



УДК 550.8+551.2+553.98

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ПОЗИЦИИ НЕЛИНЕЙНОЙ ГЕОДИНАМИКИ

REGULARITIES OF THE GEOLOGICAL STRUCTURE OF THE ORENBURG OIL AND GAS CONDENSATE FIELD FROM THE STANDPOINT OF NONLINEAR GEODYNAMICS

Казанкова Эльвира Ромуальдовна

старший научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа РАН
Elvira.kazankova@mail.ru

Корнилова Наталья Вячеславовна

научный сотрудник,
Институт проблем нефти и газа РАН
nataliakornilova@rambler.ru

Аннотация. Изучены закономерности делимости земной коры разных масштабных уровней. Установлено напряженно-деформированное состояние геолого-геофизической среды Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Построена структура поля напряжений Центрального купола месторождения и установлены участки геодинамической неустойчивости.

Ключевые слова: нелинейная геодинамика, поля напряжений, напряженно-деформированное состояние среды, Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение.

Kazankova Elvira Romualdovna

Senior Research Worker,
Institute of Oil and Gas Problems of the RAS
Elvira.kazankova@mail.ru

Kornilova Natalia Vyacheslavovna

Research Worker,
Institute of Oil and Gas Problems of the RAS
nataliakornilova@rambler.ru

Annotation. Regularities of divisibility of the earth's crust and geodynamic phenomena of different scale levels are studied. The stress-strain state of the geological and geophysical environment of the Orenburg oil and gas condensate field has been established. The structure of the stress field of the Central Dome of the field was built and areas of geodynamic instability were identified.

Keywords: nonlinear geodynamics, stress fields, stress-free state of the medium, Orenburg oil and gas condensate field.

Развитие геодинамических процессов происходит в направлении сохранения неустойчивого равновесия, метастабильного состояния. Неизбежность тех или иных преобразований среды имеет строго событийно-пространственную привязку, проявляющуюся в виде геологических особенностей.

Изучение геодинамического состояния геосфер является одним из основных научно обоснованных прикладных направлений для прогнозирования напряженно-деформированного состояния среды на региональном и локальном уровнях. Процессы, составляющие и сопровождающие геодинамические явления, протекают не в изолированной системе, а в полях напряжений Земли разных рангов.

По данным Н.Н. Яхимовича и др. в районе Оренбургского вала основной срыв происходил по границе фундамента и залегающих в ядре вала сильно дислоцированных пород ордовика, причем в сторону северного крыла вала надвиг выкручивается и переходит во взброс; следующая поверхность срыва приурочена к подошве кунгурских солей.

Наблюдаемое уменьшение мощности всех горизонтов можно связывать с условиями некомпенсированного прогибания, сжатия или растяжения в полях напряжений разных рангов [1].

Изменение векторов поля напряжений разных рангов определяет процессы, происходящие в земной коре. На изменение геодинамического состояния реагирует флюидная система по всей толще осадочного чехла в пределах действия векторов определенного ранга. Напряженно-деформированное состояние Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) обуславливает развитие флюидодинамических процессов в объеме всей структуры. В условиях изменения векторов поля напряжений определяется геодинамический режим, который контролирует флюидодинамику осадочного чехла ОНГКМ на всех уровнях (региональном, зональном, локальном, скважинном). В динамике флюидного режима залежей находит отражение неустойчивое напряженно-деформированное состояние земной коры, зоны пересечения векторов совпадают в плане проявления с участками геодинамических аномалий.

В процессе исследования геодинамической ситуации Центрального купола ОНГКМ установлены зоны геодинамической активности и определены участки относительной неустойчивости по степени напряженно-деформированного состояния среды в полях напряжений разных рангов, которые расположены в направлении векторов главных максимальных и минимальных напряжений разных уровней.



При изменении направлений векторов поля напряжений происходит кратковременное изменение макроструктуры трещиноватости в продуктивной толще, связанное с образованием новых линейных зон трещиноватости, по которым устремляется флюид, находящийся под более высоким давлением и резкая смена направления флюидопотоков.

Таким образом, зная структуру и направление вектора поля напряжений каждого точечного источника земной коры, можно говорить о направлении диффузных потоков ее газожидких компонентов.

Модель ОНГКМ представляется как массивно-пластовая. Газоконденсатная залежь, связанная с толщей сакмаро-артинских продуктивных отложений, приурочена к западному и центральному куполам. По типу массивная, но участками переходящая в пластовую, другими словами массивная с элементами пластовой за счет того, что участками подошва пласта располагается выше ВНК. В литологическом отношении отложения, слагающие залежь, представлены известняками, в верхней части участками значительно сульфатизированными и доломитизированными.

В результате исследований по изучению закономерности делимости земной коры и геодинамических явлений разных масштабных уровней была построена структура поля напряжений Центрального купола Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождения (ОНГКМ) и установлены участки геодинамической неустойчивости (рис. 1).

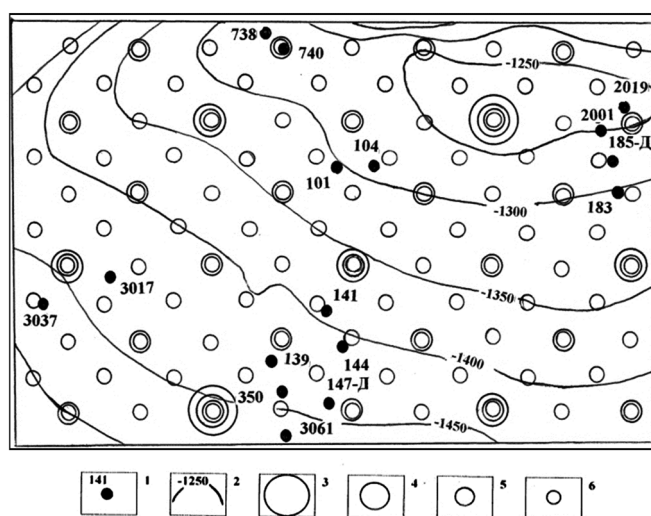


Рисунок 1 – Центральный купол ОНГКМ. Карта-схема геодинамического состояния геолого-геофизической среды (масштаб 1: 50 000): 1 – скважины, вскрывшие продуктивные отложения; 2 – изогипсы кровли артинского яруса (P_1^{art}); Участки геодинамической неустойчивости и возможного возникновения вертикальных движений: 3 – на глубине 10082,4 метров; 4 – на глубине 5041,2 метров; 5 – на глубине 2520,6 метров; 6 – на глубине 1260,3 метров

Залежи находятся под воздействием векторов поля напряжений разных рангов, именно поэтому разработка продуктивной залежи сопряжена с различными осложнениями, вызванными значительной неоднородностью распределения проницаемости и пористости залежи, многослойностью слагающих ее горных пород.

Это обуславливает разное дебитность извлечения углеводородов по скважинам, ведущей к неравномерному отбору углеводородов по толще пласта и, как следствие, избирательному прорыву воды в залежь с последующим макрозащемлением углеводородов за фронтом вторгающейся воды, выпадением конденсата, парафинов, смол, асфальтенов и т.д.

Общепринятые методы разработки позволяют решать эти проблемы на макроуровне – в масштабе пласта или залежи.

Структура поля напряжений, построенная на ОНГКМ свидетельствует о том, что Центральный купол сформирован в условиях действия преимущественно восходящего вектора с глубины более 10 км. На рисунке 2 представлена двумерная структура поля напряжений в векторном отображении.

Определены подсистемы главной системы напряжений более низких порядков, приуроченных к глубинам 2520; 1260,3; 630,15; 315; 157,5; 78,76 метров и т.д., и нулевой отметке относительно уровня моря. Области между участками пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений являются наиболее благоприятными для аккумуляции углеводородов геодинамическими ловушками. Самыми благоприятными для локализации газа являются отложения на глубине 1575,3 метров, между точками пересечений максимальных и минимальных векторов поля напряжений, действующих одновременно на одном уровне, но с разных глубин, что подтверждается исследованиям ГИС. На этой же глубине, на основе имеющейся информации, установлено, что, контролируемые векторами, геодинамически активные зоны характеризуются повышенной трещиноватостью. Особенности флюидодинамики залежей ОНГКМ имеют сходство с поведением флюидного режима геологических структур, исследованных ранее [2, 3].

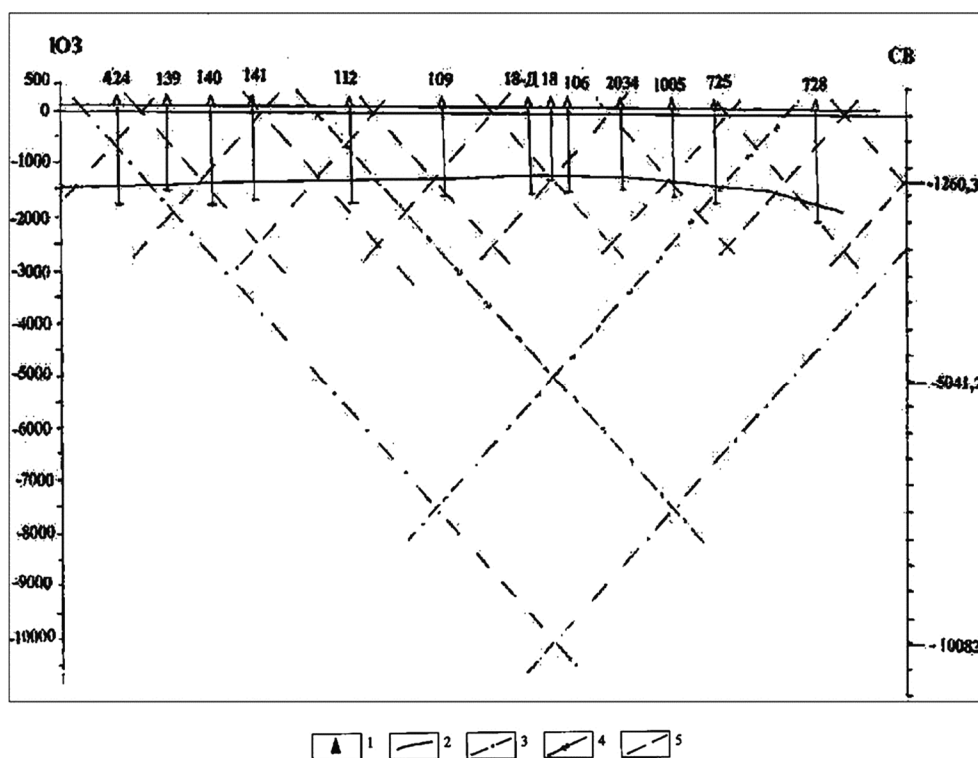


Рисунок 2 – Центральный купол ОНГКМ. Двумерная модель структуры поля напряжений:
 1 – скважины; 2 – кровля артинского яруса (P_1^{art}); векторы касательных напряжений, действующих с глубин:
 3 – 10082 м; 4 – 5041,2 м; 5 – 1260,3 м

Определены участки неустойчивости среды, которые расположены в направлении векторов главных максимальных и минимальных напряжений разных уровней. В этих направлениях возможно растекание газа и переток его по латерали не только в пределах продуктивных пластов, но, вероятно, и за их пределы. На рассматриваемой территории, наиболее ослабленные проницаемые зоны расположены в северо-восточном, северо-западном, юго-восточном и юго-западном направлениях. При достаточной величине сил подвергающиеся их воздействию породы вначале деформируются без разрыва сплошности, а в случае превышения их прочности разрушаются. Особенности деформации определяют несколько факторов: прочность породы, зависящая от литологического состава, общего давления, глубины залегания отложений, присутствие флюидов, различие по величине максимального и минимального главных напряжений.

Изучая поведение микротрещин К. Шольц показал, что при низких давлениях происходит скольжение вдоль уже существующих ослабленных зон до некоторой критической точки (около 60 % прочности породы на излом), после чего происходит разрыв.

В полях напряжений разных рангов в пределах Центрального купола ОНГКМ установлены области геодинамической неустойчивости, приуроченные к областям пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений. Участки пересечения векторов максимальных и минимальных напряжений формируют и контролируют геодинамически активные зоны, с ними связаны вертикальная и горизонтальная миграция газа. При испытании ряда скважин, пробуренных на нефтяную оторочку, и в результате гидрогеологических исследований было установлено, что пластовое давление намного ниже первоначального природного, которое было в недрах до разработки ОНГКМ, что подтверждает установленную вертикальную гидродинамическую взаимосвязь всех горизонтов подсолевых карбонатных отложений.

В точках пересечения главных векторов разных рангов в поле напряжений возможно не только изменение литологического состава горных пород, но и вмещающегося в них флюида. Именно в этих участках, в условиях нелинейности и высокой тензочувствительности происходит возрастание и снижение порово-трещинного давления флюидов.

Влиянием изменений направлений векторов в поле напряжений можно объяснить сложное, резко меняющееся, строение галогенно-сульфатной толщи иренского горизонта кунгурского яруса, присутствие на площади и большую изменчивость калганской толщи, значительные региональные изменения мощностей отдельных толщ и несогласное залегание отложений перми, карбона, девона.

Результаты проведенных исследований позволяют установить геодинамические обстановки и прогнозировать их на малоизученных участках. В пределах геодинамически активных локальных участков земной коры происходит изменение прочностных свойств горных пород на уровне измене-



ния коллекторских свойств, где происходит разрядка тектонических напряжений, порой приводящая к повышению трещиноватости.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Фундаментальный базис энергоэффективных, ресурсосберегающих и экологически безопасных, инновационных и цифровых технологий поиска, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, исследование, добыча и освоение традиционных и нетрадиционных запасов и ресурсов нефти и газа; разработка рекомендаций по реализации продукции нефтегазового комплекса в условиях энергоперехода и политики ЕС по декарбонизации энергетики (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования)», № FMME-2022-0004, 122022800270-0.

Список литературы:

1. Яхимович Н.Н., Денцкевич И.А., Кутеев Ю.М. Основные направления, перспективы и задачи геологоразведочных работ на нефть и газ Оренбургской области // Отечественная геология. – 1996. – № 6. – С. 21–27.
2. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Структурно-геодинамический метод выявления закономерностей геологического строения (на примере объектов нефтегазового комплекса) // Естественные и технические науки. – 2021. – № 10 (161). – С. 131–139.
3. Казанкова Э.Р., Корнилова Н.В. Структурирование геологической среды на различных уровнях организации // Актуальные проблемы нефти и газа: Науч. сет. изд. 2018. – № 1 (20). – 15 с. – URL : <http://www.oilgasjournal.ru>

List of references:

1. Yakhimovich N.N., Dentskevich I.A., Kuteev Y.M. Main directions, prospects and tasks of geological exploration for oil and gas in the Orenburg region // Otechestvennaya geologiya. – 1996. – № 6. – P. 21–27.
2. Kazankova E.R., Kornilova N.V. Structural-geodynamic method of revealing patterns of geological structure (on the example of objects of oil and gas complex) // Natural and Technical Sciences. – 2021. – № 10 (161). – P. 131–139.
3. Kazankova E.R., Kornilova N.V. Structuring of geological environment at different levels of organization // Actual problems of oil and gas: Nauch. set. izd. 2018. – № 1 (20). – 15 p. – URL : <http://www.oilgasjournal.ru>