

II. ТЕКТОНИКА

А. Н. Светлакова

НОВЫЕ СЕЙСМИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ О СОЛЯНОЙ ТЕКТОНИКЕ

Соль является важным образованием во многих нефтегазоносных провинциях мира, поскольку служит покрывкой для нефтяной или газовой залежи. Одновременно соляная тектоника может образовывать дополнительные ловушки для углеводородов. Однако и соль, и соляная тектоника могут быть мешающим фактором при разведке углеводородов. Соль — это мощный экран в силу своих особых физических свойств (большие плотность и скорость распространения упругих волн). Этот экран иногда не пропускает сейсмическую энергию к продуктивным отражающим горизонтам. С другой стороны, соляная тектоника образует чередование в разрезе участков с большими (соляной купол) и малыми скоростями (межкупольные зоны). Это чередование приводит к потере когерентности отражений от горизонтов, лежащих глубже соли, то есть к разрыву в корреляции отраженной волны (ОВ) от основных продуктивных горизонтов. А это в свою очередь приводит к ошибкам: либо к пропуску ловушек, либо, наоборот — к образованию ложных ловушек. В 1990 г. проведено математическое моделирование, подтвердившее это умоглядное заключение [Светлакова, 1990].

Чтобы представить, насколько важна соль и соляная тектоника, необходимо подробнее остановиться на описании этой горной породы и тектонических форм, ею образуемых. Соляная тектоника ярко проявлена на юго-востоке Восточно-Европейской платформы — в Прикаспийской впадине и Предуральском прогибе. В Предуральском прогибе соляные купола располагаются в основном субмеридионально, параллельно складчатым дислокациям Урала. В Прикаспийской впадине известно более 1300 куполов, занимающих 35% ее площади. В среднем на 1000 км² приходится 3–4 структуры. Купола состоят из ядра (штока) и надсолевого поднятия. Их структурные антиподы — мульды. Это впадины, образованные оттоком соли из соляного пласта в ядра куполов. В штоках первоначально горизонтально лежащие слои соли, гипсов и ангидритов превратились в вертикальные складки, сжатые с боков (рис. 1).

Соль накапливалась с конца ранней (кунгурский век) до начала поздней (казанский век) пер-

ми и образовала мощную толщу — от 0,5 км по краям впадин до нескольких км — в центре, местами до 4,0 км (в районе Челкарского соляного массива) [Свиточ, 1987].

На востоке, близ Урала (Мугоджар), развиты соляные гряды преимущественно меридионального простирания. По сейсмическим данным некоторые купола имеют каплевидную форму с широкой частью наверху. В некоторых случаях «капля» отрывается от своего основания (рис. 2). В центральных частях впадин в некоторых межкупольных зонах соль, по-видимому, полностью выжата в смежные купола, а надсолевые отложения ложатся прямо на породы подсолевого ложа. Такие картины можно наблюдать в Предуральском прогибе (рис. 3).

Высота штоков в прогибе — до 6 км (рис. 4), а в Прикаспии — 9 км, т. е. выше высочайшей вершины Земли — Джомолунгму. На глубине 1,5–2 км расположение гряд в Прикаспии становится закономерным: в центре впадины гряды направлены диагонально к географическим координатам (рис. 5) [Хаин, 1977], а по краям — параллельно бортам.

Мест на Земле, где на поверхность выходят соляные горы, немало. Они известны в районе Северо-Германской впадины, в Южной Австралии, в Габоне, в Канадском арктическом архипелаге. На территории России и стран СНГ, кроме Прикаспия и Предуралья, такие структуры имеются на востоке Украины, в Прикарпатье, в Западной Белоруссии, в Южном Таджикистане, в бассейнах Хатанги и Виллюя.

Такие геологические явления возможны благодаря особым свойствам соли — ее способности течь и подвергаться пластическим деформациям. На юге США 4/5 нефтяных и газовых месторождений так или иначе «привязаны» к соли. То же самое можно сказать о некоторых крупных нефтяных месторождениях Ближнего и Среднего Востока. Кроме того, соляные пустоты используются для хранения уже извлеченной нефти и природного газа. В будущем, возможно, в соль будут захороняться радиоактивные отходы. Перечисленные примеры заставляют искать ответ на вопрос, как же развиваются соляные диапиры.

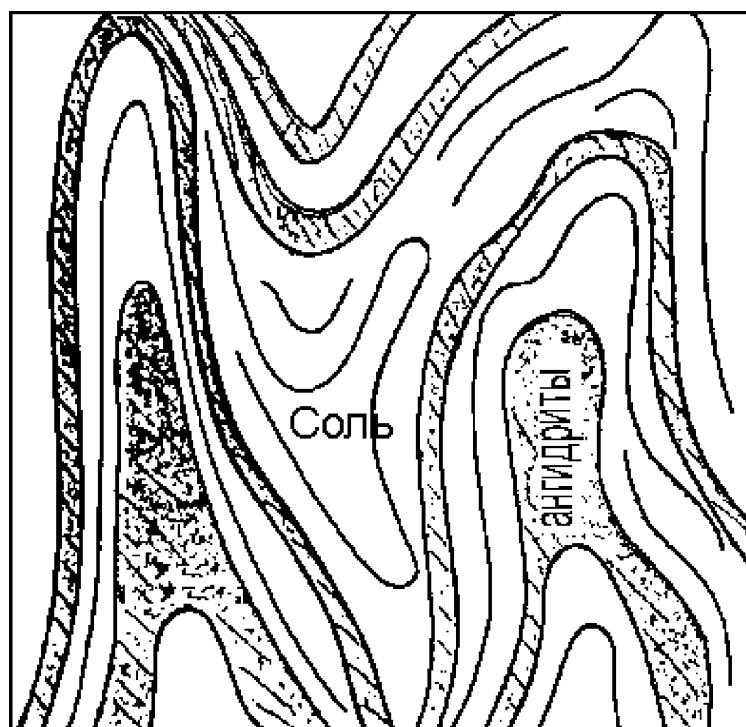


Рис. 1. Вертикальная складка в соляном штоке (зарисовка в шахте на Соль-Илецком месторождении) [Свиточ, 1987]

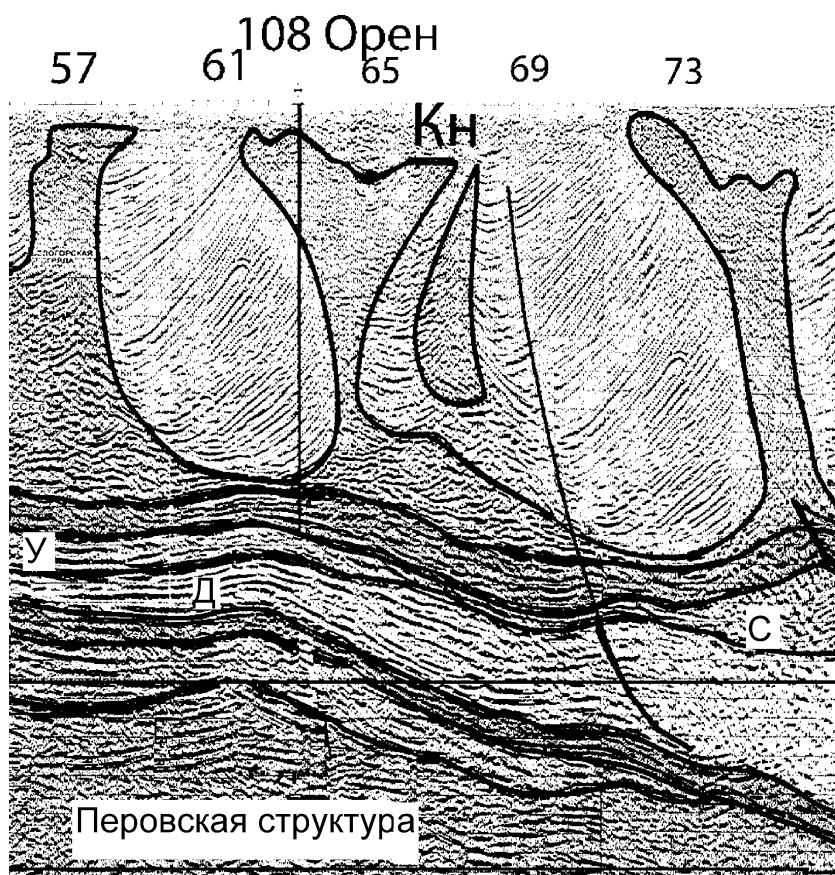


Рис. 2. «Капля» соли, оторвавшаяся от основания

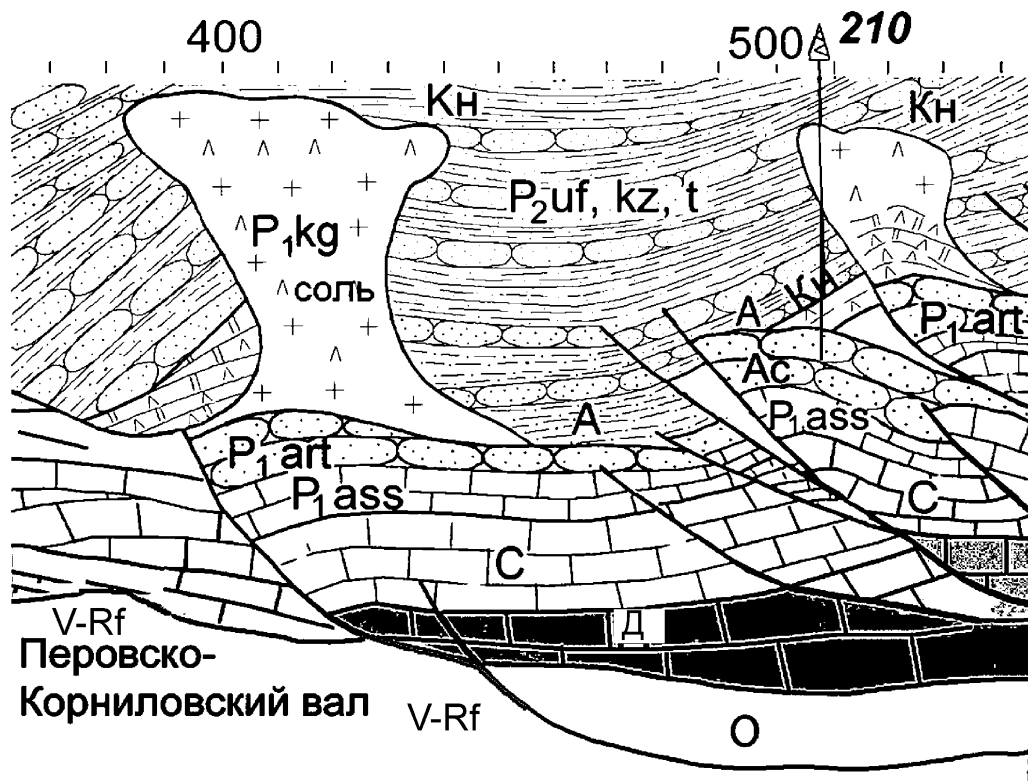
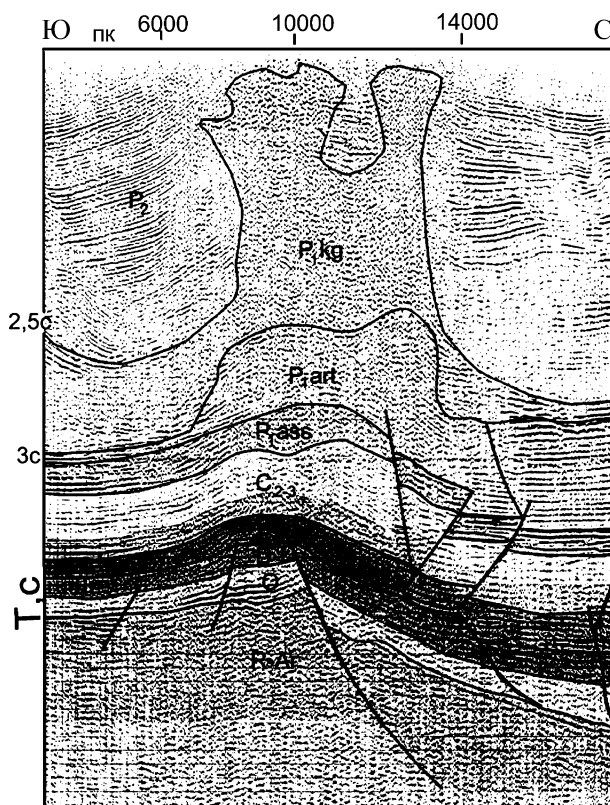


Рис. 3. Фрагмент профиля Медногорский в Предуральском прогибе в Оренбургской области

Отток соли из мулды в штоки. Надсолевые отложения ложатся непосредственно на подсолевые. Надсолевые отложения с западного края штока поднялись вслед за солью под углом, близким к 45°. На восточном куполе скважина № 210 вскрыла соль дважды, тем самым подтвердив соляной «гребешок»



Минералы, которые осаждаются из насыщенного рассола — рапы, называются эвапоритами. Галит, или каменная соль (в дальнейшем просто соль) — основной минерал эвапоритов. Он осаждается из рапы в виде крепко соединенных крупных кристаллов. Пик эвапоритовой аккумуляции был около 230млн. лет назад, когда суперконтинент Пангея начал раскалываться на части [Свиточ, 1987].

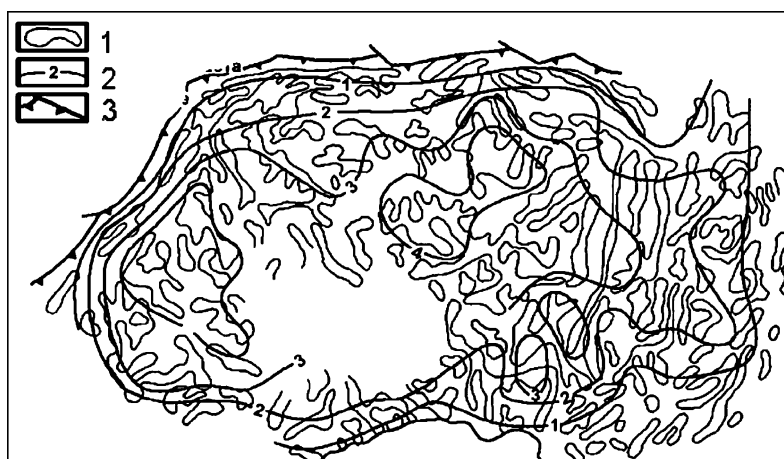
В своей естественной форме соль — твердая кристаллическая порода, которая на внезапные толчки (например, на землетрясение) реагирует как нормальное упругое тело. Но под длительной постоянной нагрузкой она ведет себя как очень вязкая жидкость и деформируется без дробления. Такой процесс называется течением. Он настолько медленный, что заметен только в геологическом масштабе времени. Соль в этом смысле не исключение: все другие породы тоже обладают способностью течь. Рано или поздно любые твердые тела

Рис. 4. Фрагмент субмеридионального профиля № 27 (юг Предуральского прогиба)

Высота соляного штока 6 км. Конфигурация соляных куполов определяется по прекращению корреляции надсолевых отложений

Рис. 5. Соляные купола в Прикаспийской мегасинеклизе (по Хайну [1977])

Условные обозначения: 1 — соляные купола; 2 — мощность соли; 3 — бортовые уступы



под воздействием нагрузки начинают течь. Этот физический процесс называют релаксацией напряжений. Классический пример — вар или битум; если его ударить молотком, он разлетится на куски. Но предоставленный самому себе он через некоторое время растечется в лужу [Свиточ, 1987]. Но другие породы текут очень медленно и под воздействием либо больших горизонтальных сил, возникающих в результате взаимодействия литосферных плит, либо под действием релаксации. Соль же легко течет под действием одной только силы тяжести [Богданов, 1947].

Вопрос о причинах течения соли по-прежнему дискутируется. В настоящее время из множества гипотез о причине течения соли и образования куполов успехом у исследователей пользуются две: тектоническая и гравитационная. Обзор этих гипотез приводится ниже.

Теоретическим обоснованием первой является признание существования течения соли в результате общих или местных поднятий подсолевого ложа и давления надсолевых пород. Другие исследователи связывают течение соли и образование куполов также с тектоникой, но не с вертикальными движениями — подъемом и опусканием дна бассейна, а с горизонтальными [Страхов, 1947].

Основные положения сторонников гипотезы тектонических движений при формировании куполов не согласуются с фактическими данными. Так, известно, что Прикаспийская впадина была областью длительных опусканий в течение не менее 90% всего времени ее существования. В остальные эпохи тектонический режим впадины был относительно спокойным. А если существовали вертикальные подъемы, соль не должна была испытывать дополнительных напряжений из-за отсутствия давления сверху. Все давления соль передавала бы надсолевым породам [Свиточ, 1987].

По гравитационной гипотезе, поддержанной А.А. Богдановым, образование куполов связывают с изостатической и конвективной неустойчивостью [Богданов, 1947]. Для формирования куполов под действием гравитационных сил необходимы высокая пластичность соли и разные давления на разных участках соляного пласта. Конвективная неустойчивость в земных недрах возникает при большой плотности лежащих выше отложений. Иначе гово-

ря — это инверсия плотностей. Каменная соль при небольшом давлении и температуре становится похожей на вязкую жидкость и способна к пластическим изменениям. Экспериментально установлено, что соль становится пластичной при давлениях около 100 кг/см^2 . При увеличении давления и температуры текучесть соли увеличивается [Свиточ, 1987]. Каменная соль имеет плотность $2,2\text{--}2,3 \text{ г/см}^3$ — более высокую, чем плотность большей части надсолевых отложений в начальной стадии седиментации. Но в отличие от других пород, соль *несжимаема* и ее плотность со временем *не изменяется*, чего нельзя сказать о перекрывающих породах: песках, глинах. Последние постепенно метаморфизуются, превращаясь в более плотные песчаники, аргиллиты и алевролиты. Плотности надсолевых отложений плавно возрастают с глубиной от $1,99$ до $2,57 \text{ г/см}^3$. Плотность их становится больше плотности каменной соли, и последняя начинает свой *«путь наверх»*. Перечисленные возможные причины движения соли и образования куполов не следует, на наш взгляд, считать альтернативными. Они взаимообусловлены и дополняют друг друга. Опустившийся блок основания подсолевого ложа — это дополнительная нагрузка, увеличение давления за счет надсолевых образований на каком-то участке соляного пласта, т. е. опять же увеличение силы тяжести — гравитационный эффект.

Некоторые исследователи вообще отрицают самостоятельные пластические деформации в солях, отводя им пассивную роль при формировании надвигов. Они считают, что соляные диапиры и штоки образуются в тыловых частях надвиговых пластин в результате «эффекта бульдозера». В качестве последнего выступает надвиговая пластина, которая соскабливает накопившуюся на дне бассейна вековую соль и нагромождает ее впереди себя. Таким образом, считают эти исследователи, соляной шток оказывается в тыловой части предыдущей пластины. Именно поэтому на рисунках этих исследователей

соляные штоки имеют конусообразный вид с широкой частью внизу конуса [Казанцев, Казанцева, 2007].

Трудно представить, чтобы соль реагировала на силу тяжести и не реагировала на силу сжатия. Однако процесс пластических деформаций представляется более сложным. Начинается он с образования подушек, которые перерастают в штоки. Силы сжатия, возможно, могут поменять форму штоков в верхней части разреза, но вряд ли они приведут к обратному явлению — утолщению соляного столба. В Предуральском прогибе по сейсмическим данным нет куполов с широкой частью внизу купола (см. рис. 2 и 3).

Кроме того, если бы движущаяся надвиговая пластина сминала соль, то надсолевые отложения также бы сминались и имели хаотическую структуру. Но сейсмический материал показывает, что нет в природе ничего стабильнее и ровнее, чем надсолевые отложения в межсолянокупольном пространстве (см. рис. 3). Тем более, что это первые отражающие горизонты, которых еще не коснулись разные искажающие влияния. Первоначально, до того, как соляной купол начинает расти, все надсолевые слои и сама соль лежат горизонтально. Затем, с ростом и подъемом купола, слои, лежащие на соли, также начинают подниматься. Их протыкание (греческое слово *diapir* означает протыкать) происходит уже на последней стадии роста купола. Несмотря на то, что надсолевые отложения, поднимаясь вслед за солью, могут принять почти вертикальное положение (см. рис. 2 и рис. 3), мощности между отдельными пластами остаются почти неизменными, и никакого хаотического нагромождения надсолевых отложений не наблюдается.

Тектонический фактор как дополнительный к причине течения соли, конечно же, существует и его нужно иметь в виду и учитывать, но главным фактором считать нельзя.

Для того чтобы выяснить причину течения соли в чистом виде, вне зависимости от тектоники, исследователи в США предприняли попытку смоделировать этот процесс [Талбот, Джексон, 1987]. Мы не приводим описания этого моделирования, отсылая читателя к первоисточнику. В результате проведенного математического и физического моделирования исследователи установили, что процесс подъема соли можно разделить на четыре стадии.

На первой стадии образуются соляные подушки, разделенные компенсационными прогибами осадочного покрова. На второй стадии, когда соляные подушки превышают определенную высоту (примерно 0,5–2,5 км), они сжимаются в узкие поднимающиеся «пальцы» и валы, тогда как прогибы расширяются, превращаясь в погружающиеся мульды. Наконец, соль протыкает покрывающую породу. Опускающиеся прогибы, в свою очередь, образуют многоугольники.

На третьей стадии эволюции происходит наиболее заметное изменение формы диапира. Вершина его превращается в большой пузырь, нависающий над тонким стволом (рис. 6).

Доказательства существования внутренней циркуляции в грибообразных диапирах были обнаружены в соляных шахтах США и Европы, а также в Прикаспийской впадине (см. рис. 1) [Свиточ, 1987]. Четвертая и заключительная стадия подъема соли начинается, когда поднимающийся пузырь достигает поверхности. При этом диапиры могут быть «обезглавлены» грунтовой водой. Близповерхностный пласт обычно пористый, и ненасыщенная солями грунтовая вода может растворить вершину диапира в процессе его поднятия. В таких случаях поверхность размыва покрывается осадком плохо растворимого гипса, рассеянного в поднимающейся соли. Поверхность соляного штока становится плохим отражателем.

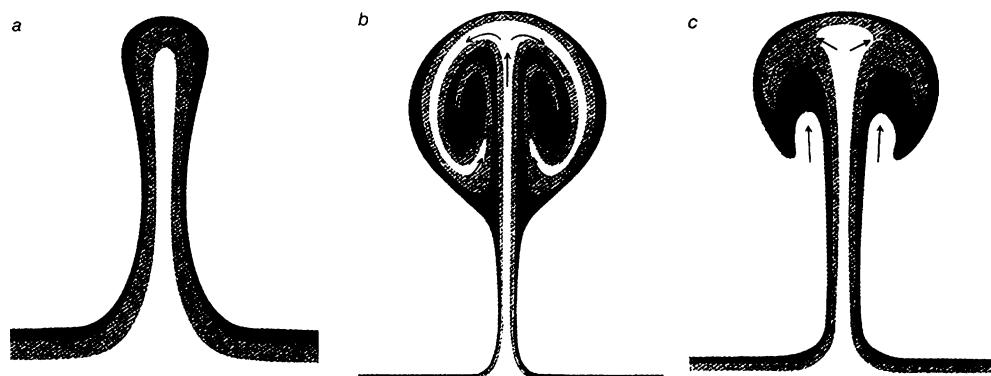


Рис. 6. Пузыри трех типов, образующиеся благодаря циркуляции в соляных диапирах, по [Талбот, Джексон, 1987]

Если осадочный покров мягче (менее вязкий), чем соль, диапировый пузырь имеет форму большого пальца (а); если покров более жесткий, пузырь имеет шарообразный вид (b); при одинаковой вязкости двух слоев образуется грибообразный пузырь (с)

Если нет гипсов, «шляпка» гриба становится вогнутой (см. рис. 2).

На основании изучения соляной тектоники в Североморской впадине свою концепцию миграции соли и формирования куполов предложил в начале 80-х годов югославский исследователь Суснджар (Шишняр) [1984].

По его мнению, существует несоответствие между теорией и практикой, которое получается из-за того, что представления о соляной тектонике формировались на изучении солеродных бассейнов, подвергшихся постседиментационным тектоническим воздействиям.

В настоящее время доказано, что процесс миграции соли и образование скоплений контролируются энергетическими уровнями в пределах соляной толщи, то есть давлением и температурой внутри пласта. Соль стремится выровнять свой энергетический уровень. Она течет из области с максимальным энергетическим уровнем в сторону, где этот уровень минимальный, фактически из центральной части солеродного бассейна к периферии. Если происходит инверсия подсолевого ложа (опускания сменяются подъемом), то формирование соляной тектоники не может рассматриваться как однородный и непрерывный процесс, направленный в одну сторону [Суснджар, 1984].

Более полную картину миграции соли и формирования соляных структур в бассейне можно получить при изучении соленосных бассейнов с простой постсоляной историей седиментации. Это бассейны, в которых сохранились те же области погружения (т.е. то же распределение энергетических уровней в соляных отложениях), и которые не были затронуты процессами тектонического сжатия. Это можно наблюдать в Торнтонском соленосном бассейне Трансильвании. В этом случае соляные диапиры располагаются латерально по окраинам, а соляные подушки — в центральных частях бассейна [Суснджар, 1984].

Предуральский прогиб тоже можно отнести к областям с простой постсоляной историей седиментации. Хотя прогиб и подвергался тангенциальным напряжениям со стороны Урала, но погружение солеродного бассейна шло в одном направлении — на восток.

Проведя анализ литературных источников, сопоставляя их с имеющимся сейсмическим материалом, мы пришли к выводу, что наиболее оптимальная теория принадлежит Шишняру. На примере Прикаспийской впадины и Предуральского прогиба можно видеть все разнообразие форм и, наоборот, единообразие формирования соляных структур. Миграция соли происходит от областей с более высоким энергетическим уровнем (давление и температура) к областям с более низким давлением и температурой. Образование же диапиров происходит в обратном направлении (рис. 7).

В противоположность прежним представлениям, соляные купола первоначально растут по краям солеродного бассейна, постепенно образование новых куполов перемещается к центру. В пользу этого свидетельствует тот факт, что возраст надсолевых отложений, перекрывающих купол, то есть тех отложений, которые были подвергнуты «протыканию», молодеет в сторону центра бассейна и высота купола также растет к центру солеродного бассейна.

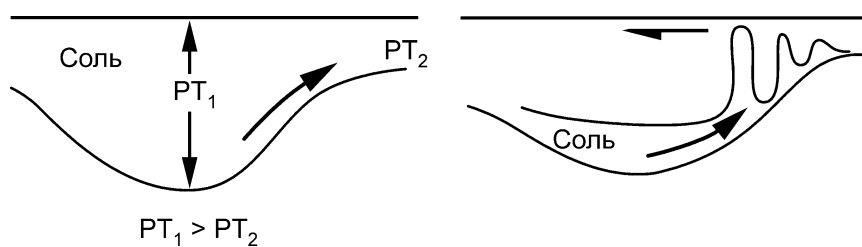
Исходя из этого, нам представляется следующая модель формирования соляного штока (рис. 8), или целой гряды штоков, которые образуют гребень. Для модели использовался сейсмический материал в районе Токаревского сброса.

Региональный Токаревский сброс обнаружен еще в середине прошлого века в районе г. Уральска, там, где р. Урал меняет свое течение с субширотного на субмеридиональное [Бутковский и др., 1965; Журавлев, Бутковский, 1975]. Сброс закартирован по многочисленным горным выработкам и обнажениям на участках выходов на дневную поверхность отложений мезозоя и палеогена. Восточнее, на участках развития плиоцен-четвертичного покрова, нарушение прослеживается профилями картировочных скважин. В целом оно картируется на протяжении 225 км. Плоскость нарушения наклонена на юг под $\angle 30-90^\circ$. Амплитуда его уменьшается с запада на восток с 600 м до 200 м близ поселка Иртек, где сброс переходит в Иртек-Илекскую флексуру. По сбросу породы юры, мела и триаса на севере контактируют с образованиями палеогена на юге (рис. 9).

На всем протяжении Токаревское нарушение служит четкой границей раздела территории на

Рис. 7. Модель формирования соляных куполов в солеродном бассейне по М. Суснджару (Шишняру)

Штриховой стрелкой показано движение соли из центра бассейна к бортам по причине выравнивания энергетического потенциала в пласте соли. Сплошной стрелкой показано направление формирования куполов



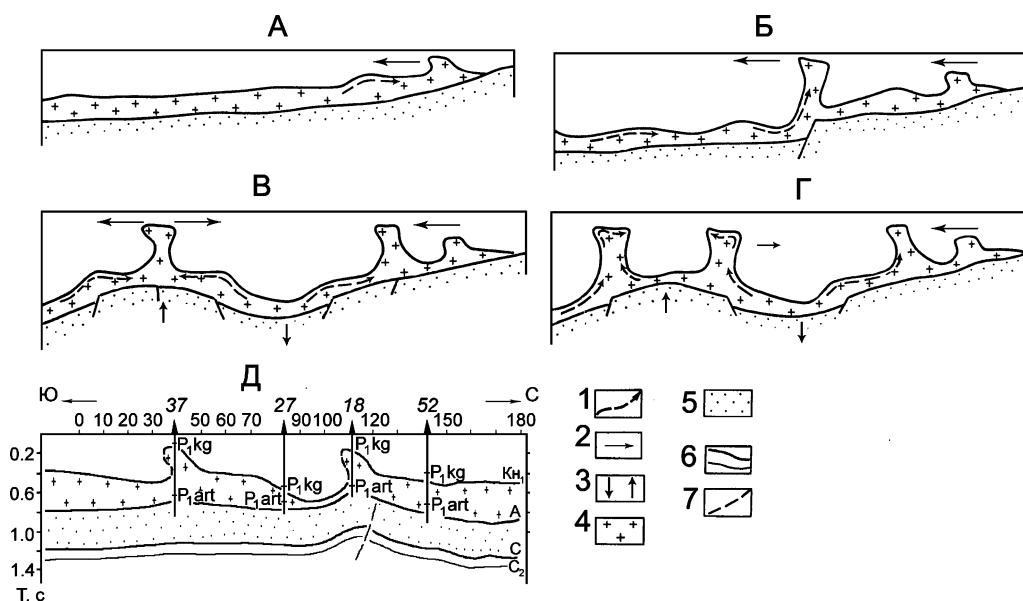


Рис. 8. Модель формирования соляных куполов в северной бортовой зоне Прикаспийской мегасинеклызы: А — без уступа в подсолевых отложениях, Б, В, Г — при существовании бортового уступа, Д — соляные купола над Оренбургским валом
Условные обозначения: 1 — направление движения соли; 2 — направление последовательности образования соляных гребней; 3 — подъем или опускание подсолевого ложа; 4 — соли; 5 — подсолевые отложения; 6 — отражающие горизонты: Кн — кровля соли, А — артинские отложения, С₁ — верхний карбон, С₂ — средний карбон; 7 — разломы

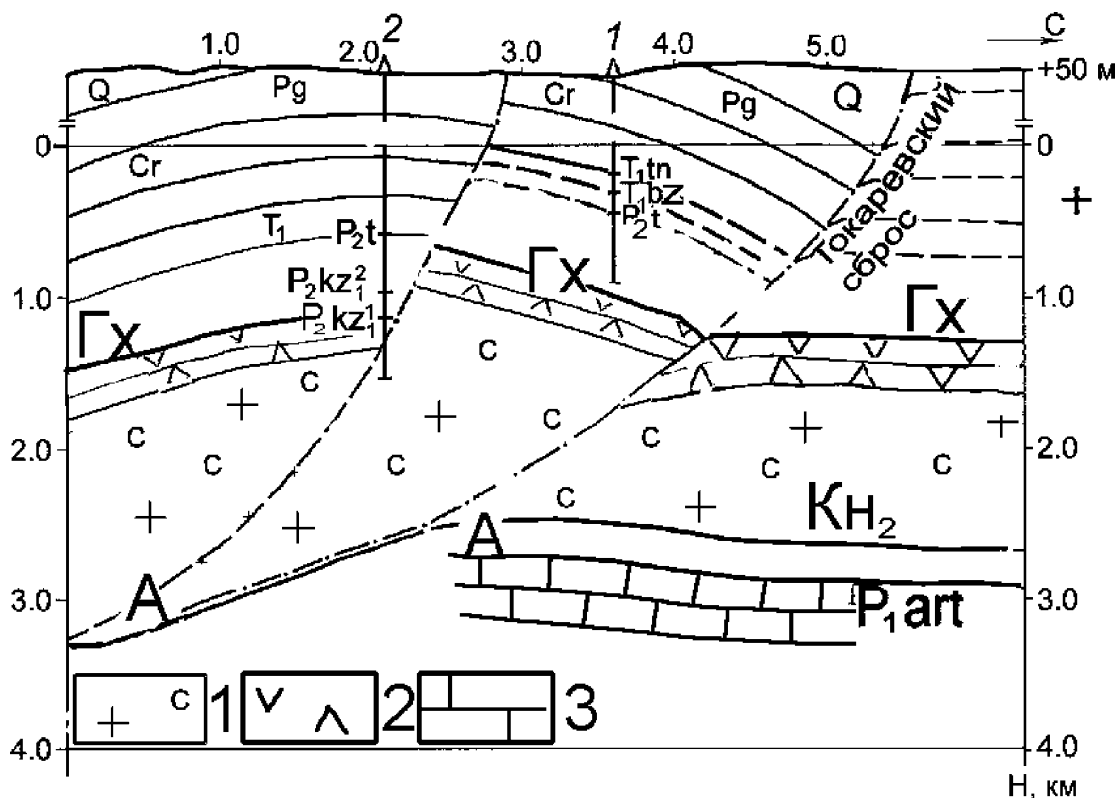


Рис. 9. Сейсмогеологический разрез по профилю № 53 в северной бортовой зоне Прикаспийской мегасинеклызы
 На этом участке Токаревский сброс имеет оперяющую составляющую. Отражающие горизонты: Сн — сосновская свита (атарские отложения); Гх — гидрохимическая свита (казанские отложения); Кн₁ — кровля кунгурской соли; Кн₂ — подошва соли или кровля филипповского горизонта (доломитов) кунгурских отложений; А — кровля артинских отложений (индекс отражающего горизонта ставится над ним; стратиграфическое подразделение ставится внутри пласта). 1 — соль; 2 — ангидриты, доломиты; 3 — известняки

области, где распространены пологие соляные поднятия платформенного типа (на севере) и области, где преобладают соляные штоки (на юге).

Там, где соляной бортовой вал имеет небольшую амплитуду, сброс по отложениям триаса, юры и мела сохраняется по татарским, казанским и кунгурским отложениям (рис. 10). Если же бортовой вал имеет большую амплитуду, то сброс, зафиксированный в верхней части разреза, переходит во взброс по нижележащим отложениям — казанским и кунгурским (см. рис. 9).

В надсолевых и солевых отложениях установлен бортовой вал, «как бы надвинутый на зону бортового уступа» [Бутковский и др., 1965]. Южнее его выделяется глубокопогруженная узкая вытянутая вдоль вала мульда. Еще южнее — два соляных гребня, также разделенных глубокой мульдой. Возникновение вала в солевых и надсолевых отложениях Ю.М. Бутковский и В.С. Журавлев объясняли как результат соляной тектоники [Бутковский и др., 1965; Журавлев, Бутковский, 1975].

Этот вал, где-то крутой, а где-то пологий, существует на всем протяжении Токаревского сброса до Иртекско-Илекской флексуры. На профиле № 7 Староуральский, отработанном в 1977 г. Оренбургской геофизической экспедицией, надвинутый соляной вал подтвержден скважиной № 44 (рис. 10). На рисунке видно, что гидрохимическая свита, вскрытая скважиной, коррелируется с южной частью сброшенного крыла, образовавшего дугу и «как бы надвинутого» (термин В.С. Журавлева) на северное крыло. То же самое можно видеть на рис. 9, на ко-

тором наблюдается двойной сброс (сброс, осложненный опережающим разломом).

Отсюда можно представить модель формирования сброса. Соль под действием своей внутренней энергии, а также, возможно, в силу горизонтального сжатия течет из центра Прикаспийского бассейна к бортам. На первоначальном этапе она залегает горизонтально в виде пласта. Бортовой уступ по подсолевым отложениям уже существует. Из-за давления с юга пласт соли перед бортовым уступом начинает выгибаться вверх и образует «арку» [Светлакова, 1990]. Одновременно в эту «арку» нагнетается соль и образуется соляная подушка (рис. 11 а). Нагнетание соли происходит и с юга и с севера. Нагнетается и та соль, которая течет из центра бассейна, и та, которая лежит на бортовом уступе (в бортовой зоне Прикаспия много примеров по скважинам, когда соль на уступе отсутствует, и надсолевые отложения ложатся прямо на филипповские доломиты или ангидриты). Соль, соскальзывая с бортового уступа, «тянет» за собой надсолевые отложения, которые погружаются дальним (от растущего соляного купола) крылом, образуя сброс в надсолевых отложениях. «Арка» при нагнетании соли превращается в соляной шток и, продолжая расти, протыкает надсолевые отложения (рис. 11 б). Так образовался известный Токаревский сброс во фронтальной части первого (от подсолевого уступа) соляного гребня.

Влияние тангенциальных напряжений с Урала хорошо видно на сейсмическом профиле XIII КМПВ-МОГТ, отработанном на юго-востоке Орен-

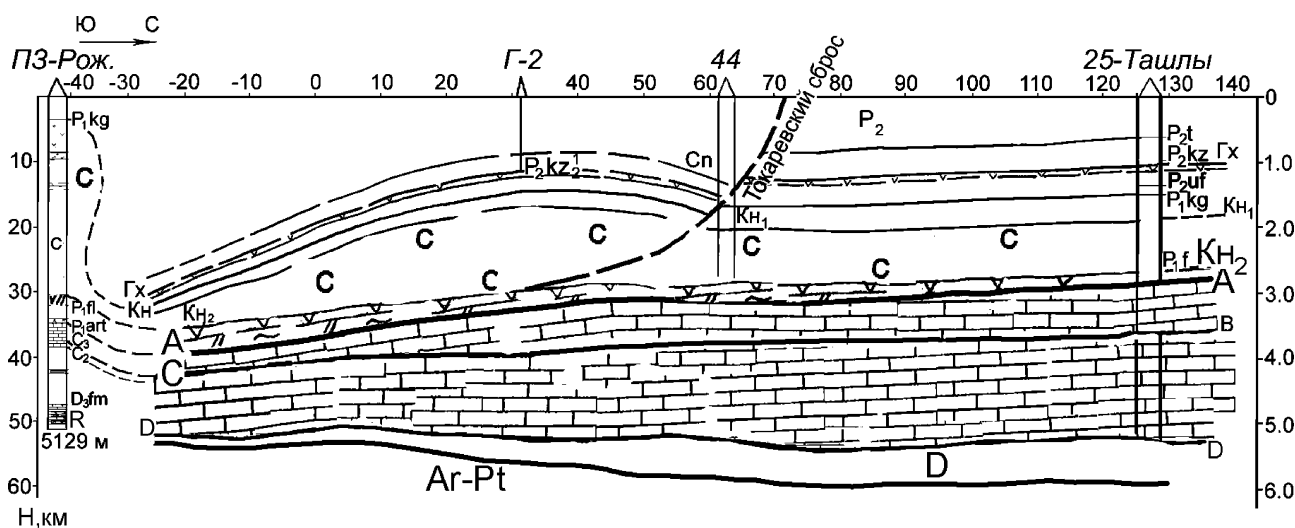


Рис. 10. Сводный сейсмогеологический разрез по профилю № 7 Староуральский и профилю № 9 сейсмических партий Оренбургской геофизической экспедиции в районе Токаревского сброса (1977 г.). Добавления А.Н. Светлаковой

Условные обозначения: Сп — отражающий горизонт от кровли сосновской свиты татарского горизонта; Гх — гидрохимическая свита казанского яруса верхней перми; К_{н1} и К_{н2} — отражающие горизонты в кунгуре: соответственно от кровли иренского и филипповского горизонтов. А — отражающий горизонт от кровли артинских отложений, В — от кровли верейских отложений, У — от кровли угленосной свиты, D — от кровли девона. Остальные условные как на рис. 9

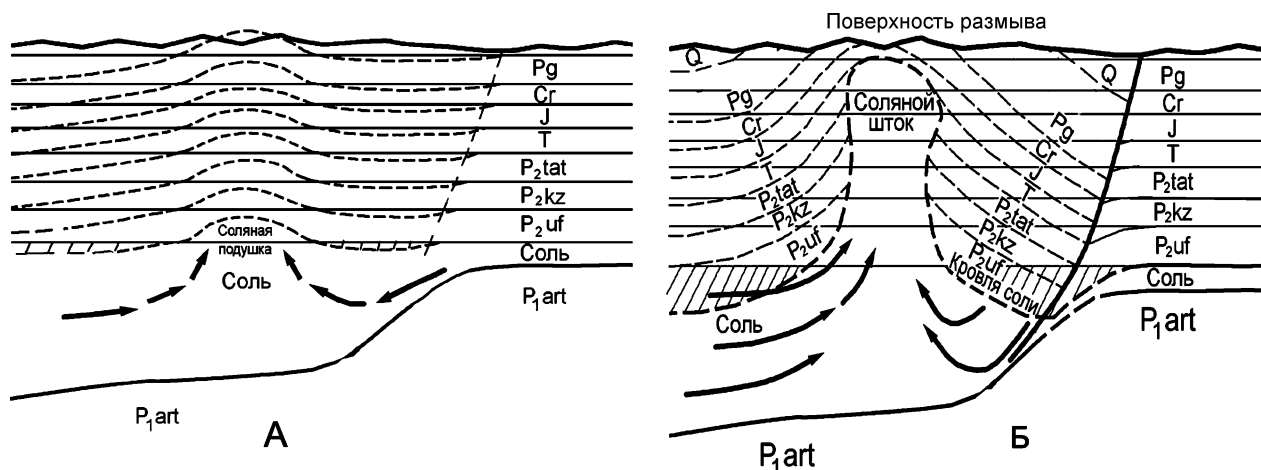


Рис. 11. А — начальная стадия роста купола; Б — конечная стадия

Сплошными линиями показано прежнее положение соли, надсолевых и подсолевых отложений, до начала формирования соляного купола. Штриховыми линиями показано положение пластов в начальной стадии роста купола — подушки и в конечной — соляного штока. Соль из заштрихованной части перетекает в подушку — А, далее — в шток — Б. При этом надсолевые отложения вслед за солью приподнимаются, а на дальнем конце от купола погружаются на освободившееся место перетекшей соли. На начальной стадии образуется флексура, на конечной — сброс

бургской области бывшей Туймазинской экспедицией Института ВНИИГеофизика (ныне ГЭПР). Верхушки всех соляных куполов сдвинуты на запад, а самый восточный купол почти полностью оторвался от своего основания (рис. 12).

Закключение. Знакомство с «живыми» формами соляных образований вызывает чисто научно-эстетическое удовольствие. Но, как указывалось выше, подобные исследования имеют и практическую ценность. Для поисков нефти и газа большое значение имеет тот факт, что некоторые соляные штоки могут принимать грибообразную форму, тем самым, создавая новые ловушки для нефти и газа.

В результате изучения литературы по соляной тектонике и анализа геофизического (сейсмического) материала в районах развития солеродных бассейнов напрашиваются следующие выводы.

Соль обладает своим энергетическим потенциалом для того, чтобы формировать удивительные формы. Соль стремится выровнять свой энергетичес-

кий уровень. Она течет из области с максимальным энергетическим уровнем в сторону, где этот уровень минимальный, фактически из центральной части солеродного бассейна к периферии. При миграции соли выделяется энергия вследствие накопления ее в областях с более высоким энергетическим уровнем. В результате при образовании соляных структур при одной и той же стадии миграции более древние структуры залегают в менее погруженных частях бассейна, а молодые — в более погруженных. Кровли более древних структур протыкания, которые ранее выведены из процесса миграции и аккумуляции соли, размещаются глубже молодых структур. Молодые структуры, в которых скопление соли совпадало с осадконакоплением в течение долгого времени, имеют более высокие амплитуды и более узкое ядро (соляной столб). При последующих тектонических напряжениях, которые произошли после формирования основных соляных структур, форма диапиров может поменяться, но незначи-



Рис. 12. Сейсмический профиль XIII КМПВ-МОГТ. Интерпретация А.Н. Светлаковой

тельно и только в верхней своей части. Козырьки штоков поворачиваются в сторону направления тангенциальных напряжений, тогда как без внешних напряжений козырьки штоков направлены в сторону, обратную направлению движения соли.

Литература:

Богданов А.А. Тектоника Ишимбайского Приуралья. М.: Изд-во МОИП, 1947. 148 с.

Бутковский Ю.М., Гинодман А.Г., Кожевников И.И. Новые данные о строении северной бортовой зоны Прикаспийской впадины в районе г. Уральска // Труды / Трест «Союзбургаз», 1965. Вып. 5. С. 13–16.

Журавлев В.С., Бутковский Ю.М. Сравнительная тектоника Прикаспийской и Предобруджинской впадин Восточно-Европейской платформы // Тектоника Восточно-Европейской платформы и ее обрамления. М., 1975. С. 27–39.

Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Характер солянокупольной тектоники в Предуральско-Преддонбасской структурной дуге краевых прогибов // Известия Отде-

ления наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. Геология. 2007. № 11. С. 69–74.

Светлакова А.Н. Принципиальная модель тектонического строения северной бортовой зоны Прикаспийской мегасинеклизы: Препринт. Уфа, 1990. 23 с.

Свиточ А.А. Подземный феномен Прикаспийской впадины // Природа. 1987. № 7. С. 61–65.

Страхов П.С. Очерки геологии кунгура Ишимбаевского нефтеносного района. Ч. 1: Стратиграфия и тектоника. М.: Изд-во МОИП, 1947. 144 с.

Суснджар М. (Шишняр) Закономерности проявления соляной тектоники и их значение для оценки нефтегазосного потенциала соляных структур в солеродных бассейнах // Месторождения нефти и газа: Мат-лы / 27 МГК. М., 1984. С. 21–29.

Талбот Кр.Дж., Джексон М.П.А. Соляная тектоника // В мире науки / Перевод с англ. 1987. № 10. С. 40–50.

Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Внеальпийская Европа и Западная Азия. М., 1977. 359 с.