

A. V. МАТУСЕВИЧ¹

РАЙОНИРОВАНИЕ СОЛЯНЫХ КУПОЛОВ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ С УЧЕТОМ СТРУКТУРЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Тұз жамылғысының құрылымдық картасын жөне жергілікті гравитациялық аномальдерінің аймақтандыру сұлбасын сейсмобарлау мәліметтерін қолдана отырып талдау негізінде Каспий маңы ойпаты бір-бірінен морфологиялық жөне басқа тұзкүмбезді құрылымдардың ерекшеліктері арқылы ажыратылатын 16 зонаға бөлінген. Осы зоналардың қысқа сипаттамасы берілген. Тұзкүмбездерінің құрастырылған аймақтандыру сұлбасын мұнайгазгеологиялық аймақтандыруына жөне тұзұстіндегі тұзлімдердің мұнайгаздылығы болашағының бағасын беруге пайдалануға болады.

На основе анализа структурной карты кровли соли и схемы районирования локальных гравитационных аномалий с привлечением данных сейсморазведки Прикаспийская впадина разделена на 16 зон, отличающихся по морфологическим и другим особенностям солянокупольных структур. Данна краткая характеристика этих зон. Составленная схема районирования соляных куполов может быть использована для нефтегазогеологического районирования и оценки перспектив нефтегазоносности надсолевых отложений.

On the basis of analysis of structural map of salt roof of local gravitational anomalies with due account of seismic prospecting and scheme of zoning the Precaspian basin was divided into 16 zones differed in morphology and other peculiar features characteristic of salt dome structures. A brief description of these zones is given. The scheme of salt dome area zoning can be used for oil-and-gas districts division and oil content estimation at the oversalt deposits.

Районирование солянокупольных структур Прикаспийской впадины выполнено в первую очередь на основе региональной структурной карты кровли соли, полученной в результате гравиметрического моделирования соленосной толщи. Методика составления этой карты была рассмотрена ранее [2]. Для углубленного анализа структуры соленосных отложений с использованием структурной карты кровли соли была сформирована модель изомощностей соленосного комплекса, которая после слаживания рассматривалась нами как характеристика седиментационных толщин соленосной формации. Очевидно, что по этим данным легко было получить схему суммарных седиментационных мощностей надсолевого комплекса. Для районирования соленосной тектоники использовалась также схема отношений толщин соли к надсолевым отложениям.

Многолетними исследованиями однозначно установлено, а в предлагаемой работе много-кратно иллюстрировалось четкое отображение соляных куполов в гравитационном поле. Поэтому важной основой изучения закономерностей размещения куполов различных типов была схема

районирования локальных гравитационных аномалий и первоисточники, на основе которых она составлена: карты локальных, в том числе анизотропных гравитационных аномалий, карты амплитуд локальных аномалий, плотностей локальных минимумов и др.[4]. Кроме перечисленных данных при составлении схемы районирования солянокупольных структур использовались материалы сейсморазведки и геологического картирования. Принималось во внимание региональное гравитационное поле [3]. Как и следовало ожидать, границы зон, отличающихся по характеристикам гравитационного поля, в первом приближении разделяют области развития куполов разного типа. Однако привлечение перечисленного дополнительного материала позволило более обоснованно определить положение границ зон на схеме районирования солянокупольных структур (рис. 1). Отметим, что при выделении зон тех или других форм структур имеется в виду преобладание таких структур в соответствующих зонах и не исключается наличие в них других типов куполов.

Перечислим выделенные на схеме районирования зоны соляных структур.

¹ Казахстан, 050010, Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а, Специализированное гравиметрическое предприятие Комитета геологии и недропользования РК.



Рис. 1. Схема районирования солянокупольных структур на фоне структурной карты кровли соли. 1 – Волгоградско-Уральская прибрежная зона соляных валов; 2 – Федоровский блок соляных гряд; 3 – Северо-Восточный прибрежный блок соляных гряд; 4 – северо-западная область интенсивной соляной тектоники; 5 – центральная зона куполов-тигантов; 6 – Пестано-Рынская зона соляных массивов; 7 – Баскунчак-Свероморская зона ориентированных соляных гряд; 8 – юго-западная зона соляной тектоники повышенной интенсивности; 9 – Астраханская зона затухания соляной тектоники; 10 – Жамбейтинский блок соляных гряд; 11 – Кизиль-Ульяновская зона соляных гряд; 12 – Южно-Сагизская зона соляных гряд; 13 – Эмбинская зона соляных куполов; 14 – Восточная зона соляной тектоники; 15 – Юго-Восточная зона затухания соляной тектоники; 16 – зона соляных антиклиналей

1. Волгоградско-Уральская прибортовая зона соляных валов.
2. Федоровский блок соляных гряд.
3. Северо-восточный прибортовой блок соляных гряд.
4. Северо-западная область интенсивной соляной тектоники.
5. Центральная зона куполов-гигантов.
6. Песчано-Рынская зона соляных массивов.
7. Баскунчак-Североморская зона ориентированных соляных гряд.
8. Юго-западная зона соляной тектоники пониженной интенсивности.
9. Астраханская зона затухания соляной тектоники.
10. Жамбейтинский блок дугообразных соляных гряд.
11. Киыл-Уилская зона соляных гряд северо-западного простирания.
12. Уил-Сагизская зона дугообразных соляных гряд.
13. Эмбинская зона соляных куполов.
14. Восточная зона соляной тектоники пониженной интенсивности.
15. Юго-восточная зона затухания соляной тектоники.
16. Актюбинская зона соляных антиклиналей.

Рассмотрим особенности строения солянокупольных структур в выделенных зонах.

Волгоградско-Уральская зона соляных валов. Зона (полоса) соляных валов шириной порядка 40 км протягивается вдоль северо-западного борта во внутренней части Прикаспийской впадины. В районе г. Уральска строгое широтное простирание структур нарушается присутствием поднятий ортогональной ориентировки. Здесь выделен нами Федоровский блок соляных куполов. Далее на востоке в Северо-Восточном прибортовом блоке простирание гряд параллельно границе впадины восстанавливается. Выделенные два блока являются продолжением Волгоградско-уральской зоны соляных валов. В районе Оренбургского выступа линейные соляные структуры под острым углом меняют субширотное направление на субмеридиональное и полоса соляных валов продолжается в Предуральском краевом прогибе, сужаясь до ширины 25 км.

Соляные валы рассматриваемой зоны представляют собой узкие (5–10 км) изгибающиеся параллельно бортовому раннепермскому уступу структуры, протягивающиеся на расстояние 100–

200 км и более и сочленяющиеся с небольшим смещением. Всего в зоне насчитывается до трех ансамблей соляных валов, разделенных межкупольными зонами, имеющими ширину, приблизительно равную ширине соляных структур. Соль в межкупольных линейных зонах, как правило, полностью выжата. Своды соляных гряд залегают вблизи дневной поверхности на глубинах 200–300 м, размыты и имеют неправильную куполовидную или плоскую сильно изрезанную форму. Вследствие этого поверхность соленосных отложений в сводах валов прослеживается в виде интенсивного пакета отражений с криволинейными и непротяженными отдельными осьми синфазности – пример шероховатых границ. Высота соляных структур резко увеличивается в направлении внутренних частей впадины от 3,5–4 км вблизи бортового уступа до 6,5–7 км в области третьего (последнего) комбинированного вала. Стенки валов преимущественно вертикальные, иногда с небольшими подворотами в сторону центра Прикаспийской впадины.

Примером может служить сейсмический разрез по профилю, проложенному через соляные валы Чеботаревский и Рубежинский в северной части Прикаспийской впадины в районе меридиана 52° (рис. 2), который наглядно демонстрирует отмеченные особенности морфологии соляных валов. Во-первых, строение соляных структур асимметрично – северные склоны относительно более пологие, чем южные, обращенные в сторону центра впадины. При этом крутые склоны часто подвернуты, что устанавливается по данным пересчета гравитационного поля в вертикальную плоскость. Во-вторых, межкупольные зоны по характеру дислоцированности представляют собой асимметричные или однокрылые мульды с общим падением поверхностей напластования в сторону борта впадины. В-третьих, тщательный анализ показывает, что подошва соленосных отложений погружается от борта к центру не моноклинально, а ступенчато. Каждая ступень представляет собой наклонную под углом 2–5° поверхность, переходящую к концу ступени в субгоризонтальный участок, который, в свою очередь, обрывается под большим углом к следующей ступени. Соляные валы приурочиваются к субгоризонтальной части подсолевых ступеней и последующему резкому перегибу.

Несколько слов о генезисе соляных валов. Межкупольные (межваловые) области формиро-

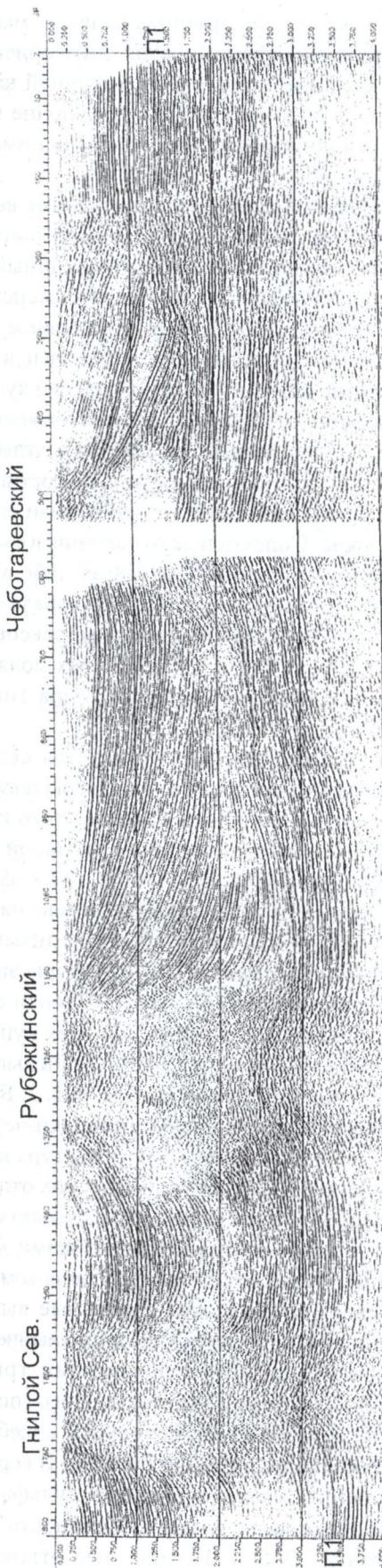


Рис. 2. Сейсмический разрез соляных валов северного борта Прикаспийской впадины (Волгоградско-Уральская зона)

вались не единовременно, а последовательно. Такое предположение основывается на том, что строение (состав и возраст) надсолевых отложений в зонах между валами резко отличается. Образованию соляных валов способствовало резкое (вдвое-втройне) нарастание мощности материнского пласта соли за бортовым уступом. Дифференциация нагрузки на соленосные комплексы создавалась за счет рельефа подсолевого ложа – его ступенеобразного погружения. Соль вследствие значительно большего количества терригенного материала, улавливаемого на подшве ступеней, вытеснялась к их вершинам. Последовательный отток соли в направлении, противоположном направлению поступления кластического материала, обусловил оползание надсолевых отложений на крыльях растущих куполов и формирование однокрылых мульд с падением в сторону борта или асимметричных антиклиналей с мигрирующей осью в ту же сторону.

В надсолевых отложениях осевые линии соляных валов контролируются характерными зонами тектонических нарушений. В сводовых частях валов выделяются локальные поднятия соли, слагающие ядра соляных куполов. Надсолевые отложения в сводовых частях куполов осложнены грабенами или сбросами, которые, образуя сложную систему нарушений, подчиняются простиранию соляных валов. Часто на соляных куполах наблюдаются ортогональные по отношению к их длинным осям разломы.

Северо-западная область интенсивной соляной тектоники. Эта область совпадает с одноименной зоной локальных гравитационных аномалий средней интенсивности. Ее северо-западная граница совпадает с бровкой карбонатного докунгурского уступа, по которой резко наращиваются толщины седиментационной соли. На востоке и юго-востоке граница зоны определяется по карте амплитуд локальных аномалий, по резкому увеличению плотности локальных минимумов (купов). На структурной карте кровли соли северо-западная область интенсивной соляной тектоники характеризуется резким уменьшением размеров соляных куполов по сравнению с зоной куполов-гигантов на востоке и зоной соляных массивов на юго-востоке. Большая часть соляных куполов этой зоны объединена в соляные гряды, закономерности в ориентировке которых на первый взгляд не наблюдается.

Здесь уместно отметить одну важную особенность геологического развития Прикаспийской впадины. Анализ скоростей накопления палеозойских и мезозойских отложений дает основание считать, что прогибание впадины происходило неравномерно. Если от протерозоя до периода наиболее активно опускания происходило в восточной части впадины, то уже с пермского времени более интенсивное прогибание отмечается на западе. Такая ситуация сохраняется в течение всего мезозойского и палеоген-раннеплиоценового времени. Это нашло отражение в мощностях осадков триаса-мела. Ускоренным прогибанием на рубеже раннего и среднего миоцена и последующим среднемиоценово-среднеплиоценовым этапам развития впадины соответствуют интенсивные фазы куполообразования, закончившиеся денудационными процессами. В результате сформировались солянокупольные структуры преимущественно открыто-прорванного типа. Своды этих структур на эрозионном срезе сложены соленосными отложениями кунгура, а на крыльях обнажаются узкой полосой отложения мела, а иногда только нижнепалеогенового возраста. В некоторых случаях кунгурское поле заканчивается у высокоамплитудного уступа, вдоль которого на эрозионном срезе соленосные отложения контактируют с палеогеном, а иногда и верхним палеогеном. Примерами куполов открыто-прорванного типа могут служить Кожакагаш, Шевелев, Кисыксай, Альшок, колыцевая структура, включающая купола Аралтобе, Фомин и др. Юрские отложения прослеживаются в осевых частях некоторых гряд между выходами кунгура (Сайкудук). В северо-западной зоне многие купола относятся к скрыто-прорванному типу. Их своды на эрозионном срезе сложены юрскими или нижнемеловыми отложениями (Кызылатан, Истомин, Акмамык и др.). Межкупольные зоны Северо-Западной зоны интенсивной соляной тектоники на эрозионном срезе сложены нижним палеогеном на востоке и верхним палеогеном в центре. Этим отображено продолжавшееся прогибание этой части Прикаспийской впадины в кайнозойское время.

Центральная зона куполов-гигантов расположена в северной части области, в наиболее высокоамплитудных локальных аномалиях, оконтуренной на схеме районирования локальных аномалий солянокупольного типа. В этой области кроме зоны куполов-гигантов нами выделена

Песчано-Рынская зона крупных соляных массивов и Баскунчак-Североморская зона ориентированных соляных гряд. На структурной карте кровли соли эти зоны выделяются вполне контрастно, хотя положение границ между ними не везде бесспорно.

В центральной зоне куполов-гигантов выделяются соляной массив купола Шалкар, вытянутый в северо-западном направлении, единый соляной массив куполов Сахарный, Лебяженский, Круглый, объединенных в огромное соляное тело северо-западного простирания, и, наконец, в южной части зоны крупный соляной массив купола Индер. Особенностью куполов-гигантов являются крутые стенки соляных массивов – углы падения поверхности соли на крыльях достигают 80–90° и выполняются только вблизи свода. Своды плоские. Соленосные отложения в сводах либо залегают на глубинах до 200 м, либо выведены на эрозионную поверхность и размыты. Продукты размыва соленосных комплексов нередко откладывают в мелководных соляных озерах вблизи куполов (соленые озера Индер, Шалкар и др.).

Купол-гигант Шалкар отличается своими огромными размерами среди всех солянокупольных структур мира. У соляного массива этого купола выделяется центральная часть овальной формы, размеры которой около 2000 км² (30 × 65 км). Овальная форма центральной части массива усложнена многочисленными ответвлениями, за счет которых общие размеры структуры значительно увеличиваются (рис. 3, А). Стенки соляного массива, что характерно для всех куполов центральной зоны, крутые (80–90°), они выполняются только вблизи свода (см. рис. 3, Б). На геологической карте со снятым плиоцен-четвертичным покровом Шалкарская структура выражена обнажением ниже-среднеюрских отложений в окружении палеогена. Относительно узкие крылья поднятия картируются выходами меловых и верхнеюрских отложений. На широком поле юрского свода встречаются локальные выходы на эрозионный срез кунгурских гидрохимических осадков, окаймленных отложениями триаса. Плоский свод соляного массива полого (под углом 3–4°) наклонен на юг, локальные колебания его поверхности не превышают 90 м. В верхней части соляного массива развиты сульфатные породы кепрока, максимальная мощность которого достигает 250 м. Подсолевые отложения

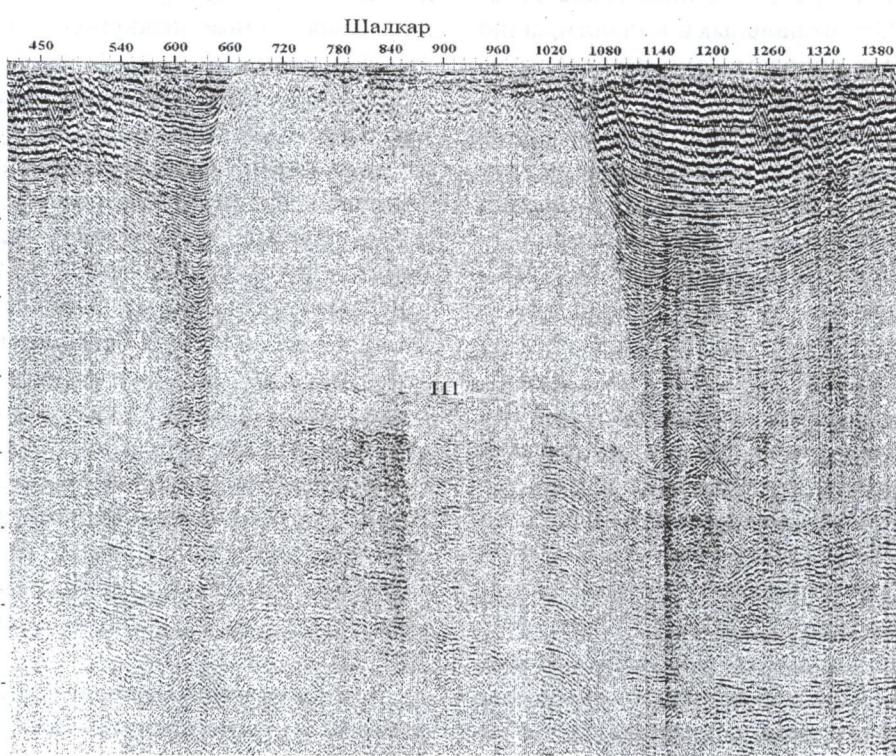
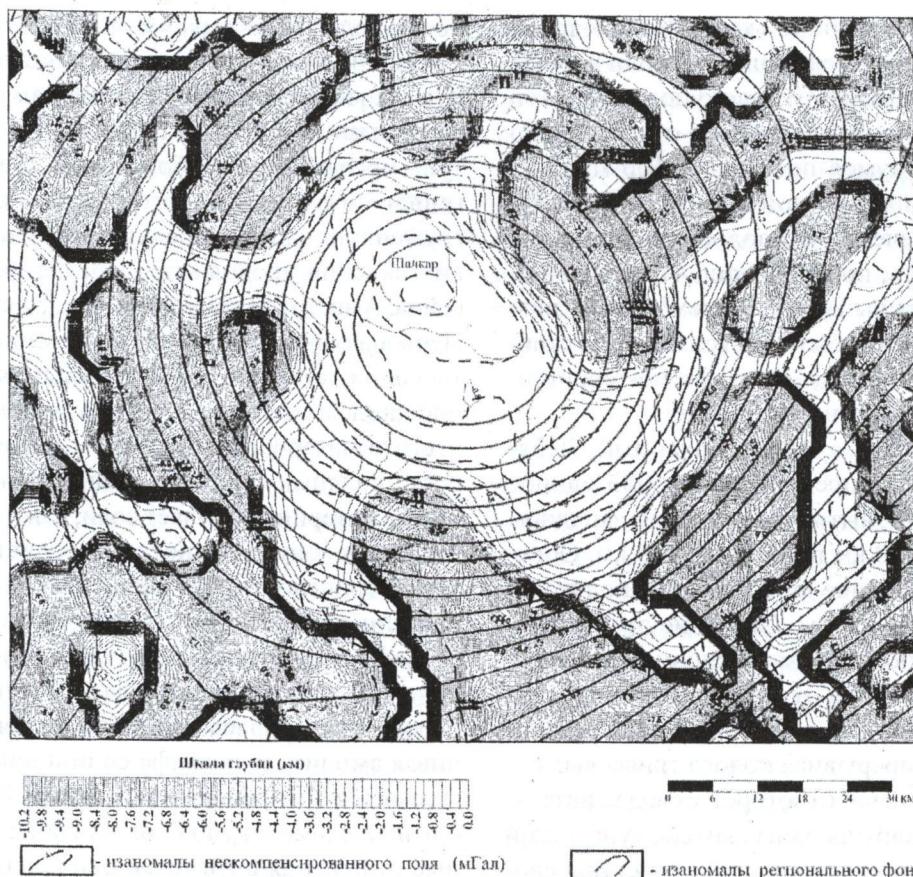


Рис. 3. Купол-гигант Шалкар. А – структурная карта кровли соли, Б – сейсмический разрез по линии CD

залегают здесь на глубине около 10 км, к такой величине приближается мощность соли в своде купола. В гравитационном поле купол отображен минимумом, амплитуда которого относительно смежных максимумов превышает 100 мГал. В процессе решения обратной задачи гравиразведки было установлено, что подобную аномалию можно объяснить, предположив, что плотность соли здесь не превышает $2,10 \text{ г/см}^3$. Столь низкая плотность может быть объяснена отсутствием заметных пропластков сульфатно-терригенных пород в теле соляного массива.

Соляной массив куполов Сахарный, Лебяжинский, Круглый представляет собой единое соляное поднятие, вытянутое в северо-западном направлении на 70 км при ширине 20 км. Обращает на себя внимание дугообразная (полукольцевая) форма структуры. Строение этой структуры на предплиоценовом эрозионном срезе существенно отличается от купола Шалкар. Здесь в линейно вытянутом своде обнажается относительно узкая непрерывная полоса триасовых отложений, в осевой части которой в сводах названных куполов закартированы выходы кунгурской соли. Крылья солянокупольной структуры сложены осадками от юрского до нижнепалеогенового возраста. Ортогональными к простирианию соляного массива сбросами они разделены на многочисленные блоки. Большая часть свода купола Индер под плиоцен-четвертичным покровом сложена гидрохимическими осадками кунгура, верхняя часть которых представлена кепророком сульфатно-гипсового состава, с которым связано крупное месторождение боратов. Таким образом, с севера на юг в строении куполов-гигантов просматривается следующая закономерность: своды куполов слагаются более древними отложениями, несмотря на уменьшение размеров соляных массивов. Выходы кунгурских соленосных отложений на предплиоценовый срез позволяют отнести структуры этой зоны к куполам открытого прорванного типа.

Природа образования куполов-гигантов, аналогов которым в других бассейнах мира не отмечено, весьма загадочна. Предлагаемая схема их формирования может вызвать множество возражений, но это лишь подтверждает, что загадка не разгадана. Купола-гиганты образовались в наиболее погруженной области пермского солеродного бассейна, где первоначальная мощ-

ность соли была максимальная. Современная глубина залегания подсолевого ложа около 10 км. Купола-гиганты располагаются над высокоамплитудными выступами подсолевого ложа. Выступы представляют собой конусы выноса терригенного материала в центральную наиболее погруженную часть в предкунгурскую эпоху резких падений уровня моря Прикаспийского бассейна. Амплитуда конусов выноса достигает 1 км. Первоначальную нагрузку на материнские пласты соли составили терригенные отложения при площадном всестороннем поступлении кластического материала. Спусковым механизмом для роста соляных структур стало различие давлений на материнский пласт соли, накопившихся на вершинах конусов выноса и в их дистальных частях (вероятно, за счет рельефа поверхности соленосных отложений, который был подобен рельефу подсолевого ложа). Соль по мере увеличения нагрузки надсолевых толщ пластически перераспределялась в сторону поднятий, увеличивая амплитуду рельефа соли и приводя к еще большей дифференциации нагрузок. По такой или близкой схеме в купола были собраны соленосные отложения с гигантских площадей, составляющих тысячи квадратных км и представляющих современные межкупольные зоны вблизи куполов-гигантов.

Песчано-Рынская зона соляных массивов характеризуется огромными плановыми размерами соляных тел и неупорядоченной их ориентацией. Просматривается увеличение размеров соляных массивов в южном направлении, где они становятся соизмеримыми с куполами-гигантами Центральной зоны. К таким массивам относятся массив купола Бегайдар и единые массивы групп куполов Нурмухамбет-Тортайский, Шукен-Иолеш-Бекетайкум и Богутай-Бакай. Отметим, что на карте амплитуд локальных гравитационных аномалий солянокупольного типа Центральной и Песчано-Рынской зонам соответствуют области повышенных (более 40 мГал) значений. Эти зоны идентичны по плотности локальных минимумов – менее двух минимумов на 1000 км².

Южная граница Песчано-Рынской зоны проходит по относительно узкой полосе межкупольных мульд, которая на протяжении около 300 км не пересекается поднятиями соли. Есть основание полагать, что этот линеамент обусловлен

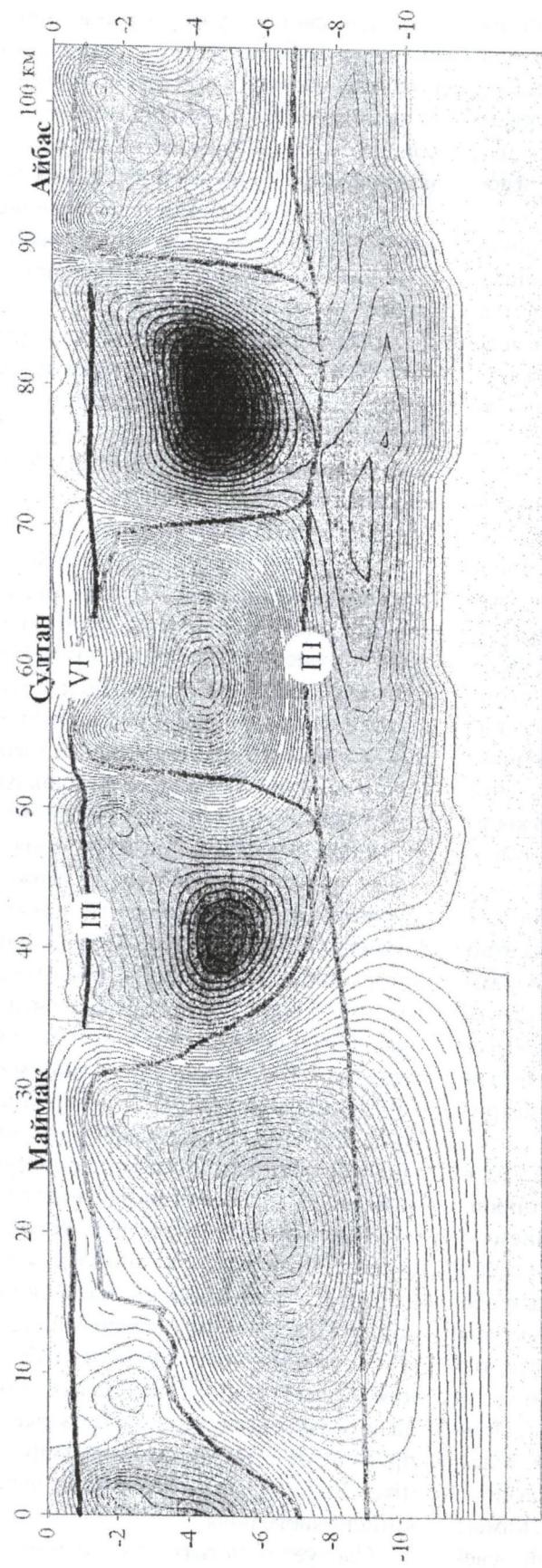
региональным разломом. Вблизи этой границы просматривается тенденция к ориентации вдоль нее соляных массивов (Нурмуханбет-Тортыйский, Суиндык-Богутайский). К этим массивам примыкают соляные гряды ортогонального направления, например Исатай-Борал-Албас, Таскудук С.-Кеман-Кияк и др. На севере Песчано-Рынской зоны наблюдается изменение ориентации соляных гряд на субширотное направление, параллельное границе зоны. Просматривается тенденция уменьшения размеров куполов в восточном направлении. Это объективно отражается в увеличении почти в два раза числа гравитационных минимумов на 1000 км^2 (от 1,2 до 2,0), при этом среднестатистические значения амплитуд локальных аномалий сохраняется на высоком уровне – более 40 мГал. В этом же направлении увеличиваются размеры межкупольных зон, среди которых преобладает бессолевое строение. Слоны соли крутые, часто близкие к вертикальным, а иногда имеют обратное падение. Эти особенности строения соли хорошо отображаются на разрезах объемной модели гравитационного поля [1]. В качестве примера приведем разрез по широтному профилю в восточной половине Песчано-Рынской зоны (рис. 4). В крайней восточной части зоны расположен изометричный участок понижения амплитуд локальных аномалий. Здесь число минимумов на 1000 км^2 приближается к 3, а размеры куполов заметно уменьшаются. Этот участок выделен в Махамбетский блок соляных куполов, который по структуре локального гравитационного поля и рельефу кровли соленосных отложений тяготеет к Эмбинской зоне соляных куполов, но геометрически с ней разобщен.

Соляные купола Песчано-Рынской зоны в большинстве относятся к куполам открытого типа. Геологическим картированием со снятием плиоцен-четвертичного покрова охвачена незначительная северная часть рассматриваемой зоны. Но эти данные с учетом структуры гравитационного поля позволяют утверждать, что в сводовых частях куполов на эрозионном срезе развиты обширные поля кунгурской соли. Примером может служить купол Самарский, охватывающий большую восточную часть массива, включающего, кроме того, купола Камыс, Камыс Зап. и Турдыкул. Геологической съемкой освещена лишь северная часть соляного массива.

Площадь сводов куполов Самарский и Турдыкул на эрозионном срезе полностью сложена кунгурскими соленосными отложениями. Эти купола разделены изометричной надсводовой мульдой, отобразившейся локальным гравитационным максимумом. Кунгурской солью на эрозионном срезе сложен свод значительно меньшего по размерам Новобогатинского купола, расположенного в юго-восточной части Песчано-Рынской зоны.

В качестве другого примера структур Песчано-Рынской зоны рассмотрим крупную солянокупольную структуру, связанную с соляным массивом Бегайдар (рис. 5). Структура расположена на юго-востоке Песчано-Рынской зоны соляных массивов. Площадь ее около 800 км^2 , она вытянута на 40 км в северо-западном направлении параллельно границе зоны. Минимальная глубина залегания кровли соли около 500 м. В средней части массива поверхность соли образует погружение до глубины более 1200 м. Здесь сформировалась небольшая по площади мульда, выполненная меловыми и юрскими отложениями, по подошве неокома мульда имеет изометричную форму. За пределами мульды отражающий горизонт III в пределах массива отсутствует. Надсводовая мульда делит соляной массив на две примерно равные части, которые рассматриваются как самостоятельные соляные купола Бегайдар и Бегайдар Вос. Особенностью строения рассматриваемого участка является преобладание площади соляного массива по сравнению с ограничивающими его межкупольными мульдами. Бегайдарский соляной массив в гравитационном поле отобразился минимумом огромной интенсивности, амплитуда минимума относительно ограничивающих с северо-востока и юго-запада максимумов достигает 50 мГал. На разрезе объемного гравитационного поля видно строгое соответствие минимума структуре соли. Соляной массив имеет крутые склоны, амплитудой до 5 км. Разрез гравитационного поля позволяет предполагать возможность обратного падения соли. По результатам решения обратной задачи гравиразведки межкупольные мульды, соединенные с массивом Бегайдар, бессолевые, что подтверждается и разрезом объемного гравитационного поля.

Следует отметить, что глубина подсолевого ложа в Песчано-Рынской зоне соляных масси-



Шкала интенсивности аномалий (мГал)



Масштаб гор. 1 : 500 000
верт. 1 : 200 000

— подошва соленоидных
отложений (ОГ ПII);

— отражающий и условный
внутриорского-меловой горизонт;

VI — кровля соли (ОГ VI), полученная в
результате моделирования по
гравитационному полю, с учетом
сейсмических данных;

III — отражающей
внутриорского-меловой горизонт;

Рис. 4. Разрез куполов Печано-Рынской зоны



Б

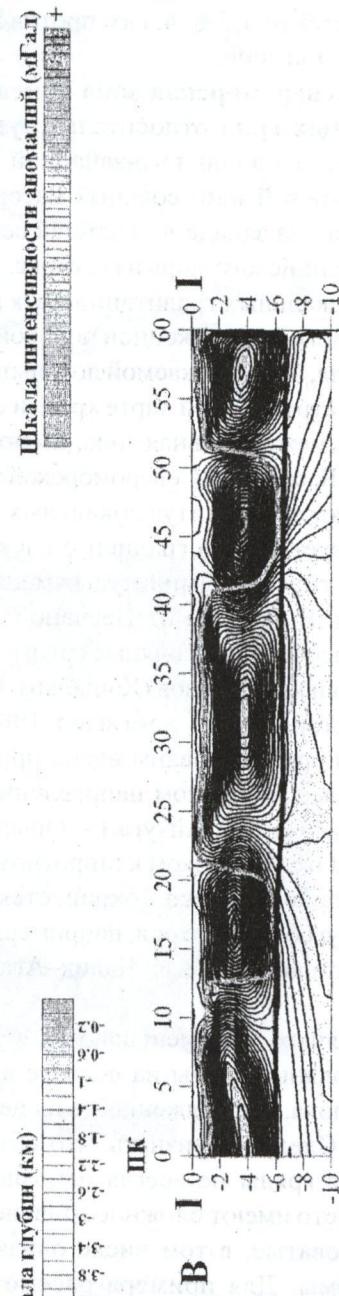


В

Шкала интенсивности аномалий (мГа/л)



Шкала глубины (км)



- кровля соли — подсолевой горизонт П1 (сейсмо-травиметрическая модель)
— разрез по линии I—I

Рис. 5. Купол Begайдар. А – структурная карта кровли соли, Б – локальное гравитационное поле, В – разрез по линии I–I

вов составляет от 6,5 до 8,0 км, что существенно меньше, чем в Центральной зоне куполов-гигантов. Также обстоит дело и с первичной седиментационной мощностью соленосной толщи – здесь она изменяется от 3,5 до 4,5 км против 5,5–6,0 км в Центральной зоне.

***Баскунчак-Североморская зона ориентированных соляных гряд** относительно узкой полосой простирается вдоль юго-западной границы Песчано-Рынской зоны соляных массивов от озера Баскунчак на западе до крайней северной акватории Каспийского моря на востоке. Граница эта в поле локальных гравитационных аномалий выражена узкой протяженной полосой положительного поля, непересекаемой локальными минимумами. На структурной карте кровли соли здесь выделяется межкупольная зона, имеющая форму ложбины. Баскунчак-Североморской зоне соляных гряд на карте амплитуд локальных аномалий соответствует полоса градиентов, в которой среднестатистические амплитуды уменьшаются на 10 мГал. В отличие от Песчано-Рынской зоны здесь преобладают соляные гряды, хотя и выделено несколько массивов (Кошалан). Протяженность некоторых гряд достигает 100 км. Оси многих гряд ориентированы вдоль простирации зоны: в северо-западном направлении на западе (Каракудук Сев. – Байтуган – Орынгайский – Кошаган Юж.) и близком к широтному на востоке. Такая ориентировка сохраняется и у гряд, имеющих дугообразные оси, например, грязда куполов Жанаталап–Луговая–Чалик–Агаманский.

Размеры соляных тел уменьшаются с запада на восток. Соляные гряды на востоке включают два-три купола, и протяженность их не превышают 50 км. Следует признать, что объединение куполов в гряды не всегда однозначно. Соляные тела часто имеют сложное сочленение, образуя замысловатые, в том числе близкие к кольцевым формы. Для примера рассмотрим группу куполов Байтурган, Орынгайский, Кошаган Юж., Сазанкурак, Манащ, Амангельды, Манащ Юж. Эти купола образуют единую структуру овальной формы, которые можно рассматривать как две соляные гряды, соединенные на периклиналях перешейками. Протяженность каждой гряды около 40 км, а поперечные размеры менее 10 км (рис. 6, А). Поднятие соли в осевых частях гряд оконтуривается изогипсой –1,0 км, а

в сводах куполов Сазанкурак, Амангельды и Манащ Юж. поднимается до глубин 0,4–0,2 км. Гряды ограничены крутыми до отвесных склонами соли амплитудой до 5 км. На карте аномалий Буге соляным грядам соответствует понижение поля, но из-за влияния регионального поля минимумы имеют расплывчатый характер. После высокочастотной фильтрации получено поле локальных аномалий, строго соответствующее структуре соленосных отложений (рис. 6, Б). Особенно ярко это соответствие видно на разрезе объемного гравитационного поля, совмещенного с разрезом соленосных отложений (рис. 6, В).

В Баскунчак-Североморской зоне прослеживается несколько непротяженных узких соляных гряд, имеющих ортогональную к простирации зоны ориентировку, например Карамола-Мынтеке Сев. На западе Баскунчак-Североморской зоны в межкупольных мульдах мощность соленосной толщи достигает 1,0 км и более. В восточном направлении она уменьшается и наступает преобладание бессолевых мульд. В целом на структурной карте кровли соли Баскунчак-Североморская зона соляных гряд и Песчано-Рынская зона массивов отличаются не контрастно, в связи с чем их можно объединить в единую зону с выделением Баскунчак-Североморской подзоны.

Жамбейтинский блок дугообразных соляных гряд имеет клинообразную форму меридиональной ориентации с вершиной, обращенной на юг. На западе блок граничит с Центральной зоной куполов-гигантов. Граница эта на структурной карте кровли соли выглядит чрезвычайно контрастно. Здесь наблюдается резкое уменьшение размеров и формы соляных тел. К востоку от куполов-гигантов прослеживаются извилистые меридиональные гряды Айдар – Жамбейты – Елток-1 и Сатимкола – Караконак – Амангат. Ширина гряд менее 10 км, что несопоставимо с куполами-гигантами. Северная граница прослеживается достаточно уверенно, здесь купола Жамбейтинского блока, объединенные в дугообразные гряды (Шалкар 1 – Шалкар 2, Сарымбет – Аккудук – Новопетровка Сев.), примыкают к узкой межкупольной зоне субширотного простирации, которая лишь дважды пересекается соляными перешейками. С севера в эту границу упираются ортогонально ориентированные соляные гряды Караганды – Завод, Анкаты, Аксуат, Пол-

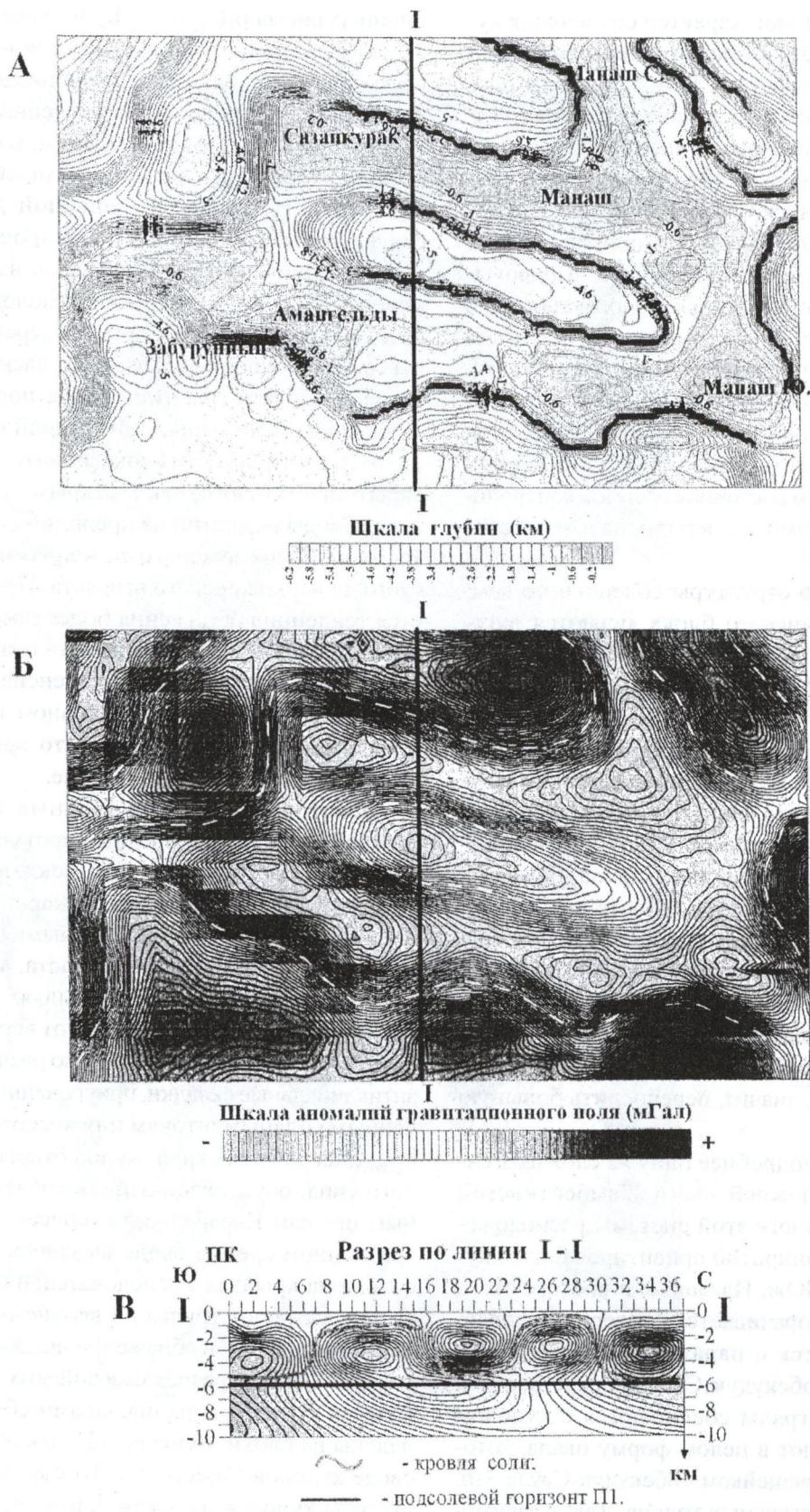


Рис. 6. Соляные гряды Баскунчак-Североморской зоны. А – структурная карта кровли соли, Б – локальное гравитационное поле, В – разрез по линии I – I

тавский – Елтай. Такой характер сочленения куполов дает основание признать тектоническую природу северной границы Жамбейтинского блока. Менее контрастно выглядит восточная граница блока, положение ее не вполне однозначно, однако увеличение размеров соляных тел к востоку от Жамбейтинского блока просматривается вполне уверенно. На карте амплитуд локальных аномалий Жамбейтинский блок вырисовывается в виде «залива» пониженных амплитуд, а на плотности локальных минимумов – повышением в 2–2,5 раза числа минимумов на 1000 км². В анизотропно трансформированном поле (акцент максимумов градиентов) Жамбейтинский блок отображается областью линеамент пониженной интенсивности, его восточная граница контролируется интенсивными субмеридиональными аномалиями.

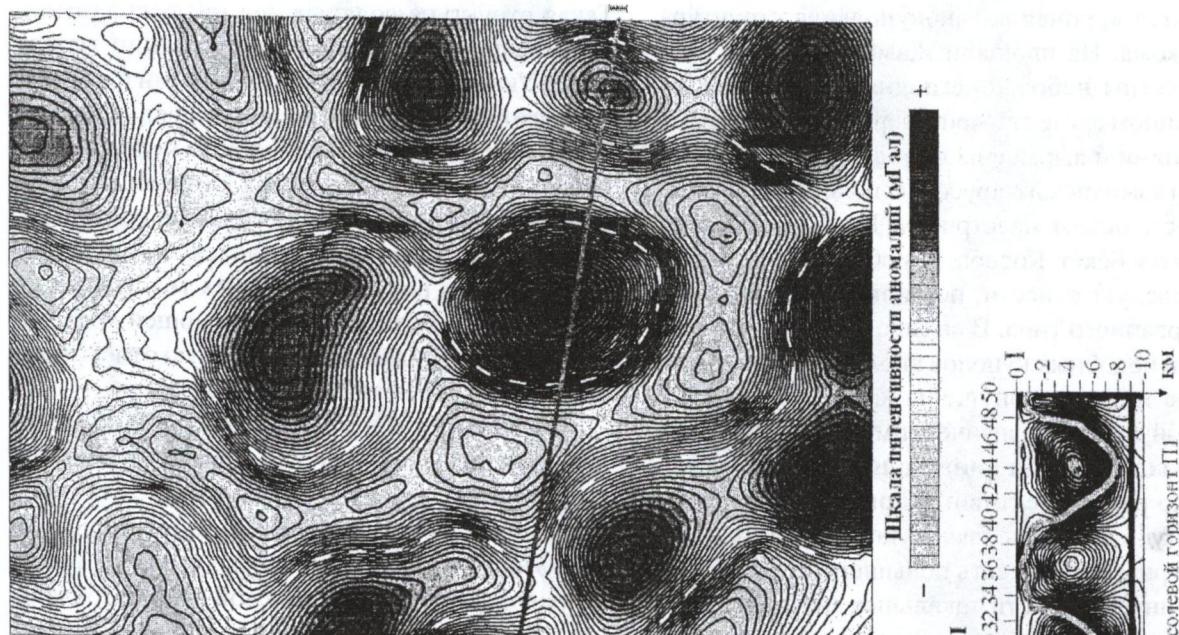
Особенностью структуры соленосного комплекса Жамбейтинского блока являются дугообразные, вплоть до кольцевых форм соляных гряд. Это хорошо видно на структурной карте кровли соли и карте локальных аномалий, на геологической карте эта структурно-тектоническая особенность блока в значительной степени завуалирована. На севере блока четкое оваловидное кольцо, вытянутое в северо-восточном направлении, образуют соляные тела куполов Шалкар-1, Шалкар-2, Елтлок-1, Оленты. Восточнее вблизи северной границы блока просматривается еще несколько структур кольцевой формы. Полукольцевая грязь Дюсебек – Тогыз – Шугул подчеркивает южную клинообразную границу блока. Перечислять дугообразные и кольцевые структуры блока – это, значит, перечислить большую часть куполов.

Рассмотрим подробнее одну из сложных систем куполов в южной части Жамбейтинской зоны (рис. 7). На юге этой системы расположено соляное тело широтно ориентированного купола Тобекудук Юж. На западе и востоке этого купола соль разворачивается в северном направлении и сливается с параллельными грядами Тюбекудук – Тюбекудук Сев. и Сауле Зап. На севере соляные гряды соединяются с куполом Кособа и образуют в целом форму овала, который соляным перешейком Тобекудук-Сауле Зап. разделен на два смежных кольца. Такое взаимоотношение между солянокупольными структурами четко отражено в поле локальных гравитационных аномалий (рис. 7, Б).

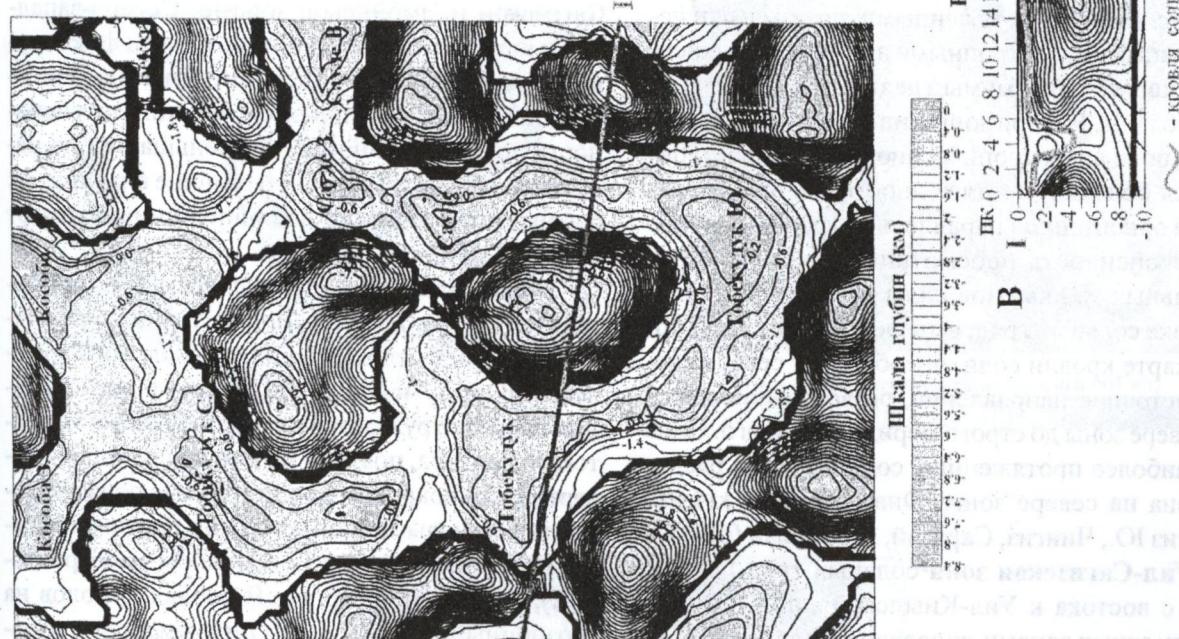
Южная кольцевая структура хорошо вырисовывается на геологической карте выходами на эрозионный срез юрских, а местами триасовых отложений. По фрагментам прослеженной сейсморазведкой соли взаимосвязь между соляными телами не устанавливается. Что касается северной кольцевой структуры, то в отличие от южной она не видна и на геологической карте – здесь взаимосвязь между куполами завуалирована молодой палеогеновой мульдой. Пример рассмотренной группы соляных куполов показывает, насколько важно использовать гравитационное поле для расшифровки закономерностей соляной тектоники.

В Жамбейтинском блоке развиты купола как скрытопрорванного, так и открытопрорванного типа. Своды поднятий на предплиоценовом эрозионном срезе сложены отложениями от кунгурского до верхнеюрского возраста. Просматривается тенденция обнажения более древних отложений в южном направлении. Это позволяет сделать вывод о том, что этап интенсивного роста куполов на севере зоны в основном завершился к верхнемеловому времени, в то время как на юге он продолжался в палеогене.

Некоторые солянокупольные структуры Жамбейтинской зоны представляют собой линейно вытянутые симметричные складки. Такую складку образуют купола Шалкар-1 и Шалкар-2. Ее свод сложен нерасчлененными отложениями нижне-среднеюрского возраста, а на северо-западном и юго-восточном крыльях последовательно обнажаются отложения от верхнеюрских до нижнепалеогеновых. Широко развиты брахиантклинальные складки, приуроченные к обособленным соляным штокам или к вздутиям соли в пределах соляных гряд. Купол открытопрорванного типа, обусловленный обособленным соляным штоком Карабелес, интересен тем, что на эрозионном срезе в своде выведена кунгурская соль, а на крыльях последовательно обнажаются отложения от триаса до верхнего мела (кампанский ярус), т.е. в обнажении представлен практически полный разрез мезозойских отложений. Крылья структуры радиальными сбросами разделены на блоки. Кунгурская соль обнажается в своде куполов Саралыоба, Тобекудук Сев. Своды ряда куполов на эрозионном срезе сложены триасовыми отложениями (Тобекудук Юж., Тобекудук, Кульсай, Болдыртинский). К куполам



Б



А

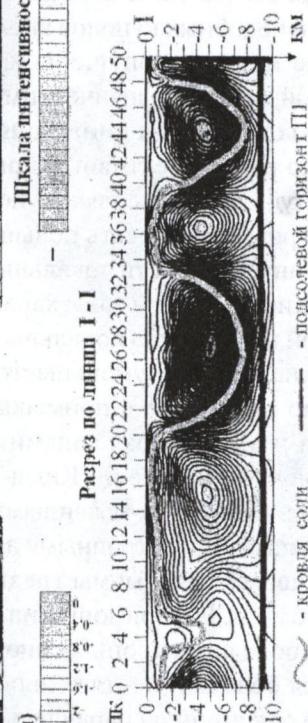


Рис. 7. Купола Жамбайтинской зоны. А – структурная карта кровли соли, Б – локальное гравитационное поле, В – разрез по линии I–I

скрытопрорванного типа со сводовыми грабенами, характерными для куполов Эмбинской зоны, относится крупная солянокупольная структура Матенкожа. На площади Жамбейтинского блока известны небольшие поднятия, которые на эрозионном срезе сложены верхнемеловыми отложениями и выражены выходами пород сантонского и кампанского ярусов на поле горизонтально залегающего маастрихта. К таким куполам относятся Бекет, Кособа, Кособа Зап. Эти структуры следует отнести, по-видимому, к куполам непрорванного типа. В связи с небольшими размерами подобных куполов вполне возможно, что многие из них пропущены как геологической съемкой, так и геофизическими исследованиями.

Кыл-Уилская зона соляных гряд выделена по ряду объективных признаков. На карте амплитуд аномалий солянокупольного типа здесь оконтуривается область повышенной (свыше 30 мГал) интенсивности локальных аномалий. Площадь Кыл-Уилской зоны характеризуется пониженной плотностью локальных минимумов – их число на 1000 км² уменьшается примерно в два раза по сравнению с примыкающими с северо-запада и юго-востока зонами солянокупольной тектоники. Эти границы Кыл-Уилской зоны четко фиксируются протяженными, практически непрерывными анизотропными аномалиями, акцентирующими максимумы градиентов гравитационного поля. Внутри зоны линеаменты, выделенные в поле анизотропных аномалий, характеризуются большой протяженностью и преобладающей ориентацией параллельно границам зоны. Эта особенность просматривается и на карте локальных минимумов силы тяжести. В ориентировке соляных гряд, выделенных на структурной карте кровли соли, преобладает север-северо-восточное направление, разворачивающееся на севере зоны до строго меридионального. Одна из наиболее протяженных соляных гряд расположена на севере зоны. Она включает купола Чингиз Ю., Чингиз, Сартсай, Алмазный (рис. 8).

Уил-Сагизская зона соляных гряд примыкает с востока к Уил-Кылской зоне. Граница между этими зонами проведена по следующему принципу. Вдоль восточной границы Кыл-Уилской зоны на протяжении более 130 км прослеживается непрерывная соляная гряда, включающая 10 соляных куполов от Егизкары на юго-западе до Мирманлука на северо-востоке. Севернее купола Кызылсай ширина гряды резко сужается

от 10 до 5 км и к ней с северо-запада примыкают ортогонально ориентированные соляные тела. Такая структура соляных тел послужила основанием для проведения здесь границ между Кыл-Уилской, Уил-Сагизской зонами и по северо-восточным блокам соляных гряд. Граница Уил-Сагизской зоны проходит по непрерывной цепочке межкупольных мульд, ограничивающих Егизкары-Мирманлукскую соляную гряду с востока. Эта граница отмечается, кроме того, уменьшением размеров соляных тел. Нельзя не отметить смену здесь преобладающей ориентации соляных гряд на ортогональную относительно рассматриваемой границы.

Эмбинская зона соляных куполов расположена к юго-западу от Уил-Сагизских соляных гряд. Граница между этими зонами не отличается контрастностью. Протяженность соляных гряд Уил-Сагизской зоны на юго-запад постепенно уменьшается и в Эмбинской зоне преобладают соляные тела, включающие один-два купола. Это нашло отражение в поле локальных анизотропных гравитационных аномалий, протяженность которых здесь резко уменьшается. Именно в поле анизотропных аномалий удается наиболее уверенно проследить границу между Уил-Сагизской и Эмбинской зонами. Северо-западная и юго-восточная границы этих зон фиксируются протяженными линеаментами, выделенными в поле анизотропных аномалий. Интенсивность локальных аномалий уменьшается по направлению к юго-восточной границе впадины, их среднестатистические величины снижаются от 25 до 15 мГал.

В Эмбинской зоне преобладают купола прорванного типа, т. е. соль полностью или частично прорывает отложения юрско-мелового комплекса. Юрско-меловые отложения в региональном плане погружаются в сторону Северо-Устюртского прогиба, поэтому на юге под плиоцен-четвертичным покровом межкупольные поля сложены палеогеновыми отложениями в противоположность верхнемеловым (в основном маастрихтским), развитым севернее. В сводах куполов на эрозионный срез выведены нижнемеловые и юрские отложения, нарушенные многочисленными сбросами. В осевых частях куполов сбросы образуют грабены, выполненные верхнемеловыми и палеогеновыми отложениями. Грабены нередко разветвляются, образуя трехлучевые и более сложные формы, и разделяют надсолевые отло-

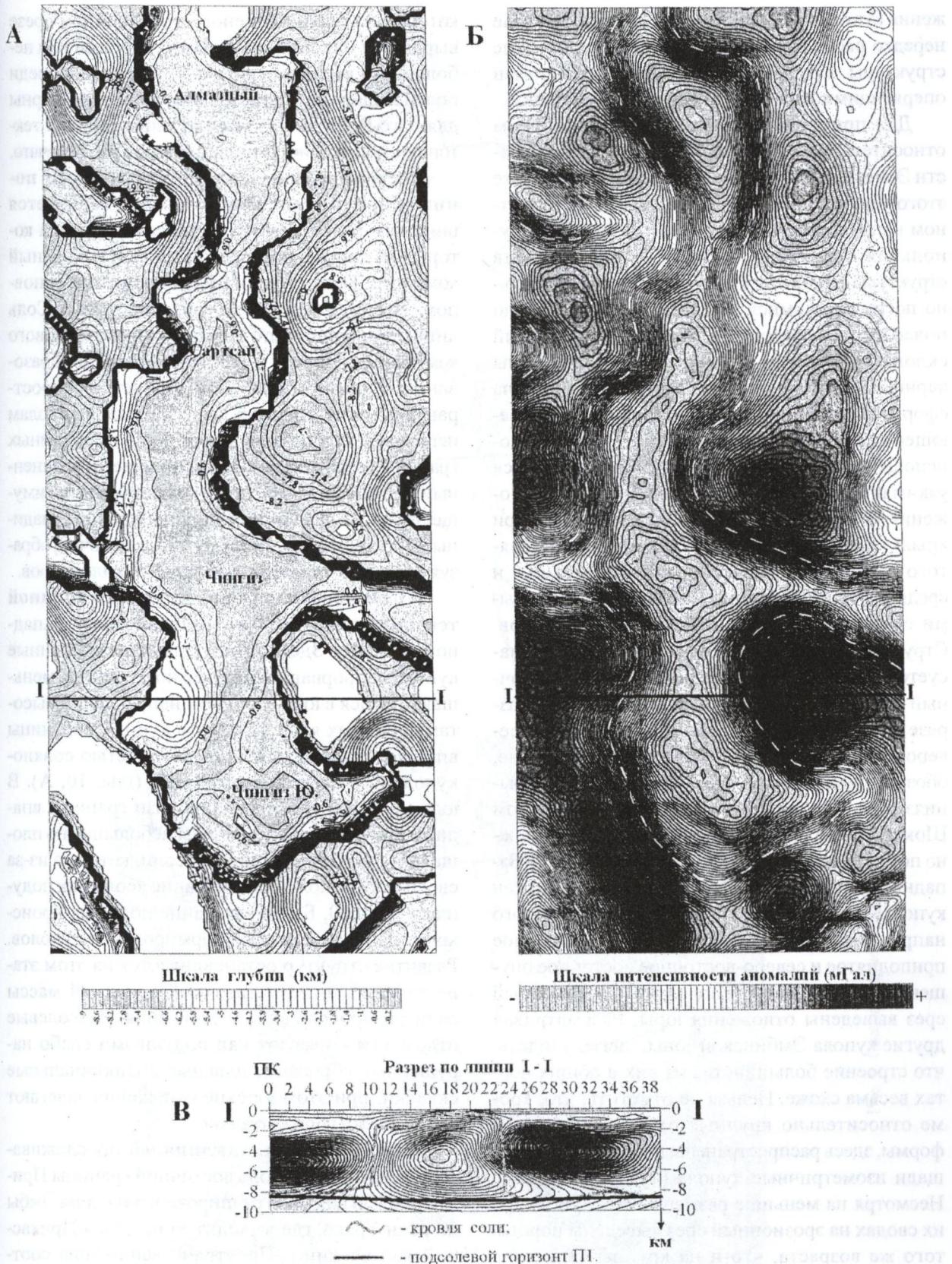


Рис. 8. Купола Киыл – Уилской зоны. А – структурная карта кровли соли, Б – локальное гравитационное поле, В – разрез по линии I – I

жения куполов на разобщенные крылья, которые нередко рассматриваются как самостоятельные структуры. Крылья куполов многочисленными оперяющими сбросами разделяются на блоки.

Для примера более детально рассмотрим относительно небольшой участок в средней части Эмбинской зоны (рис. 9). На северо-востоке этого участка расположена вытянутая в широтном направлении более чем на 10 км солянокупольная структура Шокат. Соляной массив структуры ограничен склонами, почти вертикально погружающимися от глубины 2,0–2,5 км до подсолевого горизонта. Северный и восточный склоны по данным гравиразведки осложнены карнизами, в приподнятой части соляного тела сформировалось ядро соляного купола, прорывающее юрско-меловые отложения. На предплиоценовом эрозионном срезе купол отобразился узким широтным грабеном, выполненным отложениями маастрихта. К грабену примыкают три крыла структуры. В своде наиболее приподнятого северного крыла обнажаются нижне- и среднеюрские отложения. Это крыло поперечными сбросами разделено на несколько блоков. Структура надсолевых отложений хорошо соглашается с рельефом кровли соли. Северо-восточный отрог соляного массива в надсолевом разрезе контролируется сбросом, к которому с северо-запада примыкает однокрылое поднятие, обозначенное как самостоятельный купол Сарыньяз Юж. Это поднятие совместно с куполом Шокат можно рассматривать как единую сложно построенную солянокупольную структуру. Западнее рассмотренной структуры расположен купол Кызылкала. Грабеном северо-западного направления купол разделен на юго-западное приподнятое и северо-восточное восточное опущенное крылья. В своде поднятия на эрозионный срез выведены отложения юры. Рассматривая другие купола Эмбинской зоны, легко увидеть, что строение большинства из них в общих чертах весьма схоже. Нельзя не отметить, что, кроме относительно крупных структур овальной формы, здесь распространены небольшие по площади изометричные купола (Туйлис, Дюсеке). Несмотря на меньшие размеры этих куполов, в их сводах на эрозионный срез выведены породы того же возраста, что и на крупных куполах. Вблизи юго-восточной границы Эмбинской зоны встречаются небольшие изометричные глубоко погруженные (до 2 км и более) поднятия соли,

которые на предплиоценовом эрозионном срезе выражены малоамплитудными сбросами или небольшими выходами меловых отложений среди полей палеогена. Такие купола более характерны для Юго-Восточной зоны затухания соляной тектоники, положение границы с которой расплывчато.

Восточная зона соляной тектоники пониженной интенсивности характеризуется широким развитием куполов, соляные ядра которых не прорывают юрско-меловой покровный комплекс. Купола были сформированы в основном в верхнее пермское и триасовое время. Соль лишь приподнимает отложения юрско-мелового комплекса, приводя к его растяжению и образованию сбросов и грабенов. Область распространения таких структур, относящихся к куполам непрорванного типа, не имеет четко выраженных границ. Рассматриваемая зона отличается удлиненными антиклиналями, простирающимися преимущественно параллельно восточной границе впадины. Многие купола, группируются в цепочки, образуя гряды протяженностью десятки километров.

Юго-восточная зона затухания соляной тектоники не имеет контрастной северо-западной границы. Здесь преобладают разобщенные купола непрорванного типа с постепенно уменьшающимися в юго-западном направлении высотами соляных ядер. При этом купола у границы впадины отличаются лишь мощностью соляно-купольного структурного этажа (рис. 10, А). В юго-западной части зоны, вблизи границы впадины широко распространены небольшие по площади и амплитуде поднятия соли, которые из-за своей формы получили название «соляных подушек» (рис. 10, Б). Образование подушек происходит на первой стадии формирования куполов. Развитие структур останавливается на этом этапе вследствие недостаточной исходной массы соли для продолжения ее движения. Надсолевые отложения образуют над подушками слабо нарушенные сбросами, плавные антиклинальные складки, при этом юрские отложения залегают практически горизонтально.

Зона соляных антиклиналей прослеживается в виде клина вдоль восточной границы Прикаспийской впадины от широтного течения Эмбы до реки Урала, где выходит за пределы Прикаспийской впадины. Пространственно зона соответствует восточной части Предуральского краевого прогиба. Здесь развиты узкие линейные верхнепалеозойские складки – результат склад-

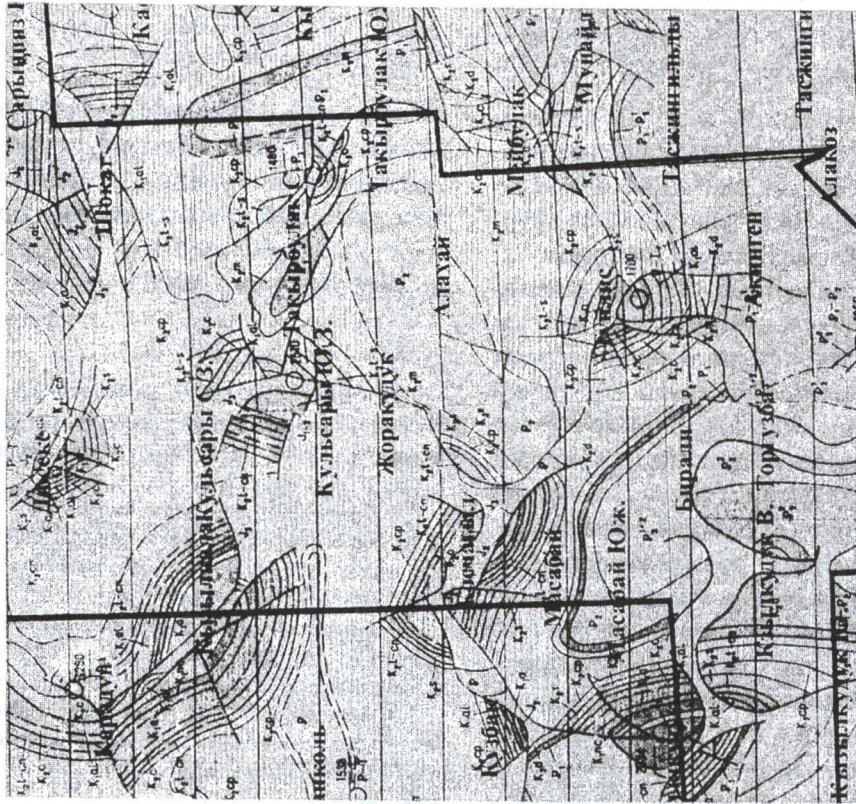
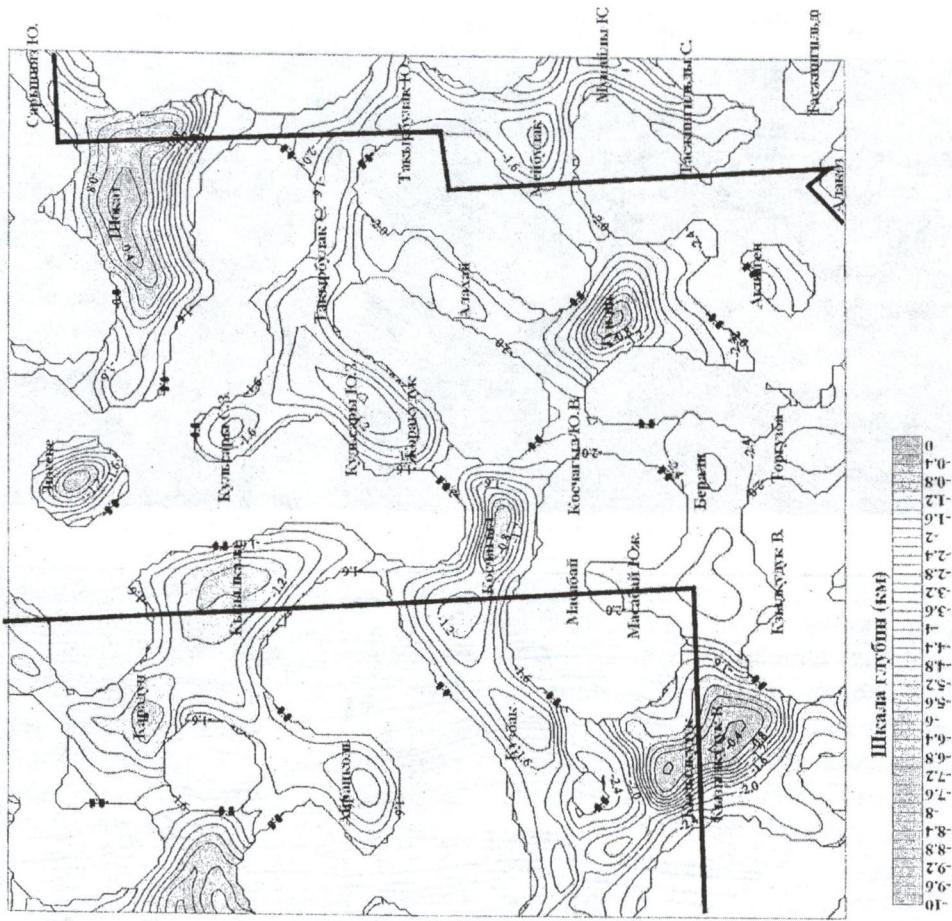


Рис. 9. Соляные купола Эмбинской зоны. А – геологическая карта, Б – своды куполов – изогипсы по кровле соли

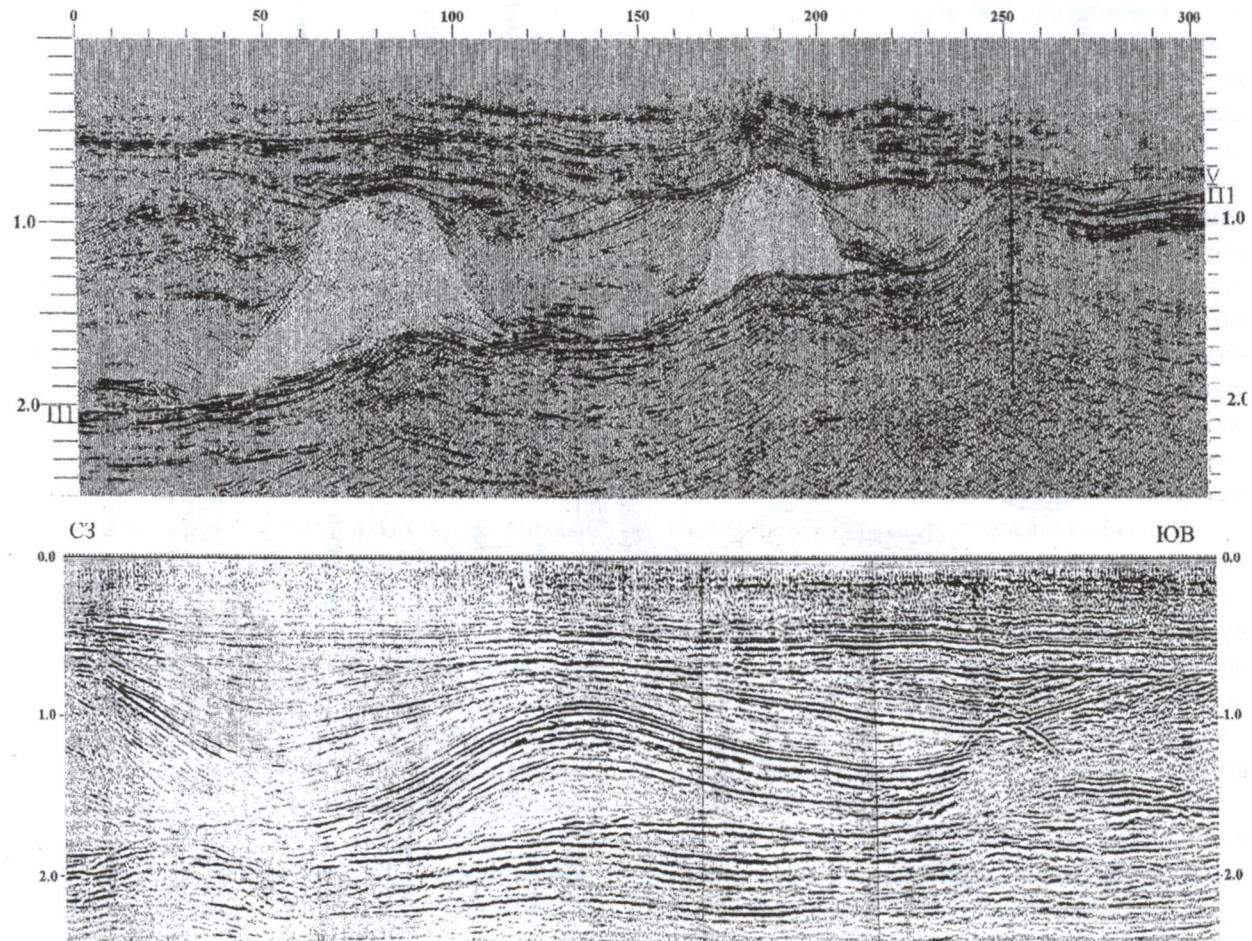


Рис. 10. Затухание соляной тектоники в юго-восточной зоне. А – постепенное уменьшение амплитуд поднятий соли на куполах непрорванного типа, Б – купол типа «соляная подушка»

чально-надвиговых деформаций на Урале и прилегающих областях Прикаспийской впадины в пермское и триасовое время. Незначительные по мощности платы соли были вовлечены в деформацию. Соль нагнеталась в зоны разломов, занимая наиболее ослабленные участки. Формирование диапиров происходило в верхнепермско-триасовое время одновременно с накоплением терригенных толщ и было завершено в меловой период. Складки по кровле соли в плане образуют вытянутые на многие десятки километров линии. Соль наращивает западные крылья артинских складок, которые осложнены надвигами. При общем подобии структур подсолевого и соленосного комплексов их амплитуды по поверхности подсолевых отложений в два с лишним раза меньше амплитуд соляных антиклиналей.

Результаты районирования соляных куполов Прикаспийской впадины могут быть весьма полезны для выполнения нефтегазогеологического районирования и, по мнению автора, должны спо-

собствовать системному подходу при исследованиях по оценке перспектив нефтегазоносности надсолевых отложений. Особенности солянокупольных структур в выделенных при районировании зонах приведены, из-за ограниченных рамок статьи лишь в общих чертах.

ЛИТЕРАТУРА

- Матусевич А.В. Объемное преобразование гравитационного поля и использование его при изучении солянокупольных структур Прикаспийской впадины // Известия НАН РК. Сер. геол. 2005. №5. С.45–61.
- Матусевич А.В. Гравиметрическое моделирование соленосных отложений Прикаспийской впадины. Региональная модель кровли соли // Известия НАН РК. Сер. геол. 2005. №6. С.80 – 102.
- Матусевич А.В. Региональные гравитационные аномалии прикаспийской впадины и их геологическая природа // Известия НАН РК. Сер. геол. 2006. №2. С.31 – 37.
- Матусевич А.В. Структура локального гравитационного поля как основа для районирования соляных куполов Прикаспийской впадины // Известия НАН РК. Сер. геол. 2006. №5.