

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ НЕСТРУКТУРНЫХ ЛОВУШЕК И МЕХАНИЗМЫ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Самойлова А.В.¹, Афанасьева М.А.²

Email: Samoilova687@scientifictext.ru

¹Самойлова Анна Васильевна — кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа Российской Академии наук;

²Афанасьева Мария Александровна - кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
кафедра общей и нефтегазопромысловой геологии,
Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
г. Москва

Аннотация: проведен анализ и систематизация данных о неструктурных ловушках. Выявлены диагностические признаки и механизмы формирования неструктурных ловушек на примере Западной Сибири. Рассмотрены исследования и методы, использование которых дает положительные результаты при построении седиментационных моделей, палеогеографических реконструкциях юрских и меловых отложений в пределах всего Западно-Сибирского бассейна. Освоение неструктурных ловушек в ходе поисково-разведочных работ может существенно продлить эксплуатационную жизнь ряда «старых» нефтегазодобывающих районов, в том числе Западной Сибири.

Ключевые слова: нефтегазоносный бассейн, неструктурные ловушки, классификация ловушек, коллекторские свойства, органическое вещество, нефтегазоносные комплексы.

DIAGNOSTIC FEATURES OF NON-STRUCTURAL TRAPS AND MECHANISMS OF THEIR FORMATION ON THE EXAMPLE OF WESTERN SIBERIA

Samoilova A.V.¹, Afanasyeva M.A.²

¹Samoilova Anna Vasilievna - Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher,
INSTITUTE OF OIL AND GAS PROBLEMS RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES;

²Afanasyeva Maria Alexandrovna - Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor,
DEPARTMENT OF GENERAL AND OIL AND GAS GEOLOGY,
RUSSIAN STATE UNIVERSITY OF OIL AND GAS (NRU) NAMED AFTER I.M. GUBKIN,
MOSCOW

Abstract: the analysis and systematization of data on non-structural traps is carried out. Diagnostic signs and mechanisms of formation of non-structural traps are revealed on the example of Western Siberia. Studies and methods are considered, the use of which gives positive results in the construction of sedimentation models, paleogeographic reconstructions of Jurassic and Cretaceous deposits within the entire West Siberian basin. The development of non-structural traps in the course of exploration can significantly extend the operational life of a number of "old" oil and gas producing areas, including Western Siberia.

Keywords: oil and gas basin, non-structural traps, classification of traps, reservoir properties, organic matter, oil and gas complexes.

УДК 553.9

DOI: 10.24411/2312-8089-2020-10902

Освоение неструктурных ловушек в ходе поисково-разведочных работ может существенно продлить эксплуатационную жизнь ряда «старых» нефтегазодобывающих районов, в том числе Западной Сибири. Огромный плюс, что в этих районах уже есть развитая инфраструктура, людские ресурсы, большая плотность разбуренности скважин и, соответственно, имеются материалы многолетних исследований.

В условиях Западной Сибири, где история добычи углеводородов насчитывает без малого порядка 70 лет, геологи вплотную подошли к завершению этапа поисков УВ в структурных ловушках. В этой связи поиски и разведка неструктурных ловушек имеют огромное значение для наращивания ресурсной базы.

Выявление закономерностей размещения неструктурных ловушек углеводородов в юрских и меловых нефтегазоносных комплексах Западной Сибири наряду с определением взаимосвязей между коллекторскими свойствами пород и выделенными обстановками осадконакопления является приоритетной задачей для нефтегазового комплекса Западной Сибири. А создание классификации неструктурных ловушек углеводородов позволит более рационально осуществлять поисковые работы. Вместе с тем значительный объем выявленных к настоящему моменту скоплений УВ, связанных с неструктурными ловушками, требует изучения и систематизации материалов о генезисе ловушек данного типа.

Из геологической литературы известно множество классификаций ловушек нефти и газа, в том числе и неантиклинальных. В соответствии с современными классификациями выделяют четыре основных типа неантиклинальных ловушек: литологически ограниченные, литологически экранированные, стратиграфически экранированные и тектонически экранированные. Каждый из перечисленных типов подразделяется на несколько подтипов в зависимости от особенностей их формирования (рис. 1).

ТИП	ПОДТИП	КЛАСС	ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА	
			ПЛАН	РАЗРЕЗ
ЛИТОЛОГИЧЕСКИ ОГРАНИЧЕННЫЕ	Седиментационные терригенные	Русловые тела		
		Дельтовые тела		
		Прибрежные аккумулятивные тела /бары, косы, дюны/		
		Глубоководные конусы выноса		
	Биогенные	Рифовые системы, береговые, краевые, барьерные		
		Одиночные рифы, банки, биогермы, биостромы, атоллы		
Постседиментационные	Текстуры выщелачивания, цементации, уплотнения, разуплотнения			
ЛИТОЛОГИЧЕСКИ ЭКРАНИРОВАННЫЕ	Регионального экранирования	Фациального замещения, выклинивания, запечатывания		
	Локального экранирования	Фациального замещения, облекания (структурно-литологические)		
СТРАТИГРАФИЧЕСКИ ЭКРАНИРОВАННЫЕ	Регионального экранирования	Региональных перерывов, размывов		
	Локального экранирования	Срезания, останцы (структурно-стратиграфические)		
ТЕКТОНИЧЕСКИ ЭКРАНИРОВАННЫЕ	Приразломные	Ступенчатые сбросовые		
		Блоковые взбросовые		
	Поднадвиговые, связанные с надвигами			

Рис. 1. Генетическая классификация неантиклинальных ловушек [1]: 1- изопахиты; 2- разломы; 3- надвиги; 4- песчаники; 5- глины; 6- известняки; 7- граниты; 8- нефть

В свою очередь, для картирования неантиклинальных структур необходимо грамотное применение совокупности литологических, литолого-фациальных, палеогеографических и геохимических методов.

Однако, применение традиционного комплексирования ловушек юрского и мелового возраста в Западной Сибири крайне затруднительно в связи с неоднородностью и наличием разнородных прослоев, отсутствием выраженной слоистости, наличием неконсолидированных пород, отсутствием качественных признаков коллекторов, сокращенным комплексом ГИС, а также с отбраковкой большого числа скважин старого фонда и материалов по ним.

Особую важность приобретают, в этой связи, палеогеографические исследования, которые позволяют восстановить историю развития бассейна седиментации и установить важнейшие предпосылки для развития продуктивных неструктурных ловушек УВ. Проведение палеогеографических реконструкций позволяют при использовании прямых и косвенных признаков, которые несет в себе осадочная порода, воссоздать гидродинамику среды древних бассейнов. А соответственно, дать более достоверную характеристику нефтегазоносных объектов, обнаруженных геофизическими методами. Для детального рассмотрения конкретных объектов требуется установить:

1. Характер и физико-химические свойства осадочного материала, значительно влияющие на осадочную дифференциацию (плотность, механическая устойчивость, химическая активность, растворимость и концентрация вещества осадочного материала).

2. Однородность или осадочную дифференциацию.

3. Генезис ловушки (условия формирования, источники направление сноса) и фациальную принадлежность.

4. Изменение уровня моря (трансгрессия-регрессия) и направленность его движения в пространстве.

5. Зону непосредственного осадконакопления с картированием источников сноса осадочного материала.

6. Гидродинамический уровень по данным палеонтологического, минералогического и ихнофациального анализов.

7. Взаимное расположение выделенных ловушек и типы их взаимосвязи между собой.

Системный подход для уточнения строения и распределения зон неантиклинальных структур необходимо проводить на основе комплексирования результатов структурных построений по кровле пластов, атрибутов сейсмической записи, результатов сейсмического моделирования, а также данных ГИС и материалов гидродинамических исследований.

Далеко не все структуры, выявляемые геофизическими методами, подтверждаются в дальнейшем бурением. В этой связи, для диагностики неструктурных ловушек целесообразно применение совокупности литологических, литолого-фациальных, палеогеографических и геохимических методов. Задачей собственно геохимических методов являются поиски не ловушек, а месторождений нефти и газа. Поэтому, для поисков УВ в неструктурных ловушках используют совокупность методов.

В настоящее время на практике совместно применяют минералого-петрографический, палеонтологический, палеодинамический, литолого-фациальный, палеоструктурный и другие методы.

Палеогеографические исследования позволяют восстановить историю развития бассейна седиментации, а, соответственно, предпосылки для развития неструктурных ловушек УВ. Проведение реконструкции обстановок осадконакопления является наиболее ответственным и сложным этапом исследований, требующим комплексного использования геолого-геофизических данных. Палеогеографические реконструкции позволяют при использовании множества прямых и косвенных признаков, которые несет в себе осадочная порода, воссоздать гидродинамику среды древних бассейнов. А значит, дать более достоверную характеристику нефтегазоносных объектов, обнаруженных геофизическими методами.

Значение, недооцененного ранее, ихнофациального анализа в совокупности с другими методами позволяет разделить разрез на ряд зон подводного берегового склона, а также провести типизацию донных осадков и сделать выводы о гидродинамических условиях бассейна осадконакопления. Особенно это актуально для градации однотипных пластов по условиям осадконакопления. Так, в отложениях сена, на месторождениях ЯНАО выделены пласты и обоснованы их границы в большей части по ассоциациям ихнофаций. Анализ керн позволил выявить ассоциации ихнофаций низкой и высокой плотности (рисунок 2а и 2б). Так на рисунке 2а представлено фото, иллюстрирующее ассоциацию

высокой плотности, многофакторный анализ которой позволяет предположить, что медленное непрерывное осадконакопление происходило без возникновения поверхностей плотного и твердого дна. Присутствовали мягкие грунты, состоящие из бактериальных матов, господствовала морская более глубоководная обстановка (относительно ассоциации низкой плотности) и доступ кислорода был на высоком уровне.

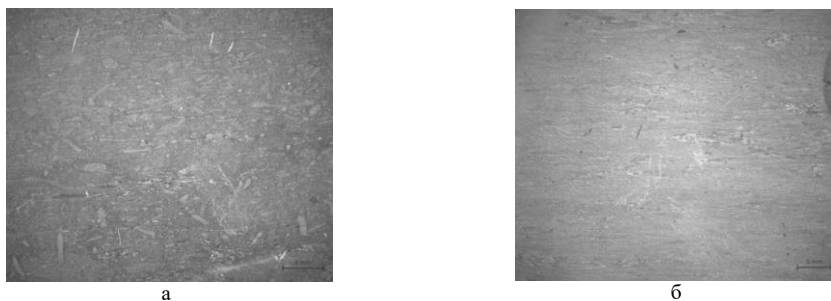


Рис. 2. Ассоциации икнофаций высокой (а) и низкой (б) плотности, месторождение Медвежье

На рисунке 2б представлены близкие по составу отложения, однако установлено, что условия осадконакопления тоже морские, но господствовала менее глубоководная среда, в которой доступ кислорода был снижен, а грунт уплотненный и содержание бактериальных матов значительно снижено. Исходя из вышесказанного, фации, установленные по керну, отличаются гидродинамикой среды осадконакопления, а, следовательно, зернистостью пород и степенью биотурбационной переработки осадка, от которых напрямую зависят ФЕС пород. Следует отметить, что отсутствие видимых биотурбаций в образцах является следствием полужидкого субстрата, сильное уплотнение которого не дает порам возможностей для их сохранения.

Также результаты последних исследований керна скважин из различных районах Фроловской мегавпадины выявили новые находки икнофоссилий в абалакской, баженовской свитах, а также в нижнетутлеймской подсвите. Разнообразие икнофоссилий указывает на принадлежность к икнофации *Cruziana*, подвергавшейся воздействию бескислородных обстановок разной интенсивности. Комплекс икнофоссилий указывает на формирование отложений в нормальных, мелководно-морских условиях от нижней предфронтальной зоны пляжа до дальней зоны подводного берегового склона.

В целом, прогнозирование коллекторов в юрских и нижнемеловых отложениях изучаемого региона требует дополнительного ранжирования моделей формирования осадков [2]: введение градации континентальных и дельтовых комплексов (дельтовый канал, проксимальная, средняя, дистальная части морской дельты, сформированной при преобладании речных, приливно-отливных или волновых процессов, приливно-отливная отмель и др.), а также типизации турбидитных систем – предбарьерные турбидиты и турбидиты, проработанные контурными течениями.

При выявлении ловушек и открытии приуроченных к ним залежей, важна диагностика генетических условий образования ловушек, поскольку именно она позволит выделить ряд конкретных поисковых признаков.

Использование совокупности приведенных методов дает положительные результаты при построении седиментационных моделей, палеогеографических реконструкциях юрских и меловых отложений в пределах всего Западно-Сибирского бассейна, на основе которых определены основные закономерности развития неструктурных ловушек.

В отложениях юрского и мелового возраста Западно-Сибирской платформы ведущую роль имеют четыре основные группы неантиклинальных ловушек: континентальная и прибрежно-морская, шельфовая, склоновая и глубоководная. Для удобства применения в наименование типа вносится основной поисковый признак. Каждая группа имеет свои характерные поисковые признаки, представленные ниже.

Группа континентальных и прибрежно-морских ловушек

Опыт исследования показывает, что значительное количество залежей в юрских отложениях контролируются не только структурным фактором, но и литологическими, тектоническими, стратиграфическими экранами. В морфологическом отношении ловушки аллювиальных отложений представлены рукавообразными (шнурковыми) песчаными телами русловых осадков, заключенных в слабопроницаемую алевритово-глинистую толщу пойменных

отложений. В зависимости от направления течения палеореки конфигурация песчаных тел может быть линейно вытянутой или дугообразной. Значительное увеличение ширины подобных тел возможно в зоне развития меандрирующих русел. Ограничение подобных залежей по латерали происходит за счет замещения песчаников непроницаемыми песчано-глинистыми и глинистыми разностями [3]. Подобные ловушки выделяются на различных стратиграфических уровнях отложений осадочного чехла юго-восточной части Томской области.

Особую важность имеет картирование врезанных речных долин. Высокая продуктивность комплекса заполнения врезанных долин уже доказана на Каменной площади, где еще в 2006-2007 гг. были околтурены 3 нефтяные залежи (две – в отложениях заполнения Сеульской долины и одна - в заполнении Кальмановской долины). Залежи эти приурочены к локальным структурным поднятиям, в то же время их геометрия контролируется распределением песчаников-коллекторов в пределах заполнения долин. Залежи отнесены к структурно-литологическому типу и являются важным высокопродуктивным объектом [4].

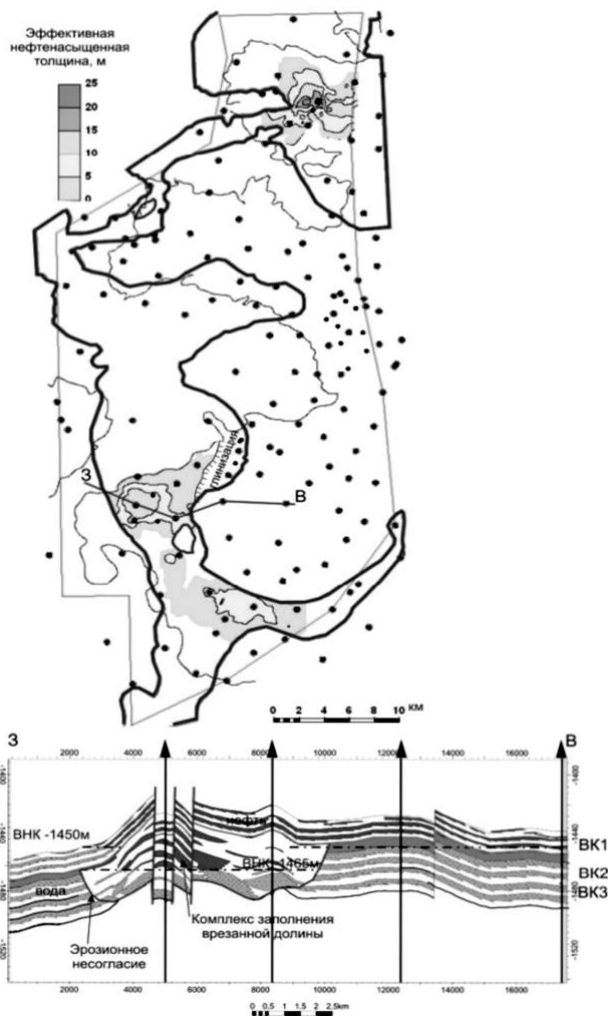


Рис. 3. Структурно-литологические залежи комплекса заполнения врезанных долин [4]. Красным показан контур врезанных долин, синим – контур нефтеносности ненарушенной речной эрозией последовательности пластов ВК1, ВК2 и ВК3

Региональные перспективы нефтегазоносности, открывающиеся в результате идентификации врезанно-долинных систем, связаны как с поиском их продолжений (особенно, продолжения Кальмановской врезанной долины, соотносимой с палео-Обью), так и с выявлением самостоятельных подобных объектов, например, в верхней части вилуловской свиты. В качестве дополнительных поисковых критериев здесь могут быть использованы

региональный уклон позднеаптской поверхности осадконакопления и структурный контроль положения врезанных речных долин.

Группа ловушек морского генезиса

Разделение континентальных, морских и переходных фации возможно по палеонтологическим данным, терригенно-минералогического и ихнофациального анализов. Приведенные методы также не позволяют однозначно определить среду осадконакопления без гранулометрического распределения и привлечения электрометрических моделей. Именно с этим необходимо применение следующих методов.

Петрохимический метод. Содержание ряда химических элементов, средних значений химического состава и их отношений может быть использовано для характеристики условий осадконакопления. Геохимические параметры на основе данных спектрального анализа являются показателями фациальных условий, палеоклимата, степени выветривания и др.

Терригенно-минералогический анализ проводится на основе изучения акцессорных минералов с целью выявления источников сноса и путей миграции терригенного материала. Состав пород питания, климатические условия выветривания, сортировка материала по физической и химической устойчивости и гидравлической крупности предопределяют первичный исходный состав минералогических ассоциаций. При этом особенности х набора аутигенных минералов маркируют характер обстановок осадконакопления и диагенеза. Минералогические исследования позволяют выявлять зоны, генетически связанные с неструктурными ловушками, на основании пространственной изменчивости комплексов терригенных минералов. Таким образом, картирование распределения минералов по площади дает возможность установить береговые линии, проследить пути миграции терригенного материала, границы его распространения и наметить возможные региональные зоны выклинивания.

Палеоструктурный анализ позволяет определить распределение первичных коллекторов, которые связаны с источниками сноса, транспортировки и аккумуляции обломочного материала. Поэтому при прогнозе коллекторов в терригенных отложениях необходимо учитывать особенности палеоструктурного плана, существовавшего на момент формирования отложений.

Использование совокупности приведенных методов дает положительные результаты при построении седиментационных моделей, палеогеографических реконструкциях юрских и меловых отложений большинства НГО Западно-Сибирского НГБ, на основе которых определены основные закономерности развития неструктурных ловушек:

В ачимовском нижнемеловом НГК преобладают литологически-ограниченные типы ловушек, связанные с глубоководными конусами выноса. По результатам палеодинамических и палеоструктурных реконструкций ачимовских песчаников Кальчинского, Восточно-Уренгойского, Приобского месторождений Западной Сибири установлено, что наиболее перспективные ловушки с хорошим первичным коллектором и значительным объемом песчаного материала связаны с глубокозалегающими телами, сформированными турбидитными потоками на регрессивном этапе осадконакопления. Причем наиболее высокие значения коэффициентов палеодинамической активности среды седиментации приурочены к питающим каналам и к проксимальным частям конуса выноса. Хорошая отсортированность зрелых песчаников проксимальной части конусов выноса связана с высокой динамической активностью среды осадконакопления, и в том числе с переработкой обломочного материала глубоководными вдольконтурными течениями. Наиболее грубозернистый материал располагается в проксимальной части конуса выноса, образованной у основания склона, устья питающих каналов (рис. 4).

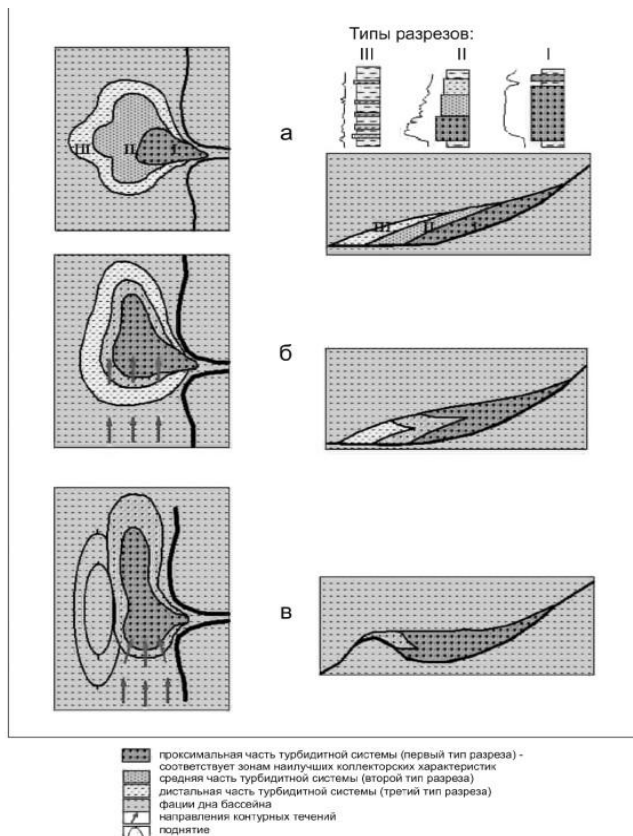


Рис. 4. Модель формирования коллекторов в турбидитных отложениях:
 а – общая модель; б – формирование коллекторов при проработке конуса выноса контурными течениями; в – формирование коллектора в случае возникновения препятствий (палеоструктур) на пути сноса зернового материала [5]

В шельфовых нижнемеловых нефтегазоносных комплексах преобладают неструктурные ловушки УВ, связанные преимущественно с проксимальными конусами выноса и каналами дельтовых комплексов. По результатам комплексных исследований, проведенных различными исследователями (В.В. Шиманский, Н.В. Танинская и др.) на территории восточного борта Болшехетской впадины в отложениях берриаса-нижнего готерива нижнего мела, представленного отложениями нижнехетской свиты, построены седиментационные модели и установлено, что отложения нижнехетской свиты формировались в прибрежно-морских условиях.

В юрских нефтегазоносных комплексах присутствуют преимущественно литологически ограниченные ловушки, связанные с русловыми и прибрежными аккумулятивными песчаными телами, и тектонически экранированные ловушки.

Перспективным объектом для поисков и разведки неструктурных ловушек также является клиноформная толща неокома, которая является основным, но при этом малоизученным нефтегазоносным комплексом региона, в плане выявления ловушек неструктурного типа. В свете вышеизложенного, хорошие результаты по Западной Сибири дают сейсмостратиграфические методы при детальной расшифровке возрастных напластований сложных геологических тел.

Изучение и классификация неантиклинальных ловушек в этой толще – одна из первоочередных задач. Создание такой классификации позволило бы повысить эффективность поисковых работ и более целенаправленно проводить поисковые работы.

Вместе с тем, значительный объем выявленных к настоящему моменту скоплений УВ, связанных с неструктурными ловушками, требует проведения предварительного изучения и анализа имеющегося материала, так как часто встречается неправильное понимание или неоднозначная интерпретация генезиса ловушек.

Первоначально термин «клиноформа» был применен Дж. Ричем для обозначения фациальных условий осадконакопления в пределах континентального склона. Но термин быстро приобрел морфологическое значение и охватил более широкие фациальные рамки как в отечественной, так и в иностранной литературе. Большинство исследователей под клиноформными отложениями понимают циклически построенную толщу заполнения глубоководного бассейна путем бокового наращивания континентального склона. Отдельные клиноформы представляют собой результат единичного цикла осадконакопления и подразделяются на шельфовую (ундаформа, по Дж. Ричу), склоновую части и подножие шельфового склона (фондоформа). Фациальное разнообразие накопления клиноформных отложений также обуславливает многообразие типов неантиклинальных ловушек УВ.

На поисковом этапе работ важно в основу выделения типов ловушек закладывать генетический принцип, под которым понимается совокупность геологических процессов, предопределяющих происхождение ловушки. Наиболее целесообразно выделять отдельные типы ловушек по трем основным элементам клиноформы, поскольку в пределах этих элементов существуют близкие фациальные условия, обеспечивающие формирование соответствующих песчаных тел и определяющие родственные типы ловушек. Таким образом, выделяются три группы ловушек: шельфовая, склоновая и глубоководная.

Группа континентальных и прибрежно-морских ловушек

Опыт исследования показывает, что значительное количество залежей в юрских отложениях контролируются не только структурным фактором, но и литологическими, тектоническими, стратиграфическими экранами. В морфологическом отношении ловушки аллювиальных отложений представлены рукавообразными (шнурковыми) песчаными телами русловых осадков, заключенных в слабопроницаемую алевритово-глинистую толщу пойменных отложений. В зависимости от направления течения палеореки конфигурация песчаных тел может быть линейно вытянутой или дугообразной. Значительное увеличение ширины подобных тел возможно в зоне развития меандрирующих русел. Ограничение подобных залежей по латерали происходит за счет замещения песчаников непроницаемыми песчано-глинистыми и глинистыми разностями [3]. Подобные ловушки выделяются на различных стратиграфических уровнях отложений осадочного чехла юго-восточной части Томской области.

Группа шельфовых ловушек

Ловушки фациальных замещений. При образовании такого типа ловушек основными геологическими процессами являются структурно-седиментационные. Ловушки приурочены к зонам региональной глинизации песчаных пластов. При наложении такой зоны на структурное осложнение выклинивающийся пласт приобретает приподнятое положение, создавая ловушку (рис. 5). Примерами могут служить Ямбургское, Уренгойское, и Восточно-Тарасовское месторождения УВ.

Ловушки седиментационных несогласий обуславливаются седиментационным процессом. Если в период формирования песчаного пласта, лежащего в основании клиноформы, гидродинамическая активность велика, то поступающий псаммитовый материал может приноситься транзитом через шельфовую террасу, накапливаясь лишь в депрессионных участках и краевой части шельфа. Средняя ширина шельфовых террас убывает с востока на запад и составляет в районе Широного Приобья 50 км. Возможно и другое объяснение механизма формирования такого типа ловушек — это недостаток песчаного материала, поступающего с берега. В этом случае, как и в предыдущем, наиболее грубые осадки будут накапливаться на пониженных участках поверхности. С ловушками седиментационных несогласий связаны залежи на Повховском и Западно-Тевлинском месторождениях.

Группа глубоководных ловушек (песчаники подложки шельфового склона)		Группа склоновых ловушек (песчаники шельфового склона)				Группа шельфовых ловушек (шельфовые песчаники)	
Строение ловушек	Тип ловушек (определяющие геологические процессы)		Строение ловушек		Тип ловушек (определяющие геологические процессы)	Строение ловушек	Тип ловушек (определяющие геологические процессы)
	Перед упорами	Турбидитно-седиментационный (аккумулятивные)	Продольный разрез	Поперечный разрез			
	Перед упорами	Турбидитно-седиментационный (аккумулятивные)			Уступ склонов (седиментационные)		Фациальных замещений (структурно-седиментационные)
	Во впадинах				Эрозионно-аккумулятивные		Седиментационных несогласий (седиментационные)
		Турбидитно-денудационный (эрозионно-аккумулятивные)	1 2 3 4	5 6 7 8			Ограниченные несогласиям (седиментационные)
		Донных и гравитационных течений (эрозионно-аккумулятивные)	9 10				Опущенных тектонических блоков (аккумулятивно-дизъюнктивные)
1 - песчаники, 2 - аргиллиты, 3 - баженовская свита, 4 - континентальные отложения вартовской свиты; 5 - морские отложения мегнонской свиты; 6 - неструктурные ловушки; 7 - границы стратиграфических несогласий, 8 - граница подстилающей клиноформы; 9 - тектонические нарушения, 10 - ловушки УВ							Поднятых тектонических блоков (фациально-дизъюнктивные)
							Депрессионных омов (структурно-аккумулятивные)
							Баровые (аккумулятивные)

Рис. 5. Комплекс неантиклинальных ловушек УВ в клиноформных отложениях неокома Западной Сибири [6]

Ловушки, ограниченные несогласием. Главную роль в их формировании играют седиментационные процессы. Краевая часть шельфа является самым уязвимым местом для волновой эрозии. Во время штормов волны, сформированные в открытом бассейне с большими глубинами, разгоняются до высоких скоростей. Выходя на мелководье шельфа, всю мощь своей кинетической энергии они обрушивают на слабоконсолидированный осадок, зачастую полностью размывая краевую часть трансгрессивного песчаного пласта основания клиноформы. От пласта иногда остается наиболее погруженная часть, находящаяся ниже базиса волновой эрозии. Если при последующем наращивании шельфового склона между песчаным пластом основания клиноформы и оставшейся от ранних этапов частью песчаного пласта возникает глинистая перемычка, то формируется данный тип ловушки. Примером может служить пласт БС10 Западно-Сарымской площади.

Ловушки опущенных тектонических блоков. Их развитие обязано аккумулятивно-дизъюнктивным процессам и предопределяется спецификой заполнения осадочного бассейна за счет бокового наращивания склона. Дело в том, что осадконакопление происходит только в сравнительно узкой вдольсклоновой полосе. Шельфовый уступ прерывисто, «шагами» продвигается к осевой части бассейна. Давление такой мощной толщи осадков (200–300 м) за счет неравномерного распределения статических нагрузок приводит к образованию тектонических сколов субпараллельно фронту своего продвижения. Опущенные по нарушениям краевые части шельфового комплекса создают обозначенный тип ловушек. Примером может служить Сугмутское месторождение УВ (пласт БС92).

Ловушки поднятых тектонических блоков. Их образование вызвано фациально-дизъюнктивными процессами. Данный тип ловушек генетически близок к предыдущему. Его выделение связано с аномальным поведением кровли мегнонской свиты, изученным по материалам региональных геологических профилей. Такие участки интерпретируются как зоны конседиментационных сбросов, сформированных за счет неравномерных статических нагрузок. От предыдущего случая эти сбросы отличаются более значительной конечной амплитудой и дальнейшим развитием, выражающимся в возвратном эффекте после выравнивания нагрузки.

То есть, сколотый, как и при формировании вышеописанного типа ловушки, блок пород продолжает опускаться под нагрузкой накапливающихся осадков. По мере дальнейшего продвижения континентального склона статические нагрузки в зоне сброса выравниваются, вследствие реверсивных перемещений опущенный блок занимает свое прежнее или близкое к прежнему положение. Таким образом, продвигающийся континентальный склон действует подобно штампу, обуславливая «клавишные», сбросово-взбросовые, перемещения подстилающего субстрата. В результате среди континентальных отложений вартовской свиты наблюдаются уступы мелководно-морских осадков мегнионской свиты. В благоприятных структурных условиях (приподнятые зоны по простиранию уступа) на подобных уступах создаются ловушки УВ. Ловушки этого типа не изучены.

Ловушки депрессионных зон обусловлены структурно-аккумулятивными процессами. Образование этого типа ловушек связано с наличием депрессионных участков по простиранию краевой части шельфа. То, что край шельфа не идеально выдержан по высоте, а имеет поднятия и депрессии, не вызывает сомнений. Депрессии могут формироваться вследствие неравномерного уплотнения подстилающих пород, проявления локальных тектонических воздействий, унаследованного влияния морфологии подстилающих отложений и т.д. При этом надо учесть, что крупный цикл осадконакопления, результатом которого является формирование клиноформы, состоит из серии более мелких. Если в шельфовой части клиноформы это единое песчаное тело, то в глубоководной ему соответствует несколько песчаных линз, отвечающих трансгрессивным фазам «внутренних» циклов. Соответственно в депрессионных участках края шельфа, помимо основного песчаного пласта, могут формироваться также отдельные линзы песчаников, которые и будут создавать обозначенный тип ловушек. Ловушки депрессионных зон краевой части шельфа еще не изучены.

Ловушки баровые. Их развитие контролируется аккумулятивными процессами. К этому типу ловушек можно отнести все аккумулятивные формы поверхности песчаных пластов (косы, отмели, устьевые и барьерные бары и т.д.). В условиях аллювиально-морской равнины возможно наличие любой из них. Этот тип ловушек практически не изучен.

Группа склоновых ловушек

В склоновой части клиноформы выделяется один тип ловушек — уступов склона. Формирование ловушек этого типа определяется двумя независимыми геологическими процессами. Первый процесс – седиментационный и эрозионно-аккумулятивный: сбрасывание штормовыми волнами псаммитового материала с кромки шельфа. На уступах шельфового склона, приближенных к кромке шельфа, возможно формирование линз песчаника, образующих ловушки данного типа. Второй процесс — эрозионно-аккумулятивный: перенос песчаного материала из шельфовой зоны вниз по склону гравитационными потоками. Генезис данной группы объектов связан с непостоянными во времени Гравитационными потоками, которые, видимо, имеют пульсирующий характер, и в зависимости от объема поступающего в данную часть бассейна обломочного материала. Соответственно на уступах склона периодически преобладают или эрозионные, или аккумуляционные условия, в целом приводящие к накоплению линз песчаного материала. Вероятно, этот процесс являлся основным по отношению к первому, но в накоплении песчаных линз участвовали, по-видимому, и тот, и другой. Известные залежи УВ, приуроченные к ловушкам уступов склона, открыты попутно, при бурении на структуры шельфового комплекса. Примерами являются Ростовцевское, Ново-Портовское, Приобское месторождения.

Группа глубоководных ловушек

В глубоководной части клиноформы, у подножия шельфового склона, выделяются три типа ловушек.

Ловушки турбидитно-седиментационные. На их формирование влияют аккумулятивные процессы. Ловушки приурочены к турбидитным песчаникам (ачимовской пачки}, сформированным в двух наиболее типичных случаях:

1) перед упорами (конседиментационными локальными и региональными структурами). Упор позволяет образовать достаточно мощное песчаное тело, гипсометрически приподнятая часть кровли которого образует ловушки;

2) во впадинах. Относительно шельфовых отложений турбидитные песчаники ачимовской пачки изначально являются сформированными во впадине, поэтому восточные окончания многих линз этих песчаников, связанные каналами стока с шельфовыми пластами, занимают приподнятое положение, создавая ловушку. В случае, когда и западные окончания линз песчаника (перед структурами как вторичного, так и конседиментационного происхождения) имеют приподнятое положение, ловушки УВ образуются в обеих краевых частях. Ловушки турбидитно-седиментационного типа не изучены.

Ловушки турбидитно-денудационные вызваны эрозионно-аккумулятивными процессами. Формирование ловушек этого типа контролируется многоразовым, пульсационным поступлением псаммитового материала к подножию шельфового склона. Поступление последующих «порций» песчаного осадка может сопровождаться размывом предыдущих отложений. В случае, когда эти нижележащие отложения имеют приемлемые коллекторские свойства, а перекрывающие породы коллектором не являются, образуется ловушка турбидитно-денудационного типа. По существу, это ловушки, обусловленные спецификой внутренней структуры ачимовских песчаников. Опыта их изучения и разведки не имеется.

Ловушки донных и гравитационных течений. Их развитие зависит от эрозионно-аккумулятивных процессов. Этот тип ловушек можно только предполагать. Песчаные отложения, связанные с направленными течениями, обладают улучшенными коллекторскими свойствами, поэтому ловушки донных и гравитационных течений являются наиболее перспективным поисковым объектом.

Песчаные тела подножия шельфового склона разбурены относительно плохо, а объем поднятого из них kernового материала совсем невелик. Соответственно достаточно полных представлений о коллекторских свойствах ачимовских отложений мы не имеем. Для того чтобы компенсировать этот пробел, была предпринята попытка оценить фильтрационно-емкостные свойства глубоководных песчаников посредством сравнительного анализа материалов испытаний (1959–1990 гг.). При сравнении разнородных притоков использовались условные единицы (1 усл. ед. = 20000 м³/сут. газа = 2 т/сут. нефти = 5 м³/сут. воды). Анализ показал, что основная масса испытанных объектов (94%) обладает низкими и средними коллекторскими свойствами, лишь небольшая группа объектов (6%) резко отличается высокими коллекторскими характеристиками. Вероятно, это обусловлено различными условиями формирования песчаных тел. Наличие в песчаниках подножия шельфового склона высокоемких коллекторов косвенно подтверждает выделение двух последних типов ловушек.

Выделенный комплекс неантиклинальных ловушек в клиноформных отложениях неокома Западной Сибири представляет собой высокоперспективный, но малоизученный объект поиска залежей УВ. Наиболее интересными в нефтегазовом отношении (возможно, просто более изученными) являются верхние части клиноформ (шельфовая группа ловушек). Обращают на себя внимание два типа шельфовых ловушек – от поднятых тектонических блоков и депрессионных зон. Они относительно легко прогнозируются и открывают новые, не связанные напрямую с сейсморазведочными работами направления поисков УВ-скоплений. В то время как в шельфовых отложениях тип ловушек фациальных замещений и частично такие типы ловушек, как ловушки седиментационных несогласий, ограниченных несогласием и опущенных тектонических блоков, прямо или косвенно вовлечены в поиски и разведку УВ, то группы склоновых и глубоководных ловушек совершенно не изучены. Залежи УВ в песчаниках подножия шельфового склона открываются попутно, при бурении на выявленные сейсморазведкой структуры отложений шельфового комплекса. В результате коллекторы в ачимовских песчаниках вскрываются не в оптимальных условиях и обладают низкими фильтрационно-емкостными характеристиками. Очевидно, имеет смысл провести типизацию ловушек на основе конкретных объектов и ревизию строения залежей в глубоководных песчаных телах, это позволит выбрать оптимальные направления дальнейших поисково-разведочных работ в регионе и уточнить связанные с ними запасы УВ.

В ближней перспективе освоение Западной Сибири и дальнейшее развитие нефтегазовой отрасли этого региона зависят от проведения дальнейших ПРП с целью укрепления и расширения МСБ газо- и нефтедобычи не только в северных и арктических областях суши и шельфа Карского моря, но и за счет приращения запасов в неантиклинальных структурах уже разбуренных территорий.

Необходимой основой планирования и проведения ПРП должен стать всесторонний анализ формирования неантиклинальных структур данного региона, связанный с четырьмя основными группами неантиклинальных ловушек: континентальными и прибрежно-морскими, шельфовыми, склоновыми и глубоководными. Они отличаются условиями образования и гидродинамикой среды осадконакопления, а, следовательно, зернистостью пород и степенью биотурбационной переработки осадка, от которых напрямую зависят фильтрационно-емкостные свойства пород.

Список литературы / References

1. *Окнова Н.С.* Неантиклинальные ловушки и их примеры в нефтегазоносных провинциях // Нефтегазовая геология. Теория и практика. [Электронный ресурс], 2012. Т. 7. № 1. Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/10/10_2012.pdf/ (дата обращения: 04.03.2020).
2. *Шиманский В.В., Танинская Н.В., Колпенская Н.Н.* Методические аспекты прогноза неструктурных ловушек углеводородов на примере юрско-меловых отложений Западной Сибири // Бюл. Моск. Об-ва испытателей природы. Отд. геол., 2014. Т. 89. Вып. 4. С. 24-39.
3. *Абросимова О.О., Кулагин С.И.* Выявление ловушек углеводородов неантиклинального типа в верхне-, среднеюрских отложениях (юго-восточная часть Томской области) // Известия Томского политехнического университета. [Электронный ресурс], 2008. Т. 313. № 1. Режим доступа: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/2290/1/bulletin_tpu-2008-313-1-08.pdf/ (дата обращения: 04.03.2020).
4. *Медведев А.Л.* Аптские врезанные речные долины Каменной площади Западной Сибири: региональные аспекты нефтегазоносности // Нефтегазовая геология. Теория и практика. [Электронный ресурс], 2010. Т. 5. № 3. Режим доступа: http://www.ngtp.ru/rub/4/36_2010.pdf/ (дата обращения: 04.03.2020).
5. *Брехунцов А.М., Танинская Н.В., Шиманский В.В., Хафизов С.Ф.* Литолого-фациальные критерии прогноза коллекторов ачимовских отложений Восточно-Уренгойской зоны // Геология нефти и газа. [Электронный ресурс], 2003. № 3. Режим доступа: <http://www.geolib.ru/OilGasGeo/2003/03/Stat/stat01.html/> (дата обращения: 04.03.2020).
6. *Жарков А.М.* Неантиклинальные ловушки углеводородов в нижнемеловой клиноформной толще Западной Сибири // Геология нефти и газа, 2001. № 1. С. 18-23.