

Разведка западной части Шетланда выявила те особенности, которые будут актуальны в будущем

West of Shetland exploration unravelled – an indication of what the future may hold

Nick Loizou*

Предисловие

Разведка западной части Шетланда началась в 1972 году, однако первое открытие, Clair, было сделано лишь после бурения 17-ой разведочной скважины в 1977 году. Хотя после этого был открыт ряд промышленных запасов, в целом успех разведки порядка один из пяти не был утешительным. Это следствие ряда факторов, которые будут рассмотрены ниже. Loizou (2003a) сделал вывод, что причиной большинства неудачно пробуренных скважин, ориентированных на Палеоцен, начиная с 1995 года является неправильное определение ловушек. В данной статье приведен обзор истории достигнутых разведки и проанализированы все 138 разведочных скважин за период с 1972 до конца 2004 года (рис.1 и 2).

Небольшой успех разведки

Выходы углеводородов были неожиданно получены на западе Шетланда на всех стратиграфических уровнях от Девона до Эоцена (рис. 3). Первичная разведка 1970 года была ориентирована на обнаружение простых, тектонически экранированных ловушек (аналогов ловушек Северного моря), которые были выявлены по 2D сейсмическим данным низкого качества на относительно небольших глубинах (< 500 м) на юго-восточной стороне бассейна Faroe-Shetland. Месторождения Clair (запасы нефти составляют примерно 6 млрд. баррелей) и Victory были обнаружены в процессе этой разведки соответственно в песчаниках периода Девон-Карбон и песчаниках раннего Мела. Однако эти залежи углеводородов в то время не были разработаны по причине низкой продуктивности относительно сильно трещиноватого резервуара Clair и нерентабельности объемов газа месторождения Victory. Не было ни технологий, ни инфраструктуры для разработки этих месторождений.

Нефть разведочной скважины 206/8-1A месторождения Clair была оценена в 25 градусов API (Американский нефтяной институт), а дебит — 1502 баррелей/день, поэтому месторождение остается самым большим для всего континентального шельфа Великобритании в терминах начальных геологических запасов нефти. Структура Clair представляет собой вытянутый на СВ-ЮЗ хребет фундамента Lewisian и связанную террасу, и состоит из смешанных и обладающих разными свойствами глинистых красных песчаников периода Девон-Карбон. Интересно, что скважина 206/8-1A должна была пройти через юрско-меловые пески, однако прошла через 700 м толщу обломочных пород каменноугольно-девонского периода сразу после мощной толщи меловых аргиллитов. Верхние 568 м этого разреза оказались нефтеносными. После 3D сейсмической съемки конца 90-ых годов всей центральной части месторождения Clair и частично приграничных областей, были достигнуты большие успехи в понимании и изображении структуры резервуара. Развитие технологий и повышение цен на нефть повысили ценность

**Nick.Loizou@dti.gsi.gov.uk*

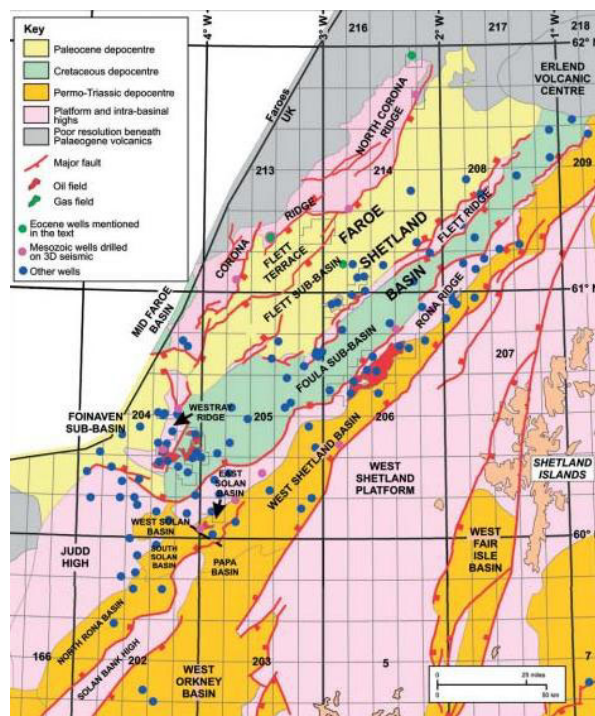


Рис. 1. Структурные элементы и расположение скважин, Запад Шетланда.

первой фазы разработки месторождения Clair для извлечения 250 млн. баррелей нефтяных запасов.

В течение 1977 года было сделано два дополнительных открытия, оба в нижнем мелу. Месторождение Victory было открыто скважиной 207/1-3, которая попала в 68 м толщу газоносных песчаников нижнего мела на небольшой глубине 1096 м в погружающемся на восток перевернутом блоке, ограниченном сбросами, занимающим площадь примерно в 10 км². Скважина 206/11-1, расположенная в всяхме блоке, прошла через разлом Rona Ridge на абсолютной вертикальной отметке 3501 м и попала в независимую структурную ловушку. В этой же окрестности в нижнемеловые отложения позже попали и скважины 206/5-2, 206/4-1 и 206/8-6а, безуспешно проникшие в непродуктивные структурные ловушки.

Запасы газа месторождения Victory оцениваются в районе 200-250 млрд. фут³, и это сочли недостаточным для автономной разработки. Однако Victory в будущем может содействовать региональной стратегии разработки газа, если будет доказан палеоценовый продуктивный пояс. В конечном счете, коммерциализация газа месторождения Victory будет зависеть в большей степени от успеха региональной разведывательной программы.

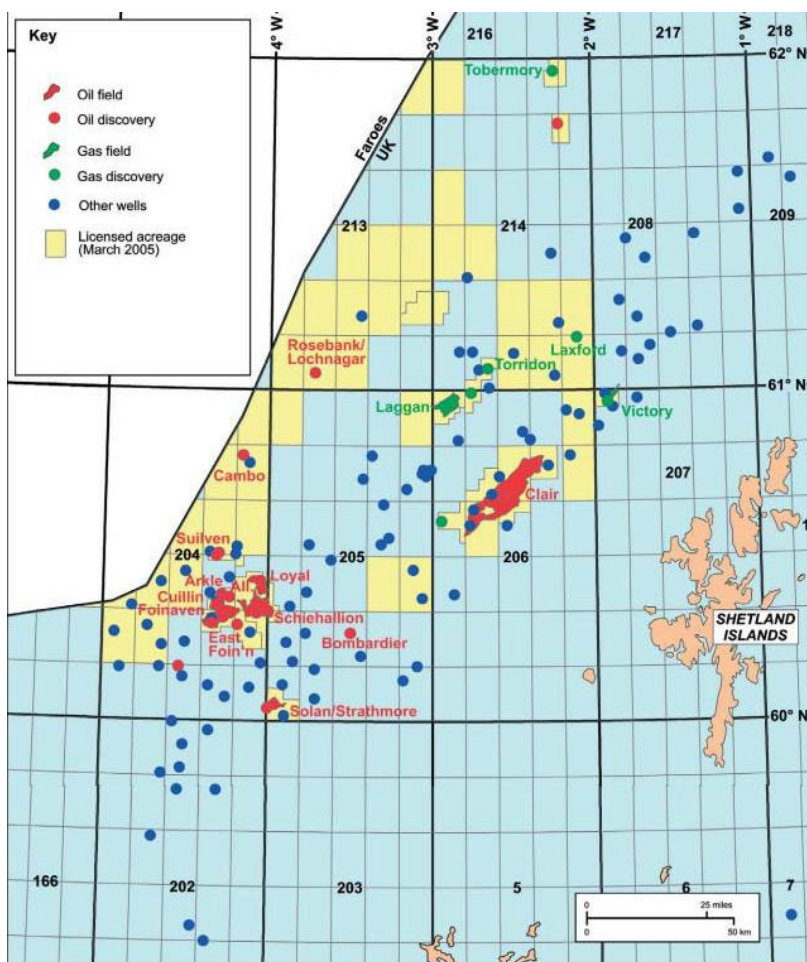


Рис. 2. Расположение нефтяных и газовых открытий и месторождений, Запад Шетланда.

В течение 1980-х годов успехи методов бурения передвинули разведывательную практику от прибрежной зоны в глубоководные (350-750 м) зоны бассейна Flett Sub, с ориентировкой на палеоценовые структурные/стратиграфические ловушки и докайнозойские сильно трещиноватые блоковые структуры (в основном обнаружены по данным 2D сейсмики). Только открытие Laggan после бурения в 1986г. скважины 206/1-2 может быть оценено как «значительное» для данного периода. Другие открытия (204/30-1, 219/28-2Z и 214/27-1) — меньшие по размеру, экономически невыгодные газовые залежи (размер залежей < 150 млрд. фут³) палеоценовых отложений, расположенные вдоль Flett Ridge. Интерес к разведке пропал в последние годы 1980-х вследствие длительной безуспешности. К концу 1980-х годов ни одна из открытий западного Шетланда не удостоилась разработки.

В 1990 году сделано открытие Triassic Strathmore (скважина 205/26a-3), затем — верхнеюрское открытие Solan (скважина 205/26a-4) в следующем году. Эти открытия доказали перспективность восточной части бассейна Solan, а также более старых бассейнов вдоль этого же направления. Поиски потенциальных аналогов Solan требуют сохранения обоснованного нижнеюрского разреза для уверенности в том, что утолщение dna бассейна Solan Sandstone вызвано наличием песчаника.

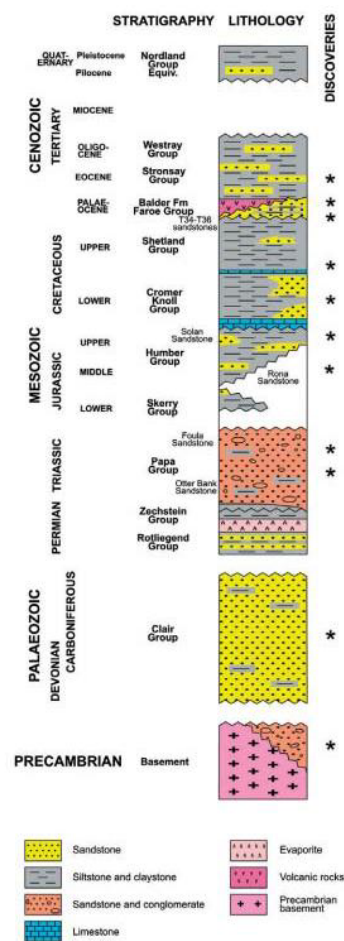


Рис. 3. Сводная стратиграфическая колонка, Запад Шетланда.

Поиски аналогов Strathmore менее эффективны. Резервуар простирается регионально, однако его трудно зафиксировать с помощью сейсмики без биостратиграфического контроля (т.к. мало триасовых организмов) или близкорасположенных скважин, попадающих в триасовые песчаники, скважин мало и они отдалены друг от друга (Herries и др., 1999). Открытия восточной части бассейна Solan доказали пространственность нефтегазоносного пласта, однако объемы углеводородов до сих пор остаются одним из ограничивающих факторов для дальнейшей разведки.

Значительные продвижения сейсмических методов в начале 1990-х привели к подтвержденному бурением открытию Foinaven в 1990 году. Скважина 204/24-1A открыла залежи нефти и газа высокого качества в пределах 10 м сети — подводный конус выноса, песчаники палеоцена. Открытие Foinaven фундаментально передвинуло большинство целей разведки к Палеоцену.

Discovery	Year	Discovered By	Field/ Prospect Name	Trap Type	Age
206/8-1A	1977	BP	Clair	Structural	Devono-Carb
206/11-1	1977	Elf	-	Structural	L. Cretaceous
207/01-3	1977	Texaco	Victory	Structural	Albian/Aptian
206/9-2A**	1978	Mobil	Clair	Structural	Devono-Carb
206/2-1A	1980	Shell	-	Combination	Palaeocene
204/28-1	1981	BP	-	Structural	Upper Jurassic
204/30-1	1984	BG	Laxford	Combination	Palaeocene
219/28-2Z	1984	Sovereign	-	Structural	Palaeocene
214/27-1	1985	Gulf	Torridon	Combination	Palaeocene
206/1-2	1986	Shell	Laggan	Structural	Palaeocene
204/24-1A	1990	BP	Foinaven	Combination	Palaeocene
205/26a-3	1990	Amerada Hess	Strathmore	Combination	Triassic
204/19-2	1991	BP	Arkle	Combination	Palaeocene
205/26a-4	1991	Amerada Hess	Solan	Structural	Jurassic
204/24a-2**	1992	BP	Foinaven	Structural	Palaeocene
204/20-1	1993	BP	Schiehallion	Combination	Palaeocene
204/19-3A	1994	BP	Cuillin	Combination	Palaeocene
204/20-3	1994	BP	Loyal	Combination	Palaeocene
204/25a-2**	1994	Amerada Hess	Schiehallion	Combination	Palaeocene
205/16-2**	1994	BP	Schiehallion	Combination	Palaeocene
204/19-6	1995	BP	Alligin	Combination	Palaeocene
204/25b-5	1995	BP	East Foinaven	Combination	Palaeocene
206/1-3**	1996	Total	Laggan	Structural	Palaeocene
204/19-8Z	1996	BP	Suilven	Structural	Palaeocene
204/14-1**	1998	Conoco	Suilven	Structural	Palaeocene
205/23-2	1998	Arco	Bombardier	Structural	Jurassic
214/4-1	1999	Mobil	Tobermory	Structural	Eocene
214/9-1	2000	Mobil	-	Structural	Palaeocene
204/10-1	2002	Amerada Hess	Cambo	Structural	Palaeocene
213/27-1Z	2004	ChevronTexaco	Rosebank/ Lochnagar	Structural/ Combination	Palaeocene/ Pre Cretaceous

Табл. 1

**** Скважины, первоначально классифицированные как разведочные, рассматриваются автором как контрольные**

Индустрия достигает успеха в таких областях как Мексиканский залив, применяя такое моделирование как расчет зависимости амплитуды (отражения) от удаления (AVO), и используя достижения методов обработки данных сейсмоки, которые на начальных этапах позволяют выявлять в сейсмических данных прямые признаки углеводородов. Применение этих методов при 3D сейсмических съемках способствует успешной разведке палеоценовых нефтяных месторождений в секторе 204 с последующими открытиями месторождений Arkle, Schiehallion, Cuillin, Loyal и East Foinaven. Это привело к большому конкурсу на 16-ом аукционе выдачи лицензий и увеличению объемов разведывательных работ на окраине Атлантики, что достигло пика в 1996 г.

Основные скопления нефти Палеоцена T₃₁-T₃₅ в секторе 204 встречаются в проксимальных подводных конусах выноса вблизи оси Westray Ridge Inversion. Ловушки содержат как структурные, так и стратиграфические элементы. К структурным элементам относятся наклонные и разломные покровы в зависимости от их отношения к разведочным скважинам, а также латеральные покровы, причиной которых являются зоны замещения и перерывы/эрозия молодыми сланцами, которые заполнили наклонные каналы. Верхняя покровка образована регионально распространенными сланцами T₃₅.

Разведка участков, лицензии на которые были получены в 1995 г., не оправдала надежд и не привела к успеху в прослеживании палеоценового нефтеносного пласта от открытий, сделанных BP/Shell в бассейне Foinaven. В конце 1990-х отдельно от единственного палеоценового открытия Suilven (скважина 204/19-8Z) были сделаны еще два открытия. Открытие 214/4-1 Tobermory было сделано по плоским и ярким пятнам амплитуд (также видных на 2D сейсмических данных конца 1980-х) и выявило сухой газ в турбидитных песчаниках среднего Эоцена. Скважина 205/23-2 открыла ловушку газа в юрских песчаниках мелкой антиклинальной структуры на Rona Ridge (абсолютная вертикальная отметка 683 м).

С наступлением нового тысячелетия было сделано три интересных открытия. В течение 2000 г. скважина 214/9-1 выявила газ в песках верхнего палеоцена. Скважина 204/10-1 выявила углеводороды в верхнем палеоцене — открытие Cambo, которое представляет собой огромную наклонную крестовидную ловушку, подстилаемую докембрийским фундаментом. Совсем недавно скважина 213/21-1Z (Rosebank/Lochnagar) выявила два нефтяных и газовых скопления, суммарная эффективная мощность которых 52 м, а качество нефти оценивается в 27-36 градусов API.

Кто пробурил разведочные скважины?

Распределение 138 разведочных скважин на западе Шотландии показано на рис. 2, а история бурения, приведена на рис. 4. Большинство скважин были лицензионными обязательствами, выявлено примерно 30 значимых скоплений углеводородов (табл. 1). Шесть скважин (204/14-1, 204/24- 2A, 204/25a-2, 205/16-2, 206/13 и 206/9-2A) являются контрольными. Пробуренная в 1998г. скважина 204/14-1 Conoco, например, была пробурена примерно на 1.25 км юго-восточнее и слегка ниже разведочной скважины 204/19-8Z Suilven. После бурения в установленной области водонефтяного контакта, обнаруженного в разведочной скважине 204/19-8Z, его можно рассматривать как простой контроль открытия Suilven. В таблице также приведены четыре небольшие газовые открытия (205/23-2, 206/2-1A, 206/11-1 и 219/28-2Z), а также открытие тяжелой нефти в скважине 204/28-1.

Из 138 скважин примерно 65% были спроектированы на основе редких 2D сейсмических данных, которые часто были очень низкого качества.

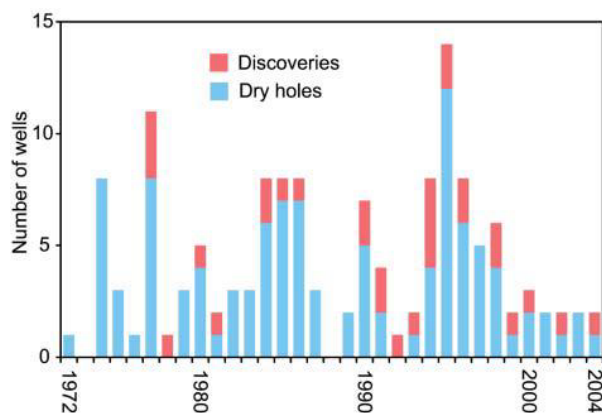


Рис. 4. История разведочного бурения, Запад Шетланда.

Расположение примерно 25% скважин было обосновано слабыми и отчасти некорректными геологическими концепциями (Loizou, 2003b). Несколько сухих скважин можно отнести к синхронному или компенсационному разведочному бурению, которая проверяла похожие концепции обнаружения нефти в течение короткого периода (примеры включают скважины, приуроченные к 16-ой раздаче лицензий). Невозможность быстрого получения скважинных данных является одним из ограничивающих факторов для 10 сухих скважин сектора 202. Неудивительно, что основное геологическое объяснение примерно 66% неудачно пробуренных скважин относится к ловушкам, которые принципиально неразрабатываемы.

В течение прошлых 32 лет 25 различных добывающих компаний (BNOC и Britoil здесь считаются одной компанией) пробурили 138 разведочных скважин. Только 13 из 25 компаний пробурили успешные разведочные скважины. BP был самой успешной компанией (рис. 5), хотя 10 из его 12 открытий из 33 разведочных скважин расположены около или в площади Foinaven. 6 других больших компаний успешно пробурили по 8 разведочных скважин. Эти компании пробурили 56 (40%) разведочных скважин с получением всего лишь семи слабых открытий (суммарная доля успешных попыток порядка 12.5%).

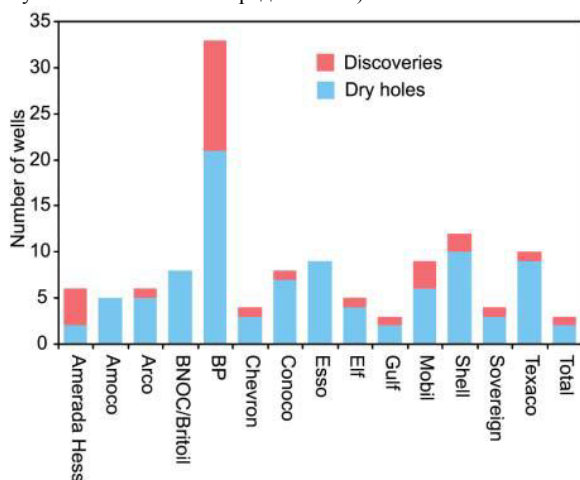


Рис. 5. Доля успешных попыток бурения для компаний, пробуривших от 3 разведочных скважин, Запад Шетланда.

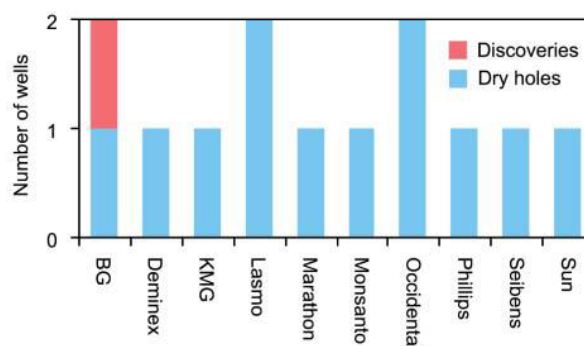
8 компаний, каждая из которых бурила 3-6 разведочных скважин, открыли 10 скоплений углеводородов, пробурив 36 скважин. Суммарная доля успешных попыток для этих 8 компаний в районе один из четырех. На рис. 6 приведены остальные 10 компаний, каждая из которых пробурила одну или две разведочные скважины (итого 13 разведочных скважин). Они вместе сделали только одно открытие. Еще раз, их суммарная доля успешных попыток мала, только один из 13.

Анализ неудачно пробуренных скважин

Анализ основных геологических причин успешного или неудачного бурения скважин (например, ловушка, резервуар или скопление) может дать просвет для понимания того, какие факторы существенны для обнаружения «коммерческих» объемов углеводородов. Успех здесь понимается как скопление углеводорода, которое в случае обнаружения выйдет на поверхность. Нет необходимости расчета коммерческого потенциала открытия.

Оценка 138 разведочных скважин западного Шетланда выявляет общую необходимость лучшего понимания концепций, механизмов улавливания, истории скопления и распределения первоисточников. Даже сегодня этот пробел в знаниях невосполним из-за невозможности быстрого получения скважинных данных, которое содействует меньшему пониманию района и, конечно, сказывается на доле успешных попыток.

Анализ после бурения безуспешных скважин лежит в основе данного исследования. Каждая скважина была оценена в терминах основных элементов ловушки (т.е. ловушка, резервуар, крышка и скопление). Основная причина большинства неудач на западе Шетланда — построение плохой модели ловушки. Однако многие скважины не были успешными вследствие комплекса геологических компонентов (ловушка, резервуар, крышка и скопление). Для данного анализа, если ловушка является причиной безуспешности поисков углеводородов в более чем 50% случаев, то ловушка считается главной причиной неудачи. На рис. 7 приведено распределение основных элементов неудачного бурения части скважин из 138. Было выведено, что большинство скважин (66%) пробурилось безуспешно в результате плохого моделирования ловушки; 21% безуспешных скважин — из-за тонкости или отсутствия резервуара, а 6% скважин были неудачно пробурены вследствие тонкости или отсутствия крышки. Интересно, что только 7% скважин безуспешно пробурилось вследствие отсутствия нефтематеринской породы. Однако много моделей ловушек провалились из-за невыполнения



миграции.

Рис. 6. Доля успешных попыток бурения для компаний, пробуривших одну или две разведочные скважины, Запад Шетланда.

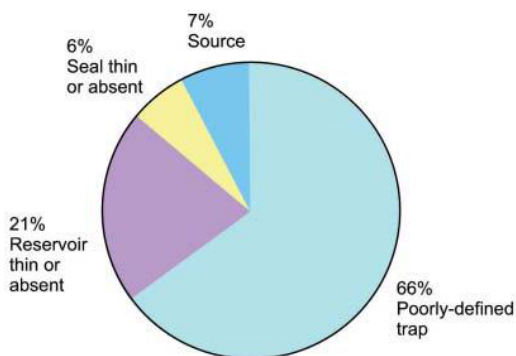


Рис. 7. Основные причины неудачного бурения 108 скважин, Запад Шетланда.

Результаты разведки запада Шетланда можно сгруппировать в три категории, а именно Эоцен, Палеоцен и Мезозой. Следующий раздел — сводка, нацеленная в основном на неудачи.

Разведка Эоцена

Хотя Эоцен вскрыт всеми разведочными скважинами, только три скважины специально планировались для разведки Эоцена: 214/4-1, 214/23-1 и 214/26-1 (на рис. 2 можно увидеть расположение этих скважин). Скважина 214/4-1 была расположена на средне эоценовой, крестовидной наклонной ловушке с заметным плоским пятном и обладающая большим скоплением газа. Скважина 214/23-1 пронизывает кромку большой крестовидной наклонной ловушки, хотя материнские породы рассматриваются как основная причина неудачи. Однако скважина пробурена за пределом эоценовой ловушки, которая могла содержать в себе не полностью проверенные запасы. Скважина 214/26-1 считается пробуренной неудачно из-за комплекса надежности обнаружения ловушки и материнских пород.

Разведка Палеоцена

Более половины разведочных скважин (73) запада Шетланда было ориентировано на палеоценовые ловушки, с 47, содержащими значительную стратиграфическую составляющую (Loizou и др., 2005). 19 из этих скважин (27%) открыли углеводороды (рис. 8). Из 73% неудач 59% относятся к плохим ловушкам, 7% объясняются тонкостью или отсутствием резервуара, а оставшиеся 7% — плохой крышкой.

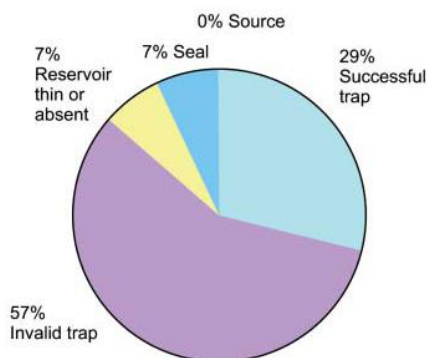


Рис. 8. Анализ успешного/неуспешного бурения 73 скважин, нацеленных на палеоценовые ловушки, Запад Шетланда.

Только три из 73 скважин были расположены на твердом палеоценовом «структурном поднятии» и все эти скважины открыли значимые запасы углеводородов. Интересно, что все эти скважины, 204/10-1, 213/27-1Z и 214/9-1, расположены вдоль хребта Corona Ridge.

Разведка палеоценовых стратиграфических ловушек

Итогом бурения 44 разведочных и трех контрольных скважин на западе Шетланда (Loizou и др., 2005) считается выбор палеоценовых ловушек со значимыми стратиграфическими блоками (рис. 9). Анализ показывает, что все успешные скважины расположены близко или на окраине бассейна и открыли семь месторождений в бассейне Foinaven (Foinaven, South-east Foinaven, Schiehallion, Loyal, Alligin, Cuillin и Arkle), остальные три расположены в бассейне Flett (Laggan, Torridon и 214/30-1). Все открытия бассейна Flett лежат западнее хребта Flett (рис. 2). Большинство этих открытий имеет юго-западное падение и перекрыто разломами или выклиниванием песчаников Vaila.

Из 38 безуспешных скважин около 71% было расположено слишком далеко по восстанию ловушек углеводородов, а остальные были расположены по падению всех ловушек (рис. 9 и 10). Достаточно удивительно, что ни одна из безуспешных скважин не была проверена на предмет попадания в обоснованную стратиграфическую ловушку. Дальнейший анализ палеоценовых стратиграфических скважин приведен на рис. 11. Одна из 5 скважин была успешной (21%). Примерно 27% скважин оказалось безуспешно пробуренным вследствие отсутствия крышки или резервуара, а 19% наткнулись на резервуар, но не попали на крышку. Около 23% попали в резервуар, но были расположены слишком далеко по падению, а 10% попали в крышку, но не в резервуар.

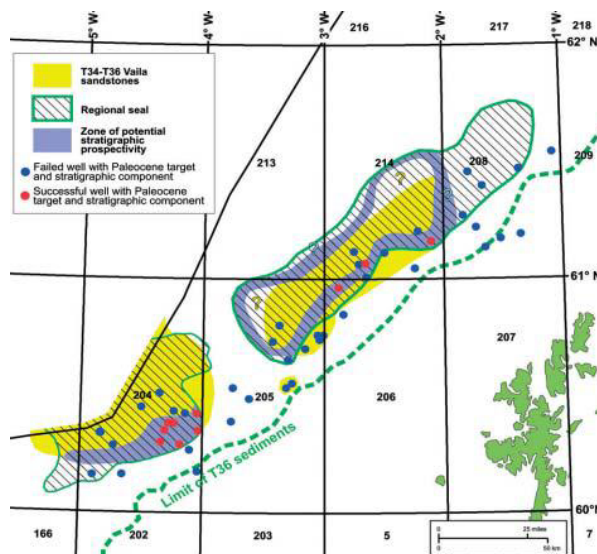


Рис. 9. Выявленные пределы области с потенциальной стратиграфической перспективностью T_{34} - T_{36} , Запад Шетланда.

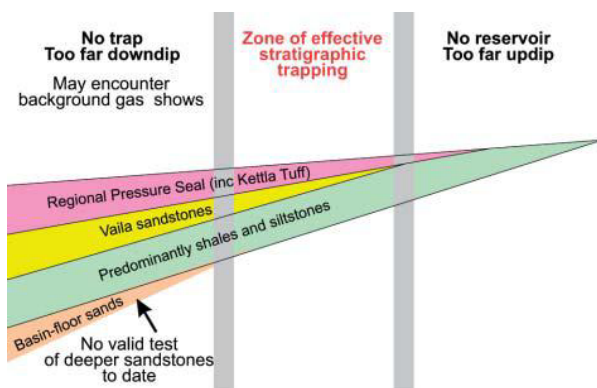


Рис. 10 Упрощенная модель стратиграфической ловушки в формации песчаников Vaila, Запад Шетланда.

Примерно 40 скважин было пробурено на основе аномалий амплитуд или AVO. Из них девять открыли значимые запасы углеводородов. Продолжая изучение вскрытий, отметим, что большинство из 30 скважин, которым не удалось открыть запасы углеводородов, могли быть рассмотрены для выявления плохо определяемых аномалий амплитуд (различная литология, включая вулканическую), артефактов AVO и ложных признаков углеводородов (которые включают кратные волны). Управляемая только геофизикой разведка, часто теряет поле зрения геологии и очевидно из этого анализа, что управляемое сейсмикой уменьшение риска разведки не является правильным решением (Parr и др., 1999). Компании разместили несколько скважин, пробуренных в течение последних 10 лет, на основе выделения ими аномалий AVO III класса. Тревожен недавний анализ только по обычному суммированию сейсмических данных по оффсету, который для двух скважин явно показывает наличие высоких амплитуд на небольших оффсетах, и относительно небольшие или мелкие амплитуды на больших оффсетах. Кроме того, кросс плоты AVO и различный анализ атрибутов не обнаруживают углеводородов, а эти особенности находятся в аномалиях AVO I класса.

Большое число безуспешных скважин, пробуренных на основе внешнего AVO или особенностей высокой амплитуды, компании интерпретируют как совпадение областей неэффективности или превышение предела наклона/выклинивания границы пачки песчаников.

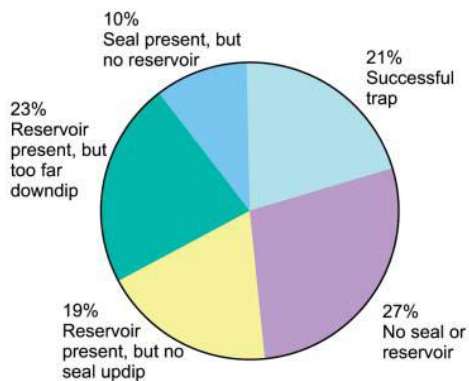


Рис. 11. Анализ успешности/безуспешности 47 скважин, нацеленных на палеоценовые стратиграфические ловушки, Запад Шетланда.

Кроме того, работы, произведенные на основе этих особенностей, предполагают наличие скопления углеводорода. В большинстве случаев безуспешности роль AVO или особенностей с высокими амплитудами была неверно истолкована или оценена неправильно, что касается данных, доступных в тот момент.

Разведка Мезозоя

62 скважины были первоначально ориентированы на Мезозой и более старые отложения (рис. 12) из которых 8 (13%) открыли углеводороды. Примерно 46% безуспешных скважин было ориентировано на плохие ловушки, 25% объясняются малой мощностью или отсутствием резервуара, 3% не попали на покрывку и 13% объяснены скоплением (это 5 безуспешных скважин в секторе 202).

Повсеместно успех обнаружения мезозойских или более старых месторождений был достаточно ограничен. Основными открытиями оказались Clair, Victory, Solan, Strathmore и открытие 2004 г., сделанное компанией ChevronTexaco: Lochnagar 213/27-1Z. Удивительно, что только 11 скважин бурились по данным 3D сейсмике (204/15-2, 204/19-9, 205/27-2, 206/4-1, 206/5-2, 206/16-1, 213/23-1, 213/27-1Z, 214/9-1, 214/17-1 и 219/21-1), которые дали два открытия (рис. 2 и 13). Кроме скважины 213/27-1Z была еще одна скважина, обязанная успехом 3D сейсмике, — пробуренная в 1998 г. скважина 205/23-2, которая открыла газонасыщенные юрские песчаники на хребте Rona. Ряд других скважин также открыли углеводороды.

Бурение на хребте Corona было ограниченным в основном вследствие комплекса большой глубины воды (700-1800 м) и резолуции конца 90-х о медиане Великобритании/Фарерские острова. Несмотря на это, все четыре скважины, пробуренные на хребте Corona (рис. 2), который приурочен к кайнозойской эре, открыли углеводороды, включая значимое открытие 213/27-1Z.

Примеры безуспешных мезозойских скважин

Скважины 206/3-1 (2D сейсмика) и 206/4-1 (3D) были нацелены на туронский ярус и прошли соответственно через 300 м и 500 м толщи туронских песчаников, которые содержат углеводороды под давлением, согласно расположению хребта Rona (Grant и др., 1999).

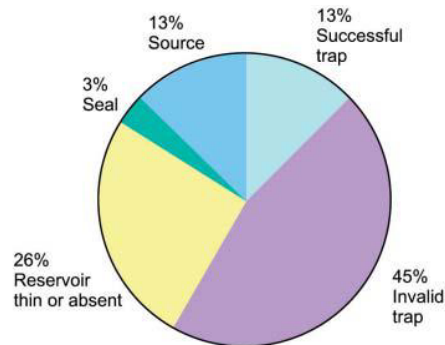


Рис. 12. Анализ успешности/безуспешности скважин, нацеленных на мезозойские ловушки, Запад Шетланда.

Поскольку есть наличие нефти и газа, то нужно строить трубопровод и встать на основной миграционный путь для транспортировки углеводородов из кухни бассейна Foula и близкого месторождения Clair. Обычно отсутствуют значимые крестовые наклонные замкнутые структуры и очевидно отсутствие разломных покровов в террасовых блоках запада Rona Ridge. Вероятность обнаружения коммерческих скоплений углеводородов в туронском ярусе требует определения актуальных ловушек.

Скважина 204/19-09 была пробурена в 1996 г. для отбивки нижнемеловых (K₄₀) и ниже-средне юрских экранирований несогласным трансгрессивным залегаем на восточном фланге структурной особенности, упоминаемой как Morven High. Незначительные запасы были открыты в 100 м мезозойском разрезе. Вдобавок, по керну со стенок скважины были обнаружены неподвижные вязкие битумы, которые, как полагают, являются результатом либо биохимического разложения, либо результатом разгерметизации резервуара вследствие повреждения перекрывающей покровышки.

Скважина 205/27-2 была нацелена на обнаружение аналогов структуры месторождения Solan, которая состоит из верхнеюрских песчаников хорошего качества. Взамен этого она вскрыла низкого для резервуара качества песчаники Rona. Однако последняя интерпретация показала, что ловушка определялась неточно и возможно обнаружение песчаников Solan в 2 км юго-восточнее от скважины.

Выводы

По отдельности разведочные скважины могут быть успешными или безуспешными, не дают правильного представления об успехе. При анализе всех скважин на западе Шетланда 138-зубчатая ножовка дает более надежный указатель к потенциальному будущему успеху. Из анализа безуспешных скважин после бурения выявлено, что большинство (66%) — результат плохого моделирования ловушки; 21% безуспешных скважин является результатом малой мощности или отсутствия резервуара, а 6% не достигло успеха вследствие малой мощности или отсутствия покровышки. Интересно то, что 7% скважин в особенности не достигли успеха в результате отсутствия нефтематеринских пород.

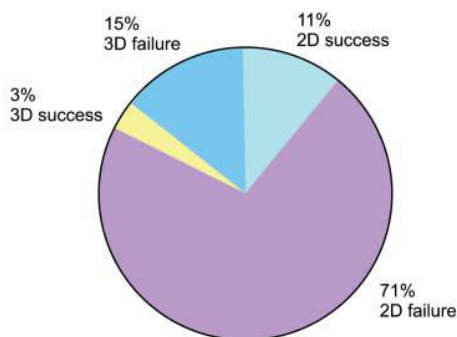


Рис. 13. Анализ успешности/безуспешности мезозойских скважин, основанных на 2D и 3D сейсмических данных, Запад Шетланда.

Скважины, нацеленные на «адекватные ловушки» дали долю успешных попыток бурения более 40%. Бесспорно, это четко демонстрирует, что есть возможности для повышения успеха разведки запада Шетланда. Несмотря на это, разведчики в будущем должны тщательно изучать и точно обрабатывать все подходящие данные для выявления и понимания реальной геологии, которая поможет при моделировании адекватных ловушек и отсюда повышение шанса обнаружить коммерческие запасы углеводородов.

Несомненно, оценка уже доказанных ловушек, таких как Clair, Foinaven, Schiehallion, Laggan, Rosebank/Lochnagar, а также аналогов из других областей, может повысить ценность успеха будущей разработки. Однако для повышения успеха будущих разработок необходимы фундаментальные знания и понимание основных компонент, составляющих успешную ловушку. Применение соответствующих данных, адекватные ловушки могут быть закартированы с большой степенью уверенности. Более того, если в какой-то области представлены все подходящие составляющие, то будущее этой области виднеется оптимистически ясным.

Благодарности

Автор хотел бы поблагодарить ДТІ за разрешение на публикацию данной статьи. Я также хотел бы поблагодарить I. J. Andrews и D. Cameron из BGS за их усилия при создании рисунков и конструктивные рецензии на данную статью.

Ссылки на литературу

- Grant, N., Bouma, A., and McIntyre, A. [1999] The Turonian play in the Faeroe-Shetland Basin. In: Fleet, A. J. & Boldy, S. A. R. (eds) *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 5th Conference*. Geological Society, London, 661-673.
- Herries, R., Poddubiuk, R., and Wilcockson, P. [1999] Solan, Strathmore and the back basin play, West of Shetland. In: Fleet, A. J. & Boldy, S. A. R. (eds) *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 5th Conference*. Geological Society, London, 693-712.
- Loizou, N. [2003a] Post-well analysis of exploration drilling on UK Atlantic Margin provides clues to success. *First Break*, 21, (April) 45-49.
- Loizou, N. [2003] Exploring for reliable, robust traps is a key factor to future success along the UK Atlantic Margin. *AAPG International Conference & Exhibition, Extended Abstracts with Program*.
- Loizou, N., Andrews, I.J., Stoker, S.J., and Cameron, D. [2006] In press. West of Shetland revisited - the search for stratigraphic traps. In: Allen, M. Goffey, G. Morgan, R. & Walker, I (eds). *The Deliberate Search for the Stratigraphic Trap: Where are we now?* Geological Society, Special Publication, London.
- Parr R.S., Cowper D., and Mitchener, B.C. [1999] search for mountains of oil: B.P./Shells Exploration activity in the Atlantic Margin, West of Shetland. *Society of Petroleum Engineers SPE 56897*.