

УДК 551.243.6(470.56)

РАДИАЛЬНО-КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ В ФУНДАМЕНТЕ ДРЕВНЕЙ ПЛАТФОРМЫ И УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ГЕНЕРАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ: РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО СЕЙСМОТЕКТОНИЧЕСКИМ ДАННЫМ

© 2022 г. Е. А. Данилова^{1, 2, *}

¹Институт геофизики им. академика Ю.П. Булашевича УрО РАН,
д. 100, ул. Амундсена, 620016 Екатеринбург, Россия

²Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН,
д. 15, ул. Академика Вонсовского, 620016 Екатеринбург, Россия

*e-mail: yevgeniya.antoninovna@bk.ru

Поступила в редакцию 01.10.2021 г.

После доработки 27.02.2022 г.

Принята к публикации 11.05.2022 г.

Проведено исследование выявления очагов генерации углеводородов современными методами. Рассматриваются радиально-концентрические структуры фундамента Восточно-Европейской платформы как потенциальные очаги генерации углеводородов. На примере юго-запада Оренбургской области изучены сейсмогеологические признаки и тектонические условия их возникновения и распространения. Приведена интерпретация временных региональных сейсмических профилей региона исследования, проведенная с применением метода последовательных приближений и детализации, а также анализа геолого-геофизических и дистанционных работ. Установлено, что в районах распространения геодинамически активных очагов генерации углеводородов в осадочном чехле на временных разрезах сейсмических профилей присутствуют структуры “цветкового” типа. Над скоплениями углеводородов соли кунгурского яруса нижней перми образуют крупные купола (район Восточно-Оренбургского геодинамически активного очага, нефтегазовых месторождений Предуральяского краевого прогиба и зоны его сочленения с Восточно-Европейской платформой) или приподнимаются в пределах блоков, ограниченных тектоническими нарушениями (район Западно-Оренбургского геодинамически активного очага, нефтегазовых месторождений Соль-Илецкого свода). Ниже кровли девонских отложений в зонах простираения залежей углеводородов отмечается хаотическая субвертикально направленная локально усиленная сейсмическая запись, распространяющаяся глубже отражающего горизонта, отождествляемого с кровлей пород фундамента. По структурным построениям, с учетом конфигурации месторождений углеводородов, получена схематическая сеть разломов фундамента, генетически связанная с новейшими тектоническими сдвигами. Месторождения и выявленные сейсморазведочными работами структуры имеют закономерное распределение внутри четырех крупных радиально-концентрических структур. Построения подтверждены результатами мониторинга современных геотектонических процессов и дешифрирования космических снимков. Предполагаем, что центры структур являются очагами генерации углеводородов, имеют геодинамическую активность, при этом по зонам радиальных и концентрических разломов происходит миграция углеводородов. По аналогии с Оренбургским тектоническим узлом выделено еще несколько крупных центров аккумуляции углеводородов, в пределах которых целесообразно продолжать поисково-разведочные работы на нефть и газ.

Ключевые слова: древняя платформа, очаги генерации углеводородов, радиально-концентрические структуры, временные сейсмические разрезы, фундамент, осадочный чехол, неотектонические сдвиговые деформации, соляные структуры, месторождения нефти и газа

DOI: 10.31857/S0016853X22030043

ВВЕДЕНИЕ

Результаты современных дистанционных методов изучения строения нашей планеты позволяют уточнить форму известных структур и обратить внимание на плохо изученные кольцевые и

дугообразные тектонические образования, отражающиеся в элементах ландшафта. По мнению некоторых исследователей, дешифрируемые по космическим снимкам кольцевые структуры, являются проявлением глубинных зон нарушений фундамента, дают информацию о современных

неотектонических процессах и, возможно, связаны с процессами очаговой геодинамики, мантийного диапиризма и вулканизма [3, 16, 17, 21, 23].

Многие геологи находят связь кольцевых структур с особенностями распределения залежей полезных ископаемых по площади. Радиально-концентрические структуры – это поисковый признак при обнаружении месторождений алмазов, редкометалльных карбонатитов, графитов, каменных углей и др. [16, 17, 21, 23]. Часть современных исследователей находит связь радиально-концентрических структур с месторождениями нефти и газа, предполагая, что структуры представляют собой зоны разуплотнения, насыщенные флюидами. Их центры считаются очагами генерации углеводородов и имеют геодинамическую активность. Зоны радиальных и концентрических разломов – путями миграции углеводородов [17, 21, 23].

Связь разломов с месторождениями нефти и газа геологи выявляют во всем мире [24–29]. В Волго-Уральской нефтегазоносной провинции, приуроченной к древней Восточно-Европейской платформе, в 1990-х годах геологи обнаружили подток новых порций углеводородов в залежи, находящиеся в эксплуатации более 50-ти лет, а также районирующее значение линеаментов при размещении запасов углеводородов [2–4, 14, 18, 20].

В платформенном Оренбуржье была проведена корреляция разломов и скоплений залежей углеводородов, но связь кольцевых концентрических структур с месторождениями нефти и газа не отмечали [5, 22]. Автором статьи было установлено, что большая часть месторождений нефти и газа юго-запада Оренбургской области – это приразломные горстовидные поднятия, связанные с коллекторами трещинного типа [6]. Автором также было предположено, что во время последней тектонической активизации вся территория Оренбуржья подверглась сдвигам, которые сопровождалась формированием в осадочном чехле неотектонических структур “цветка” [6]. Мы обратили внимание и на тот факт, что простирания залежей углеводородов вокруг Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения имеют доминирующие концентрические и дугообразные направления (рис. 1).

Целью нашего исследования является выявление и изучение радиально-концентрических структур фундамента Восточно-Европейской платформы, условий возникновения очагов концентрации углеводородов, положения нефтегазовых месторождений на территории юго-запада Оренбургской области России, а также предлагается разработанный авторский метод выделения очагов генерации углеводородов в фундаменте древних платформ по сеймотектоническим данным и реконструкциям тектонических структур.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

В современном тектоническом плане Восточно-Европейская платформа на юго-западе Оренбургской области представлена Волго-Уральской антеклизой и Предуральским краевым прогибом. Волго-Уральская антеклиза подразделяется на Восточно-Оренбургское сводовое и Соль-Илецкое поднятия по субширотному Оренбургскому разлому.

С севера к Соль-Илецкому выступу примыкает Бузулукская впадина. Южную часть области частично обрамляет северо-восточное окончание Прикаспийской впадины (см. рис. 1).

Данных о составе и возрасте пород фундамента (архей–протерозой) оренбургской части Восточно-Европейской платформы и Предуральского краевого прогиба на сегодняшний день очень мало из-за значительных глубин его залегания (от 5 до 20 км) [8]. По данным бурения скважин на Восточно-Оренбургском сводовом поднятии, верхняя часть кристаллического фундамента сложена гнейсами и гранито-гнейсами различного состава (биотитовыми, биотит-рогообманковыми, гранат-биотитовыми и др.). В верхней части докембрийских кристаллических пород развита кора выветривания мощностью до 20 м, представленная выветрелыми гнейсами. Фундамент Предуральского краевого прогиба по меридиональным разломам погружается от бортовых зон к центральной части, Прикаспийская впадина опущена относительно Волго-Уральской антеклизы на глубину 6 км и более [6].

Мощность терригенно-карбонатного осадочного чехла (нижний ордовик–кайнозой) региона исследования возрастает с севера на юг. Его геологическое строение осложнено солянокупольной тектоникой. Протяженные соляные гряды кунгурских отложений вытянуты вдоль бортовых зон сочленения Соль-Илецкого поднятия с Прикаспийской впадиной и Предуральским краевым прогибом [6] (см. рис. 1).

В 2021 г. на основе системно-геодинамического дешифрирования космических снимков по ландшафтными индикаторам была впервые предпринята попытка выделить основные геодинамически активные очаги генерации углеводородов Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения [20].

Были выявлены два очага генерации углеводородов (см. рис. 1):

- Восточно-Оренбургский;
- Западно-Оренбургский.

В том же году автором было изучено глубинное строение данных очагов генерации углеводородов по сейморазведочным данным [7].

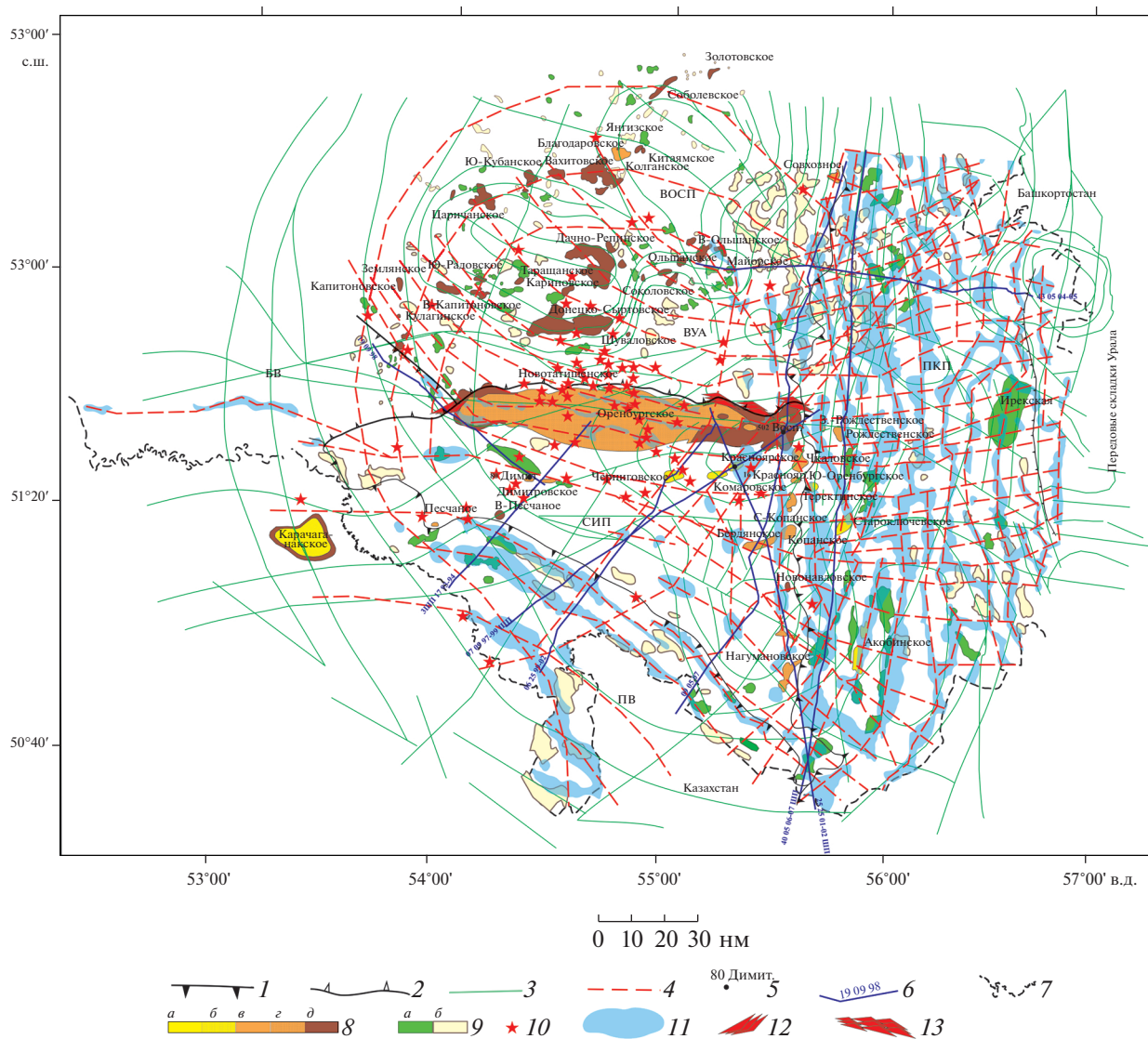


Рис. 1. Схема тектонических элементов южной части Восточно-Европейской платформы (юг Оренбургской области), (по данным [6, 7, 12], с изменениями и дополнениями).

Обозначено: ВУА – Волго-Уральская антеклиз; ПВ – Прикаспийская впадина; ПКП – Предуральский краевой прогиб; ВОСП – Восточно-Оренбургское сводовое поднятие; БВ – Бузулукская впадина; СИП – Соль-Илецкое поднятие; 1–2 – границы структур: 1 – фундамента Русской платформы (надпорядковых), 2 – в осадочном чехле (первого порядка); 3 – тектонические нарушения по результатам дешифрирования; 4 – схематическая сеть предполагаемых разломов; 5 – скважины, их номера и название площади; 6 – линии сейсмических профилей и их номера; 7 – граница Оренбургской области; 8 – месторождения: а – газовые, б – газоконденсатные, в – газонефтяные, г – нефтегазоконденсатные; д – нефтяные; 9 – структуры в подсолевых отложениях: а – подготовленные, б – выявленные; 10 – эпицентры сейсмических событий, по [19]; 11 – соляные структуры кунгурского возраста; 12–13 – геодинамически активный очаг генерации углеводородов, по [20]; 12 – Западно-Оренбургский, 13 – Восточно-Оренбургский; 14 – изометричные структуры, выделенные по геоморфологическим данным, по [1]

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения других очагов генерации углеводородов в фундаменте юго-запада Оренбургской области была проведена обновленная интерпретация временных региональных сейсмических, выполнено дешифрирование космического снимка, проведен анализ геоморфологических и сей-

смотектонических данных [1, 10, 11] (см. рис. 1, рис. 2).

Для выделения разломов использовался авторский метод последовательных приближений и детализации, учитывались все возможные признаки тектонических дислокаций. В мелком масштабе на временном сейсмическом разрезе региональных

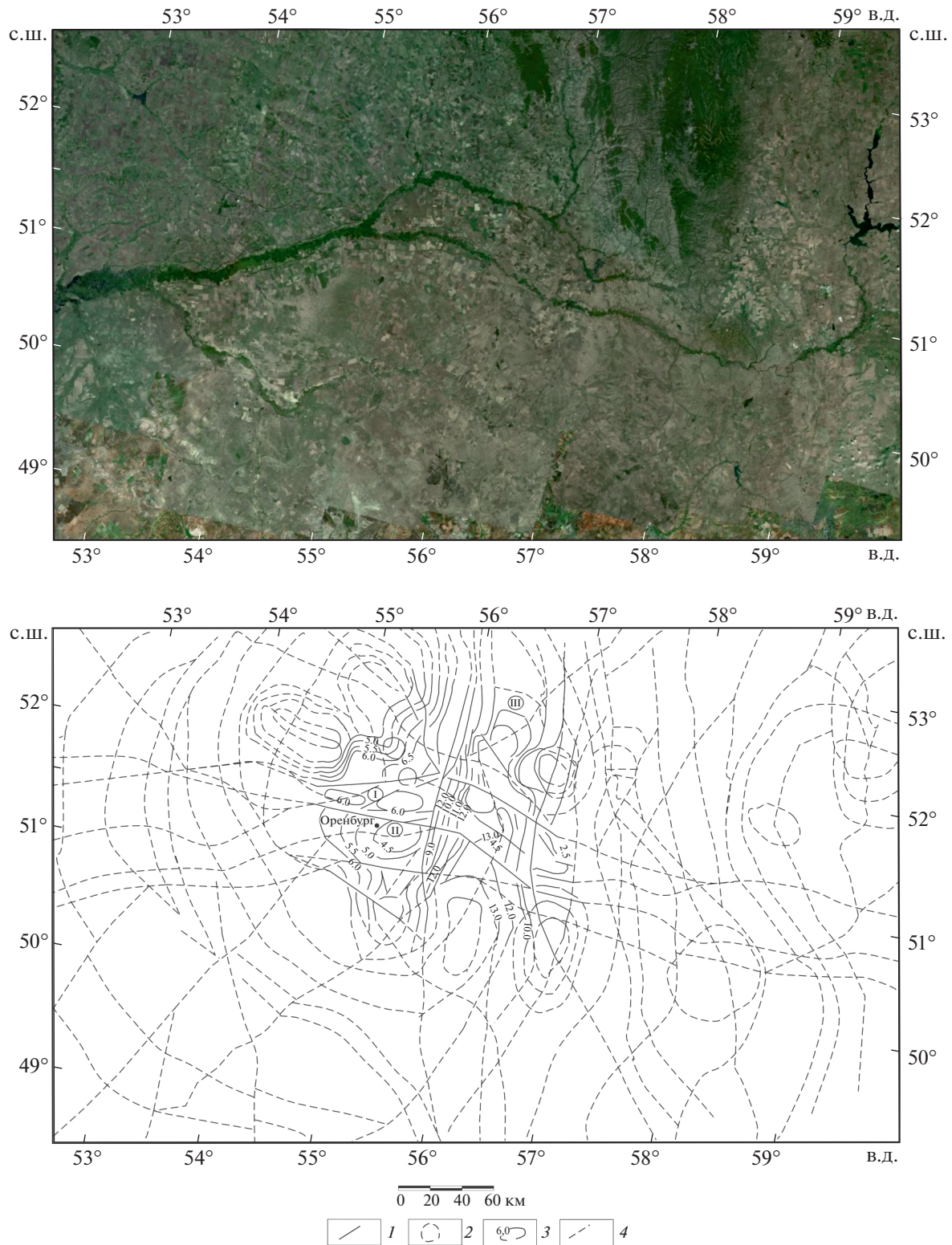


Рис. 2. Карта-схема геологического строения Оренбургской радиально-концентрической структуры по результатам дешифрирования космического снимка (по данным [2, 30], с изменениями и дополнениями).

Обозначены тектонические структуры: I – Оренбургский вал, II – Соль-Илецкое поднятие, III – Предуральский краевой прогиб.

1 – линеаменты (по данным [3]); 2 – изометричные образования, выявленные при дешифрировании космического снимка; 3 – изогипсы рельефа поверхности фундамента, км (по данным [3]); 4 – тектонические нарушения, выявленные при дешифрировании космического снимка (по данным [30])

профилей наносились наиболее явно выделяющиеся разломы. По мере увеличения масштаба возрастала детальность интерпретации, выявлялись более мелкие тектонические нарушения. Затем проводилась отбраковка лишних элементов, исходя из основных признаков обнаружения тектонических деформаций [8]:

- изменение гладкости границ;
- характер напластования пород;
- хаотичность фаз;
- смещение и разрыв наклонных осей синфазности регулярных отраженных волн;
- появление нерегулярных, наклонных осей синфазности регулярных отраженных волн;
- потеря или ухудшение корреляции регулярных отраженных волн,
- локальное усиление нерегулярных волн.

При интерпретации региональных профилей учитывались основные сейсмогеологические признаки обнаружения геодинамически активных очагов генерации углеводородов в фундаменте, которые [7]:

- безусловно расположены в районах распространения залежей углеводородов в осадочном чехле, при этом месторождения на временных разрезах сейсмических профилей представлены неотектоническими структурами “цветкового” типа;
- контролируются глубинными разломами;
- связаны с соляно-купольными структурами.

Детальная корреляция основных отражающих горизонтов проводилась с учетом выделенных нарушений. После чего выполнялся комплексный анализ результатов сейсморазведочных, гравиразведочных, газогеохимических работ, дешифрирования космических снимков в районе исследования.

Для переинтерпретации были выбраны региональные сейсмические профили, т.к. сейсморазведочные работы МОГТ 3D, проведенные на некоторых месторождениях углеводородов в 2000-х годах, ограничиваются исследованием осадочного чехла и практически не дают представления о строении фундамента.

Дешифрирование космического снимка проводилось на основе результатов дистанционных работ 1983 года [3] (см. рис. 2). Анализ геоморфологических данных выполнялся по схеме, отображающей крутизну склонов рельефа Волго-Уральской антеклизы [1].

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ПРОФИЛЕЙ

Региональные сейсмические профили отражают строение зоны сочленения Соль-Илецкого выступа и Прикаспийской впадины и пересекают

нефте- и газоконденсатные месторождения [6, 7, 12] (см. рис. 2):

- Димитровское (нефтегазоконденсатное);
- Черниговское (газоконденсатное);
- Комаровское (газоконденсатное);
- Красноярское (газоконденсатное).

Комаровское и Красноярское газоконденсатные месторождения интерпретируются как единая залежь (см. рис. 2).

Через Бузулукскую впадину и Соль-Илецкий выступ трассируется региональный профиль, частично пересекающий Западно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов и Димитровское нефтегазоконденсатное месторождение [20].

Региональные сейсмические профили характеризуют глубинное строение зоны сочленения Волго-Уральской антеклизы и Предуральского краевого прогиба и пересекают [6, 7, 20] (см. рис. 1):

- Майорское нефтяное месторождение, а также Бердянское, Нагумановское и Рождественское нефтегазоконденсатные месторождения;
- Теректинское и Староключевское газоконденсатные месторождения;
- Восточно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов.

Региональные сейсмические профили характеризуют тектоническое строение разных зон и имеют общие закономерности. В районах простирания залежей нефти и газа, геодинамически активных очагов генерации углеводородов в осадочном чехле на временных разрезах сейсмических профилей присутствуют структуры “цветкового” типа [6, 7].

Над скоплениями углеводородов соли кунгурского яруса нижней перми образуют крупные купола (район Восточно-Оренбургского геодинамически активного очага, месторождений Предуральского краевого прогиба и зоны его сочленения с Восточно-Европейской платформой) или приподнимаются в пределах блоков, ограниченных тектоническими нарушениями (район Западно-Оренбургского геодинамически активного очага, месторождений Соль-Илецкого свода) (см. рис. 1, рис. 3, рис. 4).

Ниже кровли девонских отложений в зонах простирания залежей углеводородов отмечается хаотическая субвертикально направленная локально усиленная сейсмическая запись, распространяющаяся глубже отражающего горизонта, отождествляемого с кровлей пород фундамента (см. рис. 3, см. рис. 4).

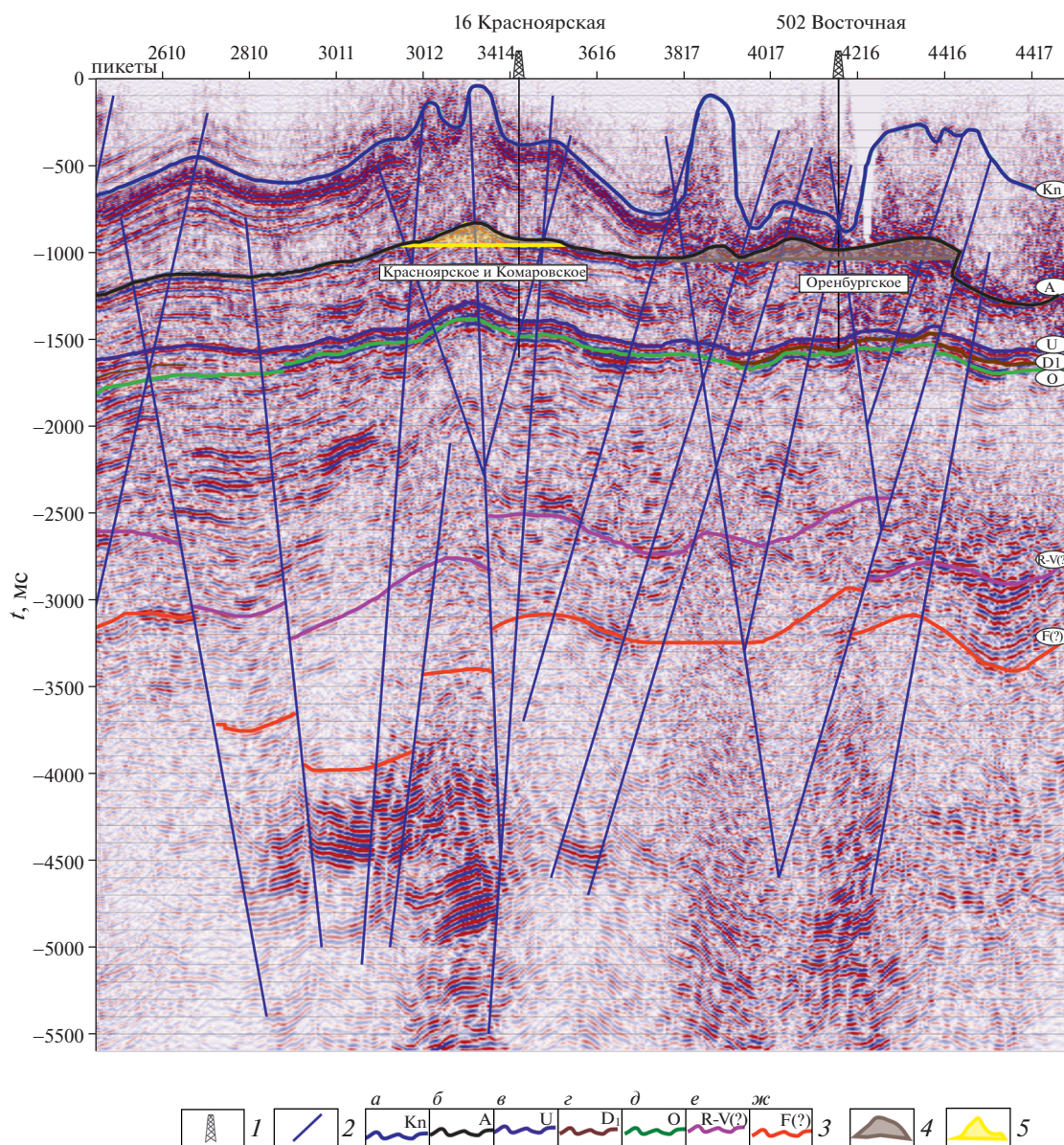


Рис. 3. Временной сейсмический разрез по региональному профилю, пересекающему Восточно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов и единую залежь Комаровского и Красноярского газоконденсатных месторождений (по данным [7]).

1 – скважина глубокого бурения; 2 – предполагаемые тектонические нарушения; 3 – отражающие поверхности: *a* – кровля пород кунгурского яруса, *б* – кровля подсолевых пород, *в* – кровля отложений бобриковского горизонта, *г* – кровля отложений нижнего девона, *д* – кровля ордовикских отложений, *е* – кровля рифей-вендских отложений, *ж* – кристаллический фундамент; 4 – Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение (Восточно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов, по [20]); 5 – газоконденсатные месторождения: *a* – Красноярское, *б* – Комаровское

Следовательно, схема

“глубинный разлом → залежь углеводородов → соляная структура”

может быть применена при картировании очагов генерации углеводородов.

По структурным построениям в юго-западной части Оренбургской области мы наметили основ-

ные векторы простираения соляных гряд и пере-
мычек между ними, одновременно учли позицию
и конфигурацию залежей углеводородов и струк-
тур, выявленных сейсморазведочными работами
[6, 7, 12].

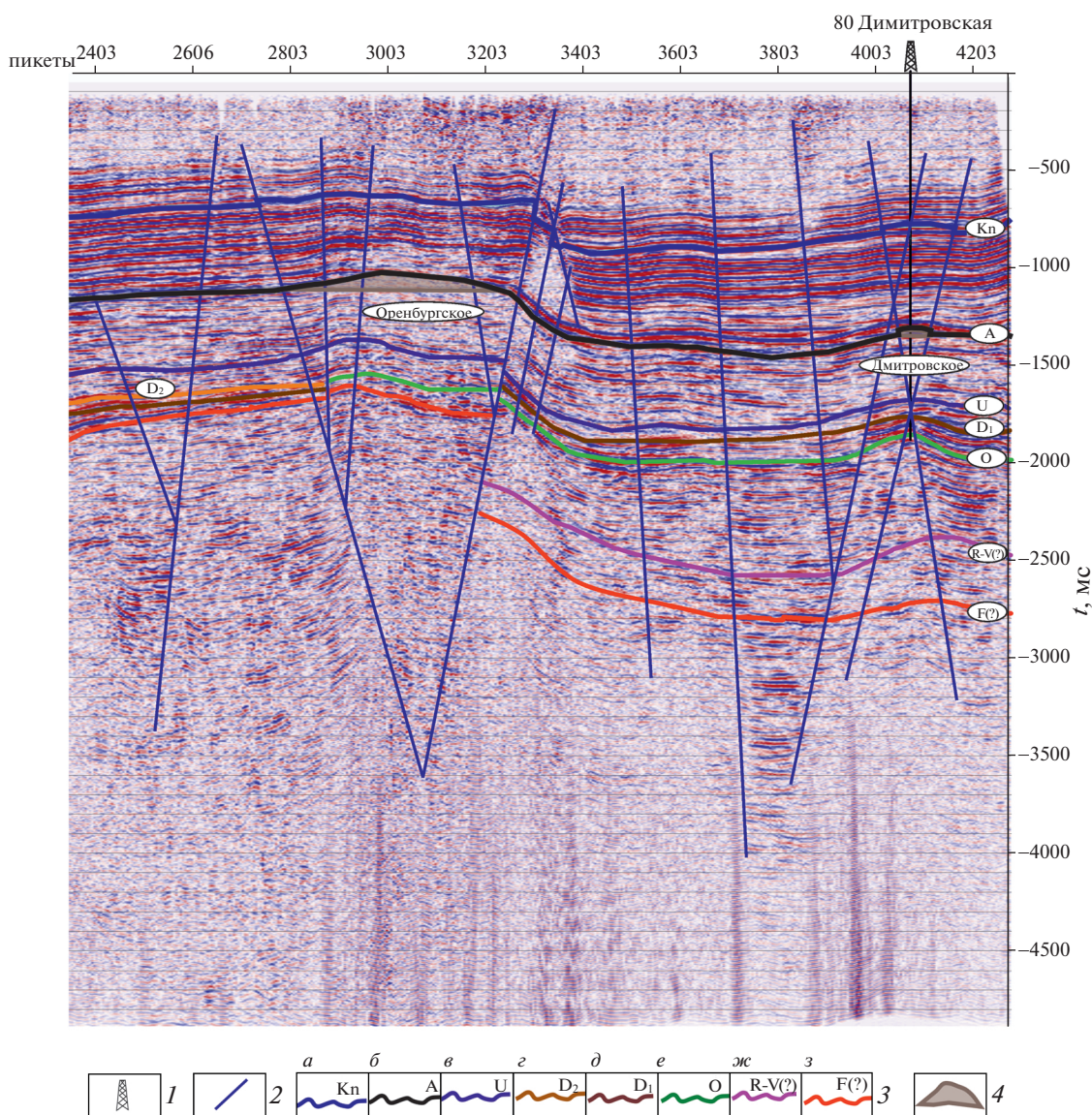


Рис. 4. Временной сейсмический разрез по региональному профилю, частично пересекающему Западно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов и Дмитровское нефтегазоконденсатное месторождение (по данным [7, 20]).

1 – скважина глубокого бурения; 2 – предполагаемые тектонические нарушения; 3 – отражающие поверхности: а – кровля пород кунгурского яруса, б – кровля подсолевых пород, в – кровля отложений бобриковского горизонта, г – кровля отложений среднего девона, д – кровля отложений нижнего девона, е – кровля ордовикских отложений, жс – кровля рифей-вендских отложений, з – кристаллический фундамент; 4 – Оренбургское (Западно-Оренбургский геодинамически активный очаг генерации углеводородов (по [20]) и Дмитровское нефтегазоконденсатное месторождение

В результате в первом приближении получили схематическую сеть разломов фундамента, отражающую радиально-концентрическое его строение и генетически связанную с современными геодинамическими процессами в земной коре (см. рис. 1). Для уточнения построений выполнили дешифрирование космического снимка, подтвердившее наличие крупной радиально-концентрической структуры $\varnothing \sim 250$ км, названной нами Оренбургской (см. рис. 1, см. рис. 2).

РАДИАЛЬНО-КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Схематическая сеть разломов фундамента юго-западной части Восточно-Европейской платформы демонстрирует наличие крупных радиально-концентрических структур, выявление которых проводилось в соответствии с контурами доминирующих дугообразных разломов и результатами

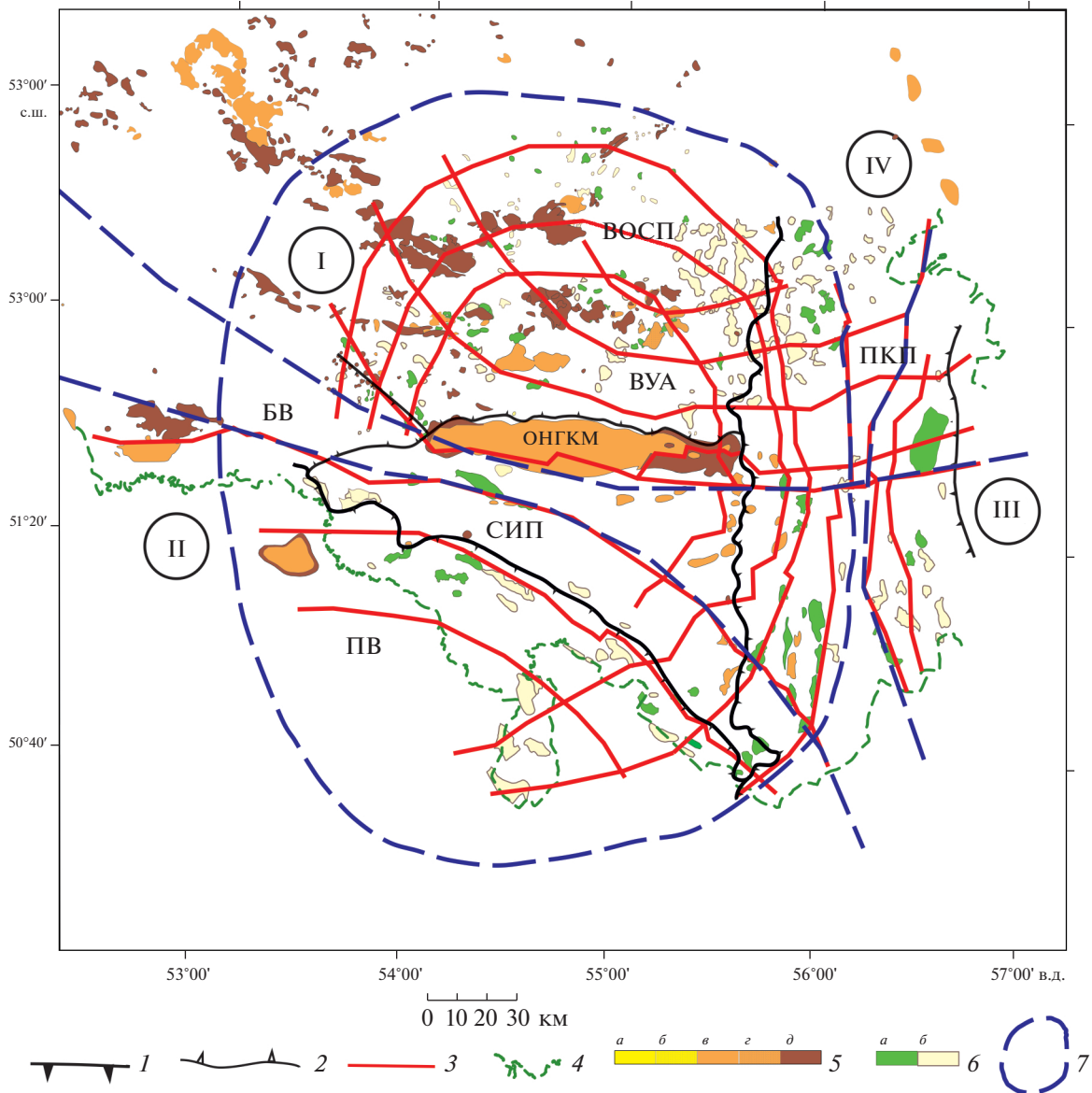


Рис. 5. Оренбургская (I), Прикаспийская (II), Предуральская (III), Оренбургско–Ромашкинская (IV) радиально-концентрические структуры фундамента Русской платформы.

Надпорядковые структуры фундамента Русской платформы: ВУА – Волго-Уральская антеклиз, ПВ – Прикаспийская впадина, ПКП – Предуральский краевой прогиб;

структуры 1-го порядка в осадочном чехле: ВОСП – Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, БВ – Бузулукская впадина, СИП – Соль-Илецкое поднятие.

1–2 – границы структур: 1 – надпорядковых в фундаменте Русской платформы, 2 – 1-го порядка в осадочном чехле; 3 – предполагаемые разломы; 4 – регион исследования; 5 – залежи: а – газовые, б – газоконденсатные, в – газонефтяные, г – нефтегазоконденсатные; д – нефтяные; 6 – структуры в подсолевых отложениях: а – подготовленные к бурению, б – выявленные; 7 – радиально-концентрические структуры фундамента, их номера

дешифрирования космического снимка (см. рис. 1, рис. 5):

- Оренбургская (I);
- Прикаспийская (II);
- Предуральская (III);
- Оренбургско-Ромашкинская (IV).

Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, более мелкие залежи углеводородов

и выявленные сейсморазведочными работами структуры Волго-Уральской антеклизы, Прикаспийской впадины и западного борта Предуральского краевого прогиба распределены внутри Оренбургской радиально-концентрической структуры-I. Прикаспийская впадина относится к одноименной радиально-концентрической структуре-II $\varnothing > 700$ км. Восточный борт Предуральского краевого прогиба приурочен к Предуральской

радиально-концентрической структуре-III $\varnothing > 250$ км (см. рис. 1, см. рис. 5).

Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, которое расположено в центре Оренбургской радиально-концентрической структуры, вместе с другими залежами углеводородов и структурами Восточно-Оренбургского сводового поднятия и северной части Предуральяского краевого прогиба входит в область распространения радиально-концентрической структуры-IV $\varnothing > 600$ км (см. рис. 1, см. рис. 5).

Продолжая построения в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции с учетом сейсмических, эту радиально-концентрическую структуру можно назвать Оренбургско-Ромашкинской, т.к. в ее пределах простирается также и крупное нефтяное Ромашкинское месторождение данных [10, 11] (рис. 6).

В зоне пересечения радиально-концентрических структур IV и III локализуется приразломная горстовидная Ирекская нефтегазоносная структура (см. рис. 1, см. рис. 5). Перспективность участка недр Ирекский сопряжена с карбонатами башкирского возраста и нижнепермскими флишоидами. То, что территория участка имеет мелкоблоковое строение и подверглась субширотным и субмеридиональным сдвигам, доказываются сейсморазведочными и гравиразведочными работами [8].

На развитие неотектонических дислокаций в районе структуры указывают результаты газохимической съемки и обработки сейсмических профилей методом сейсмической локации нефти и газа. Выявленные геохимические аномалии сосредоточены по границам Ирекской нефтегазоносной структуры и соответствуют областям повышенной проницаемости пород, тектоническим нарушениям и предполагаемым местам скопления углеводородов. Точки, выделенные методом сейсмической локации нефти и газа, соответствуют максимальным значениям энергии колебаний и местонахождению на временном разрезе флюидонасыщенных пластов и зон повышенной трещиноватости.

Самые высокие концентрации газов, а также большая часть точек, выявленных методом сейсмической локации нефти и газа, зафиксированы в межсоловых мульдах, возле стенок и внутри соляных куполов и гряд [8].

Неотектонические сдвиговые деформации древней Восточно-Европейской платформы привели к образованию месторождений нефти и газа или перераспределению сформировавшихся залежей углеводородов в пределах радиально-концентрических структур. Влияние неотектонических процессов на локализацию месторождений углеводородов в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции доказывают геоморфологические исследования [1].

Уникальное Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение, которое находится в центре макроструктуры I, стало результатом функционирования очагов генерации углеводородов в фундаменте. Вдоль радиальных и концентрических разломов сосредоточены небольшие месторождения углеводородов (см. рис. 1, см. рис. 5).

Оренбургское месторождение приурочено к зоне наложения кольцевых структур I и IV, что является значимым фактором при обнаружении крупных месторождений. Выявленная сейсморазведочными работами и подготовленная к бурению Ирекская нефтегазоносная структура также простирается в зоне пересечения макроструктур (III и IV), что позволяет рассматривать ее как высокоперспективную (см. рис. 5).

РЕКОНСТРУКЦИЯ РАДИАЛЬНО-КОНЦЕНТРИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Анализ сейсмических данных, результатов геоморфологических исследований и закономерностей распределения месторождений нефти и газа в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции и частично в Прикаспийской впадине с применением схемы

“глубинный разлом → залежь углеводородов → соляная структура”

позволил выделить другие радиально-концентрические структуры, самые крупные из которых [1, 10, 11, 13] (см. рис. 6):

- Средневожская (V);
- Башкирская (VI);
- Свердловская (VII);
- Пермская (VIII).

Средневожская радиально-концентрическая структура-V ($\varnothing \sim 480$ км) выделена по сейсмическим и геоморфологическим данным совпадает с закартированной на территории Татарста-

на одноименной геофизической концентрически-кольцевой структурой [1, 11, 15]. В ее центре располагается крупнейшее нефтяное Ромашкинское месторождение, где широко известны факты миграции углеводородов через фундамент в осадочный чехол по разломам и зонам трещиноватости [9, 18]. Глубинные разломы структуры V, имеющие преимущественно концентрическую и радиальную направленность, разделяют кристаллическую кору региона на блоки, которые делятся на более мелкие блоки, под воздействием глубинных субширотных сдвигов [11] (см. рис. 6).

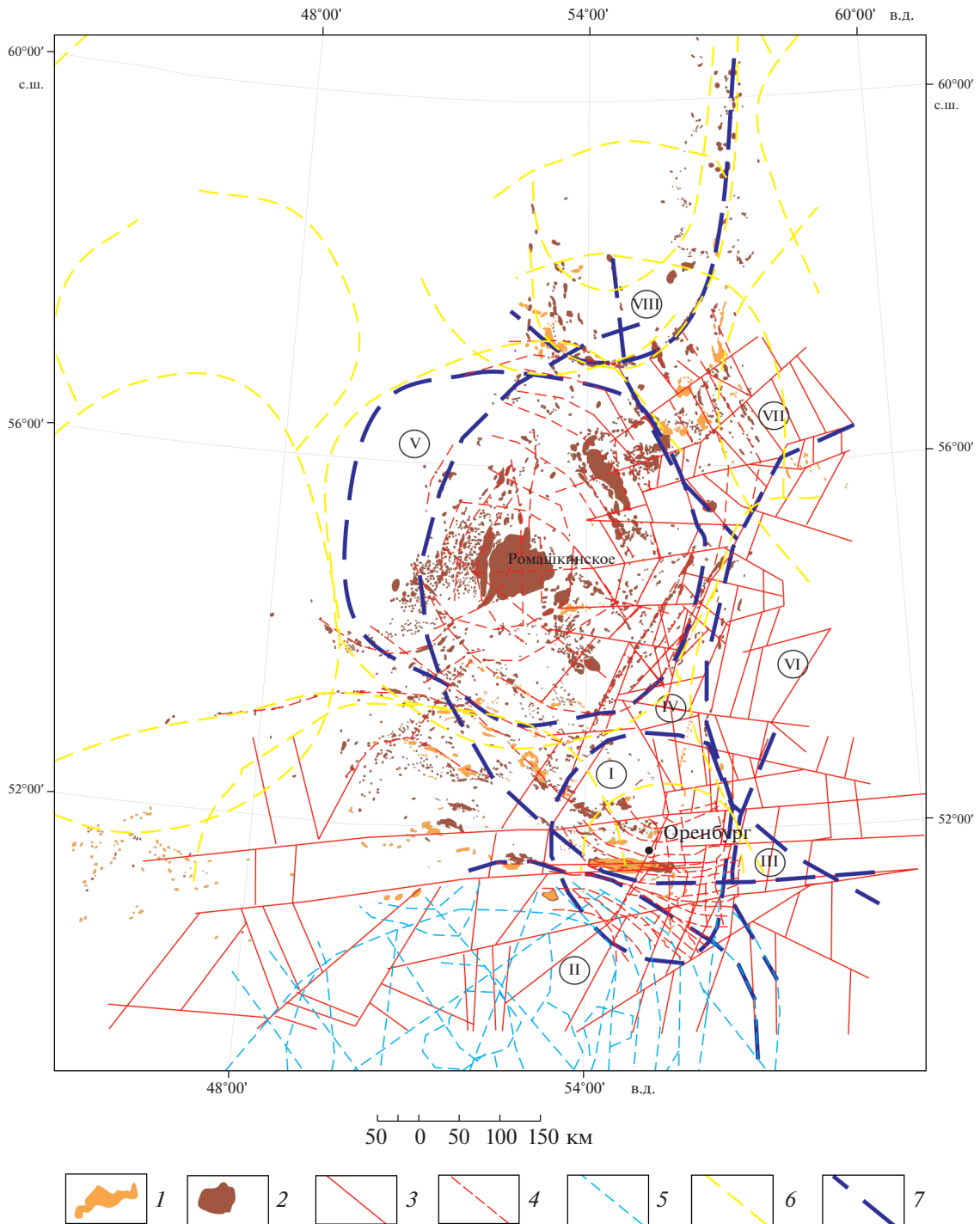


Рис. 6. Оренбургская (I), Прикаспийская (II), Предуральская (III), Оренбургско–Ромашкинская (IV), Средневожская (V), Башкирская (VI), Свердловская (VII), Пермская (VIII) радиально-концентрические структуры фундамента Русской платформы.

1–2 – месторождения: 1 – газоконденсатные, 2 – нефтяные; 3 – разломы фундамента (по данным [10, 11]); 4 – предполагаемые разломы; 5 – основные направления простираения соляных гряд и куполов (по данным [13]); 6 – изометрические структуры (по данным [1]); 7 – контуры предполагаемых радиально-концентрических структур.

Крупное Ромашкинское нефтяное месторождение является результатом работы очагов генерации углеводородов в фундаменте, которые провоцируют вертикальную и горизонтальную

миграцию углеводородов, возобновляемость запасов нефти и газа.

Вдоль радиальных и концентрических разломов, служащих путями миграции углеводородов,

сосредоточены все месторождения нефти и газа региона. Кроме того, Ромашкинское нефтяное месторождение находится в зоне наложения радиально-концентрических структур IV и V, подтверждая компетентность предложенного нами поискового признака обнаружения высокоперспективных нефтегазоносных структур.

Башкирская-VI ($\varnothing > 600$ км) и Свердловская-VII ($\varnothing > 500$ км) радиально-концентрические структуры выделены по сеймотектоническим и геоморфологическим данным, в геотектоническом плане приурочены к Предуральскому краевому прогибу [1, 11] (см. рис. 6). Их центры, как и центры макроструктур III и IV, вероятно, находятся в зоне простираания Уральской складчатой системы.

Пермская-VIII (~360 × 600 км) радиально-концентрическая структура не охарактеризована сеймотектоническими данными, поэтому ее выделение выполнялось по результатам геоморфологических исследований и анализа закономерностей распределения месторождений нефти и газа [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ

По сейсмическим, геоморфологическим данным и структурным построениям в пределах древней Восточно-Европейской платформы нами было выявлено и изучено восемь крупных радиально-концентрических структур, которые являются результатом проявления глубинных разломов фундамента в осадочном чехле и имеют неотектоническую природу.

“глубинный разлом → залежь углеводородов → соляная структура”,

а также сеймотектонические, геоморфологические и данные о развитии неотектонических дислокаций в регионе исследования.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На протяжении 2009–2014 гг. на юго-западе Оренбургской области проводился мониторинг современных геотектонических процессов (55 случаев сейсмических событий) указывает на то, что сейсмическая активность Соль-Илецкого свода не прекратилась до нашего времени, хотя и частично связана с интенсивной разработкой Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения [19]. Большая часть эпицентров сейсмических событий зарегистрирована в центре Оренбургской радиально-концентрической структуры, а также в зонах пересечения радиальных и концентрических (см. рис. 1).

В зонах распространения Восточно-Оренбургского и Западно-Оренбургского геодинамически активных очагов генерации углеводородов [20]

Очаги генерации углеводородов, вероятно, находятся в середине выявленных макроструктур и представляют собой сеть глубинных разломов фундамента, имеющих современную геодинамическую активность. На временных сейсмических разрезах их характеризует хаотическая субвертикально направленная локально усиленная сейсмическая запись в породах фундамента Восточно-Европейской платформы, распространяющаяся на значительную глубину. Радиально-концентрические структуры представляют собой центры аккумуляции углеводородов. Вдоль радиальных и концентрических разломов, являющихся путями миграции углеводородов, располагаются залежи нефти и газа.

На юго-западе Оренбургской области России на временных сейсмических разрезах месторождения углеводородов представлены неотектоническими структурами “цветкового” типа, над которыми соли кунгурского яруса нижней перми образуют купола. По разветвленной сети наклонных глубинных разломов фундамента и разнонаправленным неотектоническим оперяющим нарушениям возможно поступление порций углеводородов в залежи.

При реконструкции радиально-концентрических структур и картировании очагов генерации углеводородов в фундаменте древних платформ, характеризующихся значительными глубинами залегания фундамента и наличием мощного осадочного чехла, используется схема

случаев сейсмических событий зарегистрировано меньше, что может говорить о том, что они не являются основными или единственными.

Результаты дешифрирования космических снимков в пределах Оренбургского вала, Соль-Илецкого поднятия и Предуральского краевого прогиба [3] подтверждают радиально-концентрическое строение фундамента оренбургской части Восточно-Европейской платформы. Здесь выявлено несколько кольцевых и радиально-концентрических структур $\varnothing 10\text{--}75$ км (см. рис. 1, см. рис. 2).

Наиболее крупная ($\varnothing 75$ км) простирается в районе Восточно-Оренбургского геодинамически активного очага генерации углеводородов, включая в себя Красноярское, Комаровское, Черниговское, Чкаловское, Южно-Оренбургское месторождения нефти и газа и восточный купол Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (см. рис. 1, см. рис. 2). И еще одна крупная радиально-концентрическая структура ($\varnothing 80$ км), выявленная нами в результате дешиф-

рирования космического снимка в пределах Оренбургской макроструктуры-I, находится на Восточно-Оренбургском сводовом поднятии. Дачно-Репинское, Донецко-Сыртовское, Царичаноское и другие месторождения нефти сосредоточены вдоль ее концентрических разломов (см. рис. 1, см. рис. 2).

В 1983 г. в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции методом дешифрирования космоснимков было выявлено более 100 изометричных объектов, из них [3]:

– 20 изометричных объектов находят отображение в строении фундамента и платформенного осадочного чехла;

– 10 изометричных объектов пространственно соответствуют месторождениям нефти и газа – Ромашкинскому, Шарлыкскому и др.

Наши построения подтверждают, что Прикаспийская впадина представляет собой гигантскую кольцевую структуру, имеющую до 1000 км в поперечнике [3].

Основные протрассированные направления простирания соляных гряд и куполов, по данным, а также выявленные в результате сейсмогеоплотностного моделирования глубинные разломы, указывают на радиально-концентрическое строение ее фундамента и высокие перспективы, в том числе и на юго-западе Оренбургской области [10, 13] (см. рис. 6).

Таким образом, в пределах выявленных нами радиально-концентрических структур Восточно-Европейской платформы в зонах развития трещинных коллекторов, перекрытых надежными флюидоупорами на востоке Башкортостана и Оренбургской области, в западных частях Свердловской, Челябинской областей, в Кировской, Пермской и других областях, могут быть обнаружены новые месторождения нефти и газа.

ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования сделаны следующие выводы.

1. По совокупности структурных построений нами были выделены четыре крупные радиально-концентрические структуры I–IV, контролирующее расположение месторождений углеводородов и выявленных сейсморазведочными работами структур на территории юго-запада Оренбургской области. Построения подтверждают результаты мониторинга современных геотектонических процессов и дешифрирования космических снимков.

2. Предположено, что центры структур являются очагами генерации углеводородов и имеют геодинамическую активность, при этом путь миграции углеводородов происходит через зоны радиальных и концентрических разломов.

3. Выделены еще четыре крупные радиально-концентрические структуры V–VIII Восточно-Европейской платформы, в пределах которых возможны поисково-разведочные работы на нефть и газ.

4. Разработана методика выявления очагов генерации углеводородов в пределах древних платформ.

Благодарности. Автор выражает благодарность ООО “Газпром-добыча Оренбург” (г. Оренбург, Россия) за предоставленные материалы. Автор признателен анонимным рецензентам за конструктивные комментарии и редактору за тщательное редактирование.

Финансирование. Исследования выполнены в рамках тем № 1021052504590-8-1.5.4 государственного задания ИГ УрО РАН и № АААА-А19-119072990020-6 государственного задания ИГГ УрО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агibalов А.О., Зайцев В.А., Мануилова Е.А., Мошкин И.В., Сенцов А.А.* О влиянии неотектонических движений на особенности локализации месторождений нефти и газа Волго-Уральской антеклизы // Электронный научно-образовательный журнал “Динамическая геология”. 2020. № 2. С. 125–137.
2. *Баренбаум А.А.* Новые представления о происхождении нефти и газа в связи с открытием явления пополнения запасов эксплуатируемых месторождений // Георесурсы. 2019. Т. 21. № 4. С. 34–39.
3. *Волчкова Г.И., Лукина Н.В., Макаров В.И. и др.* Космическая информация в геологии. – М.: Наука, 1983. 534 с.
4. *Гаврилов В.П.* Механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях // Геология нефти и газа. 2008. № 1. С. 57–65.
5. *Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Ефимов А.Г., Побережский С.М., Светлакова А.Н.* Геологическое строение западной части Предуральского прогиба на территории Оренбургской области и структурная позиция нефтегазоносных комплексов. – Уфа: Дизайн Полиграф Сервис, 2008. Геологический сборник № 8. С. 221–226.
6. *Данилова Е.А.* Присдвиговые цветковые структуры юго-запада Оренбургской области // Региональная геология и металлогения. 2020. Т. 82. С. 60–68.
7. *Данилова Е.А.* Соляные структуры осадочного чехла Русской платформы как отражение возможных геодинамически активных очагов генерации углеводородов в фундаменте (на примере Оренбургской области) // Геология и геофизика юга России. 2021. Т. 11. № 3. С. 33–44.
8. *Данилова Е.А.* Перспективы нефтегазоносности приразломных зон трещиноватости Оренбургского Приуралья. – Автореф... дис. к.г.-м.н. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2021), 25 с.
9. *Драгунов А.А., Мухамадиев Р.С., Чернов С.В.* Влияние геодинамических процессов на фильтрационно-емкостные свойства геологической среды (на примере Ромашкинского месторождения) // Георесурсы. 2017. № 4. С. 319–322.

10. Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Сейсмогеоплотностное моделирование — основа для тектонического районирования кристаллической коры Прикаспийской впадины и окружающих структур // Уральский геофизический вестник. 2019. Т. 38. № 4. С. 21–34.
11. Дружинин В.С., Начапкин Н.И., Осипов В.Ю. Стрoение и нефтегазоносность додевонского мегакомплекса юго-восточной окраины Восточно-Европейской платформы // Уральский геофизический вестник. 2021. Т.43. № 1. С. 12–19.
12. Иванова Н.А., Сафонов А.О. Особенности строения галогенных толщ зоны сочленения Прикаспийской впадины и Волго-Уральской антеклизы на территории Оренбуржья // Недра Поволжья и Прикаспия. 2010. № 61. С. 33–41.
13. Исказиев К.О. Проблемы доразведки надсолевых отложений центральной части Прикаспийской впадины // Oil&Gas Journal Russia. 2018. № 8(128). С. 42–47.
14. Кучеров В.Г., Иванов К.С., Серовайский А.Ю. Глубинный цикл углеводородов // Литосфера. 2021. Том 21. № 3. С. 289–305.
15. Лозин Е.В. Глубинное строение и нефтегазоносность Волго-Уральской области и смежных территорий // Литосфера. 2002. № 3. С. 45–68.
16. Лукьянов В.Ф. Радиально-концентрические структуры в восточной части Воронежского кристаллического массива (ВКМ). — Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2000. Вып. 9. С. 31–37.
17. Муравьев В.В. Геодинамика и нефтегазоносность систем концентрических дислокаций литосферы. — В кн.: Условия образования и закономерности размещения залежей нефти и газа. — Киев: Наукова Думка, 1983. С. 121–127.
18. Муслимов Р.Х., Плотникова И.Н. Пора приступать к моделированию процессов воспроизводства запасов углеводородов на длительно эксплуатируемых месторождениях. — В сб.: Моделирование геологического строения и процессов разработки — основа успешного освоения нефтегазовых месторождений. — Мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. 4–5 сентября 2018 г., Казань, Академия наук РТ. — Казань: Слово, 2018. С. 292–294.
19. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Соколов А.Г. Геодинамические процессы в разрабатываемых месторождениях углеводородов (на примере Южного Предуралья). — Екатеринбург: УрО РАН, 2015. 186 с.
20. Самарцев С.К., Данилова Е.А., Драгунов А.А., Драгунов В.А. Геодинамически активные очаги генерации углеводородов как возможные источники восполнения залежей Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения // Бурение и нефть. 2021. № 4. С. 10–13.
21. Смирнова М.Н. Нефтегазоносные кольцевые структуры и научно-методические аспекты их изучения // Геология нефти и газа. 1997. № 9. С. 1–6.
22. Соколов А.Г. Выделение и трассирование тектонических нарушений по данным сейсморазведки и прогнозирование приразломных ловушек в платформенном Оренбуржье. — Оренбург: ОГУ, 2010. 205 с.
23. Харченко В.М. Природа структур центрального типа и закономерности распространения залежей углеводородов, локальных и региональных очагов землетрясений. — Вестн. Северо-Кавказского техн. ун-та. 2006. Т. 6. № 2. С. 48–53.
24. McKirdy D.M. Hydrocarbon generation and migration. — In: *The Petroleum Geology of South Australia*. — Vol. 2: *Eromanga Basin*. — Ed. by T.B. Cotton, M.F. Scardino, J.E. Hibburt. — (Dprtm. Primary Industr. Res., Adelaide, South Australia, 2006. 2nd edn. Vol. 2. Ch.10), P. 2–9.
25. Davison I., Barreto P. Exhumed portuguese oil field suggests conjugate potential // GEOExPro. 2019. P. 38–40.
26. Grillo J.C. Tectonics of Late and Post-Hercynian ages in the western of the Iberian Plate (Portugal) // Comptesrendus de l'académie des sciences. 1984. Vol. 299. P. 665–670.
27. Mann P., Gahagan L., and Gordon M.B. Tectonic setting the world's giant oil and gas fields. — In: *Giant oil and gas fields of the Decade 1990–1999*, Ed. by M.T. Halbouty, (Mem. AAPG. 2003. Vol. 78), P. 15–105.
28. Naumann S., Sakariassen R. Diving deeper to reveal hydrocarbon potential in the Barents sea // GEOExPro. 2019 (June). P. 20–24.
29. Saadallah A. A proposed new tectonic model for the Northern Algerian Alpine Region based on studies of the Internal Zone rejects the previous model and suggests ideas for new hydrocarbon traps and prospects // GEOExPro. 2019 (June). P. 14–18.
30. <https://yandex.ru/maps/geo/orenburg/53105182/?l=sat&ll=56.261353%2C51.629121&z=7> (Accessed March 30, 2022)

Radial-Concentric Structures in the Basement of an Ancient Platform and Conditions for the Occurrence of Hydrocarbon Generation Centers: Reconstruction from Seismotectonic Data

E. A. Danilova^{a, b, *}

^a*Bulashevich Institute of Geophysics, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, bld.100, st. Amundsen, 620016 Yekaterinburg, Russia*

^b*Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, bld.15, st. Academician Vonsovsky, 620016 Yekaterinburg, Russia*

*e-mail: yevgeniya.antoninovna@bk.ru

The article offers updated methods for identifying radial-concentric structures of the foundation of the East European Platform as potential sources of hydrocarbon generation. On the example of the south-west of the

Orenburg region, seismogeological signs and tectonic conditions of their occurrence and distribution have been studied. When identifying the foci of hydrocarbon generation, the following were used: updated interpretation of regional seismic profiles using the method of successive approximations and detailing, the results of the analysis of geological and geophysical and remote works. It has been established that in the areas of distribution of geodynamically active foci of hydrocarbon generation in the sedimentary cover, structures of the “flower” type are present on the time sections of seismic profiles. Above the accumulations of hydrocarbons, the salts of the Kungursky tier of the lower Perm form large domes (the area of the East Orenburg geodynamically active hearth, the deposits of the Pre-Ural regional trough and its junction zone with the East European Platform) or only rise within the blocks limited by tectonic disturbances (the area of the West Orenburg geodynamically active hearth, the deposits of the Salt-Iletsk arch). Below the roof of the Devonian deposits in the zones of the strike of hydrocarbon deposits, there is a chaotic subvertically directed locally enhanced seismic record extending deeper than the reflecting horizon identified with the roof of the foundation rocks. According to the structural constructions, taking into account the configuration of hydrocarbon deposits, a schematic network of foundation faults was obtained, genetically related to the latest tectonic shifts. Deposits and structures identified by seismic surveys have a regular distribution within four large radial-concentric structures. The constructions are confirmed by the results of monitoring modern geotectonic processes and decoding satellite images. We assume that the centers of the structures are foci of hydrocarbon generation, have geodynamic activity, while the migration of hydrocarbons occurs along the zones of radial and concentric faults. By analogy with the Orenburg tectonic node, several other large centers of hydrocarbon accumulation have been identified, within which it is advisable to continue prospecting and exploration for oil and gas.

Keywords: ancient platform, hydrocarbon generation centers, radial-concentric structures, reinterpretation of temporary seismic sections, foundation, sedimentary cover, neotectonic shear deformations, salt structures, oil and gas deposits