

АКТИВИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ФЛЮИДИЗИТОВ В УСЛОВИЯХ СДВИГОВОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА (РОССИЙСКО-КАЗАХСТАНСКИЙ СЕКТОР)

© 2020 г. Д. Б. Давыденко*

Федеральный исследовательский центр Южный научный центр РАН,
просп. Чехова, д. 41, 344006 Ростов-на-Дону, Россия

*e-mail: davyd@ssc-ras.ru

Поступила в редакцию 04.10.2019 г.

После доработки 17.06.2020 г.

Принята к публикации 28.07.2020 г.

В статье приведены результаты изучения объектов, пространственно связанных с аномально высокой эмиссией углеводородов. Они установлены на акватории Северного Каспия. Анализ изменений комплекса геолого-геофизических параметров внутри контуров обнаруженных объектов показал наличие следующих закономерностей: (I) высокую корреляцию их с крупными зонами деструкции земной коры, (II) приуроченность к отрицательным формам кровли консолидированной коры, (III) повышение кровли Мохо на участках их развития, (IV) совпадение с присдвиговыми впадинами осадочной толщи. Рассматриваемые объекты выявлены по результатам изучения отражательной способности земной поверхности. Изучение пространственного размещения этих объектов на площадях региона позволило установить сопряженность их с главными узлами нефтегазообразования, выделяемыми по комплексу геологоразведочных данных. На площадях Южного Каспия узлы нефтегазообразования изучены не только сейсморазведочными методами, но также и бурением до 7 км. Накопленные здесь результаты комплексных исследований способствуют обоснованию вывода о возникновении в определенных условиях на глубинных горизонтах земной коры очагов возбуждения, в которых происходит генерация углеводородов. Обобщение материалов, полученных в Северном Каспии с данными Южного Каспия, позволяет предполагать, что значительные по площадным размерам ареалы повышенной эмиссии углеводородов обусловлены крупнообъемными флюидизитами, которые сформированы в узлах нефтегазообразования. Эти объекты развиты на южных площадях Северного Каспия в условиях доминирования здесь сдвигового геодинамического режима. Положение отрицательных структур платформенного чехла вблизи зон трансрегиональных сдвигов определяет их присдвиговый тип. Парагенез углеводородных флюидизитов с присдвиговыми впадинами обусловлен приуроченностью этих образований к областям растяжения земной коры, что способствовало возникновению структур типа пулл-апарт. Корреляция флюидизитов с различными структурно-тектоническими и седиментационными факторами позволяет сделать вывод о том, что глубинный геодинамический режим контролирует формирование подобных объектов.

Ключевые слова: сдвиги, присдвиговые впадины, углеводородные флюидизиты, области растяжения, консолидированная кора, трансформация спектральнозонных космоснимков, структуры типа пулл-апарт, разломы ромбовидной формы

DOI: 10.31857/S0016853X20050033

ВВЕДЕНИЕ

Рассмотрение объектов нефтегазоаккумуляции, условия образования которых еще не изучены полностью, всегда привлекали внимание исследователей в связи с необходимостью определения стратегии дальнейших работ [1]. Поэтому факт выделения на площадях Каспия десяти крупных по площадным размерам объектов, названных главными узлами нефтегазообразования, заслуживает определенного внимания. Четыре

объекта расположены в исследуемом регионе [2]. На отдельных площадях, в пределах подобных узлов нефтегазообразования, выполнено бурение до глубины 7 км. При этом получены интересные данные об интервалах разреза, обогащенных углеводородами [3].

В процессе региональных исследований 2017 г. [4] в районе Северного Каспия, где выделены автономные узлы нефтегазоаккумуляции, были обнаружены крупные по площадным размерам ано-

мальные ареалы эмиссии углеводородов. Для выявления этих региональных ареалов были использованы преобразования спектрзональных космических снимков Landsat-7 [17]. Согласно поставленным задачам того этапа работ, преобразования космоснимков были выполнены только для части “сцены” (наименование комплекта одновременно заснятых спектрзональных снимков единого участка). Вопросы геологической природы обнаруженных объектов остались открытыми.

В последующие годы начатые ранее исследования, были продолжены и завершены преобразования космоснимков для всей “сцены”. Математические расчеты выполнены с использованием метода дистанционной флюидоиндексации [5]. Полученные для всей “сцены” материалы подтвердили наличие в исследуемом регионе крупных аномалиеобразующих объектов, геологическая природа которых предварительно была связана с очагами генерации углеводородов [4], возможно, близкими по своей природе к узлам нефтегазогенерации [4].

Методика обнаружения ареалов флюидонасыщения на основе технологии дистанционной флюидоиндексации была разработана автором для прогнозирования по спектрзональным космическим снимкам залежей углеводородов [5, 12]. Возможность подобного прогнозирования определяется двумя факторами:

– первым фактором является вертикальная миграция углеводородов из залежи к земной поверхности и поступление микродоз газообразных углеводородов в трансграничную зону литосфера–атмосфера [5, 14, 15];

– вторым фактором являются различные физико-химические преобразования в этой зоне, которые вызваны поступлением углеводородов и приводят к аномальным изменениям отражательной способности участков земной поверхности [10, 12, 16].

Использование математических методов для преобразования комплекса спектрзональных космических снимков [17] позволяет прогнозировать объекты, которые сопровождаются эмиссией углеводородов [5, 13].

В результате выполняемой обработки рассчитывается показатель – индекс флюидонасыщения, пропорционально зависящий от насыщения флюидами углеводородов припочвенных горизонтов. Вычисляется этот индекс по линейным уравнениям, в которых независимыми переменными являются величины интенсивности фотона в интервалах соответствующих спектральных зон космических снимков. Уравнения, которые используются с целью вычисления индекса

флюидонасыщения для легких углеводородов и тяжелых, различаются. Получаемые результаты оформляются в виде карт изолиний индекса флюидонасыщения легкими или тяжелыми углеводородами. В качестве условных единиц измерения полученных результатов используются или баллы, или единицы стандартного отклонения. Оценка эффективности нового метода по результатам ретроспективного анализа, в которую входит сопоставление аномалий флюидонасыщения с ранее выявленными месторождениями и нефтегазопроявлениями, составила ~70%. [5, 12], также были определены возможности метода для выделения нефтегазоносных объектов на шельфе Северного Каспия [4, 13].

Дополнительно к методике непосредственного обнаружения залежей углеводородов также был сформирован вариант регионального прогнозирования, основной задачей которого рассматривается выявление зон нефтегазоаккумуляции. Принятая для исследуемого региона методическая схема обработки спектрзональных снимков с использованием метода дистанционной флюидоиндексации в региональном варианте практически не отличается от используемых ранее схем [4, 5, 13].

Автором статьи проведен анализ полученных результатов расчета индекса флюидонасыщения с использованием комплекса геолого-геофизических данных [2, 7]. Целью статьи является изучение геологической природы объектов, обуславливающих на площадях Северного Каспия крупные по площадным размерам аномалии углеводородного насыщения верхних горизонтов литосферы (рис. 1).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Основным тектоническим элементом региона в северной его части является Сарматско–Туаркырская рифтовая система (рис. 2), которая включает Донбасс–Зеравшанский трансрегиональный сдвиг. Южнее данной рифтовой системы (в центре района исследований) расположены площади Манычского рифта, который на востоке пересекается сближенной системой Ногайского и Предкавказско–Мангышлакского рифтов. Два этих структурных элемента разделены трансрегиональным Аграхан–Атырауским сдвигом [2].

Сарматско-Туаркырская рифтовая система

Сарматско–Туаркырская рифтовая система девонского возраста заложения включает складчатые системы Донбасса, кряжа Карпинского и Мангышлака. Западнее рассматриваемого региона в состав Сарматско–Туаркырской рифтовой

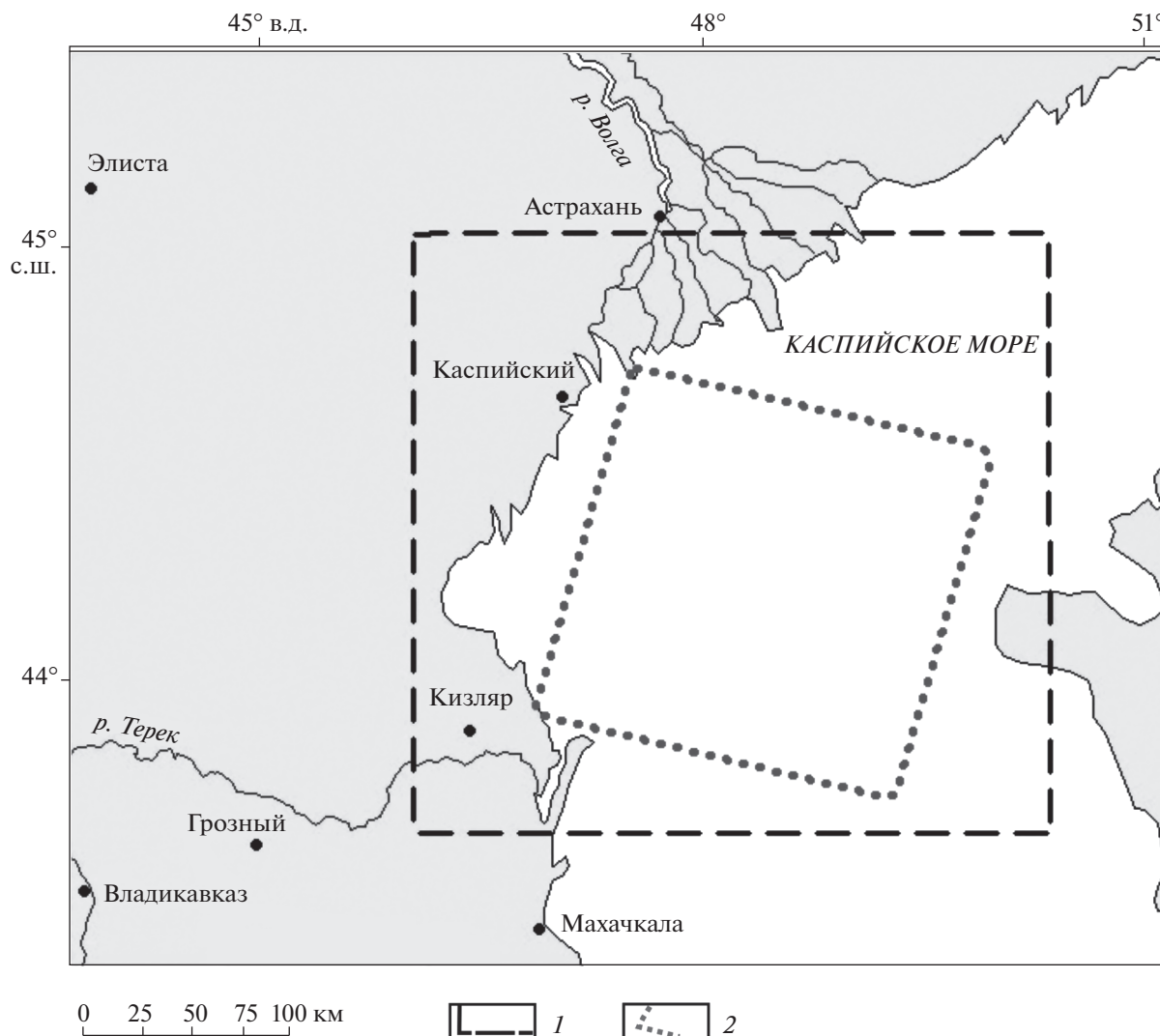


Рис. 1. Расположение исследуемого региона.
1 – площадь исследований; 2 – контуры анализируемой “сцены”

системы входят Припятская и Днепровско-Донецкая впадины, восточнее входят п-ов Бузачи и п-ов Туаркыр. Зоны дислокаций этих складчатых систем сформировались в период позднепалеозойской–раннемезозойской инверсии Сарматско–Туаркырской рифтовой системы. По данным [7], наиболее глубокое залегание кровли консолидированной коры (до 20 км) установлено для Донбасско-Каракульского сегмента этой системы. Мангышлак–Северо-Бузачинский сегмент характеризуется глубинами этой границы 8–15 км, для Туаркырского сегмента глубины составляют не более 5 км.

В пределах рассматриваемой системы по латерали изменяются не только глубинные, но и скоростные характеристики. Так на западных площадях, где установлены максимальные глубины залегания кровли консолидированной коры, этот

параметр составляет 6.5 км/с, а для Мангышлак–Северо-Бузачинского сегмента он достигает только 5.7 км/с. В осевой зоне центральной части Сарматско-Туаркырской рифтовой системы выделяются блоки с редуцированным низкоскоростным верхним слоем консолидированной коры [7].

На площадях Донбасско-Каракульского сегмента северной границей Сарматско-Туаркырской рифтовой системы является Каменско-Астраханский глубинный разлом, восточным продолжением которого, видимо, служит Южно-Эмбинский сдвиг. С юга эта часть системы ограничена Донбасс–Каспийским глубинным разломом, который входит в состав крупной разломной зоны Донбасс–Зеравшанского трансрегионального сдвига. Далее на восток от Каракульского сегмента зона этого сдвига косо пересекает кряж Кар-

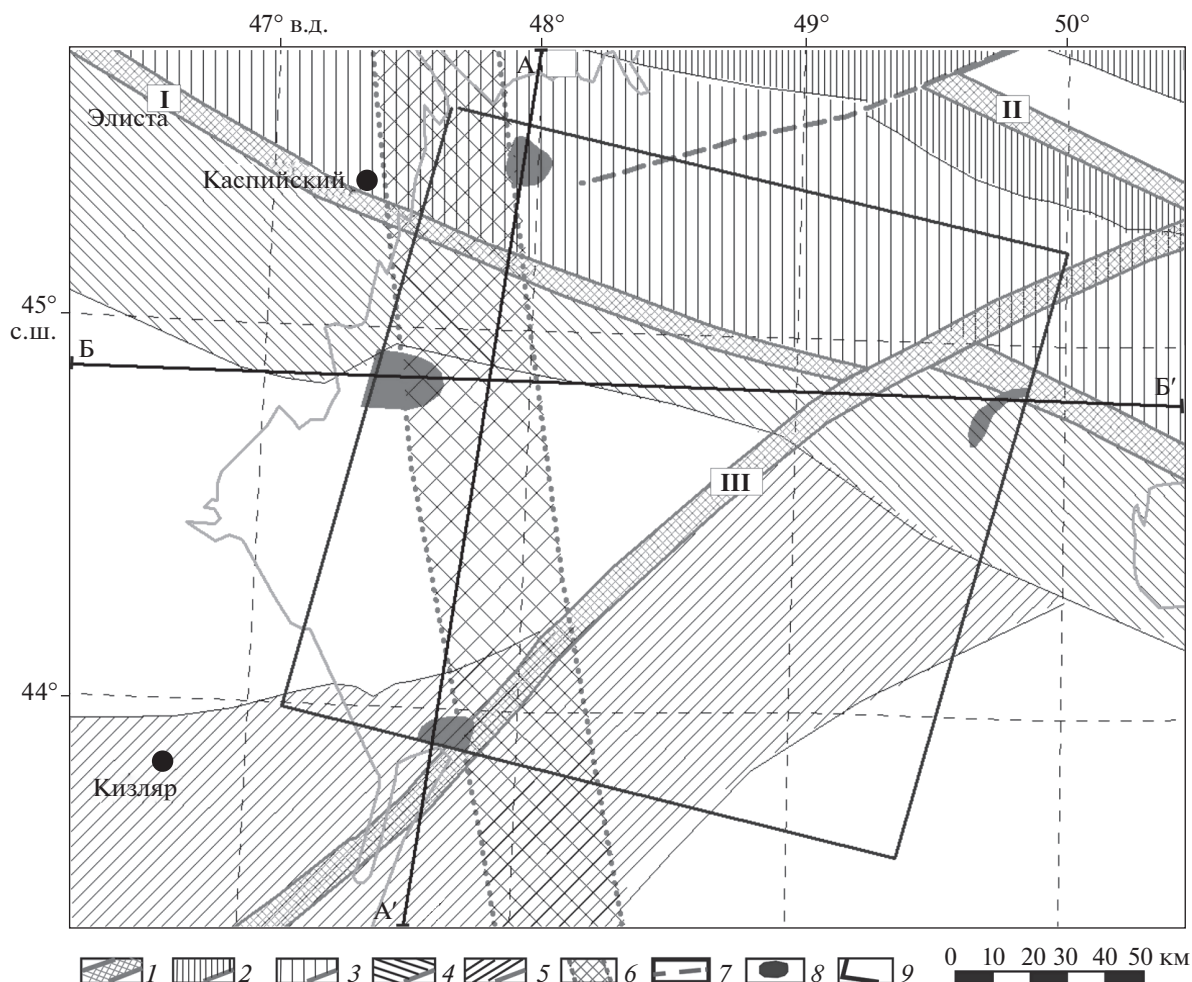


Рис. 2. Схема основных тектонических элементов исследуемого региона (составлена с использованием данных [2, 7]). Обозначены линии профилей: А–А', Б–Б'.

1 – региональные сдвиги: I – Донбасс–Зеравшанский, II – Южно–Эмбинский, III – Аграханский; 2–5 – рифтогенные системы: 2 – северная ветвь Сарматско–Туаркырской рифтовой системы в составе фрагмента крыжа Карпинского, рифтогенно преобразованного в позднем девоне, 3 – южная ветвь Сарматско–Туаркырской рифтовой системы в составе блоков крыжа Карпинского с редуцированным низкоскоростным слоем консолидированной коры, 4 – Манычская рифтовая зона, 5 – объединенные Ногайская и Предкавказско–Мангышлакская рифтогенные системы; 6 – Западно–Каспийская разломная система; 7 – крупный сдвиг; 8 – эпицентры региональных аномалий индекса флюидонасыщения; 9 – граница “сцены”

пинского, а затем протягивается вдоль системы Мангышлакского валообразного поднятия (Центрально–Мангышлакский глубинный разлом). Общая ширина Донбасс–Зеравшанской сдвиговой зоны составляет несколько десятков километров.

Манычская рифтогенная зона

Манычская рифтогенная зона примыкает с юга к Сарматско–Туаркырской рифтовой системе (см. рис. 2). Она развивалась на разнородном сладчато–блоковом основании Скифской плиты, погружение которой составляло 4–6 км, возрастные пределы – от верхов протерозоя до палеозоя [2]. Наибольшие мощности осадочных отложений (терригенно–карбонатные и вулка-

ногенные толщи перми–триаса) в пределах этой рифтогенной зоны ожидаются в центральной части Каспия. По данным [2] предполагается, что рассматриваемая рифтогенная система распадается на отдельные желобы–грабены, разделенные блоковыми поднятиями. Эти изменения структуры рифта, возможно, обусловлены развитием секущих разломно–сдвиговых элементов.

Предкавказско–Мангышлакская рифтогенная система

Предкавказско–Мангышлакская рифтогенная система, пересекающая южную часть рассматриваемого региона (см. рис. 2), является наименее изученным объектом в его пределах. Она

располагается вдоль Аграхан—Атырауской региональной сбросо-сдвиговой системы с возрастом заложения в палеозое (возможно, предюрским возрастом). Ширина этой сбросо-сдвиговой структуры составляет 5–10 км. Предполагается [2], что Предкавказско-Мангышлакская рифтогенная система является шовной зоной, разделяющей Скифскую и Туранскую плиты. Общая мощность осадочной толщи в пределах данной системы может составлять 3–4.5 км. Состав отложений, сформированных в период главной рифтовой фазы, соответствует составу отложений, накопившихся в Манычском рифте.

Южнее Мангышлакской шовной зоны выделена зона Аксу—Кендирлинского трансрегионального сдвига с субширотной ориентировкой и предполагаемым временем заложения — юра. Прогнозируемый максимум смещений по этой зоне произошел в раннеюрское время.

Западно-Каспийский надрегиональный линеамент магнитного поля

Западно-Каспийский надрегиональный линеамент магнитного поля выделен вдоль западного побережья Каспия [2]. Накопленные результаты геолого-разведочных работ позволяют выделить следующее:

- структура кряжа Карпинского существенно изменяется восточнее этого линеамента, в результате чего кряж подразделяется на две ветви, разделенные зоной прогибов [2];
- в северной части региона зона рассматриваемого линеамента является барьером для развития в западном направлении Туиракчанского рифта;
- к южному продолжению зоны этого магнитного линеамента приурочена предполагаемая система позднекайнозойского рифтогенеза [2];
- в пределах площади исследований зона линеамента перекает центральные части двух узлов нефтегазообразования (Кизлярский и Аграханский), а на площадях Южного Каспия зона Западно-Каспийского линеамента пересекает еще три аналогичных узла нефтегазообразования [2, 3].

Надрегиональный линеамент автор интерпретирует как крупную тектоническую структуру — Западно-Каспийскую систему разломов. Возможно, с севера на юг вдоль данной системы разломов происходило наращивание амплитуды сдвига-раздвиговых смещений.

Трансрегиональная Сармат—Туаркырская рифтовая система, выделяемая на севере исследуемого района, включает Донбасс—Зеравшанский сдвиг. Несколько южнее расположены площади Манычский рифта. В центральной и южной части

этой территории выделена Аграхан—Атырауская региональная сбросо-сдвиговая система вдоль Предкавказско-Мангышлакской рифтогенной зоны. За пределами площади Каспийского региона находится Аксу—Кендирлинский трансрегиональный сдвиг. Таким образом, исследуемая площадь рассечена тремя крупными сдвигами, четвертый сдвиг расположен несколько южнее ее границы. Приведенные данные подтверждают, что исследуемый регион развивался в условиях сдвигового геодинамического режима, который обусловил соответствующий структурный парагенез [2, 7, 8, 11].

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

Платформенный чехол на площадях Северного Каспия представлен в основном верхнепермско—кайнозойским комплексом преимущественно терригенного состава. Осадочная толща включает кроме пермь—триасовых отложений терригенные и карбонатно-терригенные породы юрского—неогенового возраста. В Терско-Каспийском прогибе на юге региона сформирован мощный карбонатный комплекс мезозоя—эоцена, перекрытый преимущественно глинисто-песчаными отложениями майкопской свиты олигоцен—миоценового возраста и породами неоген—антропогена.

Проблемам нефтегазоносности исследуемого региона посвящено большое число публикаций [1, 2]. Основными этапами формирования нефтегазоматеринских толщ Северного Каспия являются ранний карбон, триас—средняя юра и эоцен—плиоцен. На шельфе установлено пять месторождений и все они расположены в пределах анализируемой “сцены” (рис. 3). На площадях южного вала Ракушечного поднятия обнаружены залежи нефти, выделяемые как месторождение имени Филановского. Запасы нефти позволяют относить этот объект к категории крупных месторождений.

Вопросы о развитии на этих площадях нефтегазовых объектов типа узлов нефтегазообразования рассматриваются редко. И.Ф. Глумов с соавт. в работе [2] фактически выделяют эти узлы в виде площадей, ограниченных окружностями, но авторы работы не приводят определения этих геологических образований и не сопровождают аргументацией их обоснование. В представленной статье указывается высокая корреляция геологических объектов этого типа с аномальными ареалами флюидонасыщения.

В работе [3] приводится информация о результатах бурения на месторождениях Азери—Чираг—Гюнешли и Шах-Дениз. Скважинами в пределах

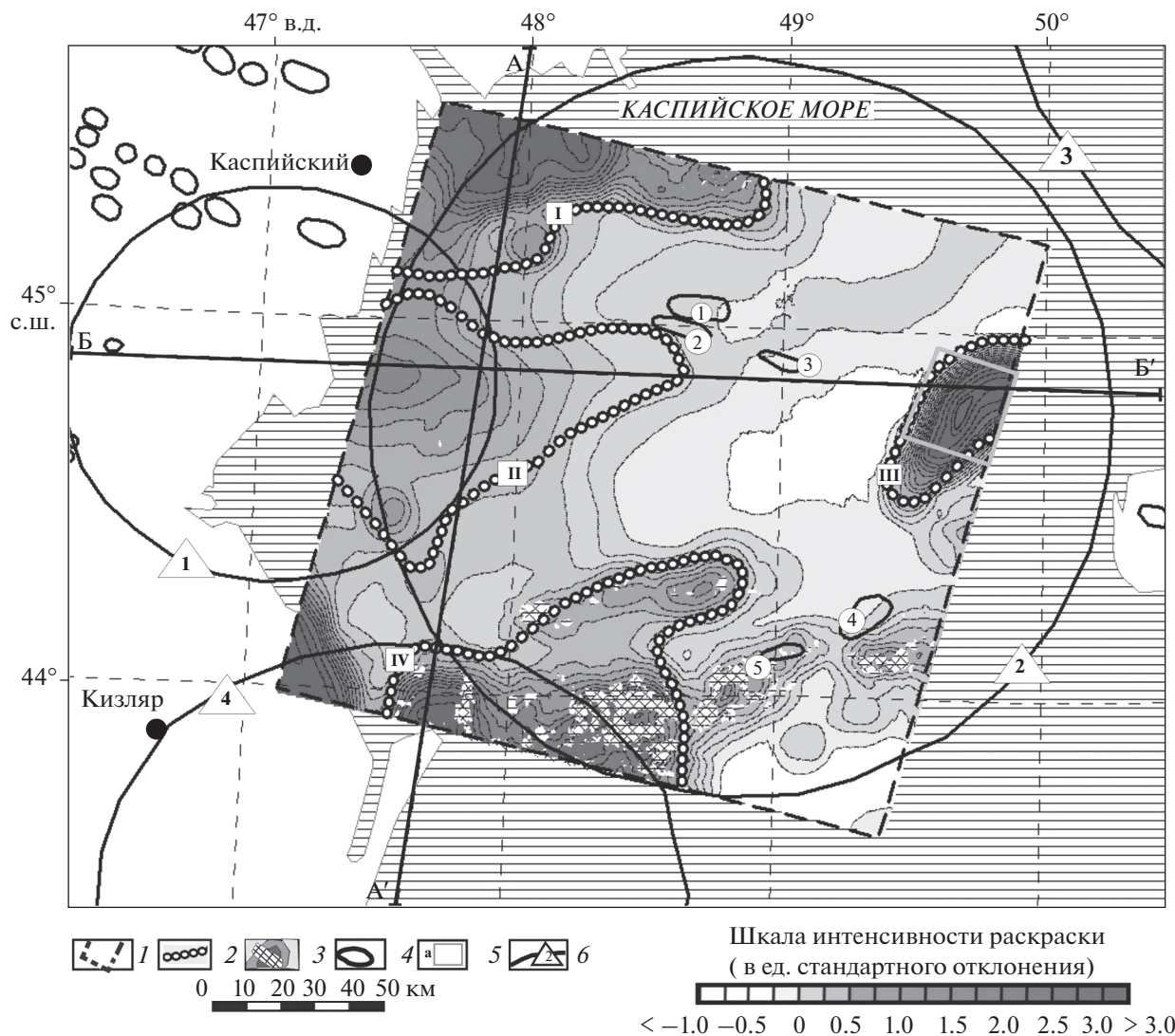


Рис. 3. Карта региональных аномалий флюидонасыщения легкими углеводородами, составленная с использованием метода дистанционной флюидоиндексации.

Обозначены линии профилей: А-А', Б-Б'.

1 – контуры “сцены”; 2 – граница аномальных ареалов индекса флюидонасыщения легкими углеводородами: I – Каспийский, II – Кизлярский, III – Тюб-Караганский, IV – Аграханский; 3 – участки снимков со значительными скоплениями облачности; 4 – месторождения углеводородов, выделенные в пределах “сцены” (цифры в кружках): 1 – Ракушечное, 2 – Филановского, 3 – Широтное, 4 – Хвальнское, 5 – 170-й км; 5 – контур (а) фрагмента увеличенного космического снимка, по [17]; 6 – главные узлы нефтегазообразования (цифры в треугольниках): 1 – Кизлярский, 2 – Мангышлакский, 3 – Прорвинский, 4 – Аграханский

этих месторождений на глубинах до 7 км обнаружены многочисленные разуплотненные тела, которые могут служить путями миграции и зонами нефтегазоаккумуляции. При обобщении данных по глубокому бурению в пределах Южного Каспия [3] был сделан вывод о возможности выделения пяти автономных очагов нефтегенерации (узлы нефтегазообразования, по [2]).

Полученные с использованием метода дистанционной флюидоиндексации данные могут в

определенной мере расширить представления о нефтегазоносности региона. Так, на карте региональных аномалий индекса флюидонасыщения отображены площади повышенной эмиссии углеводородов (см. рис. 3). Хотя значимость подобной информации для региональной оценки перспектив нефтегазоносности пока неясна, но она позволяет привлечь внимание к этим площадям. Региональные аномалии, форма которых приближается к изометричной, именуются в даль-

нейшем ареалами флюидонасыщения. Задача расшифровки геологической природы этих аномалий является основной для выполняемых исследований. Согласно имеющимся на приведенной карте (см. рис. 3) дополнительным данным, в пределы обработанной “сцены” попадают различными своими частями только три узла нефтегазообразования:

- Кизлярский аномальный ареал с Кизлярским узлом нефтегазообразования;
- Аграханский аномальный ареал с Аграханским узлом нефтегазообразования;
- Мангышлакский узел нефтегазообразования, который почти полностью охватывает площадь “сцены”.

Автономность аномалии образующих объектов, соответствующих первым двум аномальным ареалам, позволяет предполагать и возможную автономность остальных двух (Каспийского и Тюб-Караганского ареалов), объединяемых в единый Мангышлакский узел, что, возможно, связано с несколько излишней генерализацией имеющейся информации. С учетом приведенных данных представляется обоснованным отметить высокий коэффициент корреляции, с которым узлы нефтегазообразования, намеченные по геологоразведочным материалам [2, 3], соотносятся с аномальными ареалами флюидонасыщения. Уточнение границ узлов нефтегазообразования с привлечением данных о контурах ареалов эмиссии углеводородов в пределах исследуемой площади, возможно, будет способствовать решению вопросов оценки перспектив нефтегазоносности региона.

АНАЛИЗ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АРЕАЛОВ ФЛЮИДОНАСЫЩЕНИЯ

Учитывая информативность комплекса геолого-геофизических характеристик, используемых при описании региональных тектонических элементов исследуемых площадей, для дальнейшего рассмотрения приняты четыре наиболее значимых параметра. В качестве данных параметров выбраны структурные поверхности предмелового возраста и кровли консолидированной коры, глубины поверхности Мохо, а также поле силы тяжести.

Тюб-Караганский ареал

Наиболее интенсивной региональной аномалией индекса флюидонасыщения легкими углеводородами (до 26 баллов), обнаруженной на шельфе Среднего Каспия, является Тюб-Кара-

ганский ареал (см. рис. 3). При этом данный ареал характеризуется минимальными площадными размерами и максимально высокими значениями горизонтального градиента. В тектоническом плане этот объект находится в узле пересечения (см. рис. 2) трех рифтогенных систем – Манычской, кряжа Карпинского и Предкавказско-Мангышлакской, – а также на пересечении зоны Донбасс-Зеравшанского трансрегионального сдвига с Аграхан-Атырауской сбросо-сдвиговой системой.

Согласно данным по структуре кровли предмелового возраста Тюб-Караганский ареал расположен на границе Тюб-Караганского вала с локальной депрессией, входящей в состав Джанайско-Зюдевской зоны прогибов (рис. 4). Впадины Джанайско-Зюдевской зоны рассматриваются [2] как присдвиговые структуры. В эпицентральной части Тюб-Караганского ареала по кровле предмеловой поверхности выделена положительная форма амплитудой до 100 м (см. рис. 4).

На карте гравитационного поля (рис. 5) Тюб-Караганскому ареалу флюидонасыщения соответствует относительно локальное понижение, возможно, обусловленное крупной депрессией осадочного чехла и наличием зоны дезинтеграции в пределах участка со сложной разломной структурой (см. рис. 2, см. рис. 5).

Тюб-Караганский ареал обладает максимальными значениями горизонтального градиента. Опираясь на аналогии с аномалиями потенциальных полей, правомочно допустить, что верхняя кромка этого объекта расположена на небольшой глубине от дневной поверхности. Косвенным подтверждением высказанного предположения является нахождение этого ареала в пределах площади с амплитудой современных вертикальных движений до +3 мм/год, при том, что для шельфа Каспия характерна общая тенденция погружения.

Каспийский ареал

Интенсивность региональной аномалии Каспийского ареала заметно ниже относительно Тюб-Караганского ареала (18 баллов), в отличие от которого Каспийский ареал имеет несколько эпицентров (см. рис. 3). Каспийский ареал приурочен к узлу пересечения Донбасс-Зеравшанского транс-регионального сдвига с прогнозируемой Западно-Каспийской разломной системой. Намечается вытянутость этого ареала вдоль зоны сдвига.

В структуре кровли предмеловой поверхности большей части Каспийского ареала соответствует зона Джанайско-Зюдевских прогибов. Наиболее интенсивные аномалии северной части этого ареала совпадают с локальной положительной струк-

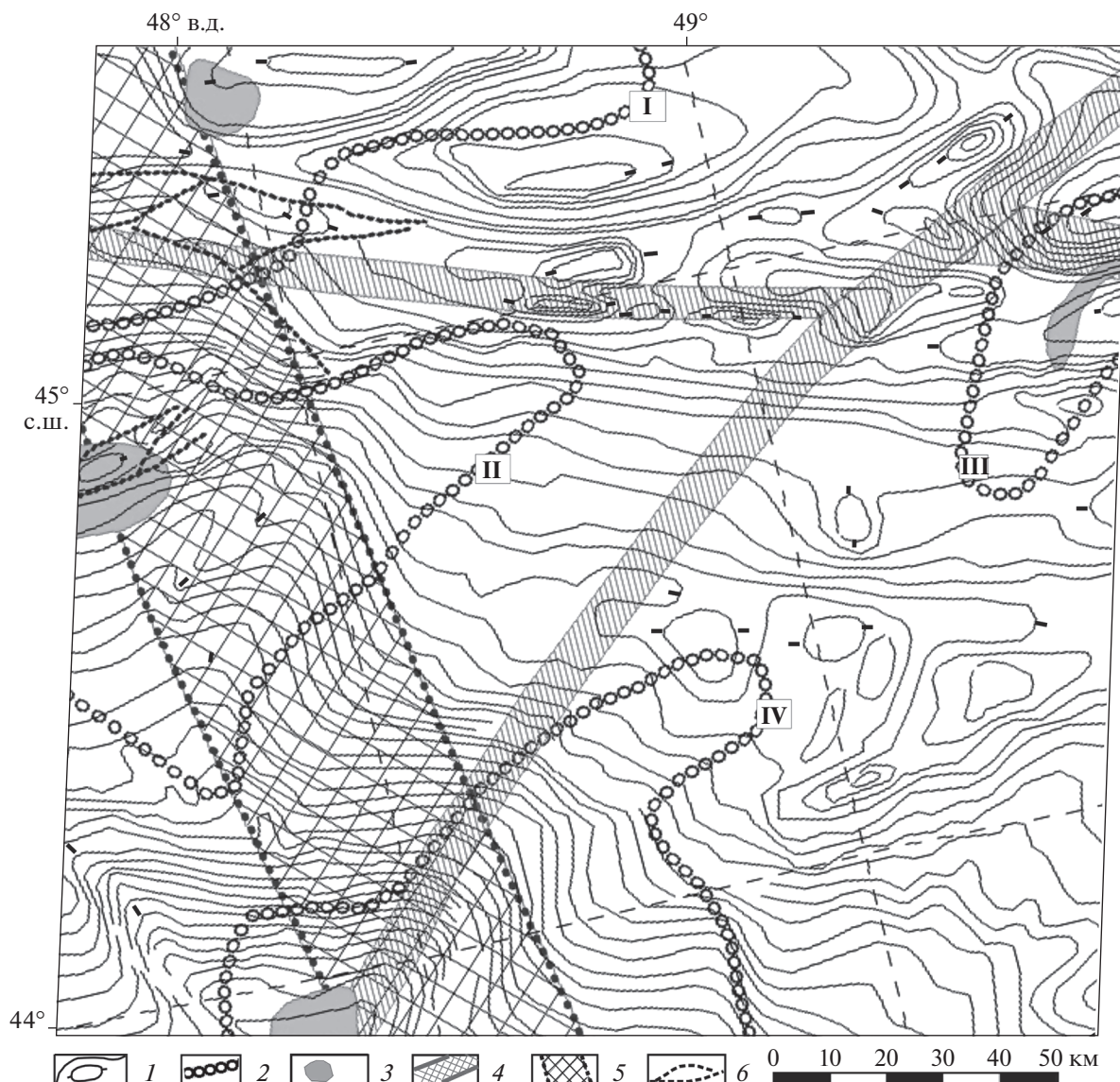


Рис. 4. Структурная карта поверхности предмелового возраста (составлена по данным [2], с изменениями и дополнениями).

Рамка рисунка принята в соответствии с границей космического снимка.

1 – стратоизогипсы домеловой поверхности; 2 – границы аномальных ареалов флюидонасыщения: I – Каспийский, II – Кизлярский, III – Тюб-Караганский, IV – Аграханский; 3 – эпицентры региональных аномалий индекса флюидонасыщения; 5 – региональные сдвиги; 6 – Западно-Каспийская разломная система

турой, пережимающей зону прогибов (см. рис. 3, см. рис. 4). Вдоль Донбасс–Зеравшанского сдвига в рассматриваемой структурной поверхности выделены два разломных блока ромбовидной формы, что характерно для зон растяжения. Северные части этих блоков, граничащие с зоной прогибов, приподняты. С восточным блоком (см. рис. 3, см. рис. 4) совпадает локальная аномалия индекса флюидонасыщения интенсивностью до 4 баллов (на фоне общего аномального ареала). Учитывая сложную форму рассматриваемого ареала и наличие в его составе нескольких эпицентров,

не исключаем, что в составе Каспийского ареала объединены два сближенных автономных объекта, что также может быть обусловлено дополнительными каналами – сателлитами.

Структура гравитационного поля в пределах Каспийского ареала полностью обусловлена плотностными неоднородностями кряжа Карпинского, в пределах которого прослеживается значительная по площадным размерам и интенсивности положительная аномалия. Изгибы изолиний позволяют ожидать совпадение эпицентров,

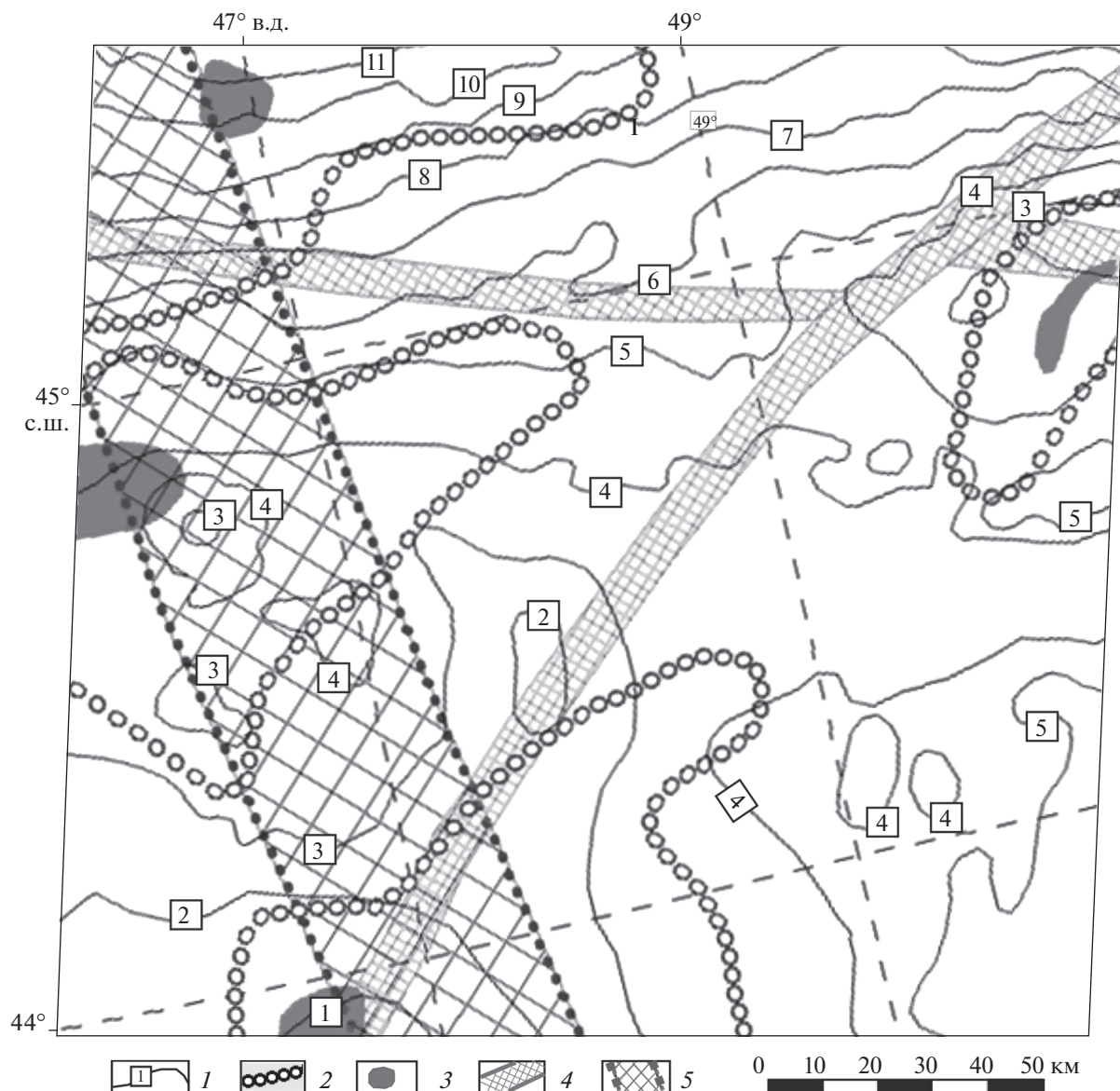


Рис. 5. Карта изолиний поля силы тяжести в условном уровне (по данным [2], с дополнениями). Рамка рисунка принята в соответствии с границей космического снимка.

1 – изолинии поля силы тяжести; 2 – граница аномальных ареалов индекса флюидонасыщения; 3 – эпицентры региональных аномалий флюидонасыщения; 4 – региональные сдвиги; 5 – Западно-Каспийская разломная система

тральной части этого ареала со слабоинтенсивной отрицательной локальной аномалией.

Кизлярский ареал

Южнее Каспийского ареала располагается Кизлярский ареал (см. рис. 3). Вблизи его восточной границы расположены месторождения Филановского и Ракушечное, а еще далее на восток находится месторождение Широтное. Аномальная интенсивность Кизлярского ареала является минимальной для исследуемой площади (13 баллов), горизонтальные градиенты также имеют минимальные значения. По аналогии с потенци-

альными полями можно ожидать наибольшие в пределах “сцены” глубины залегания его кровли.

Кизлярский ареал расположен почти в центре соответствующего узла нефтегазообразования (см. рис. 3), его эпицентральная часть приурочена к пересечению Западно-Каспийской разломной зоны с южной границей Маньчской рифтогенной системы. В плане явно выражена вытянутость ареала в субширотном направлении, а также намечается дополнительная меридиональная ориентировка вдоль Западно-Каспийской разломной системы, что определяет крестовидную форму Кизлярского ареала.

В отличие от Тюб-Караганского и Каспийского ареалов Кизлярский ареал наиболее удален от впадин присдвигового типа. В кровле предмеловой поверхности эпицентральной части Кизлярского ареала находится разломный блок ромбовидной формы, к центральной части которого приурочено локальное поднятие (см. рис. 4). Эпицентральной части Кизлярского ареала соответствует локальное понижение гравитационного поля интенсивностью ~1.5 мГл (см. рис. 5).

Аграханский ареал

На юге Каспийского региона выявлен Аграханский ареал. Однако, значительная часть площади Аграханского ареала покрыта редкой облачностью, которая затрудняет анализ части площади объекта. В пределах изученного фрагмента ареала интенсивность его аномального поля аналогична Каспийскому ареалу (18 баллов). Эпицентральной частью Аграханского ареала приурочена (см. рис. 2, см. рис. 3) к узлу пересечения трансрегионального Аграханского сдвига с Западно-Каспийской разломной зоной, при этом ареал располагается в пределах Предкавказско-Мангышлакской рифтовой зоны.

В отличие от Кизлярского ареала эпицентральной частью Аграханского ареала совпадает с площадью сближенных в плане Кизлярской и Сулакской высокоамплитудных впадин приразломного типа (рис. 6). Увеличение мощности осадочных отложений в этих впадинах, а также общее разуплотнение геологического пространства в тектоническом узле активной области дезинтеграции определили возникновение обширной зоны с пониженными значениями гравитационного поля до 2 мГл в локальных эпицентрах (см. рис. 5).

Аграханский тектонический узел является единственным на площадях исследуемой “сцены”, в пределах которого на глубинах 5 км отмечены аномальные величины регионального поля температур ~300°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассматриваемые параметры измерены на шельфе с различной детальностью и точностью, что может объяснять отличия признаков для отдельных ареалов. На основании общего набора характеристик определим геолого-структурную модель обстановок формирования объектов, с которыми связаны аномальные ареалы флюидонасыщения. Для этого определим основные факторы, способствующие образованию ареалов:

- первым фактором является формирование в литосфере крупных автономных узлов тектонической дезинтеграции;
- вторым фактором является накопление в этом раздробленном пространстве высокоинтенсивных напряжений раздвигового типа, возможно, сопровождающееся вращательным моментом растягивающих усилий;
- третьим фактором являются глубинные процессы, которые обусловили локальные изменения структуры кровли консолидированной коры, а также поверхности Мохо.

Фактор тектонической дезинтеграции

Ареалы аномального флюидонасыщения, выявленные в проведенном исследовании, расположены в узлах пересечения трансрегиональных разломных зон и рифтогенных систем. Наиболее значимым из подобных структурных ассоциаций региона является Тюб-Караганский узел, образованный пересечением двух трансрегиональных сдвигов и трех рифтогенных систем (см. рис. 2, см. рис. 3). Каспийский и Аграханский ареалы приурочены к узлам пересечения сдвигов и расположены в пределах рифтовых зон. Наименьшая интенсивность деструкции ожидается для площади Кизлярского тектонического узла, который приурочен к пересечению южной приграничной части Манычского рифта с Западно-Каспийской разломной зоной.

Значения интенсивности аномальных ареалов изменяются в аналогичной последовательности:

- 26 баллов – Тюб-Караганский ареал,
- 19 баллов – Каспийский и Аграханский ареалы,
- 13 баллов – Кизлярский ареал.

Наличие подобной зависимости обусловлено величинами проницаемости, т.е. тектонической раздробленности, внутри контуров каждого тектонического узла.

Фактор формирования крупнообъемных пространств разуплотнения

Возникновение автономных объектов с высокой проницаемостью обеспечивает не только тектоническое дробление пород в узлах дезинтеграции. Условием для формирования узлов разуплотнения является развитие в регионе сдвигов, сопровождающихся растяжением (сдвиги в режиме трансенсии) и возникновением структур типа пулл-апарт. Влияние этого процесса усиливается в связи с диагональной ориентировкой Аграханского трансрегионального сдвига. Автор считает вполне вероятным, что в этом тектоническом уз-

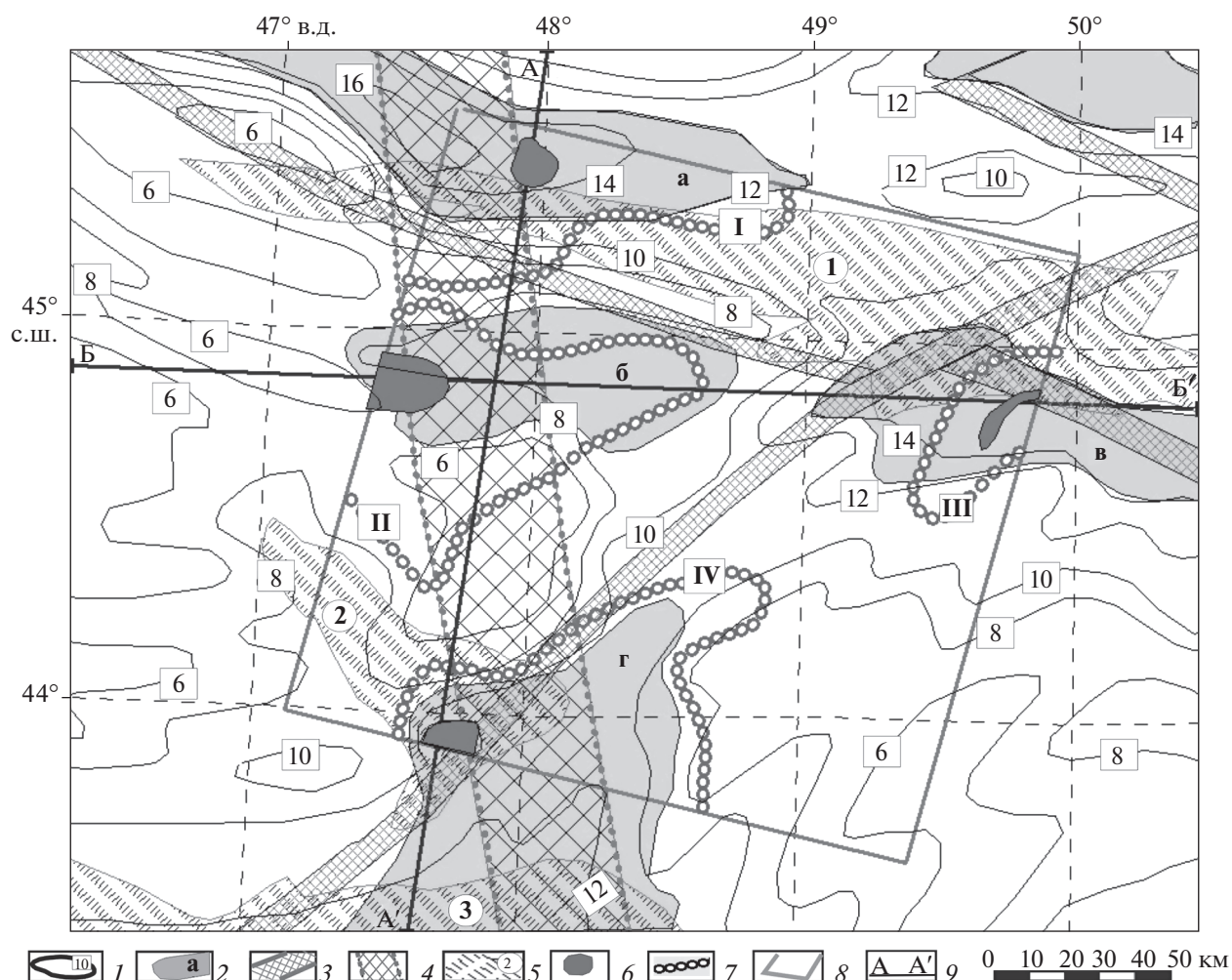


Рис. 6. Отрицательные структуры кровли консолидированной коры и принадвиговые впадины осадочного чехла (по данным [2], с дополнениями).

1 – изолинии кровли консолидированной коры, км; 2 – отрицательные структуры кровли (обозначены буквами): а – Каспийская, б – Кизлярская, в – Тюб-Караганская, г – Аграханская; 3 – региональные сдвиги; 4 – Западно-Каспийская разломная система; 5 – приразломные впадины в структуре осадочного чехла; 1 – Джанайско-Зюдевская система прогибов, 2 – Кизлярская впадина, 3 – Сулакская впадина; 6 – эпицентры региональных аномалий индекса флюидонасыщения; 7 – граница аномальных ареалов флюидонасыщения: I – Каспийский, II – Кизлярский, III – Тюб-Караганский, IV – Аграханский; 8 – контуры “сцены”; 9 – линии профилей А–А' и Б–Б', для которых построены геолого-структурные модели

ле может возникнуть вращательный момент тектонических напряжений и деформаций. Вращательные (вихревые) деформации способствовали распространению зоны деструкции на более глубокие горизонты. Активные раздвиговые деформации, сопровождающиеся вращательными напряжениями, обуславливали формирование структур типа пулл-апарт. В качестве одной из них автор предположительно рассматривает впадину в поверхности предмелового возраста со значительной амплитудой погружения, прилегающую с севера к Тюб-Аграханскому ареалу (см. рис. 4).

Автономные участки высокоамплитудных растяжений возникали только в критических точках.

В то же время доминирование в регионе тектонических условий растяжения в целом способствовало формированию здесь ряда впадин присдвигового типа. Тюб-Караганский и Каспийский ареалы контактируют с впадинами Джанайско-Зюдевской системы прогибов, которые отнесены к присдвиговому типу (см. рис. 6). Две аналогичные Кизлярская и Сулакская впадины расположены на площадях Аграханского ареала. Обстановка деформаций растяжения подтверждается выделением зоны плиоцен–четвертичного раздвигообразования в пределах южного продолжения Аграханской шовной зоны [2]. Наиболее удаленные от присдвиговых впадин площади Киз-

лярского ареала характеризуются и минимальной интенсивностью флюидонасыщения.

Возникновение в центральных частях контуров некоторых ареалов мелких тектонических блоков ромбовидной формы также свидетельствует о наличии в регионе напряжений растяжения. Подобные тектонические объекты отмечены в пределах Каспийского и Кизлярского ареалов (см. рис. 4). Прогнозируемое время этих деформаций – предмеловое. Автор предполагает, что положительные формы в центрах этих блоков могут быть обусловлены взрывным типом происхождения флюидов.

Глубинные преобразования земной коры в узлах сопряжения деструкции с раздвиговыми подвижками

Анализ структуры кровли консолидированной коры в пределах “сцены” показывает, что возникновение аномальных ареалов приурочено к участкам понижения кровли консолидированной коры (см. рис. 6). Самая большая глубина кровли (~14 км) установлена вдоль границы кряжа Карпинского для Тюб-Караганского и Каспийского ареалов. Для Аграханского ареала этот параметр составляет ~11 км, для Кизлярского ареала он составляет 8 км, при этом наблюдается корреляция глубины залегания кровли коры с интенсивностью флюидонасыщения. Интенсивность аномалий соответственно понижается постепенно от 26, 19, 18 и до 13 баллов, но действительно и обратное утверждение: на участках отсутствия погружений кровли консолидированной коры в исследуемом регионе отсутствуют и аномальные ареалы флюидонасыщения.

Глубинным фактором, совпадающим для всех четырех ареалов, является приуроченность этих объектов к участкам локального повышения поверхности Мохо (рис. 7). В соответствии с картой изолиний глубин поверхности Мохо утонение земной коры соответствует следующим объектам:

- на 0.5 км – Каспийскому и Тюб-Караганскому объектам;
- на 0.3 км – Кизлярскому объекту;
- на 0.7 км – Аграханскому объекту.

Природа изменений структуры глубинных горизонтов неизвестна, однако, сам факт высокой корреляции региональных аномалий флюидонасыщения с преобразованиями на значительных глубинах позволяет допускать связь этих аномалий с глубинными процессами.

Региональное поле температур повышается с севера на юг вдоль системы Аграханского разлома. Только для площадей Аграханского ареала

установлены аномально высокие температуры, достигающие 300°C на глубине 10 км. Далее на юг этот параметр заметно повышается, что, возможно, связано с общим сокращением толщины земной коры и дальнейшим развитием современных процессов раздвигообразования.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Сопряженное воздействие рассмотренных факторов способствует формированию объектов, которые сопровождаются на поверхности аномальными ареалами эмиссии углеводородов. Интерпретация геологической природы этих объектов выполнена на основе сравнения отмечаемых ранее аномальных изменений геолого-геофизических параметров внутри контуров ареалов с аналогичными параметрами за пределами контуров. Повторяемость этих изменений внутри контуров аномальных ареалов позволяет определить обстановку, благоприятные для формирования изучаемых объектов. Геолого-структурная модель обстановок формирования этих образований в пределах Северо-Каспийского региона представлена в виде двух профилей (см. рис. 8).

По полученным геологоразведочным данным интенсивная раздробленность на исследуемых площадях характерна преимущественно для отложений домелового возраста, поэтому мы полагаем, что тектоническая обстановка, способствующая возникновению объектов, обуславливающих аномальные ареалы флюидонасыщения, сложилась на исследуемых площадях в предмеловой период его развития. Основным условием формирования этих объектов является наличие в регионе сдвигов в режиме трансенсии, происшедших по крупным трансрегиональным системам разломов. Узлы пересечения этих структурных элементов являются критическими точками разрядки высокоамплитудных тектонических напряжений, что определило (см. рис. 2, см. рис. 3) плановое расположение автономных узлов интенсивной деструкции и разуплотнения геологического пространства.

Совпадение (в трех случаях из четырех) с контурами аномалий локальных минимумов поля силы тяжести подтверждает наличие подобных областей деструкции и разуплотнения в пределах аномалий флюидонасыщения (см. рис. 5). Так, минимум гравитационного поля в контуре Аграханского ареала идеально совпадает с эпицентром последнего. В пределах Кизлярского ареала с локальным минимумом поля Δg совпадает эпицентр аномалии флюидонасыщения тяжелых углеводородов. К западной границе Тюб-Караганского ареала приурочена эпицентральная часть

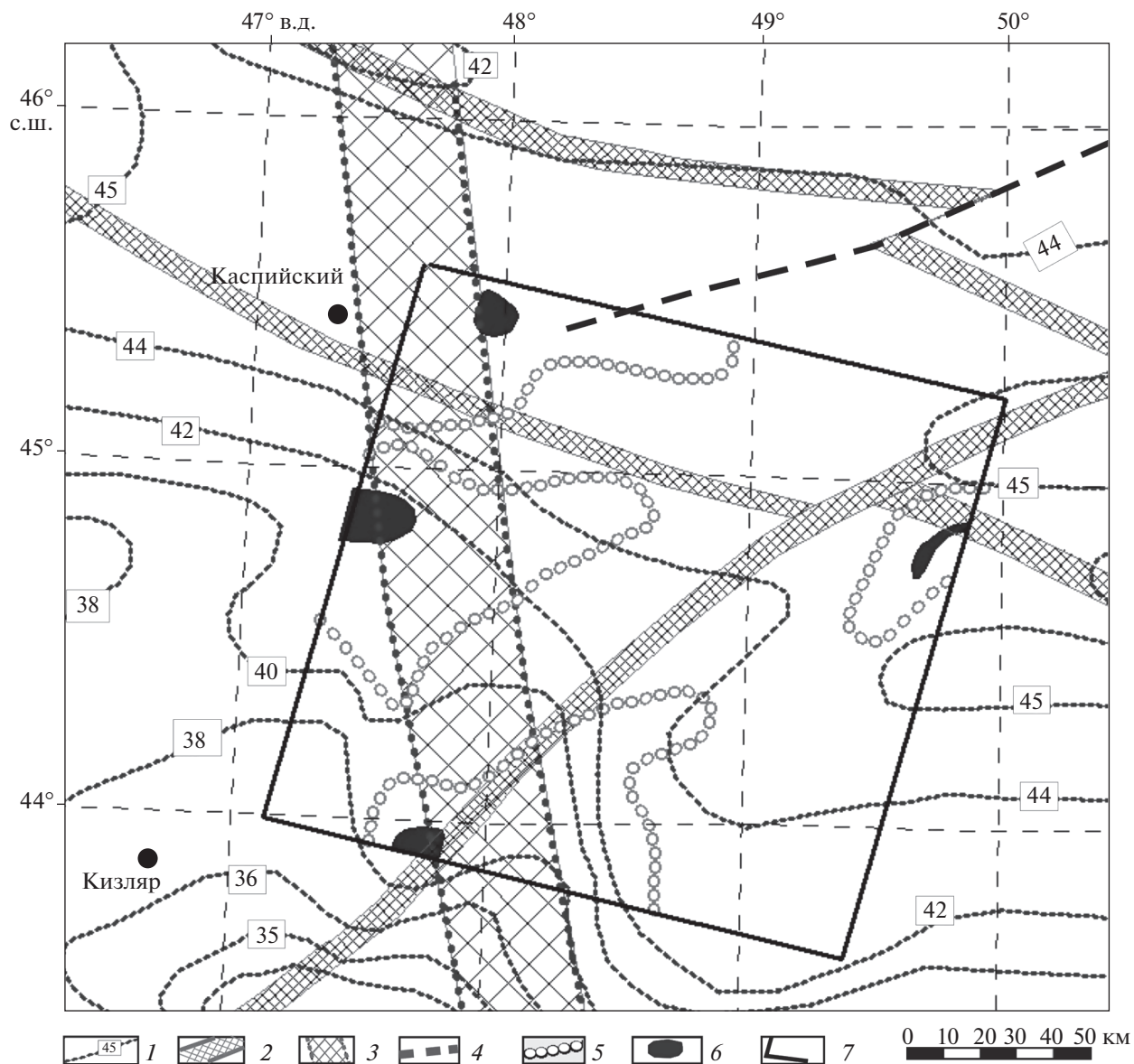


Рис. 7. Карта изолиний поверхности Мохо (по данным [2], с дополнениями).

1 – изолинии кровли Мохо; 2 – региональные сдвиги; 3 – Западно-Каспийская разломная система; 4 – крупный сдвиг; 5 – граница аномальных ареалов флюидонасыщения; 6 – эпицентры региональных аномалий индекса флюидонасыщения; 7 – контуры “сцены”

значительного по интенсивности и по площадным размерам гравитационного минимума (см. рис. 5).

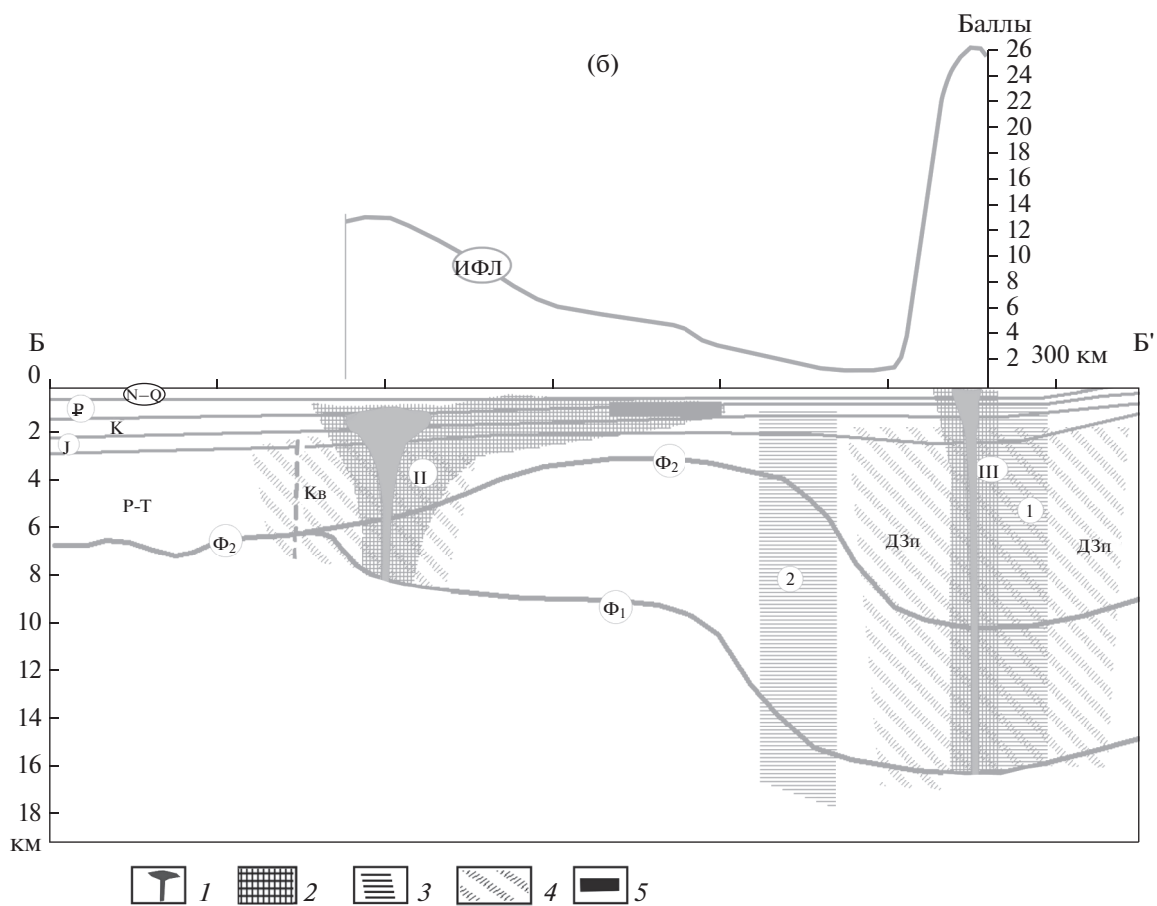
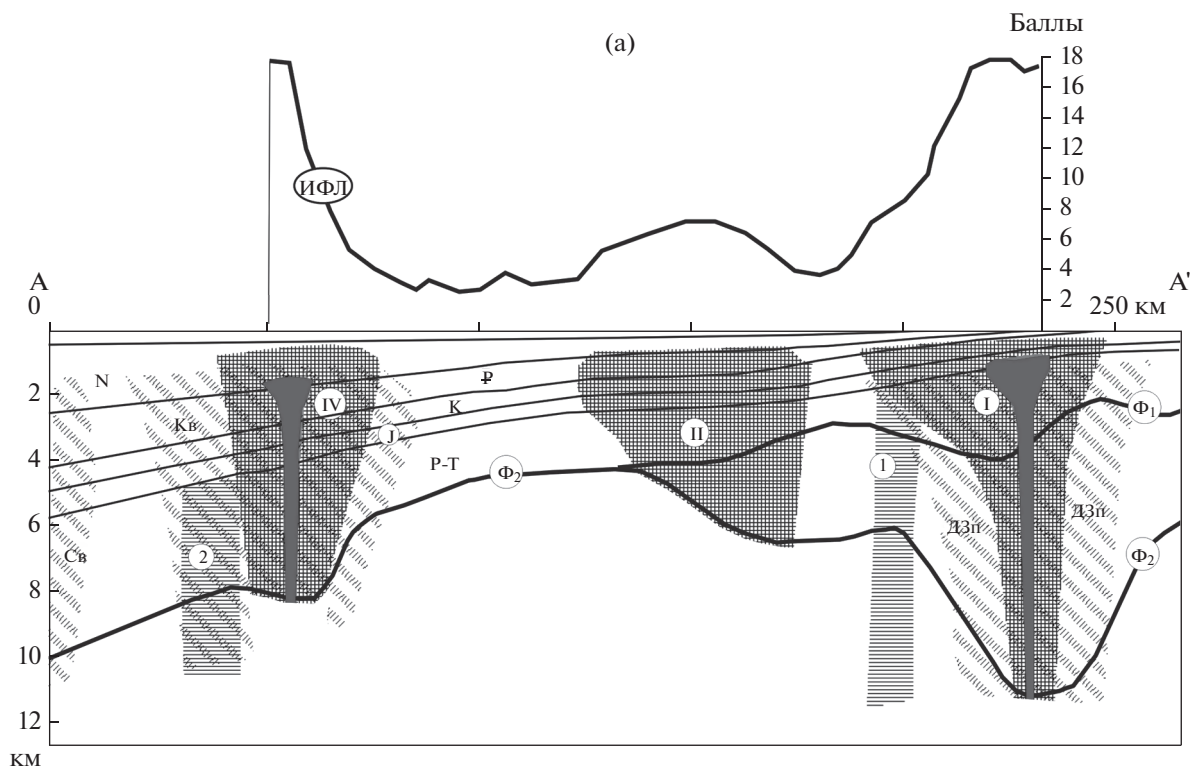
Автором предлагается следующая схема интерпретации системных процессов, которые способствовали формированию вещественно-струк-

Рис. 8. Геолого-структурная модель обстановок формирования крупнообъемных флюидизитов в пределах Северо-Каспийского региона.

Линии профилей: А–А' (а); Б–Б' (б).

Обозначено: ИФЛ – индекс флюидонасыщения легкими углеводородами.

Обозначена кровля: Φ_1 – консолидированной коры; Φ_2 – разновозрастного фундамента. 1 – центральный канал и прилегающая к нему часть флюидизитов с высокими концентрациями углеводородов; 2 – прогнозируемые крупнообъемные флюидизиты: I – Каспийский, II – Кизлярский, III – Тюб-Караганский, IV – Аграханский; 3 – трансрегиональные сдвиги: 1 – Донбасс–Зеравшанский, 2 – Аграхан–Атырауский; 4 – интервалы разреза с преобладанием обстановок растяжения, включающие присдвиговые впадины: ДЗп – зона Джанайско-Зюевских прогибов, Кв – Кизлярская впадина, Св – Сулакская впадина; 5 – интервал разреза с выявленными месторождениями углеводородов



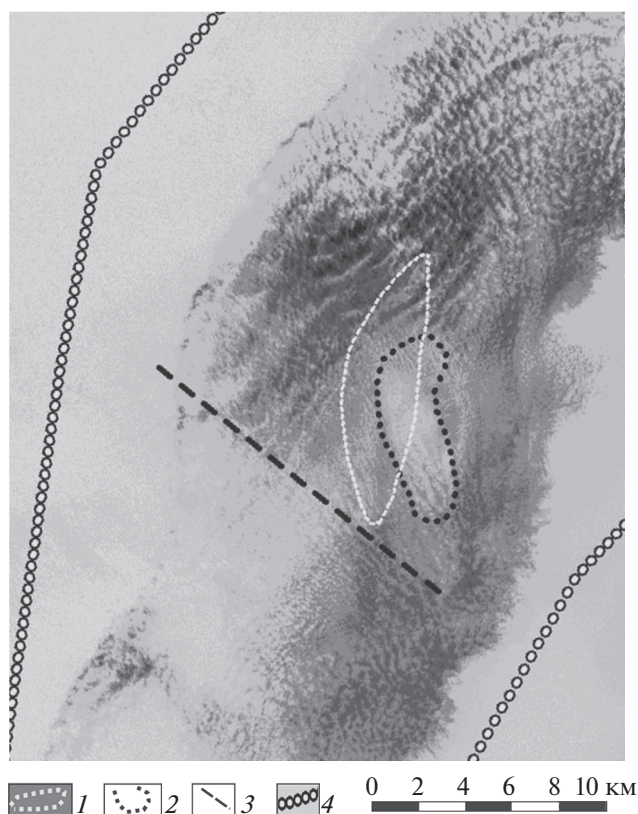


Рис. 9. Увеличенный фрагмент космического снимка (Ландсат-7, по [17]).

Положение фрагмента космического снимка в пределах “сцены” показано на рис. 3.

1 – изолиния, околнуривающая эпицентр региональной аномалии индекса флюидонасыщения; 2 – граница прогнозируемого центрального канала крупнообъемных флюидизитов; 3 – прогнозируемый разлом; 4 – контур (а) аномального ареала флюидонасыщения легкими углеводородами

турных образований, обуславливающих аномальные ареалы флюидонасыщения. В предмеловое время в регионе происходила активизация крупноамплитудных сдвиго-раздвиговых подвижек в режиме транстенсии, что сопровождалось смещением крупных блоков земной коры и способствовало возникновению в литосфере автономных образований значительных объемов, подверженных интенсивной дезинтеграции и раздвиговым деформациям вплоть до разрыва сплошности хрупких литофицированных разностей. Резкое падение давления внутри этих автономных образований в связи со значительными сдвиго-раздвиговыми подвижками и возникновением пустот неизбежно сопровождалось эффектом декомпрессии, что, способствовало запуску процессов геохимических и фазовых преобразований, обуславливающих отделение флюидов от литофицированной матрицы. Флюиды заполняли возник-

шие здесь пустоты. В условиях доминирующего сдвиго-раздвигового режима этап декомпрессии мог быть продолжительным. Возникающий на смену раздвигу краткосрочный этап сжатия обеспечивал транспортировку накопившихся флюидов в пределы верхних горизонтов разреза. Периодически повторяющиеся циклы активизации растяжений, сменяющиеся затем сжатием, возобновляли все описанные процессы и обеспечивали транспортировку флюидов из глубоких горизонтов в верхние, где давление близко к атмосферному. Формирующиеся в этих автономных узлах вещественно-структурные образования, представляющие собой дезинтегрированную массу раздробленных пород, насыщенную газообразными и жидкими флюидами, автор предлагает именовать крупнообъемными флюидизитами.

Перемещения флюидов из нижних этажей в верхние происходили в обстановках краткосрочных периодов аномального увеличения давления. Поэтому высока вероятность возникновения здесь условий, аналогичных условиям взрывного типа. В таком случае объясняется соответствие эпицентральной частям ареалов флюидонасыщения мелких блоков ромбовидной формы, ограниченных разломами. То обстоятельство, что подобные блоки установлены только для Кизлярского и Каспийского ареалов, возможно, обусловлено более высоким качеством сейсморазведки на площадях, отработанных ПАО “Нефтяная компания “Лукойл” (г. Москва, Россия) [2]. Положительные структурные формы в центральной части этих блоков, возможно, связаны с эруптивным типом образований центральных каналов в осевых частях крупнообъемных флюидизитов.

В случае, когда степень дезинтеграции в пределах автономных узлов деструкции очень велика, – так, например, происходит в Тюб-Караганском объекте – горизонтальное сечение флюидизита минимальное, их границы четкие, аномалии флюидонасыщения характеризуются интенсивными горизонтальными градиентами (см. рис. 3, см. рис. 8). Если автономный узел связан с менее активными дизъюнктивными зонами, то вмещающие породы в меньшей степени подвержены деструкции, и поэтому оказывают большее сопротивление взрывному воздействию. При этом контуры ареала расширяются, а горизонтальные градиенты существенно уменьшаются. В подобных случаях возможно возникновение дополнительных боковых каналов-сателитов, таких как каналы, создающие мелкие осложнения аномалий Каспийского и Кизлярского флюидизитов.

Основная масса флюидов внутри контура флюидизитов по своему составу, вероятно, по-

добна поступлениям из углеводородных залежей. Современное положение верхней кромки флюидизитов для Кизлярского и Каспийского ареалов, полагаем, соответствует уровню раннего мела. Для Тюб-Караганского и Аграханского ареалов верхняя кромка предполагается на более высоких уровнях (рис. 8).

Предлагаемая схема формирования крупнообъемных флюидизитов в некоторых позициях близка к предположению об “очагах возбуждения”, изложенному в работе [3] для характеристики флюидизитов Южного Каспия. Однако схема формирования крупнообъемных флюидизитов на основе эффекта декомпрессии представляется более адаптированной к полученным данным.

Высокие горизонтальные градиенты Тюб-Караганского ареала флюидонасыщения рассматриваются как результат неглубокого залегания его верхней кромки, что могло быть связано с процессами активизации Аграханской трансрегиональной сдвиговой системы в кайнозойское время. Анализ изображения шельфа на спектрональных космоснимках в пределах указанного ареала показал, что наиболее дифференцированная интенсивность фототона зафиксирована на космоснимке [17] в видимой части спектра в диапазоне 0.45–0.52 мкм длины волны (см. рис. 8).

Осветленную часть изображения, пространственно приуроченную к эпицентральной части аномального ареала, интерпретируем как отображение участка, интенсивно насыщенного углеводородами и соответствующего неглубоко залегающему центральному каналу флюидизита. Результаты анализа космоснимка можно рассматривать как косвенное подтверждение высказанному нами предположению.

При исследовании ареалов флюидонасыщения эти объекты сопоставлялись с узлами нефтегазообразования. Представляется, что узлы нефтегазообразования являются структурными образованиями, генетически обусловленными формированием крупнообъемных флюидизитов.

ВЫВОДЫ

Регион исследования претерпел сложную историю геодинамических преобразований. Исследуемая площадь пересечена Донбасс–Зеравшанской зоной сдвиговых деформаций, трансрегиональным Аграханским сдвигом, а также прогнозируемой автором Западно-Каспийской разломно-сдвиговой зоной. Кроме того, здесь сформированы Восточно-Маньчжурская и Предкавказско–Мангышлакская рифтогенные системы. Развитие региона в условиях сдвигового геодина-

мического режима предопределило структурный парагенез [8, 11].

Исследования проводились с целью изучения генезиса крупных аномалий углеводородного флюидонасыщения, выявленных с использованием метода дистанционной флюидоиндексации [4]. Всего в пределах изучаемой площади обнаружено четыре аномальных ареала эмиссии метана. В результате проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Все обнаруженные ареалы приурочены к узлам пересечения трансрегиональных разломно-сдвиговых систем и рифтогенных структур.

2. Установлена зависимость формирования аномальных ареалов от следующих факторов:

- наличия крупных автономных узлов деструкции геологического пространства, в том числе и сформированных в условиях вращательных (вихревых) тектонических напряжений;

- активности сдвиговых движений по разломам в режиме трансенсии, сопровождающихся в отдельных случаях образованием депрессий типа пулл-апарт;

- возникновения глубинных преобразований земной коры в узлах сопряжения деструкции литосферы с раздвиговыми подвижками.

3. В результате сопряженного взаимодействия перечисленных факторов в критических точках региона формируются автономные узлы, в пределах которых возникает система длительных раздвиговых деформаций с разрывом сплошности, с резким падением давления и возникновением декомпрессии. Резкие падения давления сопровождаются в условиях декомпрессии отделением флюидов от раздробленной литофицированной матрицы. Выделившиеся флюиды заполняют возникшие пустоты. Краткосрочные условия сжатия, сменяющие доминирующие обстановки растяжения, обеспечивают транспортировку флюидной массы на верхние горизонты формирующегося автономного объекта. Неоднократное периодическое повторение этого элементарного цикла способно обеспечить насыщение флюидами раздробленную массу пород внутри автономного узла деструкции. Состав флюидов в газообразной и жидкой фазах близок к таковым в залежах углеводородов. Автор допускает, что описанная тектоно-геохимическая система способна обеспечить формирование вещественно-структурных образований, которые предлагаем именовать крупнообъемными углеводородными флюидизитами. Объекты, подобные исследуемым, рассматриваем как вещественные образования, обуславливающие возникновение ареалов флюидонасыщения. Данные

объекты вполне могут соответствовать узлам нефтегазообразования.

4. Структура анализируемых параметров внутри контуров ареалов флюидонасыщения, допускает возможность варианта эксплозивного типа проникновения флюидной массы в раздробленное пространство верхних горизонтов. Взрывообразное проникновение смеси флюидов в жидкой и газообразной форме могло сопровождаться формированием центрального канала, близкого по своим характеристикам к эруптивному каналу.

5. Наблюдается не только закономерность в расположении крупнообъемных флюидизитов в пределах исследуемого региона, но и корреляция их количественных характеристик с глубинными факторами, что позволяет предполагать отсутствие контроля кровлей фундамента расположенной нижней кромки этих объектов.

6. В регионе исследования, в котором доминирует геодинамический режим сдвига-раздвиговых смещений, проявления флюидизитов являются результатом данного геодинамического режима, при этом сформированные крупнообъемные флюидизиты являются структурным элементом вещественно-структурного парагенеза.

Благодарности. Автор выражает благодарность акад. Г.Г. Матишову (Президиум РАН, Секция океанологии, физики атмосферы и географии ОНЗ РАН (г. Ростов-на-Дону, Россия) за поддержку и помощь.

Автор выражает искреннюю признательность рецензентам д.г.-м.н. Т.Н. Херасковой (ГИН РАН, г. Москва, Россия) и д.г.-м.н. Ю.А. Воложу (ГИН РАН, г. Москва, Россия) за комментарии, которые позволили улучшить статью, автор искренне признателен шеф-редактору М.Н. Шуплецову (ГИН РАН, г. Москва, Россия) за структурное редактирование рукописи и высокопрофессиональную подготовку материалов статьи.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания ЮНЦ РАН, № гос. регистрации проекта АААА-А19-119011190181-1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волож Ю.А., Дмитриевский А.Н., Леонов Ю.Г. Милетенко Н.В., Ровнин Л.И. О стратегии очередного этапа нефтегазопроисковых работ в Прикаспийской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 4. С. 341–363.
2. Глумов И.Ф., Маловицкий Я.П., Новиков А.А., Сенин Б.В. Региональная геология и нефтегазоносность Каспийского моря. М.: Недра-Бизнесцентр, 2004. 342 с.
3. Гулиев И.С., Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н. Фундаментальные проблемы нефтегазоносности Южно-Каспийского бассейна // ДАН. 2016. Т. 471(1). С. 62–65.
4. Давыденко Д.Б. Региональные аномалии углеводородного флюидонасыщения как новый источник информации о нефтегазоперспективных объектах шельфа Каспия // ДАН. 2016. Т. 470. № 4. С. 431–435.
5. Давыденко Д.Б., Клещенков А.В. Прогнозирование нефтегазоносности с использованием метода дистанционной флюидоиндексации и опыт верификации этих данных // Исслед. Земли из космоса. 2014. № 4. С. 1–15.
6. Левашов С.П., Якимчук Н.А., Корчагин И.Н. Практические результаты применения оперативных дистанционных и мобильных геоэлектрических методов для нефтегазопроисковых работ // Геология и полезн. ископаемые Мирового океана. 2012. № 1. С. 66–87.
7. Леонов Ю.Г., Волож Ю.А., Антипов М.П., Быкадоров В.А., Хераскова Т.Н., Консолидированная кора Каспийского региона: опыт районирования / Ю.Г. Леонов (ред.). М.: ГЕОС, 2010. 64 с.
8. Лукъянов А.В. Структурные проявления горизонтальных движений земной коры. М.: Наука, 1965. 211 с.
9. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция / Ю.Г. Леонов, Ю.А. Волож (ред.). М.: Научный мир, 2004. С. 526.
10. Серокуров Ю.Н. Дистанционный прогноз руд в России – проблемы и перспективы // Отечественная геология. 2011. № 4. С. 3–10.
11. Уткин В.П. Сдвиговой структурный парагенез и его роль в континентальном рифтогенезе восточной окраины Азии // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 3. С. 21–43.
12. Davydenko D.B. Separate forecast of zonation of the oil and gas accumulation by the method of remote fluid indexation // Dokl. Earth Sci. 2011. Vol. 438. Part 1. P. 557–562.
13. Davydenko D.B. New oil perspective area on the south slope of the Voronezh Arch // Dokl. Earth Sci. 2011. Vol. 439. Part 1. P. 914–918.
14. Klusman R.W. Soil and related methods for natural resource exploration. (John Wiley & Sons, N.Y., 1993), pp. 483.
15. Schumacher D. "Hydrocarbon-induced alteration of soils and sediments", In *Hydrocarbon migration and its near-surface expression*, Ed. by D.F. Schumacher, M.A. Abrams // Am. Assoc. Petrol. Geol. Memoir. 1996. Vol. 66. P. 71–89.
16. Saunders D.F., Burson K.R., Tompson C.K. Model for hydrocarbon microseepage and related near surface alterations // Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 1999. Vol. 83. P. 170–185.
17. URL: http://earthexplorer.usgs.gov/L7116802_02920010802 (Accessed January 11, 2010).

Рецензенты: Т.Н. Хераскова, Ю.А. Волож

Activation of Formation of Hydrocarbon Fluidizites under Conditions of Shift Geodynamic Regime of the Caspian Region (Russian–Kazakh Sector)

D. B. Davydenko*

*Federal Research Center Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Chekhova Ave, 41, 344006 Rostov-on-Don, Russia*

**e-mail: davyd@ssc-ras.ru*

The article presents the results of the study of objects spatially associated with an abnormally high emission of hydrocarbons. They are found in the waters of the Northern Caspian. An analysis of changes in the complex of geological and geophysical parameters within the contours of the discovered objects showed revealed the following patterns: (i) their high correlation with large zones of destruction of the earth's crust, (ii) confinement to negative forms of the roof of the consolidated crust, (iii) an increase in the Moho roof in their areas development, (iv) coincidence with the shear basins of the sedimentary sequence. The objects under consideration are identified by studying the reflectivity of the earth's surface. The study of the spatial distribution of these objects on the areas of the region made it possible to establish their correlation with the main nodes of oil and gas formation, identified by the complex of geological exploration data. In the South Caspian, oil and gas production units were studied not only using seismic methods, but also by drilling up to 7 km. The results of comprehensive studies accumulated here contribute to the substantiation of the conclusion about the occurrence of foci of excitation in certain conditions on deep horizons of the earth's crust in which hydrocarbon generation occurs. A generalization of the materials obtained in the Northern Caspian with the data of the Southern Caspian suggests that the areas of increased hydrocarbon emission, which are significant in area, are due to the large-volume fluidizites that are formed in the nodes of oil and gas formation. These objects are developed in the southern areas of the North Caspian where the shear geodynamic regime dominates. The position of the negative structures of the platform cover near the zones of transregional shifts determines their shear type. The paragenesis of hydrocarbon fluidizites with shear troughs is due to the confinement of these formations to the regions of extension of the earth's crust, which contributes to the emergence of pull-apart structures. The correlation of fluidizites with various structural-tectonic and sedimentation factors allows us to conclude that the deep geodynamic regime controls the formation of such objects.

Keywords: shear, trough, hydrocarbon fluidizites, extension area, consolidated crust, transformation of spectrozonal space images, pull-apart structures, diamond-shaped fault