

УДК 553.98.001(470.13)

ЭТАПЫ, УСЛОВИЯ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК В СРЕДНЕДЕВОНСКО-ТУРНЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮГО-ВОСТОКА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

© 2014 г. Т. В. Антоновская

*Сыктывкарский государственный университет
167000, г. Сыктывкар, ул. Петрозаводская, 120
E-mail: tat-atv@yandex.ru*

Поступила в редакцию 24.12.2012 г.

В работе намечены пути повышения эффективности геометризации залежей нефти и газа, связанные с неантиклинальными ловушками в среднедевонско-франском природном резервуаре Югид-Соплесской площади и среднефаменско-турнейском – Вуктыльского автохтона. Ловушки расположены в тектонически сложно построенных районах и на больших глубинах. Их мощность составляет менее 20 м, что ведет к неоднозначной интерпретации сейсмических материалов. Выделены этапы, условия и закономерности формирования неантиклинальных ловушек. Историко-геологический подход выделяется как центральная часть методики комплексного анализа геолого-геофизических, геохимических и технологических данных для решения геологических задач.

Ключевые слова: *неантиклинальная ловушка, природный резервуар, генетическая классификация, геологическая модель, автохтон, надвиг, грабен, моноклираль.*

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость изучения неантиклинальных ловушек в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТП НГП) обусловлена возрастающим дефицитом фонда подготовленных антиклинальных структур (рис. 1). При оценке ресурсов и подсчете запасов углеводородов (УВ) геометрия ловушек, максимально приближенная к реальным формам, имеет первостепенное значение [5]. Для того чтобы правильно оценить площадь распространения ловушки, необходимо проследить путь ее развития от момента накопления осадка до современного структурного состояния.

ОБЪЕКТЫ И ПУТИ ИССЛЕДОВАНИЙ

На примере неантиклинальных ловушек среднедевонско-франского природного резервуара Югид-Соплесской площади с терригенными коллекторами и среднефаменско-турнейского – Вуктыльского автохтона с карбонатными коллекторами автором выполнены исследования по выделению этапов, условий и закономерностей формирования неантиклинальных ловушек в тектонически сложно построенных районах на глубинах 4–5.5 км при мощности коллекторов 5–20 м [3] (рис. 2). Вышеперечисленные условия не позволяют однозначно интерпретировать сейсмический

материал, и при исследованиях ставится историко-геологический анализ как центральный этап методики комплексного анализа геолого- геофизических, геохимических и технологических данных, предлагаемый автором в качестве инструмента для решения поставленной задачи.

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ НЕАНТИКЛИНАЛЬНЫХ ЛОВУШЕК

В результате исследований были выявлены и оконтурены неантиклинальные ловушки в природных резервуарах Югид-Соплесской площади и Вуктыльского автохтона. Проведена их типизация по генетической классификации, разработанной И.О. Бродом [6] и усовершенствованной Б.А. Соколовым, В.Е. Хаиным и др. [7], представленная в табл. 1, 2, и установлена взаимосвязь с типами разрывов (рис. 2).

Проведенная реконструкция истории развития территории исследования позволила выделить этапы образования ловушек как части природных резервуаров (табл. 3). Как видно из данной таблицы, в формировании неантиклинальных ловушек выделяется четыре этапа, связанных с процессами седиментогенеза и диагенеза (этап I), катагенеза без влияния активного тектогенеза (этап II), катагенеза под влиянием позднегерцинского (этап III) и киммерийско-альпийского (этап IV) тектогенеза.

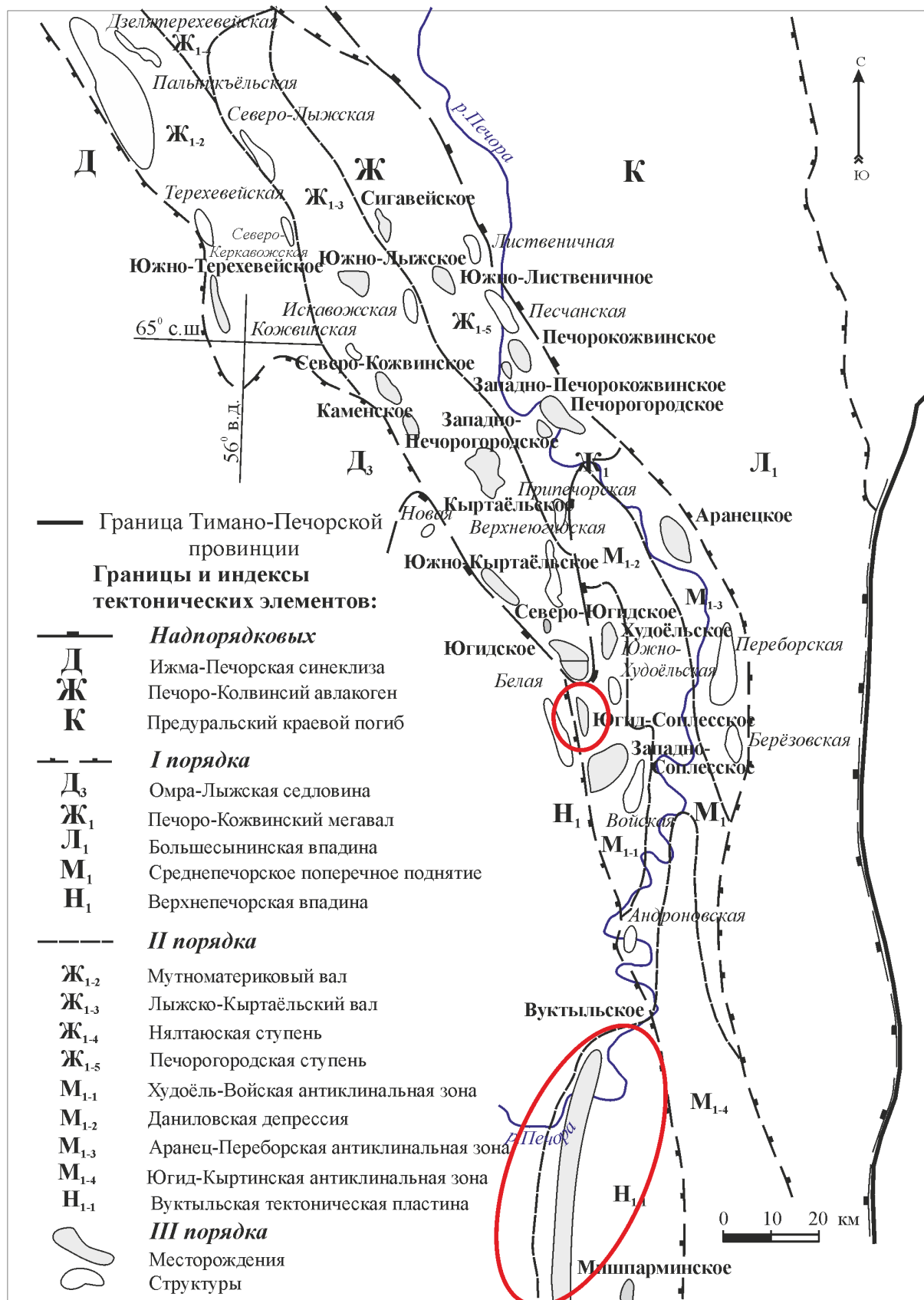


Рис. 1. Обзорная карта региона исследований (на основе карты тектонического районирования Тимано-Печорского научно-исследовательского центра (ТПНИЦ), 1996 г.).

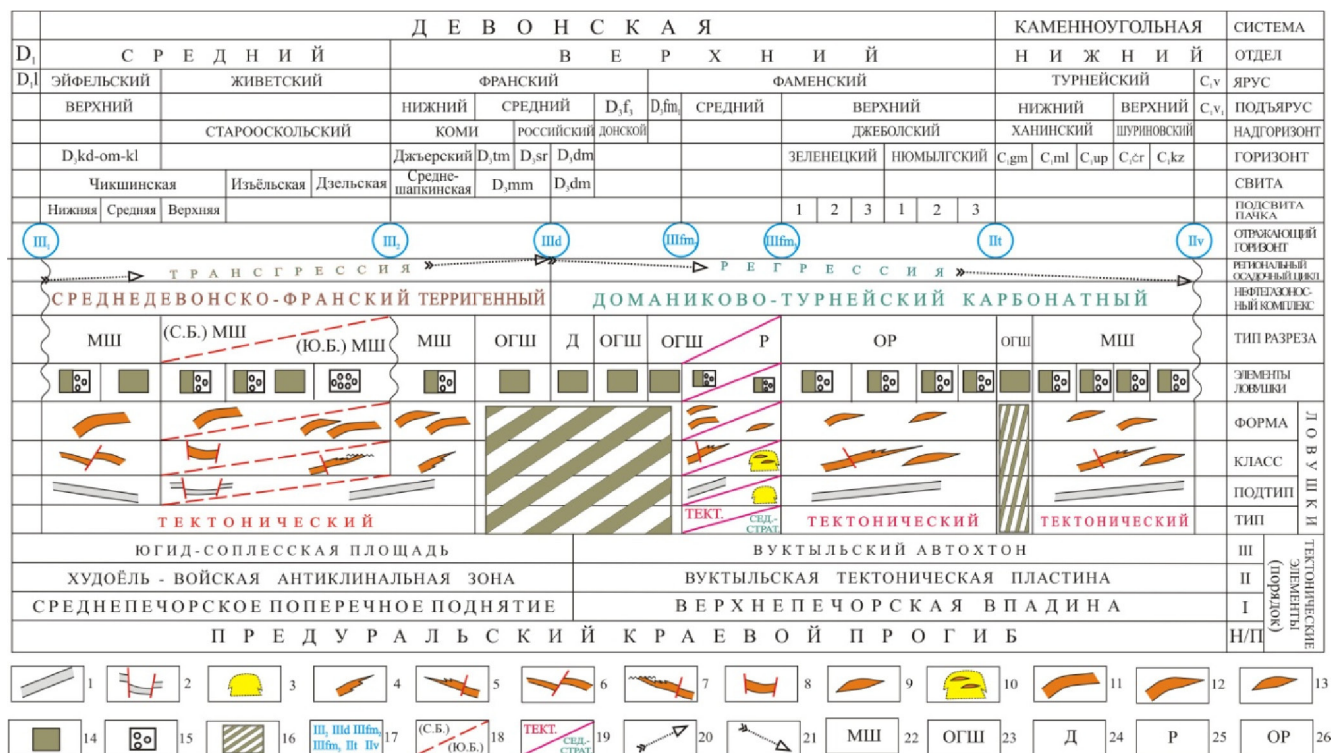


Рис. 2. Распределение типов неантиклинальных ловушек в верхнепалеозойских отложениях юго-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

1–3 – подтипы неантиклинальных ловушек: 1 – моноклинальный, 2 – блоковый, 3 – выступов; 4–10 – классы ловушек: 4 – литологически экранированный, 5 – литологически и тектонически экранированный, 6 – тектонически экранированный, 7 – литологически, тектонически и стратиграфически экранированный, 8 – тектонически ограниченный, 9 – литологически ограниченный, 10 – литологически ограниченный в биогенном выступе; 11 – 13 – форма ловушек: 11 – пластовая, 12 – линзовидно-пластовая, 13 – линзовидная; 14–16 – элементы ловушки: 14 – флюидоупор, 15 – коллектор, 16 – нефтегазоматеринские породы (флюидоупоры); 17–19 – отражающие горизонты: 17 – приуроченные к кровле отложений среднедевонского (III₂), подошве доманикового (III d), среднефаменского (III fm₂), позднефаменского (III fm₃), турнейского (II t) и визейского (II v) возрастов; 18 – субширотное нарушение II'-II', разделяющее северный (С.Б.) и южный (Ю.Б.) блоки Югид-Соплесской площади); 19 – фациальная граница между ловушками тектонического (тек.) и седиментационно-стратиграфического (сед.-страт.) типов в отложениях среднефаменского возраста Вуктыльского автохтона; 20–21 – направления: 20 – региональной трансгрессии, 21 – региональной регрессии; 22–26 – типы разрезов: 22 – мелководно-шельфовый (МШ), 23 – относительно глубоководно-шельфовый (ОГШ), 24 – депрессионный (Д), 25 – рифогенный (Р), 26 – околорифмовый (ОР).

Этап I охватывает на Югид-Соплесской площади позднейфельско-среднефранское время, на Вуктыльской – среднефаменско-турнейское. В этот период происходят процессы седиментогенеза и диагенеза исследуемых отложений. В тектонически активных районах, таких как Югид-Соплесская площадь, расположенная в “слепой зоне”, включаются процессы тектогенеза. На данном этапе происходит первичное образование формы будущих ловушек на моноκлиналях и склонах органогенных построек, как, например, в пределах Вуктыльского автохтона (рис. 3) [8], на моноκлиналях и в грабенах, как на Югид-Соплесской площади [2].

Этап II охватывает на Югид-Соплесской площади среднефранско-раннепермское время, на Вуктыльской – раннекаменноугольно (визейско-) раннепермское и характеризуется продолжительным морским осадконакоплением без активных тектонических подвижек блоков земной коры в данных

районах, а также образованием и первичными преобразованиями ловушек в захороненных доломитовых отложениях, которые претерпевают катагенетические изменения под давлением нагналивающих над ними осадочных толщ. Происходят процессы литификации пород. Конфигурация распространения ловушек (площадь) как на Югид-Соплесской площади, так и в пределах Вуктыльского автохтона практически не меняется. Но фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) пород-коллекторов ухудшаются под увеличивающимся горным давлением. Пустотное пространство и коллекторов и флюидоупоров уменьшается, что влечет за собой уменьшение как общей, так и эффективной мощности коллекторов. Одновременно происходит улучшение свойств флюидоупоров.

Этап III охватывает позднепермско-раннетриасовый интервал времени для отложений обеих исследуемых площадей: Югид-Соплесской и Вуктыль-

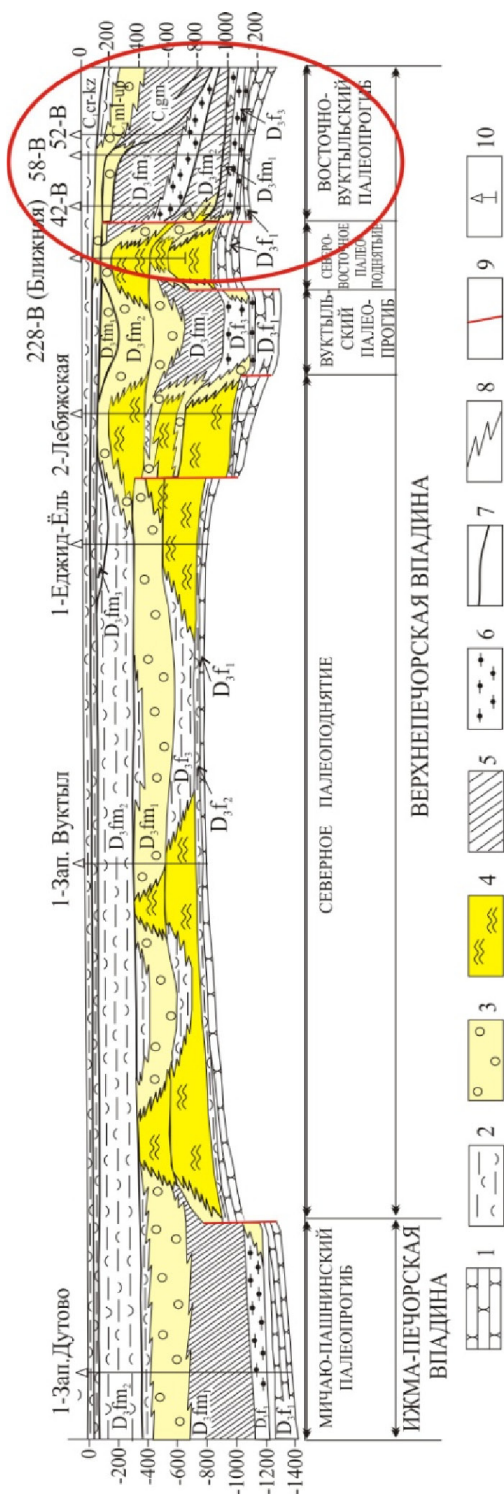


Рис. 3. Субширотный литолого-фациальный профиль верхнедевонско-турнейских отложений через центральную часть Верхнепечорской впадины по данным [8].

ской. Происходит активизация тектонических движений земной коры на границе герцинского и киммерийского геотектонических циклов при продолжающихся катагенетических преобразованиях пород и содержащегося в них рассеянного органического вещества (РОВ). Этот период преобразования резервуаров и ловушек, находящихся в них, связан с формированием Уральского орогена, сопро-

Таблица 1. Генетическая классификация неантиклинальных ловушек среднедевонско-франского резервуара Югид-Соплесской площади

Тип	Тектонический			
Подтип	Моноклинальный			Блоковый
Класс	Лито­логи­че­ски экрани­ро­ван­ный	Тек­то­ни­че­ски экрани­ро­ван­ный	Лито­логи­че­ски тектонический и стратиграфический экрани­ро­ван­ный	Тектонический ограниченный и тектонический экрани­ро­ван­ный
Возраст	Раннефранский (джьерский)	Поздне-эйфельский	Живетский (южный блок)	Живетский (северный блок)
Форма	Пластовая, линзовидно-пластовая	Пластовая	Пластовая, линзовидно-пластовая	Пластовая

Таблица 2. Генетическая классификация неантиклинальных ловушек среднефаменско-турнейского резервуара Вуктыльского автохтона

Тип	Тектонический			Седиментационно-стратиграфический
Подтип	Моноклинальный			Выступов
Класс	Литологически и тектонически экранированный		Литологически ограниченный	Литологически ограниченный в биогеотическом выступе
Возраст	Средне-фамский	Позднефамский, турнейский		Среднефамский
Форма	Пластовая, линзовидно-пластовая	Линзовидно-пластовая	Линзовидная	

Таблица 3. Основные этапы формирования неантиклинальных ловушек среднедевонско-турнейских отложений в регионе исследований

Этапы	Под- этапы	Югид- Соппельская площадь (время)	Процессы		Вуктыльский автохтон (время)
IV		MZ –ные	Катагенез	Окончательное преобразование ловушек	MZ –ные
III		P ₂ -T		Преобразование ловушек под влиянием надвига	P ₂ -T
II		D ₃ dm-C ₁ t; C ₁ v-P ₁		Образование и первые преобразования ловушек под влиянием накопленных выше толщ	C ₁ v-P ₁
I	I-3	D ₃ f _{1,2}	Седиментогенез, диагенез, (+ тектогенез для Югид-Соппельской площади)		C ₁ t
	I-2	D ₃ g			D ₃ fm ₃
		I-1	D ₂ ef ₂	Первичное формирование будущих ловушек	

вожающимися активными взбросо-надвиговыми процессами. На Югид-Соплесской площади геометрия исследуемых ловушек практически не видоизменилась, лишь произошло уплотнение пород-коллекторов за счет вышележащих масс, и растрескивание флюидоупоров за счет как вертикальных, так и боковых, со стороны Урала, давлений, что привело к ухудшению качества покрышек для пер-

вично сформированных залежей УВ. Надвиги не достигли данной площади [1].

Совершенно иная картина наблюдается на Вуктыльской площади. Уральское горообразование практически видоизменило облик всей площади, преобразовав ее в аллохтон-автохтонную структуру, существенно повлияло на дальнейшее геологическое развитие этой территории. За короткое время пластинообразно надвинутые с востоко-юго-востока осадочные толщи (надвигание происходило в несколько этапов с образованием паравтохтонных пластин) мощностью около 3 км перекрыли исследуемые автором неантиклинальные ловушки, по пути “срезав” их большую часть, что отразилось как на форме, так и на заполнении ловушек. Была нарушена целостность самого важного для среднефаменско-турнейского резервуара ранневизейского регионального флюидопора. Как минеральные комплексы, так и РОВ претерпели “стресс” от резко возросшего горного давления, переместившись за чрезвычайно короткий геологический интервал времени с глубин 1.5–2.0 км на глубину, превышающую 4 км [1]. Резко ухудшилась пористость коллекторов в ловушках, увеличилась трещиноватость как коллекторов, так и флюидопоров из-за высоких пластовых температур и давлений, что отрицательно сказалось на удерживающей способности покрышек и привело к активной миграции метана и этана из уже существовавших залежей нефти в вышележащие проницаемые слои. Вуктыльский феномен (крупное месторождение УВ в аллохтоне Вуктыльской структуры) объясняется именно вышеперечисленными факторами: присутствием надвига как лифта в один конец для подъема УВ в верхние слои осадочной толщи и некачественной удерживающей способностью флюидопоров, сквозь которые уходили легкие компоненты УВ. Ловушки среднефаменско-турнейского резервуара преобразовались в большинстве своем в тектонически экранованные.

Этап IV начался в среднетриасовое время и продолжается ныне на обеих исследуемых площадях. Он характеризуется видоизменением исследуемых неантиклинальных ловушек в результате катагенетических преобразований пород и РОВ, связанных с изменением горного давления и пластовых температур, зависящих от процессов активного киммерийско-альпийского тектогенеза, сопровождающегося то погружением территории исследования, то ее подъемом. Современный облик исследуемые неантиклинальные ловушки приобрели в конце этапа IV, в послепалеогеновое время, когда завершились активные тектонические процессы. На это же время приходится и окончательное заполнение ловушек углеводородными флюидами с образованием современных залежей УВ.

Следует подчеркнуть, что этап I как на Югид-Соплесской площади, так и в пределах Вуктыльско-

го автохтона подразделяется на три подэтапа. Каждый подэтап связан со стратиграфическим интервалом и литолого-фациальными особенностями разреза. Ловушки данной площади формировались в позднеэфельское (подэтап I-1), живетское (подэтап I-2) и раннефранское (подэтап I-3) время в период наступления морского бассейна в пределах ТП НГП, когда происходило образование будущего среднедевонско-франского терригенного нефтегазоносного комплекса (НГК). Коллекторами для данного комплекса являются кварцевые песчаники, а флюидопором – терригенно-глинистые отложения; региональным флюидопором служит тиманско-саргаевская терригенно-глинистая толща, в верхней части содержащая прослой известняков.

Условия и факторы формирования неантиклинальных ловушек

Этапы формирования неантиклинальных ловушек тесно связаны с условиями их образования и преобразования. Выделяются первичные и вторичные условия формирования ловушек, зависящие от первичных и вторичных факторов (рис. 4).

Первичные факторы (имеют место на этапе I) необходимы для образования объемного геологического тела будущих ловушек. В тектонически пассивной обстановке (пример Вуктыльского автохтона в среднефаменско-турнейское время) ведущими являются седиментационные факторы – *гидрогеологический* (в том числе гидрологический), *геоморфологический*, *географический* и *климатический* как часть географического. В тектонически активных районах (Югид-Соплесская площадь в позднеэфельско-франское время) большое значение играет *тектонический* фактор.

Вторичные факторы (проявляются на этапах II–IV) – *литогенетические* и *тектонические*, изменяют первичную форму и заполнение ловушек, осложняя ловушки дополнительными тектоническими экранами, изменяя объем пустотного пространства и ФЕС как пород-коллекторов, так и флюидопоров. Неотектонические факторы (конец этапа IV) способствовали окончательному (современному) формированию неантиклинальных ловушек и окончательному их заполнению УВ.

Закономерности формирования неантиклинальных ловушек

Выделяются закономерности формирования неантиклинальных ловушек, связанные с условиями их образования (рис. 2).

Первая закономерность. Первичные формы будущих неантиклинальных ловушек образуются в мелководных условиях с сильно расчлененным рельефом дна моря, связанным с близостью Припечорского разлома, активной гидродинамикой вод бассейна осад-



Рис. 4. Факторы, влияющие на формирование неантиклинальных ловушек.

конакопления на склонах выступов, впадин, на моноклинах, в биогенных массивах, в грабенах.

Вторая закономерность. В регионе исследования ловушки с терригенными коллекторами образовались в процессе регионального наступления морского бассейна (в том числе ловушки Югид-Соплесской площади D_2 – D_3f терригенного НГК). Ловушки с карбонатными коллекторами образуются в процессе отступления бассейна (в том числе ловушки Вуктыльского автохтона D_3dm – C_1t карбонатного нефтегазоносного комплекса).

Третья закономерность. Наблюдаются: 1) циклическое строение разрезов в каждом стратиграфическом подразделении (элементарные циклиты), проявившееся в чередовании коллекторов и флюидоупоров; 2) выклинивание коллекторов вверх по склонам бассейна седиментации. Данные особенности разреза влияют на первичное осадконакопление, определяющее форму будущих неантиклинальных ловушек.

Четвертая закономерность. Генетические типы и классы неантиклинальных ловушек напрямую связаны с типами геологических разрезов и экранирующей толщи.

Выводы и рекомендации

В результате использования методики комплексного анализа геолого-геофизических, геохимических и технологических данных [4], выявлены неантиклинальные ловушки в среднедевонско-франском природном резервуаре Югид-Соплесской площади,

а также в среднефаменско-турнейском Вуктыльском автохтоне. Проведена их типизация по генетической классификации И.О. Брода, Б.А. Соколова, В.Е. Хаина и др., выделены этапы, оценены условия, и определены закономерности формирования.

При геометризации залежей, связанных с неантиклинальными ловушками, находящимися в тектонически сложно построенных районах и на больших глубинах, имеющих мощность до 20 м, не превышающую шаг погрешности измерений сейсморазведки, составляющей 25–50 м на глубине более 3 км, основное внимание необходимо направить на комплексный анализ геолого-геофизических, геохимических и технологических данных по локальным площадям. Эпицентром таких исследований должен быть историко-геологический анализ с его основными методами: стратиграфическими, палеогеографическими, палеотектоническими и геохимическими. Восстановление первичных условий осадконакопления и начального формирования будущих ловушек с наблюдением постепенного преобразования как их формы, так и заполнения, позволит наиболее объективно оценить как площадь залежи УВ, так и ее эффективную мощность – два важных параметра, участвующих в оценке ресурсов и подсчете запасов УВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антоновская Т.В. Проблема нефтегазоносности поднадвиговых отложений Вуктыльского НГКМ // Научные проблемы и перспективы нефтегазовой отрасли в Северо-Западном регионе России. Ч. 1. Геология, геофизика и бурение. Ухта: Филиал ООО "ВНИИГАЗ" – "Севернипгаз", 2005. С. 68–79.
2. Антоновская Т.В. Модель строения и формирования Югид-Соплесского нефтяного месторождения Тимано-Печорской провинции // Вестн. СПбГУ. 2009. Сер. 7, вып. 2. С. 29–35.
3. Антоновская Т.В. Нефтегазоносность неантиклинальных ловушек среднедевон-турнейских отложений юго-востока Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Геология нефти и газа. 2010. № 6. С. 16–21.
4. Антоновская Т.В. Методика комплексного анализа геолого-геофизических, геохимических и технологических данных для поисков залежей углеводородов // Газовая промышленность. 2011. № 8. С. 20–23.
5. Борисенко З.Г. Методика геометризации резервуаров и залежей нефти и газа. М.: Недра, 1980. 206 с.
6. Брод И.О., Еременко Н.А. Основы геологии нефти и газа. М.: МГУ, 1953. 480 с.
7. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин, Б.А. Соколов, В.Е. Хаин. М.: МГУ, 2004. 416 с.
8. Модель строения верхнедевонско-турнейского комплекса отложений на севере Верхнепечорской впадины / Н.В. Беляева, А.Л. Корзун, Э.К. Сташкова, Т.Г. Гринько. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1992. 16 с.

Рецензент К.С. Иванов

Stages, terms and regularity of formation of non-anticlinal traps in the Middle Devonian-Tournaisian deposits in southeastern Timan-Pechora province

T. V. Antonovskaya

Syktyvkar State University

The present work focuses on the ways to improve the efficiency of geometrization of oil and gas deposits related to non-anticlinal traps in the Middle Devonian–Frasnian natural reservoir of the Yugid-Sopless area and in the Middle Famennian–Tournaisian natural reservoir of the Vuktyl autochthone. The traps are located in tectonically complex regions at large depths and have less than 20 m thickness, which results in an ambiguous interpretation of seismic materials. The stages, conditions and mechanism of non-anticlinal traps formation are determined. The historical-geological approach is singled out as a central part of the technique for complex analysis of geological-geophysical, geochemical and technical data to solve the geological problems.

Key words: non-anticlinal trap, natural reservoir, genetic classification, geological model, autochthone, thrust, graben, monocline.