

Современные тектонические движения как предопределяющий фактор формирования и сохранности скоплений газа (на примере Ковыктинского месторождения)

П. С. Лапин

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

Аннотация. Описан один из возможных методов оценки в новейших тектонических движениях активизации глубокопогруженных геологических тел, который основан на обнаружении рельефообразующего процесса, как результата действия эндогенных и экзогенных сил. В процессе моделирования установлено влияние активизации глубокопогруженных геологических тел на надсолевой и подсолевой комплексы в пределах Ковыктинского месторождения. Для надсолевого комплекса выявлена область незначительной активизации тектонических движений в пределах перспективной части нижнеангарской свиты. Для подсолевого комплекса установлен тектонический характер границ для самой продуктивной части месторождения – парфеновского горизонта.

Ключевые слова: рельефообразующие процессы, новейшие движения, структурный план, Ковыктинское месторождение

Modern tectonic movements as a predetermining factor in the formation and preservation of gas accumulations (on the example of the Kovyktinskoye field)

P. S. Lapin

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics (IPGG) SB RAS, Novosibirsk,
Russian Federation
e-mail: LapinPS@ipgg.sbras.ru

Abstract. One of the possible methods for evaluating the activation of deep-immersed geological bodies in the latest tectonic movements is described, which is based on the discovery of a relief-forming process as a result of the action of endogenous and exogenous forces. In the process of modeling, the influence of the activation of deep geological bodies on the post-salt and pre-salt complexes within the Kovyktinskoye field was established. For the post-salt complex, an area of slight activation of tectonic movements within the promising part of the Nizhneangarskaya suite was revealed. For the pre-salt complex, the tectonic nature of the boundaries for the most productive part of the deposit, the Parfenov horizon, has been established.

Keywords: relief-forming processes, latest movements, structural plan, Kovyktinskoye field

Введение

На протяжении многих десятилетий выявлению неотектонических движений и их связи с современной геодинамической обстановкой недр исследуемых территорий уделялось пристальное внимание (В. Дэвис, В. Пенк, Л. Кинг, В. Мак-Ги, В. А. Варсанюфьева, Б. Л. Личков, И. П. Герасимов, Ю. А. Мещеряков, Д. А. Тимофеев, А. И. Спиридонов, Д. В. Борисевич, Н. П. Костенко,

Н. В. Думитрашко, З. А. Сваричевская, Ю. П. Селиверстов, Д. Наумов, С. К. Горелов, А. П. Дедков, Г. Ф. Уфимцев, Г. И. Худяков и др.). На начальном этапе, в 60-е годы прошлого века были построены первые неотектонические карты на значительные по площади территории, что позволило объяснить в современном разрезе земной коры структурные несоответствия, которые отмечаются в её верхней и нижней частях [1]. В 70 – 80-е годы осуществлялось сопоставление и устанавливались взаимосвязи амплитуд неотектонических движений со структурами I, II и частично III порядков [2-4]. В то время это был один из немногих методов, который позволял оценивать перспективы нефтегазоносности на закрытых территориях. В 90-е годы получаемые результаты исследования свидетельствуют о значительной роли процессов разрушения и переформирования залежей нефти и газа в последний неотектонический этап развития земной коры [5, 6]. Неотектонические движения деформируют донеогеновую поверхность выравнивания, которая была выделена для всей территории России, и принимают активное участие в формировании современного рельефа. Поверхность выравнивания – это эрозионно-денудационная поверхность, возникшая на месте расчлененного возвышенного или горного рельефа. Временной интервал их проявления составляет примерно 25 млн лет.

Приёмы и методы вычисления амплитуд неотектонических движений постоянно совершенствовались [5]. Результаты вычислений зависели от детальности геологического картирования территорий и учета или не учёта значений уровня мирового океана на момент существования донеогеновой поверхности выравнивания. Как известно, механизм денудационного выравнивания заключается в постепенном снижении водоразделов и выполаживании склонов, происходящих одновременно с расширением речных долин, разрушением геологической структуры и соответствующего ей дневного рельефа.

Неотектонические движения являются одним из целого ряда факторов, которые определяют формирование скоплений газа. Одним из уникальнейших объектов углеводородного сырья Иркутской области является Ангаро-Ленская ступень и в частности – Ковыктинское месторождение, одно из крупнейших по запасам газа. Учитывая, что формированию скопления газа способствуют проявляющиеся в земной коре неотектонические движения, их изучение является актуальным. Актуальность исследования определяется особенностями пространственного размещения залежей УВ в вендском и кембрийском комплексах. Они контролируются литологическими особенностями пород. Также, в процессе освоения месторождения бурение скважин осложняется аномально высоким пластовым давлением, создаваемым рапой.

В процессе решения прогнозных задач с привлечением данных о характере проявления неотектонических движений, которые, напомним, фиксируются за временной интервал длительностью в последние 25 млн лет возникла необходимость в оценке их неравномерного характера. Это потребовало в верхней части разреза земной коры выявить регионально развитую полигенетическую поверхность, которая по площади была бы сопоставима с донеогеновой поверхностью выравнивания и в процессе развития рельефа превратилась бы в полигенетиче-

скую поверхность выравнивания. В наших исследованиях это рельеф земной поверхности, в пределах которого осуществляется моделирование его морфогенетических особенностей.

Цель исследования – анализ процессов современного рельефообразования земной поверхности, характеризующих на актуальное время развития земной коры её тектоническую составляющую, что позволит в рамках построенной модели объяснить локализацию скопления газа в пределах наиболее перспективной части парфеновского горизонта.

Объект и методы исследования

По структурно-литологическим особенностям в строении современного разреза Ковыктинской площади выделяется три формационных комплекса: подсолевой, соленосный и надсолевой.

Подсолевой комплекс сложен терригенными породами венда и карбонатными породами нижнего кембрия. Эти отложения с размывом и угловым несогласием залегают на выветрелой поверхности метаморфизованных пород фундамента Ангаро-Ленской ступени, а также рифейских отложениях. Отложения подсолевого комплекса являются основной газосодержащей толщей региона, а именно - парфеновский горизонт, который имеет региональное распространение

Породы солевого комплекса представлены переслаиванием каменной соли с доломитами, известняками и ангидритами. В кровельной части нередки прослои мергелей, песчаников и доломитов. Общая мощность комплекса может достигать 1800 м.

Надсолевой комплекс сложен терригенно-карбонатными породами среднего и верхнего кембрия, а также терригенными породами ордовика. Выше локально залегают плиоцен-четвертичные отложения аллювиальных комплексов: пески, песчаники, конгломераты, аргиллиты, алевролиты.

Характер отложений свидетельствует о неравномерном тектоническом развитии земной коры, которое проявляется и в неотектонических движениях. Неравномерность неотектонических движений оценивалась на основе анализа свойств земной поверхности. Оценка проявления современных рельефообразующих процессов осуществлена через вычисление общего показателя эрозионно-денудационного расчленения рельефа [7, 8]. Значения этого показателя отражают в рельефе результат взаимодействия экзогенных и эндогенных процессов. Подробно используемая методика вычисления данного показателя представлена в [9].

Методические разработки реализованы на примере анализа не только надсолевого комплекса земной коры для вновь выделенных перспективных объектов в отложениях Ковыктинской зоны газонакопления в [10], где показано, что наиболее перспективными являются отложения бильчинского горизонта нижнеангарской свиты, но и ранее установленной и наиболее перспективной частью – отложениями парфеновского горизонта [11]. Они выделены на основании детальной корреляции разрезов скважин и пород-коллекторов - их эффективных толщин и фильтрационно-емкостных свойств.

Результаты и их обсуждение

Для решения поставленной задачи нами ранее были построены [Лапин 2019]: структурная карта по отражающему горизонту нижнеангарской свиты и схема общего эрозионно-денудационного расчленения рельефа, характеризующая проявления современных рельефообразующих процессов (рис. 1). При ее сопоставлении со структурной картой по кровле нижнеангарской свиты наблюдается отчетливая сходимость результатов (рис. 1а, 1в), что нельзя отметить при сопоставлении с современным рельефом земной поверхности (рис. 1а, 1б).

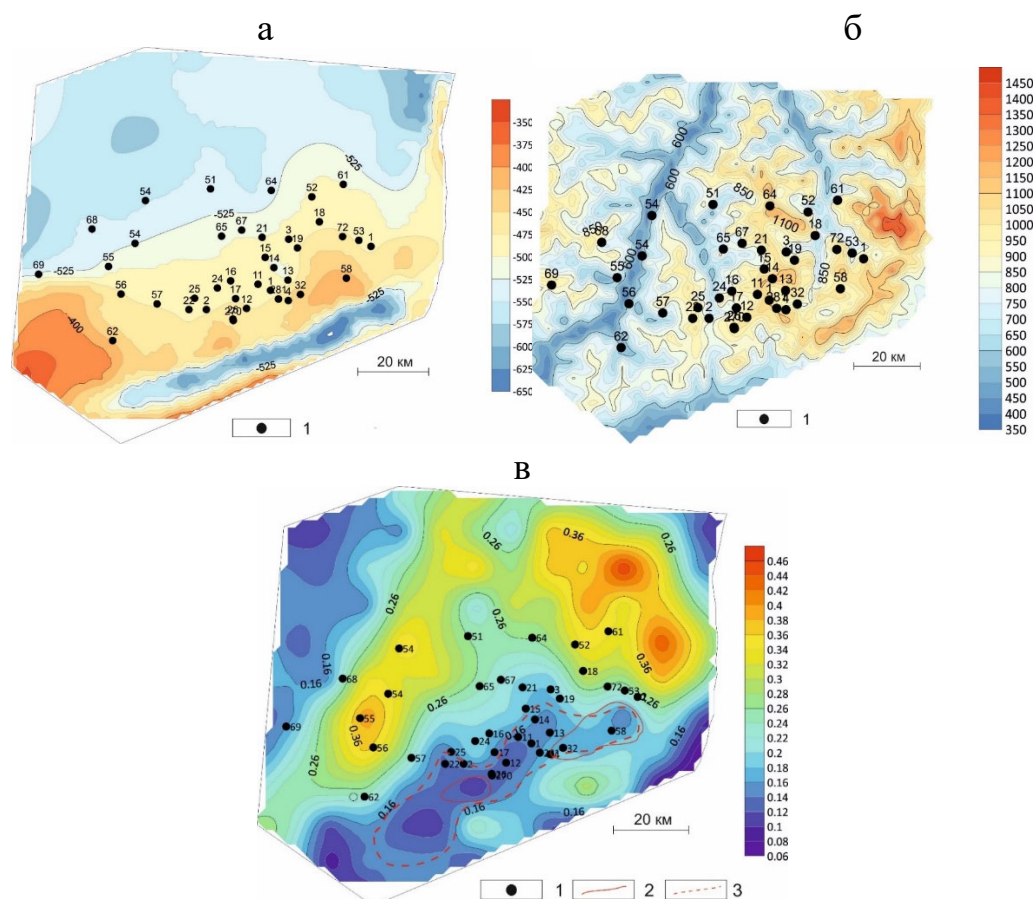


Рис. 1. Проявления тектонических движений в надсолевой части земной коры Ковыктинского месторождения: 1а) цифровой аналог структурной карты по кровле нижнеангарской свиты в пределах Ковыктинского месторождения 1- скважины; 1б) Рельеф земной поверхности в пределах Ковыктинского месторождения. 1- скважины; 1в) схема проявления современных рельефообразующих процессов, выраженных в рельефе земной поверхности в пределах Ковыктинского месторождения: 1- скважины, 2 – границы перспективных объектов по [10], 3 – границы области незначительной активизации современных процессов.

Выделенное по структурной карте нижнеангарской свиты поднятие северо-восточного направления характеризуется минимальными значениями современных тектонических движений, что свидетельствует о его минимальной активиза-

ции. Максимальные значения вычисленного параметра проявляются по периферии данного поднятия и характеризуют области интенсивной современной тектонической активизации и миграции углеводородов.

Полученные результаты согласуются с данными об интенсивном неоген-четвертичном воздымании (неотектонический этап развития земной коры) территории севера Западно-Сибирского мегабассейна как одного из факторов предопределивших формирование гигантских скоплений газа [6]. А. Э. Конторович показал [6], что в условиях тектонической активизации наличие окон в юрских и нижнемеловых флюидоупорах, а также дизъюнктивных нарушений явились теми каналами, по которым осуществлялась интенсивная вертикальная миграция углеводородов. Свои предположения он обосновывал различным соотношением «глубинного» (юрского) и верхнекатагенного, мелового газа в разных ловушках.

По мнению Н. И. Николаева [1] и Е. Е. Милановского [12] выделение неотектонического этапа базируется на комплексе данных, главными среди которых являются: повсеместная активизация глубинных тектонических движений, проявление новейших деформаций в рельефе и формировании орогенов. Следовательно, проявления тектонических движений должны фиксироваться не только на уровне исследования пространственного положения структурных поверхностей на основе историко-объемного, историко-генетического подходов или метода мощностей, но и на основе анализа современного состояния земной коры. Необходимо напомнить, что неотектонический этап был выделен для объяснения структурных несоответствий между верхней и нижней частями современного разреза земной коры. Если под действием неотектонических движений формировался структурный план в верхней части современного разреза, то в нижней его части эти движения приводили к изменению физико-механических свойств пород ранее созданного структурного плана, что позволяло и позволяет полученную информацию о движениях за неотектонический этап использовать для выявления неантиклинальных ловушек нефти и газа.

Для Ковыктинского месторождения отложения подсолевого комплекса являются основной газосодержащей толщей региона, а именно - парфеновский горизонт. В структурном плане наиболее перспективная часть месторождения относится к моноклинали и пространственное размещение залежей УВ в вендском и кембрийском комплексах контролируется литологическими особенностями пород (фациальными замещениями и, как следствие, изменением коллекторских свойств), что значительно осложняет процесс поиска новых залежей УВ. В этом случае новейшие движения, как составная часть неотектонических движений могут выступать не только как фактор, предопределяющий формирование гигантских скоплений газа, но и их контролирующий.

В настоящей работе полученные нами данные о современных тектонических движениях сопоставлены с результатами обобщающих исследований [13]. На рис. 2 изогипсы парфеновского горизонта отчетливо характеризуют его моноклинали, в пределах которой по комплексу геолого-геофизической информации выделены граница отсутствия коллекторов и газовой контактной Ковыктинского месторождения. Исходя из устоявшегося предположения о глубинном

характере тектонических движений выявленные в современном рельефе закономерности спроецированы на структурный план парфеновского горизонта. Отмечается общая тенденция в характере проявления границ Ковыктинского месторождения. Если ранее считалось, что тектонической границей месторождения является только Хандинская зона разлома, то сейчас можно сделать предположение, что граница отсутствия коллекторов и газовой контакт также имеют тектоническую природу и предопределяются новейшими тектоническими движениями. О существенной роли новейших движений в формировании крупных скоплений газа в пределах Восточной Сибири неоднократно указывал Г. Г. Шемин [11], а в пределах Западной Сибири А. Э. Конторович [6] считал их значение одним из определяющих.

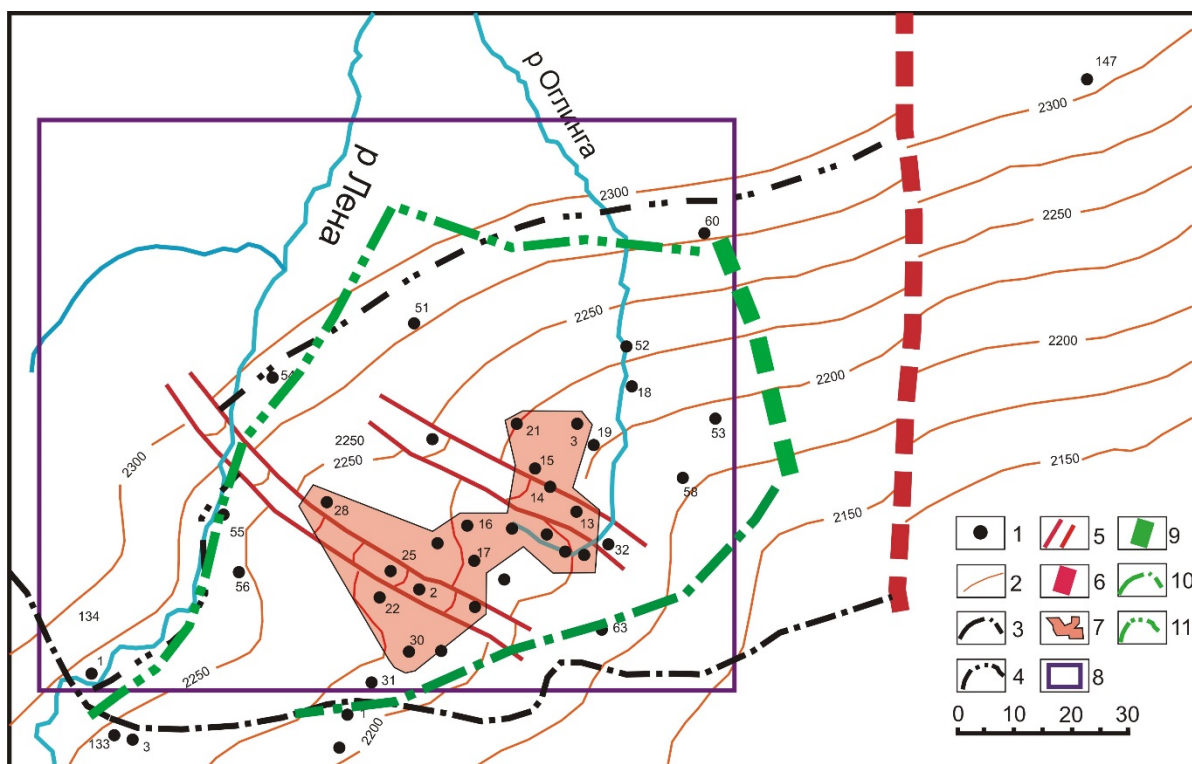


Рис. 2. Ковыктинское газоконденсатное месторождение [13] с дополнениями автора

1 – скважины и их номера; 2 – изогипсы по кровле парфеновского горизонта; 3 – граница отсутствия коллекторов в парфеновском горизонте; 4 – газовой контакт; 5 – тектонические нарушения; 6 – зона Хандинского разлома; 7 – контур площади месторождения с запасами категории С₁; 8 – лицензионный участок. Основные границы, проявившиеся в новейших движениях: 9 – зона Хандинского разлома; 10 – граница отсутствия коллекторов в парфеновском горизонте; 11 – газоотводящий контакт.

На рис. 2 отмечается некоторое несоответствие площади месторождения по ранее выделенным контурам и контурам, определенных по результатам анализа неотектонических движений. Такие несоответствия возможны и даже необхо-

димы для концентрации углеводородов. Такие пульсации отмечались А. Ф. Емановым [14] при выявлении закономерностей распределения землетрясений во времени в пределах отдельных территорий Алтае-Саянской складчатой зоны. Такие явления наблюдаются в процессе эксплуатации нефтяных месторождений. По нагнетательным скважинам происходит закачка воды, и за счет увеличения давления в пласте происходит концентрация углеводородов и их извлечение. Этот процесс происходит неравномерно – качалки периодически отключаются, чтобы увеличить концентрацию углеводородов в зоне её работы.

В пределах газовых месторождений подъем газа происходит естественным путем. Газ перемещается в область меньшего давления. В наших исследованиях неотектонические движения оказывают различное влияние на распределение естественного давления в пределах площади месторождения. С одной стороны, неотектонические движения способствуют большей миграции газа с периферии месторождения в область с оцененными запасами по категории C_1 , а с другой – не позволяют в зонах добычи газа созданию существенно избыточного давления, что в значительной степени, по нашему мнению, снижает риски аварий.

Заключение

В работе современные тектонические движения, как составная часть неотектонического этапа, выступали в роли индикатора активизации глубокопогруженных геологических тел. Они являются одним из предопределяющих факторов формирования и сохранности скоплений газа в пределах Ковыктинского месторождения.

Деятельность глубинных тектонических движений отразилась не только в надсолевом, но и подсолевом комплексах земной коры. В надсолевом комплексе, в пределах залежи бельчинского горизонта нижнеангарской свиты контуры ранее выделенных по геолого-геофизическим данным перспективных объектов приурочены к области незначительного проявления процессов. В подсолевом комплексе для парфеновского горизонта, как основной газосодержащей толщи региона, а в структурном плане относящегося к моноклинали выявлены тектонические границы месторождения. Сделано предположение, что тектонические движения, с одной стороны, способствуют большей миграции газа с периферии месторождения в область с оцененными запасами по категории C_1 , а с другой – не позволяют созданию существенно избыточного давления в зонах добычи газа, что в значительной степени, по нашему мнению, снижает риски аварий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев Н. И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. – М.: Недра, 1988. – 491 с.
2. Новейшая тектоника нефтегазоносных областей Сибири / Под ред. Н. А. Флоренсова – М.: Недра, 1981. – 239 с.
3. Золотарев А. Г. Рельеф и новейшая структура Байкало-Патомского нагорья. – Новосибирск: Наука, 1974. – 120 с.

4. Зятькова Л. К. Структурно-геоморфологические особенности Сибири // География и природные ресурсы. – 2009. – № 11. – С. 84-89.
5. Нургалиев Д. К., Чернова И. Ю., Нутманов И. И., Лунева О. В., Нутманова Е. В. Влияние неотектонических движений на современную геодинамическую обстановку недр и свойства нефти // Известия высших учебных заведения. Горный журнал. – 2013. – №4. – С. 65-69.
6. Конторович А. Э. Ресурсы свободного газа территории и акватории северной части уникального Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна / Повышение эффективности освоения газовых месторождений Крайнего Севера – М.: Наука, 1997. – С. 124-138.
7. Филосовов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур: монография. - Саратов: Коммунист, 1960. – 95 с.
8. Уфимцев Г. Ф. Картографический анализ при изучении неотектоники горных стран // Геология и геофизика. – 1974. – № 2. – С. 79–85.
9. Лапин П. С. Современный морфогенез Западного Саяна и сейсмичность // Геоморфология. – 2009. – №1. – С. 76-84.
10. Рыжов А. Е., Поляков Е. Е., Горлов И. В. и др. Выделение новых перспективных объектов в отложениях солевого комплекса Ковыктинской зоны газонакопления и сопредельных территорий // Вести газовой науки. Проблемы ресурсного обеспечения газодобывающих районов России. – 2017. – №3 (31). – С. 100-111.
11. Шемин Г. Г., Мигурский А. В., Смирнов М. Ю., и др. Комплексная характеристика и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа верхневендско-нижнекембрийского аллохтонного карбонатного макрокомплекса Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. – № 1 (33). – С. 33-55.
12. Милановский Е. Е. Неотектонический этап развития Земли: его временной диапазон и главные особенности тектонических деформаций, морфогенеза, магматизма и геодинамики / Неотектоника и современная геодинамика континентов и океанов. – М.: ГЕОС, 1996. – С. 99-101.
13. Альбом месторождений нефти и газа в рифейских и венд-кембрийских отложениях Восточной Сибири. Красноярский край, Эвенкийский автономный округ, Иркутская область, Республика Саха (Якутия) / Под ред. М. Д. Белониной, В. Б. Арчегова. – СПб: ВНИГРИ, 2000. – 32 с.
14. Еманов А. Ф., Еманов А. А., Филина А. Г. и др. Пространственно-временной анализ сейсмичности Алтае-Саянской складчатой зоны / «Проблемы сейсмологии III-го тысячелетия»: материалы международной геофизической конференции (Новосибирск, 15-19 сентября 2003 г.). – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. – С. 73-86.

© П. С. Лапин, 2022