



В. М. Мегеря
А. Р. Бембель
М. Р. Бембель

ЗАО "ГЕОТЕК ХОЛДИНГ", МОСКВА
ЗАО НПЦ "СИБГЕО", ТЮМЕНЬ
СУРГУТНИПИНЕФТЬ, ТЮМЕНЬ

ГЕОСОЛИТОННЫЙ МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КЛИНОФОРМНЫХ ЛОВУШЕК УГЛЕВОДОРОДОВ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ РАЗВЕДКИ

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены особенности формирования клиноформных ачимовских отложений неокома в Западной Сибири. Показана ведущая роль тектонических геосолитонных процессов, связанных с дегазацией Земли, в формировании трещинно-поровых коллекторов ачимовских толщ с высокими фильтрационно-ёмкостными свойствами. Обоснована ведущая роль высокоточной сейсморазведки в прогнозировании размещения высокодебитных скважин в коллекторах ачимовских отложений. Предложена новая двухуровневая технология сейсморазведки для картирования клиноформных ловушек углеводородов.

В геосолитонной концепции основу механизма структуро-, горо- и складкообразования составляет вертикальный сфокусированный в геосолитонные трубки энергомассоперенос от ядра Земли в верхнюю часть земной коры. Наиболее близкой к геосолитонной концепции в традиционной геологической терминологии является диапировое складкообразование. Диапиризм или вертикальное выжимание обычно связывается с нагнетанием из смежных областей высокопластичных пород, таких как соли, глины и др. Силы, которые могли бы совершить такое "выжимание", обычно связывают с действием веса вышележащих осадков и с гравитационным всплыванием более лёгких горных пород. Совсем иначе объясняются процессы диапиризма, порождающего положительные структуры различного масштаба, с позиций геосолитонной концепции. Величина вертикального геосолитонного энергомассопереноса и силы, связанные с ней, на много порядков превышают силы гравитационного всплывания. Поэтому в осевых частях геосолитонных трубок (ГТ), где и происходит геосолитонный диапиризм, могут подниматься вверх по разрезу горные породы и тела любой плотности. Нелинейная импульсно-вихревая природа геосолитонов создаёт широкий спектр форм переноса глубинной энергии, включающий складкообразование, трещинообразование, формирование

ABSTRACT. This article gives an overview of the main characteristics of formation of wedge-form Achimov sediments of Neocomian in Western Siberia. The article highlights the leading place of tectonic Geosaliton processes, related to decontamination of the Earth, in the process of formation of the fractured-pore reservoirs of Achimov strata with high filtration-capacitive features. Also the article proves the importance of high-precision seismic surveys in forecasting the placement of high-flow-rate wells in reservoirs of Achimov sediments. The new two-level technology of seismic surveys for mapping wedge-form traps of hydrocarbons is offered.

клиноформ, образование месторождений различных типов полезных ископаемых, землетрясения, вулканы и т. д. Поэтому в одной и той же геосолитонной трубке, но в разных интервалах геологического разреза, как правило, образуются положительные структуры, очаги землетрясений, зоны повышенной трещиноватости, зоны активной геосолитонной дегазации глубинных флюидов, неструктурные ловушки нефти и газа.

Геосолитонный механизм тектонических процессов вносит свой вклад в понимание особенностей геологического строения ачимовского клиноформного комплекса и в технологию сейсморазведочных работ при поиске и разведке отдельных клиноформных ловушек УВ. В традиционных седиментационных моделях действие этого механизма не учитывалось, в результате чего ряд фактов не нашёл научного объяснения, что, в свою очередь, привело к большому числу различных точек зрения на природу этого комплекса и к недостаткам технологии сейсморазведочных работ, не обеспечивающей надёжное прогнозирование локальных высокодебитных ловушек.

Впервые ачимовская пачка была выделена и охарактеризована в разрезе неокомских отложений на юго-востоке Западной Сибири Ф. Г. Гурари в 1959 г. Ю. В. Брадучан и И. И. Нестеров на основе новых дополнительных данных в пределах всей Западной Сибири возвели

ачимовскую пачку до ранга берриас-нижневолжской толщи.

Длительное время господствовала самая ранняя седиментационная модель, в основе которой были субгоризонтальное строение неокомских отложений (включая ачимовскую толщу) и морские мелководные условия осадконакопления. Закономерности в распределении песчано-алевролитовых отложений связывались с морфологией дна мелководного моря и её влиянием на морские течения [6] или с перемещающимися отмелями и барами [11]. Природа очагов улучшенных коллекторов и залежей УВ в них рассматривалась как результат отложений прибрежных дельт в мелководном море и прилегающей суше [12]. Подобная седиментационная модель формирования в прибрежно-мелководных условиях для ачимовской толщи была и у других авторов [4, 5, 10]. В большинстве этих работ доказывалось, что песчано-алевролитовые пласты берриас-ранневаланжинского возраста распространены по всей площади Западно-Сибирского неокомского бассейна.

Совершенно иная модель образования клиноформных ловушек появилась почти одновременно в работах американских геологов-нефтяников и сибирских геологов [9]. При клиноформной модели боковое заполнение осадками существенно более глубоководной области моря происходило в удалённых от берега зонах некомпенсированного осадконакопления. Быстрому внедрению в сознание геологов и геофизиков этой клиноформной модели способствовало бурное развитие высококачественной сейсморазведки во всём мире и в Западной Сибири. Высокое соотношение сигнал/помеха и сейсмостратиграфические методы геологической интерпретации надёжных сейсморазведочных материалов - все это способствовало переосмыслению природы образования клиноформных ловушек. Оказалось, что в глубоководных морских бассейнах (а не только в мелководных и прибрежно-морских) тоже могут образовываться кластические песчано-алевролитовые отложения, в которых существуют доказанные бурением промышленные месторождения углеводородов. Но в качестве основного геологического механизма, формировавшего эти отложения, по-прежнему оставался общепризнанным лишь седиментационный механизм без учёта локальных тектонических процессов. Суть этого механизма сводилась к действию глубоководных конусов выноса, приносящих осадочный материал из области континентальной эрозии.

В составе клиноформ Западной Сибири была установлена целая система конусов выноса, которая охарактеризована богатым материалом по скважинам Западной Сибири [3]. Наилучшие коллекторские свойства в этих конусах выноса связаны не столько с ареалами гранулометрической зрелости песчаников, сколько с трещиноватостью пород. При этом авторы делают вывод о том, что в породах с улучшенными коллекторскими свойствами и улучшенной сортировкой увеличивается содержание аксессуарных минералов (граната, циркона и других рудных минералов), и приходят к заключению, что хорошо отсортированные песчаники и ак-

цессорные минералы прошли “значительную волновую переработку и поступили в ачимовскую толщу из пляжной зоны шельфа”. В этой же работе на основании анализа клиноформных отложений в районе Уренгойского вала сделан вывод о том, что образование локальных песчано-алевролитовых отложений ачимовской пачки генетически и пространственно связано с областями разгрузки осадков, транспортируемых авандельтовыми системами.

Во всех перечисленных выше моделях образования ачимовских клиноформных комплексов и ловушек УВ в них отсутствуют тектонические локальные факторы, определяющие конкретное местоположение клиноформ и углеводородных залежей. Между тем ещё в 2003 г. нами была предложена седиментационно-тектоническая модель, в которой определяющую роль играли геосолитоны, формирующие перспективные ловушки УВ [2].

В этой работе была отмечена важная закономерность в приуроченности характерных точек неокомских клиноформных отложений к полосовидным субмеридиональным областям повышенной концентрации геосолитонных трубок. Оказалось, что точки наиболее резкого перехода от ундоформенной пологой части к более крутому склону клиноформ контролируются очагами ярких ГТ, созданных геосолитонным механизмом. Для понимания этой закономерности в рамках геосолитонной концепции предлагается следующая модель взаимосвязанных сеймотектонических и седиментационных процессов:

- на восточном и западном региональных склонах неокомского морского дна, имевшего падение с востока на запад в восточной и с запада на восток в западной части Западно-Сибирского палеоморя, существовали узкие полосовидные области субмеридионального простираения очагов активного геосолитонного излучения в раннемеловое время над рифтогенными зонами в земной коре;
- местоположение этих активных очагов было предопределено всей геологической историей развития Западно-Сибирской плиты: они унаследуют, как правило, сеймотектонически активные разломы предшествующих геологических эпох;
- клиноформные образования неокомского комплекса Западной Сибири обязаны своим происхождением повышенной геосолитонной активности в очагах ГТ в моменты седиментации нижнемеловых отложений;
- в локальных очагах палеоземлетрясений на неокомском палеодне морского бассейна значительная часть энергии геосолитонов затрачивалась на переотложение осадочного материала с образованием асимметричных клиноформ на более крутых палеосклонах локальных структур;
- в этих же локальных эпицентрах зарождались высокоэнергетические турбидитовые потоки и палеоштормы, энергия которых дополнительно затрачивалась на пересортировку фракционных компонент осадочного материала с образованием участков улучшенных первичных коллекторских свойств в ближайшей окрестности от активных ГТ и с выносом

лёгких глинистых фракций в более удалённые и более погруженные области, где отсутствовали активные геосолитонные источники в период осадконакопления. Так формировались ловушки и месторождения в ачимовских отложениях.

Таким образом, основными энергетическими источниками для формирования локальных литолого-стратиграфических клиноформных ловушек в неокомских отложениях Западной Сибири могли быть геосолитонные импульсные возмущения в виде землетрясений, горных ударов и штормов. Следы активных эпицентров неокомских палеоземлетрясений остались в виде ГТ, для надёжного детального картирования которых необходимо использовать методику и технологию высокоразрешающей объёмной сейсморазведки. Всё это подтверждено работами в Западной Сибири.

Ударные волны от палеоземлетрясений и горных ударов не только порождают деструкцию пород и локальное структурообразование, но могут интенсифицировать процесс нефтегазообразования. Энергия геосолитонов, проходивших по тем же ГТ в более позднее геологическое время, вплоть до современной эпохи, расходовалась на образование малоамплитудных положительных структур, на дилатансионное трещинообразование с формированием дополнительного пустотного пространства, на заполнение этого пространства как образующимися при этом процессе углеводородами, так и подвижными углеводородными флюидами из ближайшей окрестности данной активной ГТ.

Отмечается закономерная корреляционная связь высокодебитных участков углеводородов в клиноформных ловушках и в отдельных палеодепрессийных "карманах" с наличием в ближайшей их окрестности активных ГТ. Механизмы, обеспечивающие эту связь, видимо, те же самые, что и при формировании ловушек в клиноформных отложениях. Общим для них является геологическая одновременность активизации ГТ и осадконакопления. Локализованные энергетические источники в очагах ГТ обеспечивают рельефообразование локальных диапироподобных структурных форм, с вершины которых происходит сброс осадочного материала в ближайшие отрицательные структурные формы с одновременной сортировкой материалов по фракциям. В результате этих высокоэнергетических процессов на крутых склонах клиноформ и отдельных "карманов" накапливается наиболее крупнозернистый осадочный материал с высоким коэффициентом проницаемости, так как более тонкодисперсный глинистый материал выносятся на достаточно большое расстояние благодаря высокой энергии турбидитовых потоков, порождаемых палеоземлетрясениями и штормами в очагах ГТ.

Часто улучшение коллекторских свойств в подобных ловушках происходит не столько за счёт увеличения размеров фракций осадочного материала, сколько за счёт многократного (на месторождениях Западного Варьегана имеются примеры даже тысячекратного) увеличения коэффициента проницаемости. Очевидно, что высокоэнергетический режим осадконакопления в окрестности ГТ обеспечивает значительный вынос не только лёг-

ких фракций, но и тех веществ, которые при дальнейших геологических процессах могли бы образовать цемент и сократить проницаемость и пористость. Образно говоря, энергия геосолитонов в ГТ обеспечивает лучшую промывку осадков, что и приводит в конечном итоге к повышенной проницаемости коллекторов в этих ловушках.

При традиционной сейсмостратиграфической интерпретации сейсмических разрезов клиноформные сейсмофации на них интерпретируются обычно как участки районов некомпенсированного осадконакопления, вызванные сносом осадочного материала с ближайших континентальных образований, окружающих мелководное море; либо клиноформы связывают с дельтовыми отложениями от рек вблизи впадения их в мелководные бассейны. Таким образом, сейсмостратиграфическое направление интерпретации сводит все геологические процессы к механизмам осадконакопления. При геосолитонной интерпретации учитывается не только осадконакопление, но и тектонические факторы, причём первостепенная роль отводится локальным тектоническим процессам. Поэтому сами клиноформы выделяются как объекты, связанные с активными тектоническими геосолитонными процессами в любой точке осадочного бассейна, как на мелководье, так и в глубоководных частях. Классический сейсмостратиграфический подход, безусловно, имеет свое основание для применения, но только в области прибрежно-морских отложений при некомпенсированном осадконакоплении, где действительно существует модель, приводящая к клиноформным образованиям. Для морских бассейнов с большим протяжением, для районов, удалённых от береговой линии, клиноформные отложения чаще всего связаны с тектоническими процессами.

Накоплен достаточно большой экспериментальный материал, подтверждающий седиментационно-тектоническую модель геологических процессов в Западной Сибири. В частности, это можно продемонстрировать на материалах по ачимовскому клиноформному комплексу. Почти всегда при сопоставлении локальных амплитудных и клиноформных структур можно увидеть их плановое совпадение и приуроченность к ГТ. Вот только несколько примеров из двух работ по северу Западной Сибири [3, 7]:

- самая яркая по геологическому строению, нефтегазоносности и суммарной толщине песчаных коллекторов часть клиноформы БП₁₈Ач₁₈ совпадает со сводом Уренгойской положительной структуры;
- самая нефтенасыщенная часть клиноформы БП₁₇Ач₁₇ совпадает со сводом Северо-Пурской антиклинальной структуры;
- аналогичное совпадение можно обнаружить для клиноформы БП₁₆Ач₁₆ в тех местах, где расположены Северо-Самбургское, Уренгойское и Ева-Яхинское поднятия;
- локализация очагов максимальной нефтегазоносности и суммарных толщин песчаников в клиноформе БП₁₂Ач₁₃₋₁₄ приурочена к Северо-Уренгойской, Уренгойской, Юбилейной, Губкинской, Тарасовской,

Вынго-Яхинской, Еты-Пурской и Новогодней диапировым структурам;

- аналогичную локализацию очагов наиболее нефтеперспективных участков можно найти и для клиноформ БП₁₀₋₁₁Ач₁₂, БП₈Ач₁₁ и др.;
- хорошей иллюстрацией взаимосвязи богатых залежей нефти и газа с локальными участками клиноформ и структурными поднятиями является клиноформа БП₈Ач₉₋₁₀ (в пределах этой клиноформы особенно выделяются аномалии над Ямбургской, Песцовой, Восточно-Медвежьей, Ямсовейской, Северо-Комсомольской, Романовской, Суторминской и Сугмутской положительных структурах диапирового происхождения).

В указанных работах можно найти, кроме перечисленных выше, ещё огромное множество фактов, подтверждающих генетическую связь наиболее богатых залежей УВ в клиноформах с диапировыми амплитудными поднятиями геосолитонного происхождения.

Такая же тесная взаимосвязь отмечается и между местоположениями геохимических аномалий микроэлементов и минералов в различных клиноформах и местоположением антиклинальных структур. Например, максимальное содержание гранатов в клиноформе БП₁₈Ач₁₈ отмечается над Ево-Яхинской и Усть-Ямсовейской структурами, максимальное содержание циркона - над Тазовской, Непонятной, Самбургской и Северо-Пурской структурами [7].

Максимальные концентрации циркона над Уренгойской и Ево-Яхинской структурами отмечаются в широком глубинном диапазоне для различных клиноформ от БП₁₈Ач₁₈ до БП₁₂Ач₁₃₋₁₄. В тех же самых очагах отмечаются аномально высокие эффективные толщины песчаников, высокие пористость и проницаемость в этих же клиноформах. Большое количество аналогичных "совпадений" можно увидеть в материалах работы и на многих других клиноформах в различных районах севера Западной Сибири.

Реальными признаками активного тектонического воздействия в осадочных горных породах являются тектонические трещины. В ачимовских отложениях Западной Сибири о наличии тектонических трещин достаточно подробно говорится в работе [3]. При этом отмечается, что абсолютно преобладают горизонтальные трещины шириной до 5 - 25 мкм. Стенки этих открытых тектонических трещин обычно неровные, микрошероховатые, что и препятствует смыканию трещин на больших глубинах. Вихревая структура геосолитонов, имеющих субвертикальное направление снизу вверх, способствует преимущественному образованию горизонтальных трещин за счёт вихревых смещений по плоскостям субгоризонтальных осадочных отложений. Поэтому отмеченный в указанной работе факт преобладания горизонтальных тектонических трещин является косвенным подтверждением их геосолитонного вихревого происхождения. Большое количество тектонических трещин в ачимовской толще свидетельствует о большой роли геосолитонного механизма при формировании порово-трещинного типа коллекторов в этих отложениях.

Значительное влияние тектонической трещиноватости на фильтрационные ёмкостные свойства коллекторов отмечалось при проведении гидроразрыва пласта. Гидроразрыв пласта особенно эффективен в тех скважинах, которые удалены на небольшое расстояние от геосолитонных субвертикальных трубок (не более 500 м) [2]. В этом случае система тектонических трещин, образующихся при гидроразрыве, устанавливает гидродинамическую связь с высокопродуктивной геосолитонной трубкой, что и приводит, как правило, к резкому возрастанию продуктивности скважин после гидроразрыва. И наоборот, эффективность гидроразрыва в скважинах, удалённых на большие расстояния от геосолитонных трубок, как правило, не даёт какого-либо достаточно значительного увеличения притока, что делает операции гидроразрыва неэффективными и убыточными. Оказалось, что дебиты, рассчитанные по данным газогидродинамических исследований, в 5 - 10 раз превышают дебиты, рассчитанные по данным ГИС [7]. Такое расхождение связано с тем, что при определении проницаемости по ГИС не учитывается проницаемость по трещинам. Поэтому для оценки истинных значений коэффициента проницаемости трещинного коллектора методы ГИС в настоящее время не дают положительных результатов. Использование материалов высококачественной сейсморазведки, по которым достаточно легко выделяются геосолитонные трубки (зоны повышенной тектонической трещиноватости) является сегодня одним из самых перспективных методов для прогнозирования местоположения высокодебитных скважин в порово-трещинных коллекторах ачимовской толщи. Главными факторами формирования тектонических трещин и вертикальной миграции редких микроэлементов из глубинных геосфер являются геосолитоны. Следовательно, для надёжного прогнозирования высокодебитных очагов в ачимовском клиноформенном комплексе необходимы новая технология полевых работ, компьютерной обработки и геосолитонной геологической интерпретации материалов сейсморазведки.

Обособности геологического строения клиноформных ловушек УВ, генетически и тектонически связанных с геосолитонной дегазацией Земли, требуют более совершенных технологий геологоразведочных работ в целом и сейсморазведочной технологии в частности. Надёжное сейсмовидение следов геосолитонов на сейсмогеологических разрезах и их трёхмерных композиций выдвигает свои дополнительные требования, для успешного выполнения которых необходимо существенно усовершенствовать методику полевых работ, технологию компьютерной обработки и основы геологической интерпретации полученных результатов. Эти "три кита" сейсморазведки только при совместном и взаимозависимом их совершенствовании способны обеспечить качественный подъём всей технологии поиска, разведки и промышленного освоения месторождений УВ, контролируемых геосолитонными процессами. Эта новая технология должна состоять из двух уровней детальности: первый - низкий уровень детальности, обеспечивающий лишь приближённый поиск местоположения

геосолитонной трубки и локальных структур, с ней связанных; второй - высокий уровень детальности работ, проводимый исключительно на выявленных (на первом, низком, уровне) ограниченных по площади участках. Основная методика низкого уровня - это хорошо известный метод широкого профиля (ШП) с параметрами стандартных сейсморазведочных работ. ШП вместо линейных стандартных профилей более надёжно обеспечивает поиск местоположений перспективных ГТ. Постановка стандартных методов 3D-сейсморазведки на первом этапе нецелесообразна в силу того, что суммарная площадь ГТ, как правило, составляет менее 10% общей площади исследований на перспективных территориях [2]. Для работ на первом, низком, уровне детальности в залесённых районах (Западная и Восточная Сибирь) целесообразно использовать старые просеки отработанных сейсмических профилей на тех площадях, где уже имеются предварительные данные, указывающие на существование перспективных ловушек, контролируемых ГТ. На втором, более высокодетальном, уровне на выявленных перспективных участках ГТ рекомендуется проводить работы по методике высокоразрешающей объёмной сейсморазведки на ограниченных площадях с целью получения высокодетального (масштабы от 1 : 25 000 до 1 : 10 000 и более крупные) объёмного геологического строения всей совокупности ловушек УВ, контролируемых каждой конкретной ГТ.

По результатам обработки материалов ВОС (по специализированному высокоразрешающему комплексу) производится не только выбор координат и геометрии разведочных и эксплуатационных скважин, но и указываются аварийно потенциальные участки, при бурении на которых могут произойти аварийные выбросы и пожары на скважинах, способные привести к негативным экологическим последствиям.

В целом поиск, разведку и разработку залежей УВ в рамках новой геосолитонной технологии целесообразно проводить последовательно, с использованием накопленного опыта, учитывая огромные потенциальные запасы и возможные аварийные последствия при осво-

ении богатых, восстанавливаемых месторождений углеводородов, образованных и контролируемых геосолитонной дегазацией Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бембель Р. М., 1991, Высокорастворяющая объёмная сейсморазведка: Новосибирск, Наука.
2. Бембель Р. М., Мегеря В. М., Бембель С. Р., 2003, Геосолитоны: функциональная система Земли, концепция разведки и разработки месторождений углеводородов: Тюмень, Вектор Бук.
3. Бородкин В. Н., Курчиков А. Р., Храмова А. В., 2010, Условия формирования и атлас текстур пород ачимовского клиноформного комплекса севера Западной Сибири: Новосибирск, Изд-во СО РАН.
4. Гурари Ф. Г., 2003, Строение и условия образования клиноформ неокомских отложений Западно-Сибирской плиты (история становления представлений): Новосибирск, СНИИГГиМС.
5. Ермаков В. И., Скоробогатов В. А., Соловьев Н. Н., 1997, Геолого-геохимические и тектонические факторы прогноза газонности севера Западной Сибири: Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: М.
6. Еханян А. Е., Шпильман В. И., 1978, Морфологическое районирование ачимовской толщи с целью поиска структурных и неструктурных ловушек: Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 132, 97 - 101.
7. Курчиков А. Р., Бородкин В. Н., 2010, Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи севера Западной Сибири: Новосибирск, Изд-во СО РАН.
8. Мегеря В. М., 2009, Поиск и разведка залежей углеводородов, контролируемых геосолитонной дегазацией Земли: М., Локус Стэнди.
9. Наумов А. Л., Онищук Т. М., Дедюк Н. П. и др., 1979, О литологических залежах углеводородов на севере Западной Сибири: Геология нефти и газа, 8, 15 - 20.
10. Сидоренков А. И., 1979, Седиментологические аспекты формирования антиклинальных ловушек в позднем мезозое Западной Сибири: Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 144, 6 - 36.
11. Черноморский В. Н., Клишин А. И., Вышемирский В. И., 1977, Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности ачимовской толщи неокома Среднего Приобья: Межвузовский тематический сборник, вып. 64, 31 - 38: Тюмень.
12. Эрвье М. Ю., 1974, Дельтовые отложения на Нижневартовском свод: Нефтегазовая геология и геофизика, 11, 25 - 28.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Владимир Михайлович МЕГЕРЯ - вице-президент по геофизике ЗАО "ГЕОТЕК Холдинг", кандидат геол.-минер. наук. E-mail: megeria@geotechcom.ru.

Анна Робертовна БЕМБЕЛЬ - ведущий геолог ЗАО НПЦ "Сибгео". E-mail: anna_bembel@mail.ru

Михаил Робертович БЕМБЕЛЬ - научный сотрудник Сургут НИПИнефть. E-mail: bembelm@mail.ru