

УДК 551.248.(470.44/47)

Л.В. Панина¹, В.А. Зайцев²

НОВЕЙШАЯ ТЕКТНИКА ПРИКАСПИЯ

Применение комплексных структурно-геоморфологических исследований, включавших визуальное дешифрирование разномасштабных топографических карт, а также анализ радарных космических изображений и их компьютерную обработку, позволило выявить в пределах Прикаспийской впадины новейшие поднятия и впадины, осложненные линеаментами, многие из которых являются разрывными нарушениями. Новейшие дислокации во многом коррелируют со структурами фундамента и осадочного чехла, а также обусловлены соляной тектоникой. Существенное влияние на их формирование оказывают Уральский ороген и Скифская плита, втянутые на новейшем этапе в общее поднятие.

Ключевые слова: новейшая тектоника, структурно-геоморфологический анализ, радарный снимок, линеамент, разрыв.

The latest uplifts and depressions, complicated lineaments, many of which are faults revealed within the Caspian Basin using of the complex structural-geomorphological studies, including visual interpretation of the different scales topographic maps, as well as analysis of radar satellite images and computer processing. The latest dislocations in many ways are correlated with the basement structures and sedimentary cover, as well as due to salt tectonics. Ural Orogen and Scythian plate, inverted on the latest stage in the general elevation, have essential influence on their formation.

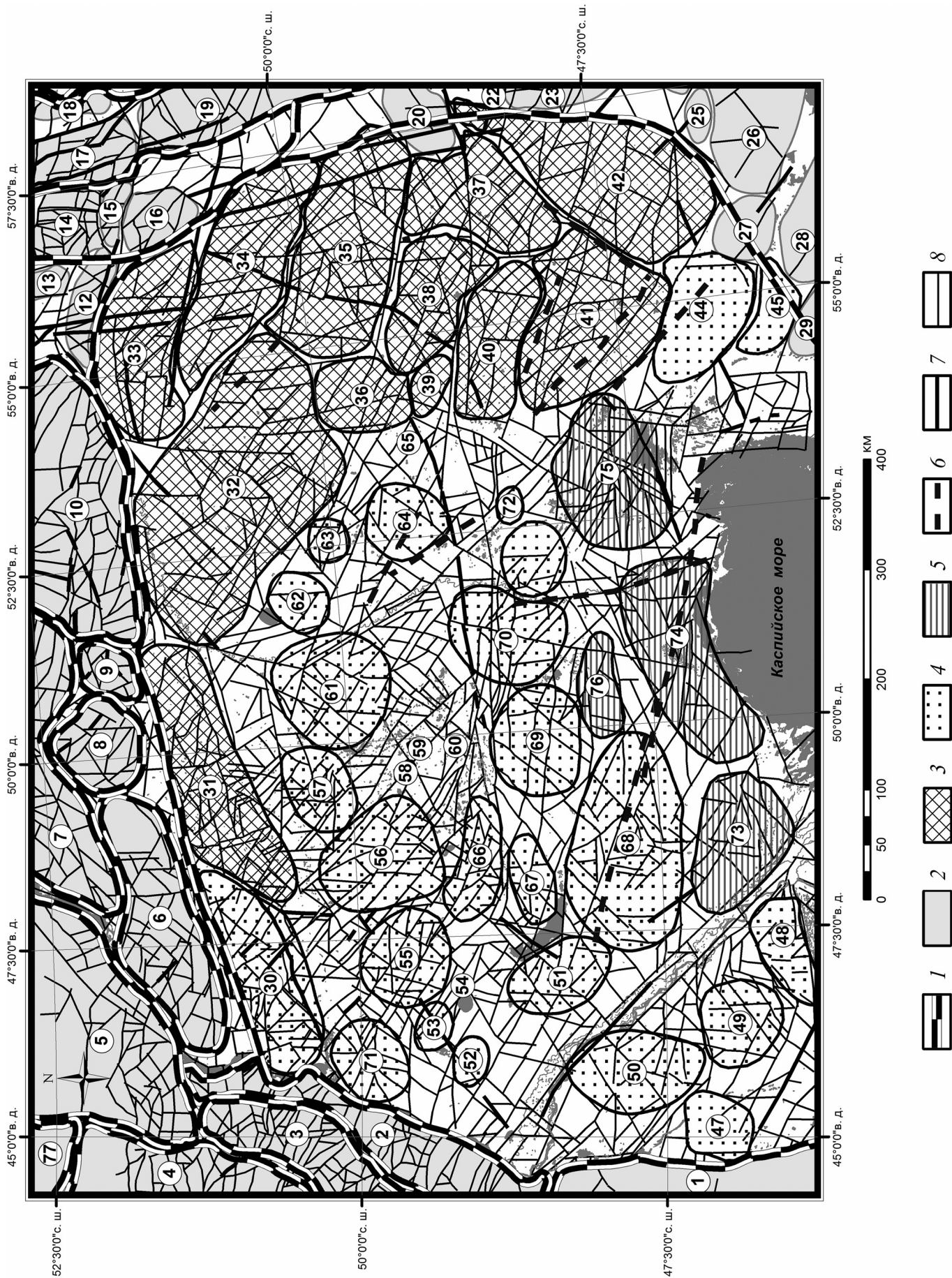
Key words: recent tectonics, structural-geomorphological analysis, a radar image, lineament, the fault.

Введение. Прикаспийская впадина, расположенная на юго-востоке Русской плиты, входит в состав единой Каспийской мегавпадины, включающей также впадины Среднего и Южного Каспия. В тектоническом отношении она соответствует одноименной синеклизе Восточно-Европейской платформы — структуре с наиболее погруженным фундаментом. Район исследования охватывает область Прикаспия, традиционно называемую Прикаспийской низменностью, которая испытывала отрицательные движения в течение всего фанерозоя. В современном рельефе это слаборасчлененная низменная равнина с преобладающими абсолютными отметками < 100 м вплоть до отрицательных значений (–28 м), увеличивающимися к восточной периферии до 200 м и более в области Подуральского плато. На севере и северо-западе пограничными структурами служат новейшие поднятия, которые развиваются на склонах Волго-Уральской и Воронежской антеклиз, на западе и юго-западе — структуры Скифской плиты: Ергенинское поднятие и зона погружения вала Карпинского, на северо-западе — Приволжское поднятие. Северо-восточное обрамление — поднятие Общего Сырта, а восточное — структуры предгорного прогиба Уральского горного сооружения. На юге низменность ограничена впадиной Каспийского моря.

Согласно последним исследованиям, глубина залегания фундамента в Прикаспийской впадине достигает 22 км, а сам фундамент представляет собой серию блоков континентальной коры разного времени консолидации, разделенных зонами долгоживущих разломов [Астраханский..., 2008]. Наиболее древний возраст фундамента — архейско-протерозойский — установлен для Центрально-Прикаспийского блока, а южнее, в пределах Восточно-Прикаспийского геоблока, фундамент более молодой — позднепротерозойско-рифейский. На тектонической карте фундамента [Международная тектоническая карта..., 2003] наиболее поднятая структура (с глубиной залегания до –8 км) — Астраханско-Актюбинская система блоковых поднятий, которая приурочена к побережью Каспийского моря и далее следует вдоль восточной периферии Прикаспийской впадины. Наиболее погружены Центрально-Прикаспийская депрессия и Сарпинский прогиб с глубиной залегания фундамента до –22 км. Мощный осадочный чехол, образовавшийся в течение длительного прогибания Прикаспия, сложен породами подсолевого палеозойско-раннепермского, соленосного кунгурского и надсолевого верхнепермско-кайнозойского комплексов. Эти породы образуют бескорневые складки, осложненные

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, доцент; *e-mail:* panina53@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, вед. науч. с.; *e-mail:* v.zaitsev@mail.ru



диапирами и разрывными нарушениями, нередко наследующими разломы фундамента.

Новейшее строение Прикаспийской впадины изучали многие исследователи, среди них И.П. Герасимов, Ю.А. Мешеряков, В.С. Журавлев, Л.Б. Аристархова и др. На существующих картах неотектоники масштаба 1:5 000 000 под редакцией Н.И. Николаева и А.А. Наймарка (1979), а также А.Ф. Грачева (1998) из-за мелкого масштаба многие дислокации Прикаспия не отражены. С появлением современных геолого-геофизических данных, материалов космических съемок, в частности радарных изображений, и методик их обработки возникла необходимость проведения новых исследований, которые существенно расширят представления о неотектонике района. Цель статьи — изучение новейшей тектоники Прикаспийской впадины с использованием современных материалов и методик их обработки.

Методика исследований. Проведение структурно-геоморфологического анализа в условиях равнинного, слаборасчлененного рельефа всегда вызывает трудности. Для выявления развивающихся структур традиционно используются такие косвенные геоморфологические признаки, как оконтуривание поднятий речными долинами и эрозионными понижениями, характерный радиальный центробежный рисунок гидросети, изменение уклонов и превышений рельефа, сокращение площади озер и др., которые не всегда можно увидеть на топографических картах и обычных спектрзональных космических снимках. Использование радарных изображений существенно расширяет возможности дешифрирования равнинного рельефа.

Компьютерная программа Global Mapper позволяет выделять по радарным изображениям эрозионную сеть, генерализация которой помогает лучше увидеть структуры, слабовыраженные в рельефе. Поэтому структурно-геоморфологическое дешифрирование топографических карт и спектрзональных космоснимков Landsat7 дополнено визуальным анализом детальных радарных изображений, позволяющих обнаруживать погребенные структуры в районах с отри-

цательными значениями абсолютных отметок рельефа. Особенно это касается центральной части Прикаспийской впадины, испытавшей за новейший этап (с олигоцена поныне) существенное прогибание.

Выполнена также автоматизированная обработка радарных снимков ASTER GDEM с помощью программ LESSA и Global Mapper. Программа LESSA, разработанная А.А. Златопольским [Златопольский, 1988], позволяет автоматически выявлять в виде так называемых штрихов линии водоразделов и долин, а также рассчитывать их статистические характеристики в скользящем окне. При этом можно вычислить общую плотность штрихов, плотность штрихов каждого направления; построить розы-диаграммы распределения штрихов по направлению, определить степень и направление вытянутости роз-диаграмм и другие параметры. Построена схема линий вытянутости роз-диаграмм элементов рельефа с окном осреднения 135 км, которую в дальнейшем сравнивали с результатами структурно-геоморфологического дешифрирования и дислокациями глубинных структурных планов, главным образом с поверхностью фундамента. Полученные в результате проведения таких комплексных структурно-геоморфологических исследований данные сопоставлялись с геолого-геофизическими материалами.

Новейшая тектоника. Структурно-геоморфологические исследования позволили выявить в обрамлении Прикаспийской впадины серию новейших поднятий первого ранга, амплитуда которых колеблется от 150 до 400 м (рис. 1). Одни из них развиваются на молодых Скифской и Туранской плитах (Ергенинское, Донузтауское, Турушское и др.); другие — на склонах Воронежской и Волго-Уральской антеклиз древней Восточно-Европейской платформы (Приволжское, Мокроусское, Перелюбское, Сорочинское, Назыкское, Оренбургское), третьи образуют систему поднятий в пределах Предуральского прогиба (Чебогаровское, Кувандыкское, Полтавское). Эти поднятия отделяются одно от другого узкими впадинами, к которым приурочены долины крупных рек. Так,

Рис. 1. Структурно-геоморфологическая схема Прикаспийской впадины и ее обрамления: 1 — границы структур первого ранга; 2–5 — новейшие поднятия: 2 — первого ранга, 3 — высокоамплитудные, 4 — малоамплитудные, 5 — погребенные; 6 — новейшие разломы; 7 — линеаменты, совпадающие с разломами фундамента; 8 — линеаменты. Цифрами обозначены новейшие поднятия: структуры обрамления Прикаспийской впадины: поднятия первого ранга: с запада: 1 — Ергенинское, 2 — Приволжское; с северо-запада: 3 — Доно-Медведицкое, 4 — Ртищевское, 5 — Саратовское, 6 — Мокроусское, 7 — Каменское; с севера: 7 — Сыртовское, 8 — Перелюбское, 9 — Росташинское, 10 — Сорочинское, 12 — Оренбургское, 13 — Назыкское; с северо-востока и востока: область Предуральского прогиба: 14 — Чебогаровское, 15 — Кувандыкское, 16 — Полтавское; область южной оконечности Урала: 17 — Новотроицкое, 18 — Ирендыкское, 19 — Алимбетовское; Примугоджарский склон Туранской плиты: 20 — Кумжарганское, 22 — Джурунское; с юго-востока: 23 — Шошккольское, 25 — Актумсык, 26 — Донузтауское, 27 — Жельтауское, 28 — Турушское, 29 — Коркольское.

Поднятия в пределах Прикаспийской впадины: северный склон: 30 — Ахматовское, 31 — Озинкинское, 32 — Долинное, 33 — Первомайское; восточный склон: 34 — Новомихайловское, 35 — Ащикольское, 36 — Акшатауское, 37 — Енбекское, 38 — Караулкельдинское, 39 — Соркольское, 40 — Коскольское; юго-восточный склон: 41 — Актолагайское, 42 — Жаркамысское, 44 — Мунайлинское, 45 — Опорное; западный и северо-западный склон: 47 — Чкаловское, 48 — Краснопесчаное, 49 — Юстинское, 50 — Джангарское, 51 — Тургайское, 52 — Октябрьское, 53 — Булухтинское, 54 — Эльтонское, 55 — Джаныбекское, 71 — Индерское; центральная часть: 56 — Ажбайское, 57 — Талдыкудукское, 58 — Сатыбалдыкское, 59 — Кожантайское, 60 — Мокринское, 61 — Юлаевское, 62 — Шалкарское, 63 — Булдыртинское, 64 — Калдыгайтинское, 65 — Камыкольское, 66 — Аралсорское, 67 — Аккольское, 68 — Азгирское, 69 — Кусаинское, 70 — Елеусинское, 72 — Карабау, 73 — Астраханское, 74 — Северо-Каспийское, 75 — Сагизское, 76 — Баксайское

расположенное на северо-востоке Назыкское поднятие³ (13) граничит на востоке с Инкской предгорной впадиной, разрабатываемой долиной р. Инк. Расположенное на востоке Оренбургское поднятие (12) ограничено с севера и юга Сакмарской и Уральской приразломными впадинами соответственно [Наумов, 1981]. В пределах этих структур первого ранга, испытывающих в целом тенденцию к воздыманию, выделяются частные дислокации.

Сама Прикаспийская впадина также осложнена поднятиями разных ранга и амплитуды. Среди них выделяются поднятия высокоамплитудные с абсолютными отметками 100—250 м; малоамплитудные, альтитуды рельефа которых составляют не более 100 м, а также погребенные, не выраженные в рельефе. Высокоамплитудные поднятия приурочены к северной и восточной перифериям Прикаспийской впадины. Как правило, это несколько вытянутые в субширотном и субмеридиональном направлениях структуры, которые разделены узкими долинообразными впадинами и соответствуют относительно приподнятым зонам фундамента: Астраханско-Актюбинской системе поднятий и Заволжско-Предуральской складчатой зоне на востоке и юго-востоке соответственно, а также Северо-Западной бортовой зоне на севере. Глубина залегания кровли фундамента здесь колеблется от –4 до –10 км. Важно отметить увеличение контуров новейших поднятий по сравнению с одноименными структурами фундамента (Ащикольское, Енбекское, Караулкельдинское).

Малоамплитудные (до 100 м) и погребенные поднятия приурочены к центральной, западной и южной частям Прикаспийской впадины (рис. 1). Некоторые из них — Мунайлинское (44) и Опорное (45) — расположены на юго-востоке. Поднятия, как правило, имеют изометричную форму, обусловленную, по-видимому, соляным диапиризмом. Среди них Чкаловское (47), Юстинское (49), Октябрьское (52), Булхутинское (53), Эльтонское (54), развивающиеся на западном и северо-западном склонах Прикаспия; Юлаевское (61), Шалкарское (62), Булдыртинское (63), приуроченные к центральной части впадины.

Ажбайское (56), Талдыкудукское (57), Сатыбалдыкское (58), Кожантайское (59), Мокринское (60) и другие поднятия развиты в пределах наиболее погруженной по фундаменту (до –22 км) Центрально-Прикаспийской депрессии и являются обращенными структурами. По радарным изображениям на юге Прикаспийской впадины выявлена серия погребенных поднятий, которая в целом соответствует поднятиям фундамента Астраханско-Актюбинской системы. Расположенные здесь погребенные Астраханское (73), Северо-Каспийское (74) и Сагизское (75) поднятия — отражение в рельефе положительных структур фундамента, залегающих на глубине от –7,5 до –8 км. К ним приурочены соляные диапиры.

Проводилось дешифрирование и линеаментов, которые, как нам представляется, в большинстве случаев имеют тектоническую природу. Преобладают линеаменты северо-западного, северо-восточного и субмеридионального простирания. Последние тяготеют к восточной части Прикаспия, к так называемому Подуральскому плато. Сравнительно реже проявляются линеаменты субширотного направления, как это имеет место в южной и центральной частях впадины. На востоке доминируют линеаменты субмеридионального простирания. Некоторые из них фрагментарно наследуют разломы фундамента и являются новейшими разломами, выделенными предыдущими исследователями: Азгирский, Жолдыбайский, Эмбинский и др. [Геология СССР, 1970].

Сопоставление новейших структур с глубинными дислокациями указывает на их достаточно хорошее соответствие. Особенно это проявляется при корреляции соляных диапиров, широко развитых в Прикаспии. Области солянокупольной тектоники нередко выражены в рельефе новейшими поднятиями, а отдельные диапиры маркируют протяженные линеаменты и новейшие разрывы. Соляными куполами подчеркивается новейший Азгирский разрыв, простирающийся в запад-северо-западном направлении на юге Прикаспийской впадины, а также многие северо-западные линеаменты, отчасти совпадающие с новейшими разрывами. Соляные купола приурочены и к системе протяженных линеаментов субширотного простирания в центральной части Прикаспия. Отметим, что эта система фрагментарно наследует глубинный разлом фундамента. Линеаменты северо-восточного простирания также маркируются соляными куполами, особенно на востоке района.

Наблюдается связь соляных диапиров с новейшими поднятиями. Практически все высокоамплитудные новейшие поднятия на восточной периферии Прикаспия расположены в области развития солянокупольной тектоники. Некоторые из них частично наследуют положительные структуры фундамента, например Ащикольское, Енбекское, Караулкельдинское, Коскольское. Непосредственно связаны с проявлением диапиризма и малоамплитудные поднятия в центральной части Прикаспия, которые являются обращенными структурами по отношению к фундаменту, среди них Шалкарское, Юлаевское, Индерское, Сагизское, Эльтонское и др. (рис. 1).

Некоторые из выявленных поднятий прослеживаются на структурных картах глубоких горизонтов палеозойских комплексов (верхнедевонском, визейском, башкирском) на глубине –5...–6 км и хорошо сопоставляются со структурами фундамента. Хорошая корреляция новейших дислокаций с более древними структурами, а именно с девонским комплексом, наблюдается в пределах северной части Прикаспийской

³ Здесь и далее номера в скобках соответствуют приведенным на рис. 1.

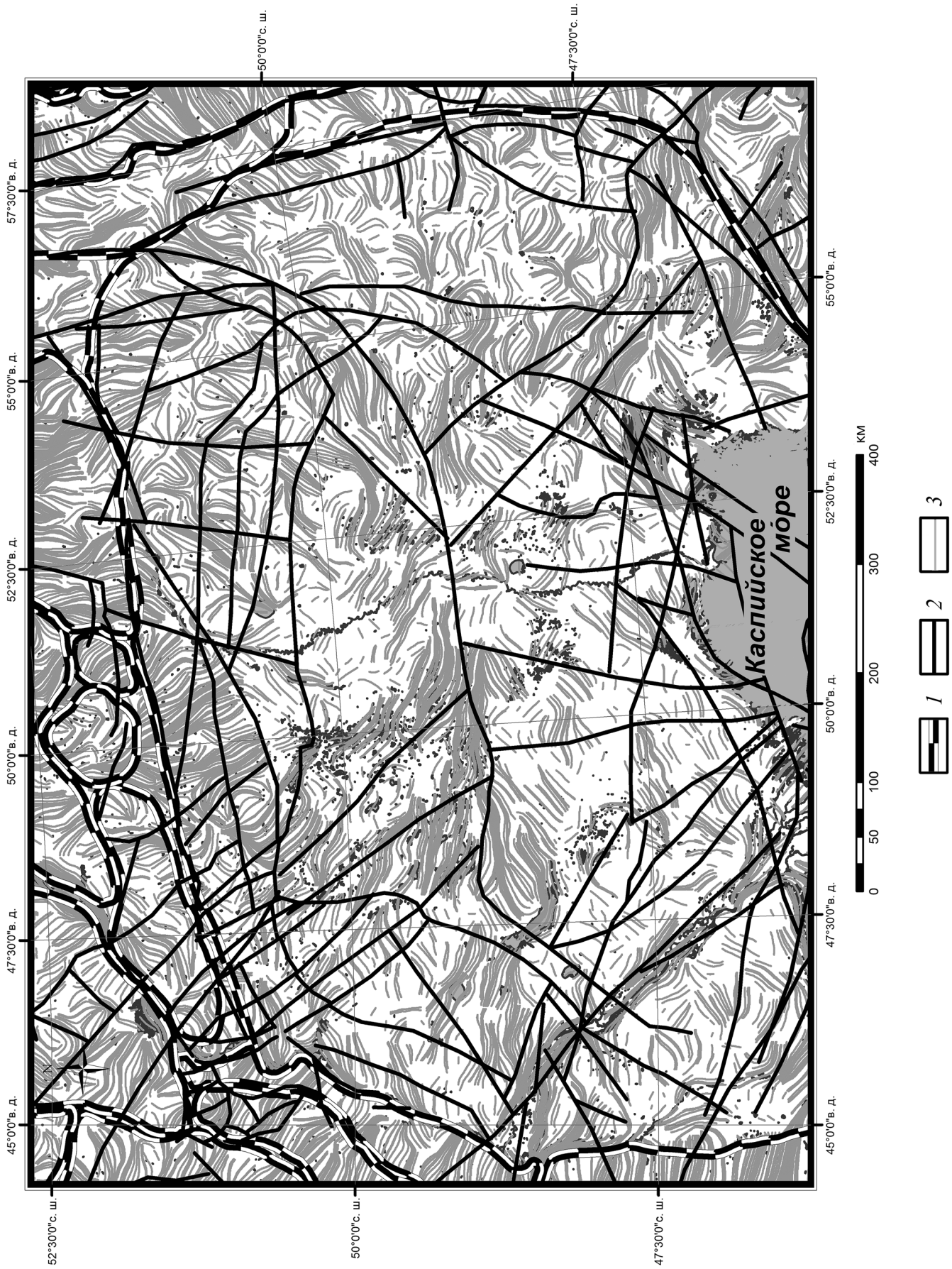


Рис. 2. Схема корреляции линий выгибности роз-диаграмм с разломами первого ранга, 2 — разломы фундамента, 3 — линии выгибности роз-диаграмм

впадины. Так, новейшее поднятие Долинное (32), расположенное на севере, наследует такие положительные структурные элементы поверхности девонских отложений, как Карповский структурный нос, Илецкий вал, Уральско-Кобландинская зона поднятий.

Соотношения новейших поднятий с фундаментом разные. Как правило, наблюдается тенденция к расширению контуров новейших поднятий по сравнению со структурами фундамента. Например, Сорочинское новейшее поднятие, обрамляющее Прикаспийскую впадину с севера, наследует Восточно-Оренбургский структурный выступ фундамента в северной части, а на юге представляет собой обращенную структуру по отношению к Бузулукской впадине. Сходную картину можно видеть на востоке Прикаспия, где выраженные в рельефе Ащикольское, Караулкельдинское и Коскольское поднятия с абсолютными отметками 325—100 м лишь в центральных частях отражают одноименные положительные структуры фундамента, расположенные на отрицательных отметках 7—8 км. Хорошая корреляция с фундаментом прослеживается на юге, где Астраханское и Северо-Каспийское погребенные поднятия являются прямым отражением одноименных дислокаций фундамента.

Частично соответствуют разломам фундамента и некоторые линеаменты. Особенно это хорошо прослеживается на периферии Прикаспийской впадины. Все направления линеаментов находят отражение в простираниях глубинных разломов, на востоке субмеридиональное, на юго-западе и западе северо-западное, в центральной части субширотное, на западе и северо-востоке проявляется северо-восточное простирание. Некоторые протяженные линеаменты фрагментарно совпадают с зонами разломов фундамента, установленными геофизическими методами, и служат границами крупных структурных единиц. Так, северная граница Прикаспийской впадины с Восточно-Европейской платформой проходит вдоль линеамента восток-северо-восточного простирания. Южнее параллельно ему имеет отражение в рельефе разлом фундамента, отделяющий крутой северный склон Прикаспийской впадины от более погруженной Волгоградско-Оренбургской системы моноклиналей. Выражен в рельефе и разлом северо-западного простирания, отделяющий Прикаспийскую впадину от кряжа Карпинского на юго-западе. К северо-востоку и параллельно ему дешифрируется протяженный линеамент, следующий вдоль участка долины Волги, фрагмент которого также унаследован от фундамента.

Разрабатываются долинами рек субмеридиональные разломы фундамента, отделяющие Прикаспийскую впадину от Предуральского прогиба и Примургоджарского склона Туранской плиты на востоке.

Результаты компьютерной обработки радарных изображений с использованием программы LESSA также показали хорошую корреляцию с данными визуального дешифрирования. Многие поднятия рельефа подчеркнуты линиями вытянутости, которые либо

окаймляют их, либо имеют радиально расходящийся рисунок. Эти признаки использованы для выявления малоамплитудных и погребенных структур, которые на обычных топографических картах и снимках дешифрируются с трудом (Мануйлинское, Астраханское, Северо-Каспийское и др.). Линии вытянутости следуют также вдоль протяженных линеаментов, а изменение их простирания может указывать на наличие линеамента.

Наблюдается и хорошее соответствие между линиями вытянутости и структурными элементами фундамента — изогипсами, разломами. Линии вытянутости нередко следуют вдоль изогипс фундамента, резко изменяют простирания в зонах разломов. На картах фундамента, например на Международной тектонической карте [2003], хорошо видно, как линии вытянутости изменяют простирания в зонах разломов фундамента или следуют вдоль них (рис. 2). Наиболее крупные структуры фундамента, такие, как ограничивающий с юго-запада Прикаспийскую впадину кряж Карпинского, подчеркнуты линиями вытянутости северо-западного простирания. Отражаются в линиях вытянутости протяженные разломы фундамента северо-западного простирания, которые пересекают впадину на северо-западе, в пограничной области с древним Пачелмским авлакогеном. Один из них — разлом, совпадающий с участком долины Волги. В пределах Астраханского свода, наиболее крупной структуры Прикаспия, линии вытянутости имеют радиально расходящийся рисунок, тем самым подчеркивая его [Панина, Зайцев, 2011]. В конфигурациях линий вытянутости нашли отражение Северо-Каспийское, Караулкельдинское и другие поднятия фундамента. Резкие изменения простирания линий вытянутости в центральной части Прикаспийской впадины приурочены к зоне субширотного разлома, который отделяет Центральную-Прикаспийскую прогиб фундамента от расположенной южнее Северо-Атырауской системы моноклиналей.

Сравнение с гравитационным и магнитным полями показало, что некоторые протяженные линеаменты или их фрагменты имеют отражение в магнитных и гравитационных аномалиях.

Заключение. Таким образом, во многом уточнена новейшая структура Прикаспия. В целом Прикаспийская впадина, имеющая прямое соотношение с рельефом фундамента, осложнена частными поднятиями разных ранга и амплитуды, развивающимися на фоне соляного диапиризма, как правило, обусловленного тектоническими движениями блоков фундамента. Высокоамплитудные поднятия приурочены к восточной периферии Прикаспия, а малоамплитудные и погребенные положительные структуры развиты в центральной области, испытавшей длительное погружение.

Рост этих поднятий сопровождается образованием линеаментов, многие из которых являются плохо

выраженными в рельефе разрывами, зонами трещиноватости, дробления пород и др., т.е. имеют тектоническую природу. Преобладают северо-западное, северо-восточное и субмеридиональное (главным образом на востоке) простирания линеаментов. Линеаменты северо-западного простирания развиты на юго-, северо-западе и западе района. Сравнительно реже встречаются линеаменты субширотного простирания, приуроченные главным образом к центральной части впадины. Наиболее протяженные из них наследуют разломы фундамента и частично отражаются в гравитационных и магнитных аномалиях.

Выявленные новейшие структуры по-разному коррелируют с глубинными дислокациями. Как правило, наблюдается частичное наследование древних комплексов поверхностными структурами. Особенно хорошее соответствие обнаруживается в периферических частях — в областях сопряжения с Уральским орогеном и Скифской плитой. Характерна тенденция

к разрастанию новейших поднятий по сравнению с глубинными дислокациями.

Формирование новейших структур Прикаспийской впадины происходит под влиянием деформаций фундамента и окружающих ее активизировавшихся структур Уральского орогена и Скифской плиты. Активизация этих крупных систем, начавшаяся в позднем миоцене (предплиоценовая фаза), привела к формированию новейшего структурного плана Прикаспия. Особенно это характерно для восточной периферии, где впадина граничит с Предуральским прогибом и его южным продолжением. Именно здесь расположены высокоамплитудные поднятия, которые испытывают устойчивое развитие начиная с миоцена. Втянутая в поднятие в позднем миоцене и развивающаяся под воздействием Кавказского орогена Скифская плита [Панина, 2009; Зайцев, Панина, 2011], особенно ее главная структура — вал Карпинского, влияет на развитие Прикаспия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Астраханский карбонатный массив: строение и нефтегазоносность / Под ред. Ю.А. Воложа, В.С. Парасыны. М.: Научный мир, 2008. 221 с.

Геология СССР. Т. XXI. Западный Казахстан. Ч. 1. Геологическое описание. Кн. 2. М.: Недра, 1970. 343 с.

Зайцев В.А., Панина Л.В. Неотектоника и геодинамика Скифской плиты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2011. № 1. С. 3—7.

Златопольский А.А. Пакет прикладных программ выделения и анализа линейных элементов аэрокосмических изображений // Автоматизированный линеаментный анализ при структурно-геологических и металлогенических исследованиях. М.: Недра, 1988. С. 14—28.

Международная тектоническая карта Каспийского моря и его обрамления, масштаб 1:2 500 000 / Ред. В.Е. Хаин,

Н.А. Богданов. М.: Институт литосферы окраинных и внутренних морей, 2003.

Наумов А.Д. Пенеплены. Их геологическое значение как особой генетической категории рельефа материков. Саратов: Изд. СГУ, 1981. 404 с.

Панина Л.В. Новейший структурный рисунок Скифской плиты // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология. 2009. № 1. С. 23—31.

Панина Л.В., Зайцев В.А. Рельеф Северного Прикаспия как отражение деформаций фундамента // Теоретические проблемы современной геоморфологии. Теория и практика изучения геоморфологических систем: Мат-лы XXXI пленума геоморфологической комиссии РАН 5—9 октября 2011 г. Астрахань: Техноград, 2011. С. 41—45.

Поступила в редакцию
28.05.2013