

МОДЕЛИ СОЛЯНОЙ ТЕКТониКИ В БОРТОВЫХ ЗОНАХ СОЛЕРОДНЫХ БАССЕЙНОВ НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО БОРТА ПРЕДУРАЛЬСКОГО ПРОГИБА

В опубликованной ранее статье [Светлакова, 2009] было показано, что кроме известных гипотез формирования соляных куполов (гравитационной и тектонической), существуют и другие, которые нашли подтверждение на сейсмическом материале. Это внутренняя энергия или потенциал, обусловленный давлением и температурой внутри пласта соли [Суснджар (Шишняр), 1984]. При этом ни тектоническая, ни гравитационная природа течения соли не отрицается. Все работает вместе.

В настоящей работе продолжается тема моделирования соляной тектоники на примере конкретного профиля в бортовой зоне Предуральского прогиба. Ранее, на основании карты кровли кунгурской соли, было проведено районирование территории юго-востока Русской платформы по характеру проявления соляной тектоники [Светлакова, 1998]. Анализ этого материала показал (рис. 1), что указанная территория подразделяется на три участка: Соль-Илецкий выступ фундамента, участок к северу от него — Восточно-Оренбургское валообразное поднятие по палеозою, а также Предуральский прогиб. Они различаются по форме и высоте соляных куполов и по их простиранию.

В Предуральском прогибе соляные гребни имеют субмеридиональное простирание, ширина их 1,5–2,0 км, длина доходит до 6–8 км. Высота штоков местами достигает 6 км. Соляные гребни субпараллельны складчатым дислокациям Урала.

На Соль-Илецком выступе фундамента соляные купола и гребни имеют субширотное простирание, согласное с простираниями разломов в фундаменте и в палеозойских образованиях. На Оренбургском валу, приуроченном к северной кромке выступа фундамента, солевые отложения образуют два ряда субпараллельных гребней, огибающих вал с севера и с юга. Гребни разделены мульдой глубиной до 1000 м. В межгребневых пространствах субгоризонтально залегают породы верхней перми, мезозоя, палеогена и неогена. Литолого-фациальный состав этих осадков и их мощности не претерпели существенных изменений в субмеридиональном направлении. Из этого следует, что кунгурская соль вплоть до олигоценового времени имела пластовое залегание. В конце олигоценового времени началось возрождение Уральских гор [Пучков, 1988; Рождественский, 1994], возможно, в связи с предполтавской фазой альпийского тектогенеза. Вся юго-восточная часть Русской плиты тоже пришла в движение. Соль, ввиду своей пластич-

ности и реакции на движение подсолевого ложа, пришла в движение и сформировала гребни и валы субширотного простирания, параллельные северной кромке Соль-Илецкого блока фундамента.

Территория к северу от Оренбургского вала (Восточно-Оренбургское валообразное поднятие) характеризуется куполами с пологими крыльями, амплитудой до 300 м, причем амплитуда их убывает на северо-запад.

Простирание куполов — диагональное к географическим координатам, согласное с разломами по фундаменту [Светлакова, 1993].

Еще одно отличие куполов на разных территориях. В прогибе и на Соль-Илецком выступе они имеют грибообразную форму. На плитной части платформы соляные купола имеют плавные склоны и небольшую амплитуду. Это свидетельство того, что купола быстро вышли из процессов аккумуляции и седиментации осадков, по-видимому, из-за малой начальной мощности соли (рис. 2).

Ранее упоминалось, что купола в Прикаспии ориентированы диагонально, согласно с разломами фундамента [Хаин, 1977; Хитаров, 1978]. Такая ориентировка отмечается на глубинах от 1,5–2,0 км и глубже. Высота штоков в Прикаспии достигает 9 км, т.е. превышает высочайшую вершину Земли — Эверест. Выше уровня 2 км купола в Прикаспии не имеют закономерной ориентировки. Из этого следует, что при своем росте соляные купола могут менять ориентировку согласно с изменившимися обстоятельствами. Об этом мы писали в вышеупомянутой работе, объясняя смещенный купол на юге Оренбургского Предуралья. Изменения положения подсолевого ложа (опускания и подъема), приводят к изменению направления движения соли. Так, знаменитый Челкарский массив, в котором сосредоточено 25 тыс. км³ соли, имеет площадь равную 2700 км², и образован в результате слияния не менее семи отдельных штоков [Свиточ, 1987].

Таким образом, из анализа фрагмента карты по кровле кунгурской соли очевидно, что соль всегда наследует тектонику подсолевого ложа, которая, в свою очередь, наследует тектонику фундамента. В первые годы поисков месторождений в подсолевых отложениях производственники под каждым соляным куполом искали подсолевою структуру, которой чаще всего там не обнаруживалось (хотя иногда они встречались). Оказалось, эта связь была не такой однозначной, как казалось на первый взгляд. Что-то не сходилось. Вот тогда, видимо,

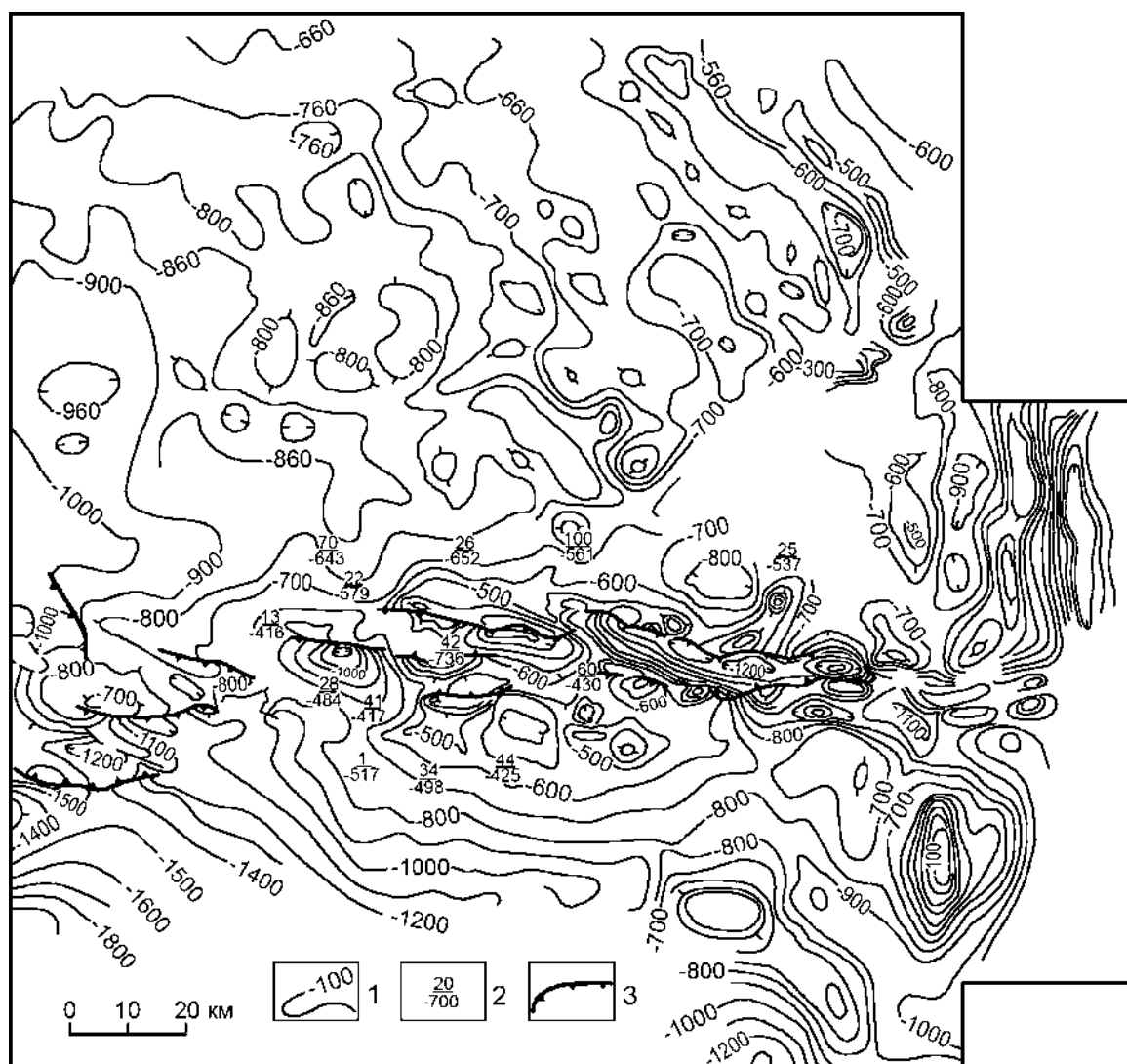


Рис. 1. Структурная карта по кровле кунгурской соли южной части Оренбургской области (фрагмент)

Условные обозначения: 1 — изолинии кровли соли; 2 — скважины (в числителе — № скважины, в знаменателе — абсолютная отметка кровли соли); 3 — гребни соляных куполов

и появились другие гипотезы формирования соляной тектоники, одна из которых и была изложена в предыдущей публикации [Светлакова, 2009].

В настоящей работе проведен анализ формирования соляных куполов на основе новой гипотезы на примере субширотного профиля № 37 через Предуральский прогиб на севере Оренбургской области (рис. 3). По профилю были произведены подсчеты мощности соли на конец кунгурского времени или на начало формирования соляной тектоники. Подсчет проводился по объему соли в куполах и в межкупольном пространстве. Эти подсчеты не идеальны, поскольку кровля соли не всегда отбивается четко, но точность определения объема соли принципиального значения не имеет. Оказалось, что к началу формирования соляной

тектоники в прогибе соль имела мощность примерно 1300 м, а на платформе 450–500 м. Эти данные согласуются с литературными источниками [Свиточ, 1987].

Первоначально, до того, как соляной купол начинает расти, все слои выше подсолевых отложений лежат горизонтально (рис. 4 — 1 стадия). По подсолевым горизонтам рисуется бортовой уступ и на нем рифовая постройка.

Самый западный купол на профиле, назовем его 1 (рис. 4 — 2 стадия), образуется в результате оттока соли из прогиба в купол. Сначала формируется «подушка», которая перерастает в свод с небольшим нависающим карнизом (согласно гипотезе). При этом с восточного края растущего купола надсолевые отложения проседают на освободившееся

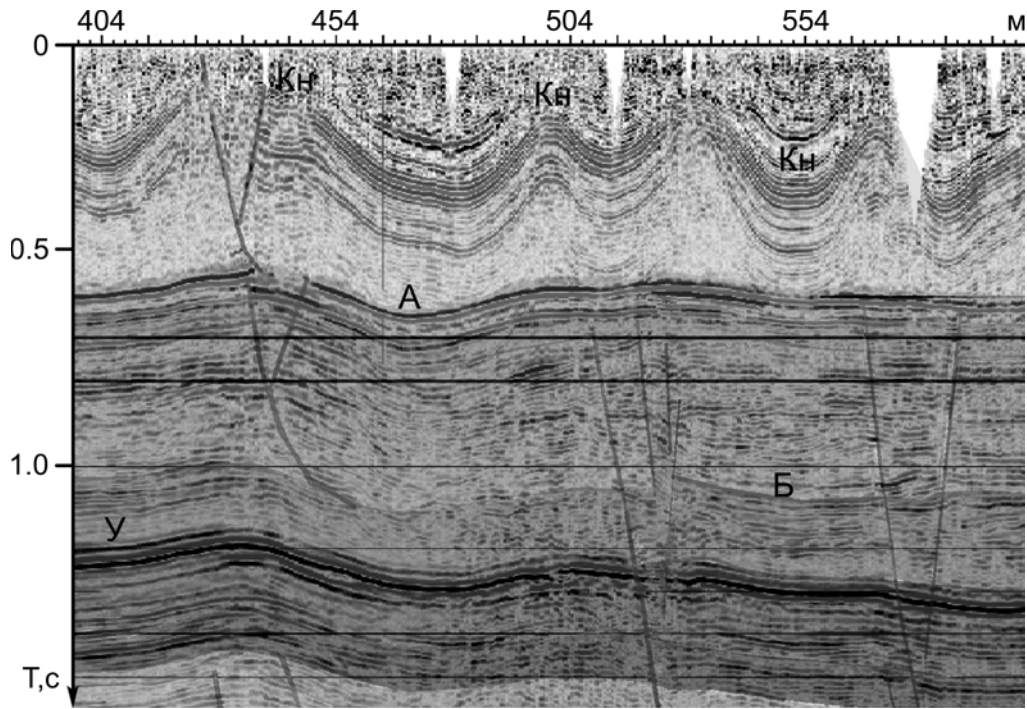


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по профилю № 37 (западный фрагмент — плитная часть)

Условные обозначения к временным и сейсмогеологическим разрезам (рис. 2–6). Индексы стратиграфических подразделений: P_1kg — кунгурский ярус нижней перми; $P_2uf+kz+t$ — верхнепермская моласса, уфимский, казанский и татарский ярусы; С — отложения каменноугольной системы; C_1 — нижний карбон; C_2 — средний карбон; C_3 — верхний карбон; Д — отложения девонской системы; RF-V — рифейско-вендские отложения; Pt_1 — протерозойские отложения. Отражающие горизонты, приуроченные к кровле: Кн — кунгурских отложений нижней перми, А — сакмаро-артинских отложений нижней перми, С — верхнекаменноугольных отложений, Б — башкирского яруса среднего карбона, В — верейских отложений московского яруса среднего карбона, У — бобриковский горизонт визейского яруса нижнего карбона, Д — кровля кыновско-пашийских отложений франского яруса верхнего девона

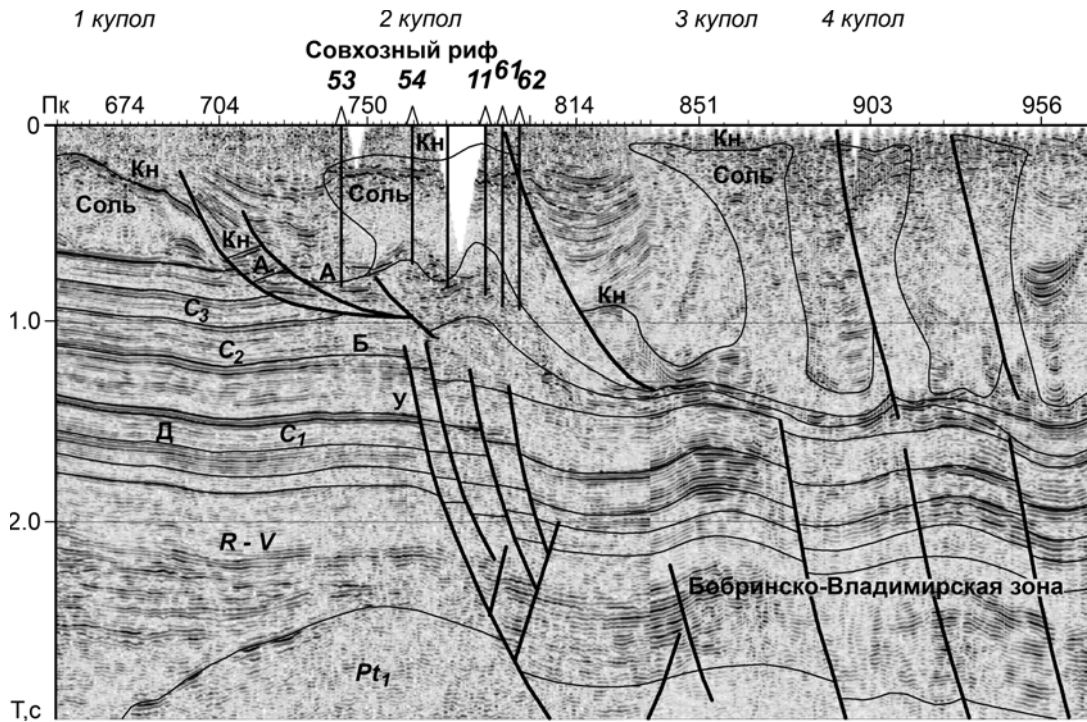


Рис. 3. Фрагмент профиля № 37 в настоящее время

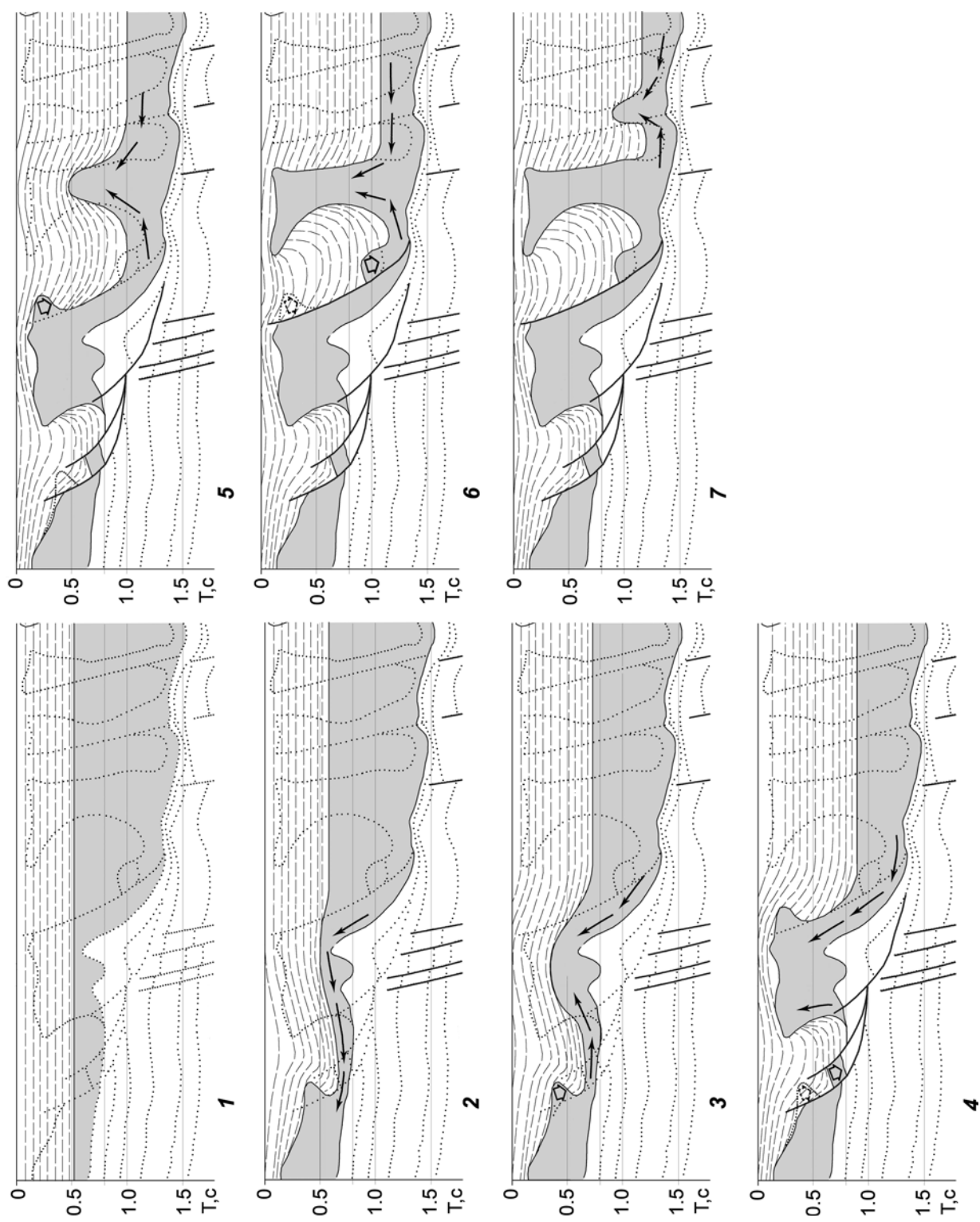


Рис. 4. Стадии формирования соляных куполов

от соли место, а общий уровень соли в прогибе уменьшается.

После того, как первый купол закончил стадию формирования и седиментации, начинается следующий этап: формирование второго купола (рис. 4 — 3 и 4 стадии). На этом этапе соль устремляется в этот купол с запада и востока, поднимая за собой примыкающие надсолевые отложения, которые образуют структуру облекания. При этом с запада дальний край надсолевой пачки соскальзывает с первого купола на место ушедшей соли. В результате на восточном крыле первого купола образуется сброс или даже серия сбросов в надсолевых отложениях. Сброс захватывает и нависающую часть первого соляного штока — гребешок, который срывается и соскальзывает на дно мульды, на это указывают фрагменты отражающих площадок с резким угловым несогласием в надсолевых отложениях на восточном краю 1-го купола (в р-не пикетов 694—714 на уровне 0,7 с на рис. 3 и рис. 4 — 4 стадия).

Так при формировании второго купола с выступающими карнизами образовались сбросы в надсолевых отложениях, с восточного края первого купола. Западное крыло второго купола короткое, восточное длинное, поскольку он формировался над артинским рифом, над бортовым уступом по башкирским отложениям. Сброс захватил и срезал подсолевые отложения. Это видно по пермским и верхнекаменноугольным отложениям (пикеты 704—744, время 0,8—0,9 с, рис. 5). Прибортовое поднятие, которое существовало по всем глубоким отложениям (пикеты 724—774), буквально срезано по пермским и верхнекаменноугольным образованиям (рис. 4 и 5).

Переходя к третьему соляному штоку, мы видим такую же картину: отток соли с запада и с востока (рис. 4 — 5 стадия). При этом соль, увлекая за собой примыкающие к ней надсолевые отложения, буквально ставит их вертикально («на попа») (см. рис. 3, пикеты 844—852 и рис. 4 — 6 стадия). Дальний край осадочной надсолевой толщи (дальний с запада от растущего купола), из-под которого ушла соль, сползает с края предыдущего соляного купола (2-го), захватывая карниз. И опять формируется сброс (рис. 3 пикеты 790—836, рис. 4 — 6 стадия).

Рост третьего купола происходил во времени, возможно, дольше пер-

вых двух, поэтому он превратился в тонкий ствол с нависающими на запад и на восток карнизами. В результате более поздних тангенциальных напряжений с востока, возможно, в триасе, часть соли, сползая со второго штока, надвинулась обратно на соляной склон. По этой причине образовался соляной «пузырь» (пикеты 800—830 на рис. 3, рис. 4 — 6 и 7 стадия), не характерный для мульды. Формирование четвертого и пятого куполов происходило, по-видимому, таким же образом, но в результате более поздних сдвиговых деформаций картина сильно изменилась. Существование сдвигов в Предуралье показано на «башкирских» профилях, непосредственно к северу от профиля № 37 [Светлакова и др., 2010]. Тот факт, что при формировании следующего по времени купола, образуется сброс около предыдущего купола (в надсолевых отложениях, выполняющих мульду), подтверждается на примере сейсмической записи многих куполов и мульд: Карачаганакского месторождения (Казахстан) — рис. 6-а, профиля № 10 (Башкортостан) — рис. 6-б, профиля № 28 (Оренбургское Предуралье) — рис. 6-в. Следует отметить, что не всегда сброс формируется около соляного штока. Если мульда широкая, то сброс формируется на некотором расстоянии от предыдущего штока (рис. 6-в).

Усиление погружения в плейстоцене и голоцене на одном из участков Мексиканского залива при новом распределении энергетических уровней вызвало процесс миграции соли и формирование голоценовых соляных структур (рис. 7). Это пример, указывающий на величину миграции соли. Особенно впечатляет дальность расстояния, на которую мигрировала соль: около 200 км. При этом поток не нарушает стратификации соленосных пластов вплоть до области аккумуляции соли.

Закключение. Таким образом, анализ формирования соляных структур по профилю № 37 показывает, что теория, предложенная югославским

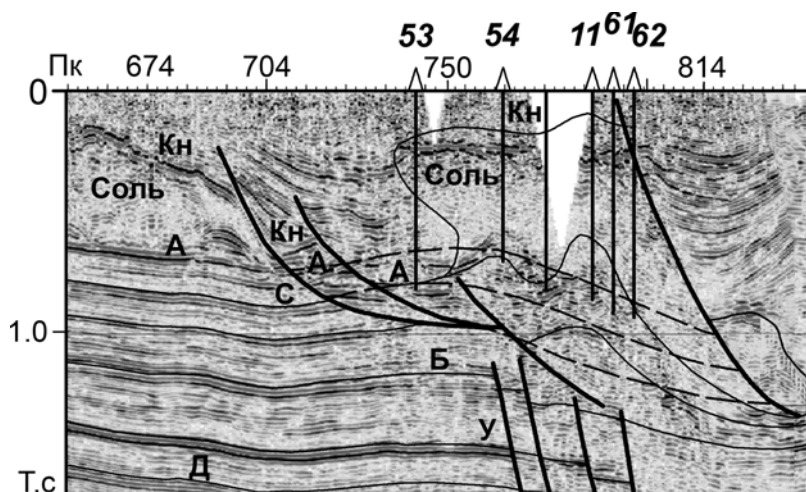


Рис. 5. Фрагмент профиля № 37 с контурами поднятия по А и С, которые существовали до сброса

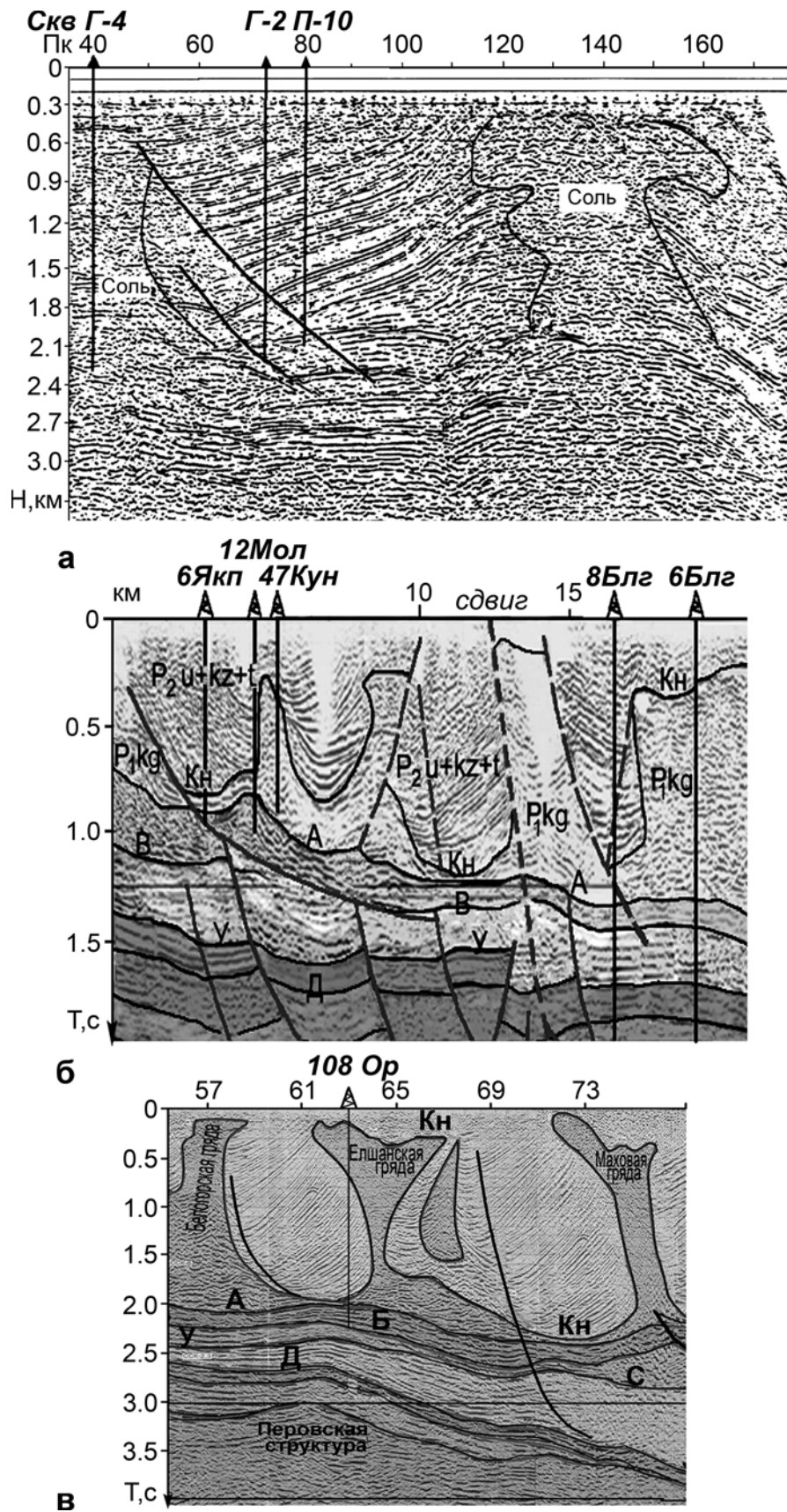


Рис. 6. Примеры сбросов в надсолевых отложениях при росте куполов

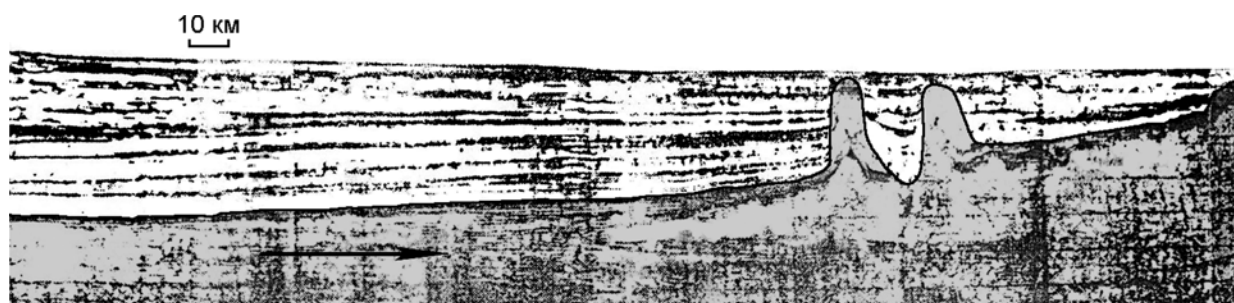


Рис. 7. Положение плейстоценовых и голоценовых соляных структур в абиссальной зоне Мексиканского залива

исследователем Шишняром, работает [Суснджар, 1984]. При каждом оттоке соли в купол на дальнем от формирующегося купола крыле мульды надсолевые отложения проседают на освободившееся место, в то время как ближнее крыло поднимается вслед за штоком. На последней стадии надсолевые отложения протыкаются штоком, образуется диапир. Замечено [Талбот, Джексон, 1987], что соляные диапиры поднимаются как бы рывками: периоды «бурного» роста чередуются с периодами покоя. Период «бурного» роста — это несколько миллионов лет, когда скорость подъема диапира достигает 0,1–1,0 мм/год (приблизительно в 100 раз меньше, чем скорость литосферных плит). «Бурный» рост, по всей видимости, связан с активизацией тектонических процессов, которые, как известно, приводят также и к образованию нефтяных и газовых залежей. Таким образом, опосредованно можно говорить о поисках залежей по тектонике надсолевых отложений: там, где надсолевые отложения образуют резкий контакт с диапиром — там возможна залежь.

Если энергетическое состояние в бассейне меняется, а это происходит при смене поднятия опусканием и наоборот. Одновременно меняются области скопления соли, то есть, области формирования куполов. Поэтому в случаях сложного и постоянного развития бассейна формирование соляной тектоники не может рассматриваться как однородный и непрерывный процесс в одном и том же пространственном положении [Суснджар, 1984]. На это указывает ситуация в Нижней Саксонии, которая привлекла внимание исследователей и озадачила их тем, что миграция соли и последующее формирование соляных куполов пространственно не совпадали. Этот факт (в том числе) и дал повод югославскому исследователю для пересмотра теории формирования соляных куполов. Такая же ситуация произошла в Пермском бассейне. Когда его периферия в Североморской впадине начала погружаться, а центр воздыматься, то произошла инверсия течения соли: она стала двигаться с пери-

ферии к центру впадины, хотя первоначально соль текла из центра впадины к краям.

Литература:

Пучков В.Н. Внутриплитные события в геологической истории складчатых поясов, на примере Урала // Внутриплитные события в земной коре. — М.: Наука, 1988. — С. 167–175.

Рождественский А.П. Основные черты новейшей тектоники Урала // Ежегодник—1993 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа, 1994. — С. 63–66.

Светлакова А.Н. Системы разломов земной коры на востоке Восточно-Европейской платформы и их связь с нефтегазоносностью региона: Препр. / РАН. Уфимский науч. центр. Ин-т геологии. — Уфа, 1993. — 148 с.

Светлакова А.Н. Районирование территории по характеру проявления соляного тектогенеза // Ежегодник—1996 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа, 1998. — С. 133–135.

Светлакова А.Н. Новые сейсмические данные о соляной тектонике // Геологический сборник № 8 / ИГ УНЦ РАН. — Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2009. — С. 60–69.

Светлакова А.Н., Пучков В.Н., Горожанина Е.Н., Горожанин В.М. Типы и роль разломов в строении юго-восточной окраины Русской платформы по новым сейсмическим данным // Уральский геофизический вестник. — 2010. — № 1 (16). — С. 45–58.

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

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

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

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

Хитаров Ю.Н. Применение метода НСЧФ для изучения глубинного строения Прикаспийской впадины // Тр. Московского Ин-та нефтехимической и газовой промышленности им. И.М. Губкина. — 1978. — Вып. 137. — С. 31–46.