно поднято палеозойское основание. Этот прогиб, даже если его называть краевым, учитывая его структурное положение, развивался как межгорная, а не как предгорная впадина. Поэтому здесь не видно четкого зонального распространения фаций, как это наблюдается в типичных краевых прогибах. В мощной толще мезозоя и кайнозоя, выполняющей Таджикскую депрессию и состоящей из песчано-глинистых пород, конгломератов и известняков, неоднократно появляются соленосные и гипсоносные свиты. С наиболее значительной из них, венчающей разрез юры, связаны главные проявления соляной тектоники. Свита эта сложена красноцветными терригенными породами, гипсами и каменной солью; она представляет фациально-стратиграфический комплекс и ее нижняя граница не имеет постоянного стратиграфического уровня: на западе она книзу сменяется келловейско-оксфордскими известняками, а на востоке ложится на континентальную

угленосную толщу, которая возможно охватывает только среднюю и нижнюю юру. Выше, по разрезу гипсы отмечаются в нижнем мелу, в туроне, сенеоне и датском ярусе; в палеоцене, а также в верхах морского палеогена отмечаются прослойки каменной соли.

Проявления соляной тектоники в Таджикской впадине многообразны (Борнеман и др., 1935).

Во-первых, здесь имеются соляные структуры, приуроченные к разломам, где наряду с перемещением соленосных толщ по разлому возможно некоторое выжимание соли. Морфология этих структур очень плохо изучена и неизвестно как они ведут себя на глубине. В поверхностных обнажениях и неглубоких выработках устанавливают, что соль сохраняет свое стратиграфическое положение, т. е. залегает среди пород юрской гипсоносной свиты. Поэтому, по-видимому, здесь нельзя говорить о наличии эвдиоструктур: речь идет лишь о сравнительно небольших пластических деформациях соли в зонах разломов и надвигов. К числу приразломных соляных структур относятся выходы соли вдоль надвигов хребта Бабатаг (соляное месторождение Акмечеть) и хребта Гардани Ушти (месторождение Шаритуз); в последнем случае имеется сплошной чешуйчатый надвиг: гипсоносная, содержащая линзы соли толща юры надвинута к востоку на породы верхнего мела, наклоненные под углом 75° , тогда как породы гипсоносной серии дислоцированы более спокойно. Верхнемеловая чешуя в свою очередь надвинута к востоку на неогеновые конгломераты. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что западный надвиг сечет простирание слоев под острым углом и приводит в соприкосновение различные слои; так на месторождении Шаритуз в основании надвинутого крыла выходит юрская гипсоносная толща, а южнее к надвигу подходят красноцветные песчаники нижнего мела. Таким образом, надвиговые структуры здесь не связаны с соляной тектоникой.

К тому же типу принадвиговых выходов соли, по-видимому, относятся описанные И. Е. Губиным (1944) месторождения соли вдоль Вахшского надвига.

Спокойное залегание соляных линз и пластов, не нарушающее общей тектоники вмещающих слоев, наблюдается в ряде антиклиналей и синклиналей долины р. Вахш (соляные месторождения Дара-и-намак, Нурек, Тутбулак и месторождение Гирдоб с синклинальным залеганием олигоценовой каменной соли). Некоторые антиклинали, например, Дара-и-намакская, имеют крутые, а местами запрокинутые крылья. Этот пример показывает, что в условиях даже довольно интенсивной складчатой тектоники соляные пласты, если они погружены неглубоко и имеют малую мощность, не дают заметных проявлений соляной тектоники.

К следующему типу соляных структур Таджикской депрессии относятся купола Кулябского района — Ходжа-Мумын и Ходжа-Сартис. В Вахшской впадине, где расположены эти купола, мощность надсолевой толщи исчисляется в 7700 м (Борнеман, Губин и др., 1935). Характерной чертой Кулябских куполов является наличие крупных соляных холмов и следовательно отсутствие нивелирующей соль подземной эрозии, что надо связывать с климатическими особенностями района. Купол Ходжа-Мумын выражен на поверхности округлой соляной горой, диаметром 9 км. поднимающейся над речными долинами на высоту 880 м при абсолютной высоте вершины 1334 м. На соли — ангидритовая покрывка мощностью 20—30 м, являющаяся своеобразным покровом, который мог образоваться в результате выщелачивания соли в поверхностных условиях. Купол Ходжа-Сартис размерами 9×11 км имеет форму, приближающуюся к треугольной; он возвышается над долиной на 400 м; у окраин купола имеются выходы слоев палеогена, стоящих почти на головах. Хотя строение Кулябских куполов на глубину не выяснено, есть все основания счи-

тать, что они представляют собой эвдиоструктуры с большой глубиной заложения.

Среди проявлений соляной тектоники Таджикской депрессии нельзя не упомянуть Тешик-Гашского района, где в своде меридиональной складки хребта Ходжа-Казиян в верхнемеловых известняках наблюдается неправильная система прожилков соли, мощность которых равна 4—5 см и которые местами так сгущены, что составляют $\frac{1}{3}$ объема всей породы. Эти трещинные инъекции соли вне зависимости от их генезиса (отложения из растворов или, что менее вероятно, пластическое внедрение) должны рассматриваться, как тектоническое явление, так как прожилки соли не представляют пассивные заполнения пустот, а обуславливают форму залегания известняков. Действительно, если соль будет растворена, обломки известняка испытают перемещения и вращения, и порода превратится в брекчию. Таково возможное происхождение надсолевых брекчий в нижнекембрийских карбонатных толщах на соляных структурах Ангаро-Ленской впадины.

Всего в Таджикской депрессии можно выделить четыре разновидности соляных структур:

- 1) антиклинали и синклинали с нормально изогнутыми соляно-гипсовыми пластами;
- 2) приразломные соляные структуры;
- 3) соляные купола с обнажающимися ядрами — возвышенностями;
- 4) соляные трещинные инъекции.

РАЗНОВИДНОСТИ СОЛЯНЫХ СТРУКТУР В КРАЕВЫХ, ВНУТРЕННИХ И МЕЖГОРНЫХ ВПАДИНАХ

Соляная тектоника во впадинах геосинклинальных областей, хотя и включает структурные формы, сходные с платформенными, но наряду с этим обладает и своими отчетливыми особенностями.

1. Куполы с соляными холмами (Таджикистан, Иран) по форме, величине, расположению в плане очень похожи на куполы с мощными ангидритовыми кепроками. Различие их обусловлено не структурными, а, по-видимому, лишь климатическими причинами. В первом случае соль не подвергается подземному выщелачиванию и поднимается над окружающей пустынной местностью до уровня, обусловленного петростатическим равновесием, а во втором случае вершины массива длительно «слизываются» грунтовыми водами. Купола этой разновидности свойственны или средним массивам (Иран), по своей тектонической устойчивости подобным небольшим платформам, или центральным и глубоким частям впадин, где не сказывается в значительной степени «направляющее» действие обрамления или боковые движения складчатости. Купола данного типа относятся к классу эвдиоструктур.

2. Соляные структуры, связанные с надвигами и разломами, образуют большую группу и, по-видимому, специфичны для геосинклинальных областей. Сюда относятся:

- а) поднадвиговые и
- б) надвиговые соляные структуры (Румыния), развитие которых так или иначе связано с надвигами; такие структуры могут образовывать очень сложные формы, деформируя поверхность надвигов и возможно облегчая перемещение по ним в качестве «смазки». Весьма простые слабо развитые надвиговые соляные структуры встречены в Таджикистане;
- в) соляные антиклинали типа Морени (Румыния), развивающиеся в результате аккумуляции больших объемов соли вдоль надвиговых структур с образованием вертикальных и наклонных соляных штоков;

г) приразломные соляные структуры (Ферганская, Кочкарская и Трансильванская впадины), характеризующиеся длинными и узкими соляными ядрами, вытянутыми вдоль разломов; на глубину эти структуры не изучены.

Формы данной группы относятся к классу эвдиоструктур, хотя среди них имеются слабо развитые формы, более близкие к криптоструктурам (Таджикистан, Фергана, Кочкарская впадина); последние развиваются при небольших мощностях соли.

3. Длительно живущие криптоструктуры, сходные с аналогичными платформенными формами. Развита на спокойных, не нарушенных надвигами складках Предкарпатского прогиба в Румынии.

4. Соляные вздутия, характерные для неглубоко залегающих и неравномерно распространенных соляных толщ Месопотамского и Предуральского прогибов; различаются простые формы и формы, усложненные небольшими прорывами, которые могут иметь вид тектонических чешуй. В этом усложнении сказывается влияние складчатых движений в краевых прогибах. Соляные вздутия в пределах отдельных небольших линз соли развиты в Предкарпатской и Трансильванской впадинах Румынии.

5. Простые соляные антиклинали и синклинали (Южнотаджикская депрессия) без заметных следов пластических перетеканий соли; характерны для складчатых участков с очень неглубоким залеганием соляных пластов.

6. Трещинные инъекции, которые должны рассматриваться лишь как явление, сопутствующее развитию соляных структур. Могут быть как в геосинклинальных, так и платформенных областях там, где имеются условия проникновения соли в системы трещин в надсолевой толще.

У. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложенном выделены типы и разновидности соляных структур в областях различного геологического строения. Установлено большое разнообразие соляных структур и зависимость их формирования от всей сложной совокупности геологических условий. Важным фактором является мощность, внутреннее строение, глубина залегания и возраст соленосных формаций. Распространение соляных структур внутри впадины или прогиба определяется в первую очередь распространением соленосной толщи; насыщенность ее прослоями слаборастворимых пород (ангидриды, известняки, диабазы, сланцы и т. д.) ведет в последующем к формированию кепроков разной мощности и состава, обуславливающих развитие различных форм вторичной соляной тектоники. Огромное влияние на формирование соляных структур оказывает надсолевая толща, ее мощность, состав и история накопления. Так на примере соляных складок Ангаро-Ленской впадины была показана возможность образования брекчий обрушения, образующих своеобразный кепрок, если соленосная формация непосредственно прикрыта мощными известняками. Основные разновидности соляных структур Днепровско-Донецкой впадины обязаны своими отличительными чертами смене поднятий и опусканий в ходе накопления надсолевой толщи, которые определили стратиграфические уровни брекчиевых кепроков.

Размещение и формирование соляных структур во многом определяется общей тектонической обстановкой их развития: контурами вмещающих впадин, наличием разломов, вдоль которых часто располагаются соляные массивы, наличием складчатой структуры и надвигов.

Новейшие и современные движения земной коры также сказываются на соляных структурах. При медленном воздымании в континентальных условиях вершины соляных массивов, ранее достигавшие поверхности земли, слизываются грунтовыми водами, не поднимаясь выше базиса эрозии. Быстрые новейшие поднятия, совершающиеся с большей скоростью, чем подземный размыв соли, ведут, наоборот, к размыву и обнажению соляных ядер на поверхности; такое положение имеет место в молодых складчатых областях, например в Румынском Предкарпатье (Сланик), Закарпатье (Солотвин) и Трансильвании.

Климатические условия также сказываются на развитии соляных структур; в условиях пустынного климата, где процессы растворения ничтожны, возникают высокие соляные холмы, тормозящие и останавливающие рост соляных массивов.

Оценка особенностей формирования соляных структур различных типов приводит к выводу, что основными свойствами соли, определяющими особенности ее тектонического поведения, являются: низкий удельный вес при компактном сложении, что создает основную предпосылку для

постоянной тенденции медленного всплывания соли; 2) пластичность, которая обеспечивает возможность такого перемещения, и 3) высокая растворимость, с которой связано в настоящем и в геологическом прошлом возникновение таких особенностей соляных структур, как плоские вершины, кепроки, брекчи обрушения, надсолевые мульды проседания и т. д.

При дальнейшей разработке теории соляной тектоники должны учитываться эти три главные тектонические свойства соли. Часто говорят, что высокая пластичность соли обеспечивает особую ее подвижность в ходе общих тектонических деформаций в складчатых областях. Однако изучение «надвиговых» соляных структур Румынии показало, что и в условиях сложной складчатой структуры раздувы соляных пластов обязаны всплыванию соли, а не ее сверхчуткой реакции на внешние тектонические напряжения. Собранный материал по оценке роли этих напряжений, однако, пока еще недостаточен, и исследования в этом направлении должны продолжаться.

С соляными структурами связано большое разнообразие сопутствующих тектонических форм — это структуры вторичной соляной тектоники, компенсационные впадины и проседания, образовавшиеся в результате растворения солей. Для одних только небольших мульд на соляных структурах можно указать по крайней мере пять генетически различных разновидностей.

Особенное положение занимают вопросы внутренней тектоники соли, весьма важные при разведке и разработке калийных солей. Важные закономерности, связывающие внутренние изгибы в слоистой соли с внешней формой соляных массивов и ходом их развития, пока изучены еще совершенно недостаточно.

Недавно Б. П. Высоцким (1955) была высказана интересная мысль о возможности использования явлений соляной тектоники в качестве крупных моделей для изучения более общих тектонических явлений.

Все это показывает, что дальнейшее исследование вопросов соляной тектоники и изучение различных форм ее проявления имеют большой теоретический и практический смысл.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- А в р о в П. Я. Тектоника и перспективы нефтеносности верхнепалеозойских отложений Актюбинской области. Изв. АН Каз. ССР, серия геол., 1957, № 1.
- А р с е н ь е в А. А. и Н е ч а е в а Е. А. Геология района Литвинцевской структуры и ее возможная нефтеносность. Мат-лы по поискам нефти в Восточной Сибири, 1947, вып. I.
- Б а р е н б о й м М. Н. Схема строения поверхности подсолевого ложа юго-восточной части Прикаспийской впадины. Докл. АН СССР, 1955, 101, № 1.
- Б о г д а н о в А. А. Тектоника Ишимбайского Приуралья. М., Изд-во Моск. об-ва испыт. природы, 1947.
- Б о р н е м а н Б. А. и др. Соляные месторождения юго-западного Таджикистана. Тр. Тадж.-Памирск. экспедиции, 1935, вып. 24.
- Б р у н с Е. П. История развития Припятского прогиба в палеозое. Мат-лы Всесоюз. научн.-исслед. геол. ин-та, 1956, вып. 14.
- В ы с о ц к и й Б. П. О строении некоторых соляных мульд в Темирском солянокупольном районе (Эмба). Сб. статей Всесоюз. заочного политехн. ин-та, 1956, № 13.
- Г а н с е р А. Новые данные о геологии Центрального Ирана. В кн. IV Международный нефтяной конгресс. Геология. М., Гостехиздат, 1956.
- Г у б и н И. Е. Новые месторождения соли и гипса в Восточном Таджикистане. Изв. Тадж. фил. АН СССР, 1944. № 4.
- З а й ц е в Н. С. О тектонике южной части Сибирской платформы. В кн. Вопросы геологии Азии, т. I, М., 1954.
- И р д л и А. Структурная геология Северной Америки. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1954.
- К о н о н о в А. И. Соляная тектоника Жигалово-Балыхтинского и Устькутского районов в юго-восточной части Сибирской платформы. Геология нефти, 1957, № 3.
- К о р н и л ю к Ю. И., К о ч е т к о в Т. И. и Е м е л ь я н ц е в Т. М. Нордвик-Хатангский нефтеносный район. Недра Арктики, 1946, № 1.
- К о с ы г и н Ю. А. и Б л а н к М. И. Типы соляных структур Днепровско-Донецкой впадины. Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы, отд. геол., 1958, 33, № 6.
- К о с ы г и н Ю. А., Ш в е м б е р г е р Н. А. и Н и к и т и н а Ю. П. О некоторых закономерностях расположения соляных куполов Южной Эмбы. Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы, отд. геол., 1948, 23, № 2.
- К с ё н ж к е в и ч М. и С а м с о н о в и ч Я. Очерк геологии Польши. М., Изд-во иностр. лит., 1956.
- Л а п к и н И. Ю. и Л ю т к е в и ч Е. М. О различиях в геологическом строении Полесской и Днепровско-Донецкой впадин. Докл. АН СССР, 1956, 108, № 5.
- Л а п п о В. И. Нефтяное месторождение Нордвик (Юрунг-Тюмус). Недра Арктики, 1946, № 1.
- Л а п п о В. И. и К у с о в Н. И. Нордвикские месторождения каменной соли. Недра Арктики, 1947, № 2.
- Н е в о л и н Н. В. О геологическом строении Прикаспийской впадины в свете геофизических данных. Гостехиздат, 1951.
- О г н ё в В. Н. Геология Узбекской ССР, 1937.
- Р о з а н о в Л. Н. О поисках подсолевых поднятий в юго-западной Башкирии. Новости нефтяной технол., геология, 1956, № 1.
- Р ы б а к о в Ф. Ф. Основные типы локальных поднятий юго-восточной части Русской платформы. Новости нефтяной технол., геология, 1956, № 1.
- Р ы н г С. И. Некоторые особенности тектонического строения Припятского прогиба. Докл. АН СССР, 1956, 110, № 5.
- С т р а х о в Н. М. Очерк геологии кунгурских отложений Ишимбайского нефтеносного района. М., Изд-во Моск. общ-ва испыт. природы, 1947.

- Тихонович Н. Н. Уральский нефтеносный район. Нефтяное и сланцевое хоз-во, № 12, 1924.
- Туголесов Д. А. К тектонике юго-восточной части Сибирской платформы. Изв. АН СССР, серия геол., 1952, № 2.
- Фуррер М. А. и Содер П. А. Олиго-миоценовая морская формация в районе Кум (Центральный Иран). В кн. IV Международный нефтяной конгресс. Геология. Гостоптехиздат, 1956.
- Халбути М. Т. и Хардин Г. С. Новые геологические исследования, приводящие к открытиям больших запасов нефти и газа в солянокупольных структурах Тексас-Луизианского побережья Мексиканского залива. В кн. IV Международный нефтяной конгресс. Геология. Гостоптехиздат, 1956.
- Харитонов П. Е. О крупных надсолевых структурах Южно-Эмбенского района. Докл. АН СССР, 1954, 96, № 1.
- Хоментовский А. С. Новейшие движения земной коры в пределах некоторых соляных структур Южного Предуралья. Бюлл. Моск. общ-ва испыт. природы, отд. геол., 1953, 28, № 4.
- Шапоров И. С. Солепроявления юго-восточной части Средне-Сибирской платформы. Тр. Вост.-Сиб. треста, 1938, № 25.
- Шатский Н. С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы. Сравнительная тектоника древних платформ, Ст. I. Изв. АН СССР, серия геол., 1946, № 1.
- Шульц С. С. О новейшей тектонике Тянь-Шаня. В кн. Труды 17-й сессии Международного геологического конгресса, т. 2. М., Гостоптехиздат, 1940.
- Вартон Д. С. Mechanics of formation of salt domes with special reference to Gulf Coast salt domes of Texas and Louisiana. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologist, 1933, № 9.
- Вартон Д. С., Ритц С. Н., Хикей М. Gulf Coast geosyncline. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologist, 1933, № 12.
- Гуди М. А. The Elbow area of Saskatchewan. Oil in Canada, 1956, 8, № 26.
- Гузман Е. Я., Суарез Л. Р. Petroleum Geology of Mexico. C. R. XIX session Congr. geol. intern. Alger, 1953.
- Эвинг М. а. oth. Geophysical and geological investigations in the Gulf of Mexico. P. 1. Geophysics, 1955, № 1.
- Халбути М. Т. а. Хардин Г. С. Genesis of salt domes of Gulf. Coastal plain. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologist. 1956, № 4.
- Ханна М. А. Evidence of erosion of salt stock in Gulf Coast salt plugs in Late oligocene. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologist, 1940, № 4.
- Крей Т., Вендт J., Роепке К. Some examples of geological results obtained from recent reflection seismic surveys in Germany. C. R. XIX session Congr. Geol. intern., Alger, 1954.
- О'Бриен. Salttektonic in Südpersien. Zs. Dtsch. Geol. Gesellsch. 1953—1955, 105, № 4.
- Ортин Г. Poland Sci. Petrol., 1953, 6.
- Сеглунд J. A. Geologically speaking. Oil a. Gas Journ., 1956, № 54, 59.
-

СО Д Е Р Ж А Н И Е

I. В в е д е н и е	3
Распространение соляной тектоники и ее роль в строении земной коры	3
Связь соляной тектоники с крупными структурными элементами земной коры	4
Соляная тектоника в платформенных и геосинклиальных условиях.	5
Основные структурные определения	6
Соленосные формации и тектонические результаты подземного растворения соли	6
II. Проявления соляной тектоники на древних платформах	9
Тектонические типы солянокупольных областей древних платформ . .	9
Прикаспийская впадина	9
Днепровско-Донецкая впадина	20
Припятьский прогиб	32
Хатангская впадина	34
Ангаро-Ленский прогиб	36
Лено-Виллюйская впадина	39
Колорадское плато	39
Проявления соляной тектоники в небольших впадинах Африканской платформы	41
Проявления соляной тектоники в неглубоких синеклизах платформ . .	42
Типы соляных структур на древних платформах	44
III. Проявления соляной тектоники на молодых платформах	46
Тектонические типы солянокупольных областей молодых платформ	46
Солянокупольная область Голфа	46
Северо-Германская впадина	54
Субгерцинская впадина	60
Тюрингская впадина	61
Франкская впадина	62
Типы соляных структур на молодых платформах	63
IV. Проявления соляной тектоники в краевых, внутренних и межгорных впадинах	65
Геологические условия развития соляной тектоники во внутренних и межгорных впадинах	65
Предкарпатский краевой прогиб в Румынии	66
Месопотамский краевой прогиб	72
Соляная тектоника в предуральском прогибе	74
Соляная тектоника центрального Иранского бассейна	78
Соляная тектоника в трансильванской впадине	80
Проявления соляной тектоники в новообразованных впадинах Средней Азии	82
Соляная тектоника в Таджикской депрессии	83
Разновидности соляных структур в краевых, внутренних и межгорных впадинах	85
V. З а к л ю ч е н и е	87
Л и т е р а т у р а	89

**Труды Геологического института,
выпуск 29**

•

*Утверждено к печати
Геологическим институтом
Академии наук СССР*

•

Редакторы издательства *Я. Д. Гуревич* и *Я. А. Галушка*
Технический редактор *Е. В. Макуни*

РИСО АН СССР 17-22В. Сдано в набор 28/IX 1959 г.
Подписано к печати 29/XII 1959 г. Формат 70×108^{1/16}.
Печ. л. 5^{1/4}+1 вкл. Усл. печ. л. 7,88+1 вкл. Уч. изд. лист. 7,5
Тираж 1500 Изд. № 3959, Тип. зак. 2284. Т-13343

Цена 5 руб. 30 коп.

Издательство Академии наук СССР.
Москва, Б-62, Подсосенский пер., 21

2-я тип. Издательства Академии наук СССР
Москва, Г-99, Шубинский пер., д. 10

5 р. 30 к.