

5. Изотова М.Н., Николаев А.И., Филькин Ю.В. Зональная стратиграфия карбонатного палеозоя Прикаспийской впадины по фораминиферам //Микрофауна СССР. Вопросы систематики и био-стратиграфии. – Л.: ВНИГРИ, 1990. – С.29-53.

6. К вопросу о корреляции подсолевого надверейского разреза Прикаспийской впадины и обрамляющего его шельфа /Ю.А. Писаренко, П.Д. Кухтинов, И.А. Серебрякова, В.Ю. Писаренко, Т.Г. Карпова //Проблемные вопросы региональной и местной стратиграфии фанерозоя Поволжья и Прикаспия. – Саратов: НВНИИГГ, 2001. – С.41-42.

7. Кан В.П., Тасыбаев Б.С. Новые данные о геологическом строении и нефтегазоносности подсолевых отложений восточной части Прикаспийской впадины //Нефтегаз. геол. и геофиз. – М., ВНИИОЭНГ, 1968. – № 6. – С.17-21.

8. Строение и развитие Южного Урала с точки зрения тектоники литосферных плит /Л.П. Зоненшайн, В.Г. Кориневский, В.Г. Казьмин, О.Г. Сорохтин, В.А. Коротеев, В.А. Маслов и др. //История развития Уральского палеоокеана. – М.: АН СССР, 1984. – С.6-56.

9. Рихтер Я.А. О природе сочленение Прикаспийской впадины и Мугоджар //Недра Поволжья и Прикаспия. – Саратов: НВНИИГГ, 2008. – Вып.53. – С.11-19.

УДК 552.53:551.736 (470.46)

ДИАПИРИЗМ В УСЛОВИЯХ ПЛАСТОВОГО ЗАЛЕГАНИЯ СОЛЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

© 2012 г. Ю.Д. Горьков
ООО "ЕвроХим-ВолгаКалий"

Установление на сейсмических временных разрезах прорывов соляными породами перми перекрывающих отложений в условиях пластового залегания солей предопределило более тщательное изучение этого явления.

Территория исследований площадью около 1000 км² находится в юго-восточной части Саратовской области. В ее пределах располагаются фрагменты крупных геоструктур – Карповско-Малаховского вала, Перелюбско-Рубежинского прогиба, предбортовой моноклинали Прикаспийской впадины.

Разрез осадочного чехла в региональном плане, включающем территорию исследований, из-за размывов и неотложений осадков значительно сокращен. Сохранившийся разрез представлен отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя.

Для осмысления явления "прорыва" рассмотрим строение пермских и перекрывающих отложений (по данным многочислен-

ных опубликованных и фондовых работ сотрудников НВНИИГГ).

Пермская система включает два отдела: нижний, в объеме ассельского, сакмарского, артинского, кунгурского ярусов; и верхний, в объеме уфимского, казанского, татарского ярусов.

Артинский ярус подразделяется на нижний и верхний подъярусы; кунгурский – на филипповский, иренский горизонты.

Ассельский, сакмарский ярусы и артинский нижний подъярус представлены карбонатами-доломитами с прослоями известняков.

Артинский верхний подъярус и филипповский горизонт кунгурского яруса сложены преимущественно сульфатами-гипсами и ангидритами с прослоями карбонатных пород.

Филипповский горизонт характеризуется ритмичным чередованием сульфатных и карбонатных пород. В нем выделяется до

семи ритмопачек; в основании каждой пачки от одного до нескольких карбонатных пластов, верхняя часть слагается ангидритами.

Иреньский горизонт сложен мощной от 800 до 1300 м соленосной толщей, имеющей четкое ритмичное строение, обусловленное чередованием пластов и пачек ангидритов, каменной и калийно-магниевой солей. Выделяется семь ритмопачек, близких по мощности. Каждая ритмопачка в основании представлена пластом сульфатов, в средней части – каменной солью, в верхней – калийно-магниевыми солями. Перекрывается соленосная толща "кровельным ангидритом", представленным чередованием ангидритов, гипсов, глинистого материала. Образовался "кровельный ангидрит" во многом за счет выщелачивания кунгурской соли.

Уфимский ярус представлен глинами алевритистыми с гнездами и прослоями ангидритов, гипсов и доломитов.

Казанский ярус в объеме нижнего подъяруса сложен известняками и доломитами, в основании – глинами. Верхний подъярус представлен переслаиванием известняков, доломитов, ангидритов. В южной части исследуемой территории в разрезе установлена каменная соль мощностью до 100 м. Татарский ярус представлен терригенными породами – песчаниками, глинами, алевролитами с прослоями ангидритов.

Соленосные породы пермского возраста перекрываются, как известно, отложениями мезозоя и кайнозоя. Отложения мезозоя включают породы триасового, юрского и мелового, а кайнозоя – палеогенового, неогенового и четвертичного возраста. Характеризуются отложения, за некоторым исключением, терригенным составом. Исключение составляют верхняя часть юры и мела, в которых содержатся пласты карбонатных пород.

Анализ сейсмических временных разрезов свыше 1000 пог. км позволяет охарактери-

зовать пликативные и дизъюнктивные дислокации надсолевых, солевых и подсолевых отложений осадочного чехла.

Часто названные отложения характеризуются согласной, совпадающей в плане, дислокацией в антиклинальные асимметричные пологие складки со средними размерами от 1,5-2 до 3-4 км и амплитудой 30-50 м. Одни складки имеют примерно равную амплитуду по всем сейсмическим отражающим горизонтам (СОГ) разреза и затухают вверх по разрезу. Установленные в надсолевых отложениях складки имеют большие амплитуды по сравнению со складками в подсолевых. На нескольких временных разрезах установлена мелкая складчатость соляных и вмещающих их отложений, осложняющая крупные складки.

Рассмотренные положительные антиклинальные складки разграничиваются менее масштабными отрицательными складками – синклиналями и прогибами со средними размерами 1,5-2,5 и 0,5-1 км соответственно.



Рис.1. Схема расположения соляных тел

- I – контур исследований территории,
- * – соляные тела,
- – скважины,

цифра – номер тела, соответствующий номеру фрагмента сейсмического временного разреза на рис.2

В пределах осевых частей таких складок находятся субвертикальные сейсмические аномальные зоны, характеризующиеся несколькими или многими признаками:

- ослабление интенсивности записи СОГ, что приводит к проявлению зон в виде осветленных полос;

- разделение зон на отдельные части с различной четкостью записи СОГ;

- выражение зон в форме прогибов, миниграбенов по отдельным частям или на всю их высоту;

- нахождение в зонах в целом или в отдельных частях хаотично расположенных различной длины отрезков, пакетов СОГ с наклонами в одну или разные стороны (в пределах от горизонтального до вертикального положения);

- наличие от нескольких до многих условных (воображаемых) субвертикальных и вертикальных линий, по которым происходят разрывы и смещения СОГ в форме сбросов и взбросов;

- ограничение в ряде случаев зон в целом или их частей с обеих сторон условными линиями, от которых начинается более четкая прослеживаемость СОГ;

- смещение СОГ в зонах в форме сбросов и взбросов;

- нахождение в верхних частях ряда зон прорывов соляными массами отложений верхней перми, мезозоя и кайнозоя;

- нахождение асимметричных грабенообразных прогибов над прорывами в верхних частях зон;

- разрывы основного СОГ – p_2^t в пределах зон со смещением, обусловленным наличием сбросов или взбросов;

- увеличение амплитуд смещения СОГ по условным линиям с глубиной в случаях разграничения разреза зонами складок, затухающих вверх по разрезу.

В ряде случаев в основаниях зон находятся фрагменты структурных уступов по

отложениям терригенных и крутых соединительных крыльев флексур – по карбонатному девону, карбону.

С учетом рассмотренных признаков, в пределах сейсмических аномальных зон предполагается нахождение разрывных нарушений (РН), расчленяющих осадочный чехол на структурно-тектонические блоки. Правомочность этого подтверждена исследованиями автора статьи с применением геологических, в том числе морфометрических, методов и привлечением критериев прогноза [5, 6, 8]. В плане РН, предполагаемые в зонах, в большинстве случаев совместились с РН, выявленными геологическими методами.

Над сейсмическими зональными аномалиями находятся соляные тела, располагающиеся в верхних частях соляных отложений кунгура, отложений верхней перми и мезозоя (в объеме триаса, юры и мела).

Форма большинства соляных тел, выявленных по временным разрезам, напоминает усеченные треугольники, трапеции с основаниями: более широкими в верхних и узкими в нижних частях тел. Имеются тела и с более сложной формой (рис.2.1-2.10).

С боков многие соляные тела ограничиваются РН, выявленными сейсморазведкой, остальные – условными спрямленными и ломаными линиями, от которых прослеживаются (от распознаваемых до четких) СОГ. Многие соляные тела разбиты многочисленными короткими условными линиями с субвертикальной ориентировкой, проводимыми по смещениям СОГ (рис.2.1; 2.4; 2.9).

Ряд соляных тел с боковых сторон контактирует с заданными вверх СОГ (рис.2.1; 2.4; 2.9; 2.10). Имеются случаи подхода к соляным телам СОГ с региональными неизменными углами залегания (рис.2.2; 2.3; 2.6; 2.7). Последнее происходит в случаях установления над соляными телами грабенообразных прогибов.

Перекрываются соляные тела спрямленными, часто наклоненными "отрезками" напластований верхней перми и вышележающих отложений. Это видно по нахождению в кровлях тел отрезков одного из основных СОГ – P_2^t и других достаточно четко распознаваемых горизонтов.

Размеры соляных тел находятся в широких пределах – от 250 до 2250 м. Средние размеры составляют 800 м, высота 400 м, объем от 500 млн м^3 и больше (в зависимости от ширины тел по длинной оси – вдоль РН).

По отложениям мезозоя над соляными телами находятся горсты (рис.2.1; 2.4; 2.7; 2.9; 2.10) и грабены (рис.2.2; 2.3; 2.5; 2.6; 2.8). Эти образования являются своеобразными надстройками – признаками существования соляных тел. Напластования в пределах образований во многих случаях наклонены, часто прогнуты, реже выпуклы.

Выражены горсты и грабены по отложениям мезозоя; срезаны перекрывающими их отложениями с примерно горизонтальным залеганием. Природа горстов не нуждается в особых пояснениях – они образовались в результате поднятия надсолевых отложений соляными телами. Что касается происхождения грабенов, то можно предполагать, что первоначально были образованы горсты, перекрытые горизонтально залегающими отложениями. Затем (по мере растворения соляных тел пластовыми водами) горсты опускались, сокращая свои амплитуды, а над ними по ранее горизонтально залегавшим отложениям сформировались грабены.

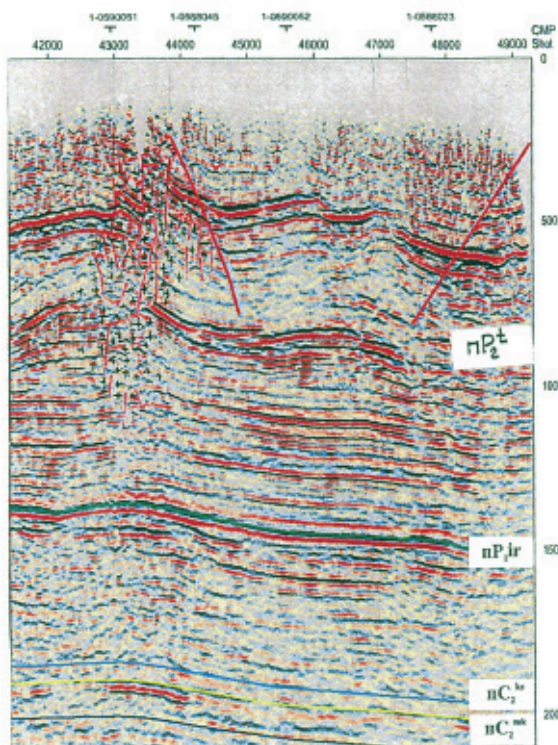
Нет сомнения в том, что рассмотренные соляные тела с корнями в соляных отложениях нижней перми сформировались в результате прорывов соляными массами перекрывающих отложений. Такие прорывы схожи с достаточно хорошо изученными явлениями диапиризма [1]. Диапиризм, как известно, возникает в условиях наличия трех

толщ осадочных пород – одной средней пластической и двух обычных, перекрывающих и подстилающих пород. Согласно давним представлениям, пластическая средняя толща под нагрузкой, залегающей выше толщи, начинает перераспределяться, вызывая деформацию верхних слоев с образованием разрывов. В такие разрывы внедряется пластическое вещество средней толщи, что приводит к образованию диапиров (соляных, глиняных, песчано-глиняных, смешанных). В этом варианте причиной образования прорывов массами пластического вещества служат гравитационные силы – вес перекрывающей толщи. Однако против таких представлений существуют серьезные возражения. Согласно схеме приверженцев "гравитационных" представлений, массы пластического вещества перетекают из синклинальных складок в антиклинальные из-за того, что вес перекрывающих отложений за счет их большей толщины над синклинальными складками больше веса над антиклинальными.

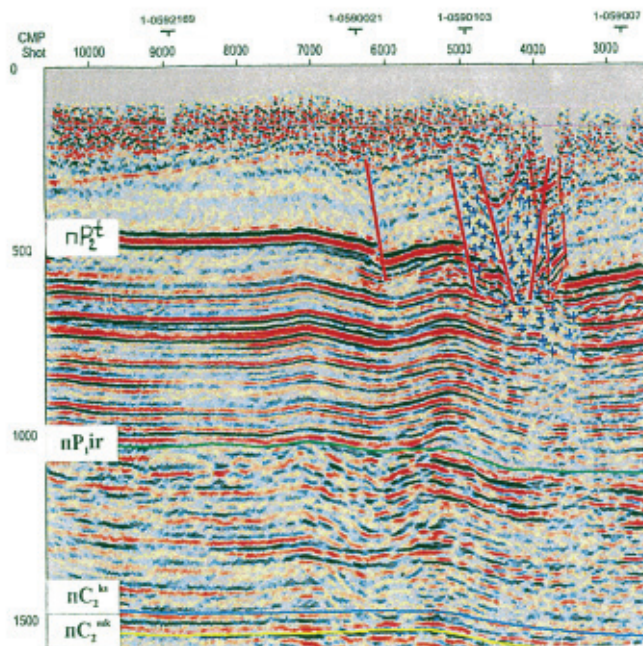
В рассматриваемых конкретных условиях амплитуды складок малы и находятся в пределах от нескольких единиц до нескольких десятков метров. Такие амплитуды недостаточны. По расчетам автора статьи, чтобы соляные отложения начали течь, преодолевая силы сцепления пород до возникновения прорыва, амплитуда поднятия должна быть несколько километров [4].

Другими альтернативными представлениями служат объяснения течения пластических масс действием тангенциальных сил, возникающих в осадочной толще в результате тектонических напряжений, идущих со стороны геосинклиналей [10]. Серьезным возражением против этого является невозможность передачи таких напряжений на большие расстояния, так как передача без разрушения сплошности пород не превышает нескольких сот метров [2].

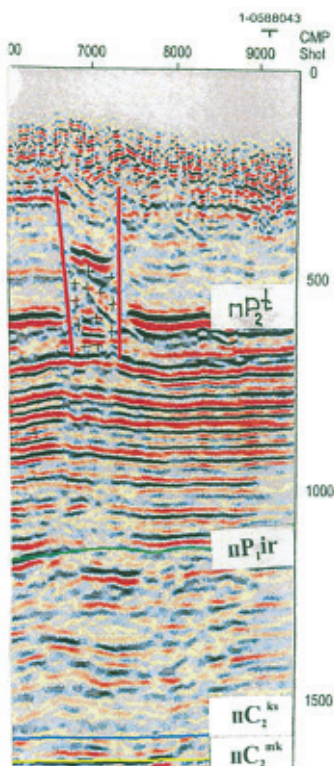
1



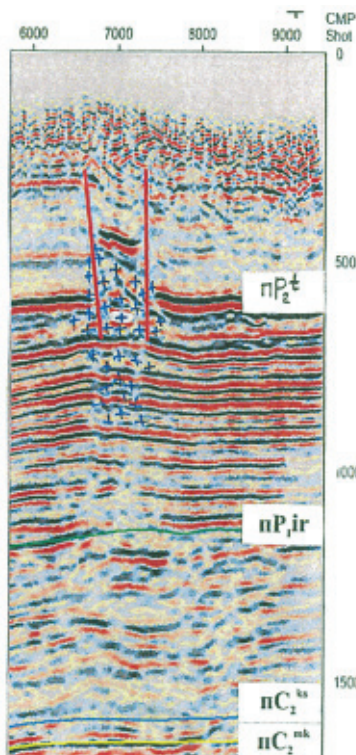
5



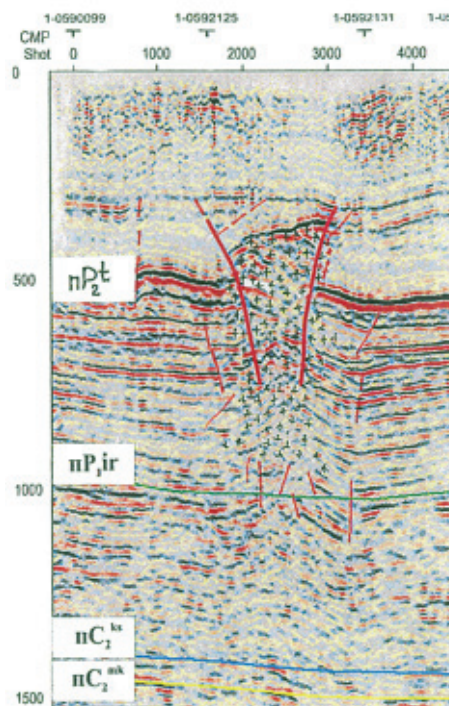
2



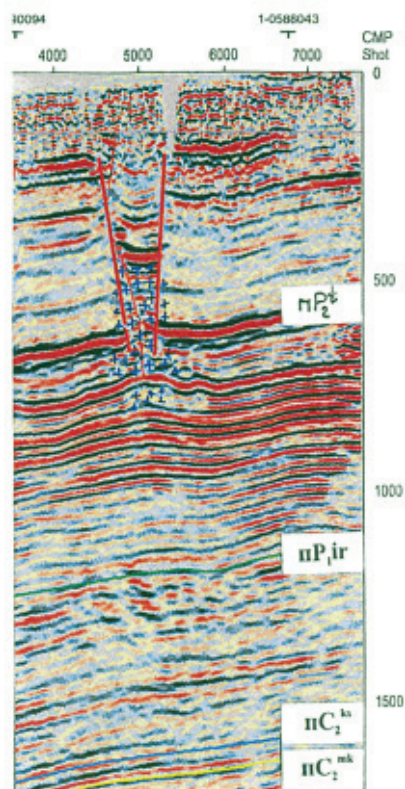
3



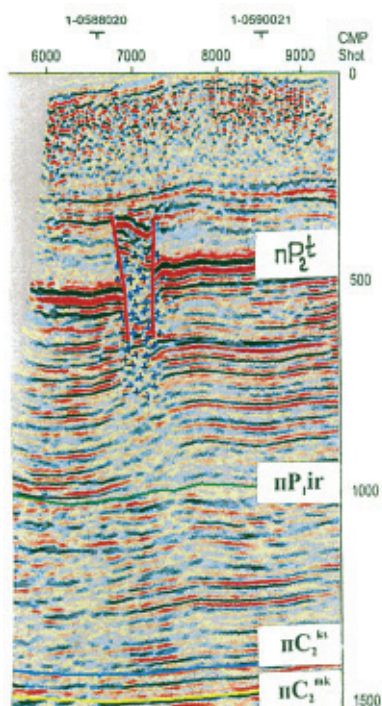
4



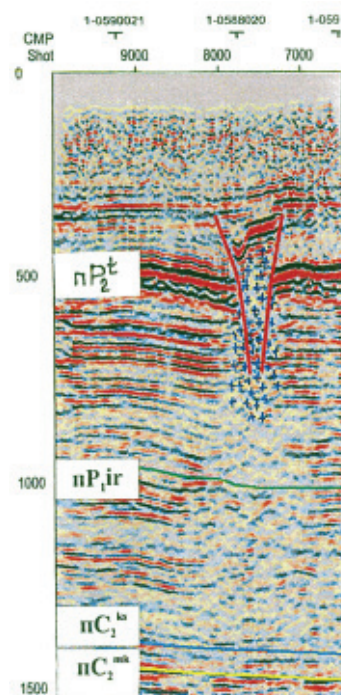
6



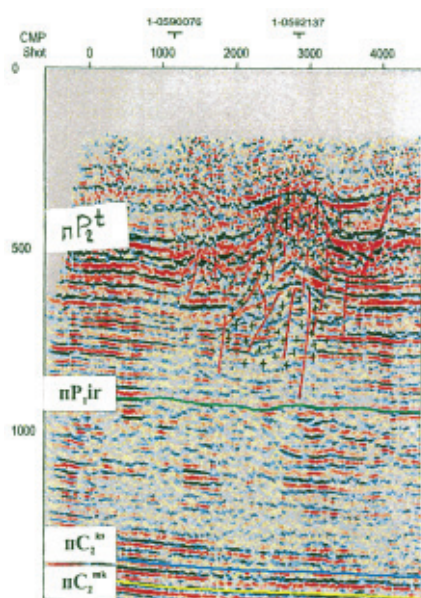
7



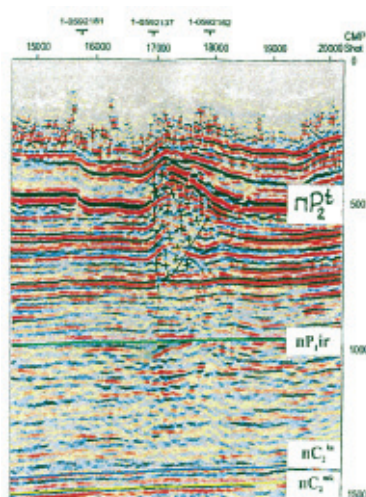
8



9



10



Сейсмические отражающие горизонты:

- ΠP_2^t – подошва отложений татарского яруса;
- ΠP_2^{ir} – подошва отложений иренского горизонта;
- ΠC_2^{ks} – подошва отложений каширского горизонта;
- ΠC_2^{mk} – подошва отложений мелекесского горизонта


 – соляные тела

Рис.2. Фрагменты сейсмических временных разрезов, содержащих соляные тела

Существуют более обоснованные представления о том, что тангенциальные напряжения, способные приводить к короблению твердую оболочку Земли, возникают во всем объеме пород в пределах крупных геотектонических образований (сводов, прогибов, впадин и др.) во время их формирования. Напряжения – растяжения и сжатия, возникают за счет сферической формы поверхности Земли. При опускании сферы, достигающей ее хорды, развиваются тангенциальные растяжения вследствие недостатков поверхностей и объемов. При подъеме сферы смена напряжений происходит в обратном порядке [9]. Заметим, что во время формирования вышеназванных крупных геоструктур, слагающих недра рассматриваемого участка, также действовали тангенциальные напряжения – растяжения и сжатия [5, 7]. Растяжения происходили преимущественно во время дифференцированных региональных опусканий, сопровождавшихся накоплением осадков, а сжатия – во время региональных поднятий, приводивших к перерывам в накоплении осадков. Наиболее значительные сжатия происходили во время проявления так называемых "структуроформирующих" фаз.

Крупные региональные перерывы в накоплении осадков происходили: в досреднефранское, в конце среднедевонского и позднедевонское, в предвизейское и позднекаменноугольное (предпермское) времена, в предвремени накопления соляных отложений нижней перми, в верхнепермское, триасовое и предсреднеюрское время, в конце времени накопления отложений верхней юры, в средне- и поздне меловое время, в предпалеогеновое и предакчагыльское времена.

Тангенциальные растяжения приводили к возникновению РН, сжатия – к формированию складок коробления, рассмотренных выше. Во время формирования складки оказывали тектоническое давление

на соляные отложения перми, достаточные для осуществления перетоков солей от участков с высокими к участкам с низкими давлениями.

Разница давлений возникала из-за неравномерной скорости формирования складок, а также возможного смещения или несоответствия в плане надсолевых складок подсолевым, вплоть до расположения положительных складок над отрицательными и наоборот. Неравномерная скорость формирования складок происходила, прежде всего, из-за невыдержанности физических свойств напластований по латерали и приводила к появлению надсолевых складок с различными амплитудами.

Смещения и несоответствия складок возникали вследствие наличия своеобразной смазки – солевых отложений, благодаря которым надсолевые напластования имели возможность самостоятельного коробления.

Опуская рассмотрение многочисленных вариантов воздействия складок коробления на соляные отложения, приведем один из них – оптимальный: над антиклинальной складкой по подсолевым отложениям формировалась синклиальная складка в надсолевых. Не трудно заключить, что при таком сочетании складок давление будет максимальным. Одновременно с этим тангенциальные силы воздействовали на соляные отложения непосредственно, минуя складки коробления, и также вызывали перетоки соляных масс.

Соляные отложения, так же как и вмещающие их породы, участвовали в построении надсолевых и подсолевых складок. Вместе с этим они подвергались мелкой складчатости, возникавшей вследствие ритмичного тонкослоистого сложения разреза жесткими и пластичными породами.

В результате воздействия на соляные породы крупных и мелких складок коробления соли испытывали перетоки от мест с

большими к местам с меньшими давлениями. Такими местами являлись отдельные отрезки, вернее, фрагменты сейсмических аномалийных зон развития РН, характеризующихся повышенной разуплотненностью горных пород за счет разрывов и трещиноватости.

Фрагменты с повышенной разуплотненностью образуются вследствие того, что РН в плане имеют вид не прямой, а волнистой или ломаной линии, объясняемой особенностями зарождения и развития РН [3]. При сдвигах структурно-тектонических блоков вдоль РН образуются раздвиги за счет выступающих частей краев блоков. Такие раздвиги являются своеобразными ловушками, емкостями для аккумуляции в них мигрирующих солей и формирования соляных тел, напоминающих в поперечном сечении диапиры.

Таким образом, основными результатами выполненных исследований являются:

- установление пликативной (складки коробления) и дизъюнктивной (разрывные нарушения) дислоцированности осадочного чехла;

- прогноз разрывных нарушений в пределах аномальных зон, выделяемых по комплексу признаков на сейсмических временных разрезах;

- объяснение причин пликативной и дизъюнктивной дислоцированности действием тангенциальных напряжений – растяжений и сжатий отложений осадочного чехла;

- объяснение перетоков соляных масс воздействием на соли тангенциальных сжатий (непосредственно) и давлений складками коробления (опосредованно);

- обоснование направлений перетоков солей в направлении разрывных нарушений, а в их пределах – раздвигов в горных породах;

- прогноз тектонического развития и строения соляных тел, окружающих и перекрывающих пород.

В заключение заметим, что соляные тела со значительными объемами, находящиеся на небольших глубинах, могут иметь практическое значение для химической промышленности.

Л и т е р а т у р а

1. Белоусов В.В. Основные вопросы геотектоники. – М.: Гос... техиздат, 1954.
2. Бронгулеев В.В. Мелкая складчатость платформы. – М.: изд-во МОИП, 1951.
3. Гзовский М.В. Волнистость простирания крупных тектонических разрывов //Известия АН СССР. Серия геофиз. – 1953. – № 2.
4. Горьков Ю.Д. К вопросу о причинах течения галогенных пород //Вопросы геологии Южного Урала и Нижнего Поволжья. – Саратов: изд-во Сарат. ун-та, 1977. – Вып.13. – С.133-137.
5. Горьков Ю.Д. Инверсионно-седиментационная концепция развития бортовой зоны Прикаспийской впадины и ее роль в методологии прогноза нефтегазоперспективных структур //Недра Поволжья и Прикаспия. – 1999. – Вып.19. – С.42-47.
6. Горьков Ю.Д. Прогноз нефтегазоперспективных поднятий в межструктурных зонах //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2001. – Вып.25. – С.29-33.
7. Горьков Ю.Д. Об особенностях формирования и строения Пугачёвского свода в связи с перспективами открытия новых залежей нефти и газа //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2005. – Вып.42. – С.6-16.
8. Горьков Ю.Д. Об эффективности применения метода вертикальной расчлененности рельефа в целях прогноза нефтегазоперспективных структур //Недра Поволжья и Прикаспия. – 2006. – Вып.48. – С.37-44.

9. Магницкий В.А. К вопросу о генезисе плак-антиклиналей //Бюл. МОИП. Отделение геол. – 1946. – Т.21(3).

10. Страхов Н.М. Геология кунгура Ишимбаевского нефтеносного района. – М.: изд-во МОИП, 1947.

УДК 549.623.9 (470.4)

ГАЛЛУАЗИТЫ В ГЛИНОЗЕМНЫХ ПОРОДАХ ПОВОЛЖЬЯ

© 2012 г. В.Ф. Салтыков
Саратовский госуниверситет

Галлуазиты достаточно широко распространены в природных обстановках. Они встречаются в корах выветривания пород, богатых полевыми шпатами, причем образуются на ранних стадиях процесса в условиях повышенной увлажненности [2, 11, 14], а также в зонах окисления серных и колчеданных месторождений [9] и в глиноземистых аргиллизитах [3, 4]. В аллофан-гиббситовых породах галлуазиты являются породообразующими минералами [1, 5, 8, 10]. В жигулёвских рудах они составляют примерно равную с алунитами долю [6].

Ф.В. Чухров с коллегами [13] представили обширный обзор исследований этого минерала. Они использовали рентгенографию, термометрию, ИКС и электронную микроскопию. Исследователи полагали, что галлуазиты не следует рассматривать в качестве гидратированных каолинитов, хотя они и входят в эту группу алюмосиликатов, но являются самостоятельными минеральными видами. Они отметили важную роль воды в структуре. В отличие от работы [15], в которой изложена цилиндрическая модель кристаллов, Ф.В. Чухров с коллегами установили их секториально-зональное строение. С. Аомине и К. Вада [14] указали, что гидратированный галлуазит с базальным рефлексом $10,1 \text{ \AA}$ с двумя молекулами воды сохраняется в течение 2-3 недель, а затем переходит в метагаллуазит с рефлексом $7,2 \text{ \AA}$.

Они же наметили последовательность минералообразования: вулканическое стекло – аллофан – гидрогаллуазит. Дж.Л. Харрисон и С.С. Гринберг [18] исследовали порядок дегидратации. При 100 % влажности наблюдается острый пик $10,1 \text{ \AA}$, по мере увеличения сухости он расширяется и полностью исчезает при 20 % влажности, а при 30 % появляется пик $7,2 \text{ \AA}$, который усиливается по интенсивности. В работах [16, 17] установлено переслаивание гидратированных и дегидратированных разновидностей с кинетическими границами между ними. Детальное исследование термического поведения минерала провели Г.О. Пилоян и Е.П. Вальяшихина [7].

От каолинита галлуазит отличается морфологией своих кристаллов: вместо шестигранных пластинок фиксируется трубчатый облик. В работах С.С. Чекина с коллегами [11, 12] детально изучен механизм их формирования при выветривании полевых шпатов. Авторы показали, что в начале процесса образуются ромбовидные формы гиббсита и галлуазита с углами 60 и 120° . Затем происходит постепенное закручивание зерен последнего минерала в трубочки длиной $0,1-3 \text{ мк}$ и диаметром $0,02-0,1 \text{ мк}$. Они представили электронные снимки кристаллов и схемы их образования (рис.1). Каждый кристалл состоит из двух элементарных слоев, растущих спирально