

**ПАРАГЕНЕЗИС ДОМАНИКОВЫХ И ГАЛОГЕННЫХ
ФОРМАЦИЙ В ОБЛАСТЯХ ОПУСКАНИЯ
НЕКОМПЕНСИРОВАННОГО ТИПА В ВОЛГО-УРАЛЬСКОЙ
ОБЛАСТИ**

Области опускания некомпенсированного типа (ООНТ) являются структурами осадочного чехла платформ. Происхождение их тесно связано с геодинамическим развитием смежных с платформой складчатых областей. В строении ООНТ участвуют формации трансгрессивно-инундационно-регрессивного цикла осадконакопления. Вертикальный ряд формаций ООНТ платформенного (Камско-Кинельская система прогибов), орогенного (Предуральская система прогибов), классов представляет нефтегазоносный этаж: нефтегенерирующая (доманиковая)–нефтегазорезервуарная (карбонатная и терригенная клиноформная)–нефтезакранирующая (галоженная и др.). Значительный интерес вызывает парагенез доманиковых и соленосных отложений в нефтегазоносных бассейнах, контролирующие основные запасы углеводородов. Рассматривается возможное влияние газогидратов в быстром накоплении соленосных толщ. Выделяется два типа соленосных толщ в пределах ООНТ: мелководная (шельфовая зона) и глубоководная (осевая зона).

Ключевые слова: области опускания некомпенсированного типа, галоженная формация, газогидраты, сера, сероводород, тангенциальное сжатие.

DOI: 10.17072/chirvinsky.2026.5

Территория Волго-Уральской области охватывает восточную часть Русской плиты и Предуральский краевой прогиб. Области опускания некомпенсированного типа приурочены к участкам платформы, в которых опускание значительно превышает скорость осадконакопления. Области опускания, к которым приурочено некомпенсированное осадконакопление, в геологической литературе известны как «иловая» или «доманиковая» впадина, некомпенсированный прогиб, аккумуляционно-топографическая впадина (М.М. Грачевский), прогибы некомпенсированного типа (С.С.Эллерн) и области опускания некомпенсированного типа (Аухатов Я.Г.). Отличие между ними состоит в том, что за причину их возникновения приняты факторы: седиментационные (аккумуляционно-топографическая впадина), тектоно-седиментационные в условиях тектонического

растяжения (прогибы некомпенсированного типа) и тангенциального сжатия платформенных областей, граничащих со складчатыми областями (области опускания некомпенсированного типа).

Одним из основных условий некомпенсированного осадконакопления является их относительная глубоководность. Первые представления о глубоководности и некомпенсированности осадконакопления возникали при изучении осадочных отложений геосинклинальных областей. С развитием глубокого бурения на нефть и газ стало известно о глубоководности платформенных осадков и приуроченности их к определённым структурам осадочного чехла некомпенсированным прогибам и их системам (Предуральская система прогибов, Камско-Кинельская система прогибов, Прикаспийская синеклиза и т.д.). Многие исследователи считают, что возникновение условий некомпенсированного осадконакопления на платформах есть результат прогибания (Мирчинк и др., 1965) или опускания (Валеев, 1981) окраинных частей платформ, граничащих с геосинклинальными областями.

Ещё А.П. Карпинский в 1894 году, рассматривая общий характер колебания земной коры в пределах Европейской части России, пришёл к выводу, что направление и характер колебательных движений платформ, тесно связано с тектоническими движениями прилегающих Уральской и Кавказской геосинклиналей. Представления о передаче тектонических напряжений на платформу со стороны орогенов и формирование под их влиянием основных платформенных дислокаций были господствующими в 20-40-е годы XX века после работ А.Д. Архангельского (1932, 1941). Явления смещения сводов и прогибов Н.Н. Форш (Форш, 1955) связывал с орогенезом Уральской геосинклинали и миграцией Предуральского прогиба. Таким образом, формирование структур некомпенсированного типа в осадочных бассейнах платформ, тесно связано с процессами, проявляющимися в приграничных подвижных поясах. Развитие определяет этапы динамики осадочных бассейнов, с которыми связано заложение и развитие областей опускания некомпенсированного типа. Результатом такого влияния является проникновение глубоководных условий осадконакопления в пределы платформ в виде областей опускания некомпенсированного типа. Можно выделить следующие основные этапы развития ОООНТ: общее опускание; геоморфологическое расчленение (формирование бортовых и депрессионных зон); компенсационное поднятие (Форш, 1955), что связано с тем, что ОООНТ формировались в геотектонических режимах горизонтального сжатия и «копируют» в своём развитии некоторые черты геосинклинальных прогибов: глубоководность и цикличность. Автором принята режимная классификационная схема В.Е. Хаина, В.В. Белоусова, с некоторыми

изменениями и дополнениями, произведенными Р.Н. Валеевым (Валеев, 1981) и др. Все области опускания некомпенсированного типа подразделяются с учётом общей этапности тектонического развития земной коры на четыре основные группы располагающихся в их эволюционной последовательности – геосинклинальный, орогенный, платформенный и активизационный Аухатов, 1981; 2017). Сами ОООНТ приурочены к конкретным генетическим типам структур (краевые прогибы, перикратонные и интракратонные синеклизы, авлакогены и др.). В этой классификации можно выделить ОООНТ, возникающие в геотектонических режимах растяжения (авлакогены, рифты) и сжатия (передовые прогибы, внутриплатформенные прогибы типа Камско-Кинельской системы прогибов).

С.Бубновым и Н.М.Страховым в 1960 была предложена схема эволюционной направленности процесса литогенеза с выделением эмерсивной, трансгрессивной инундационной стадий, а Р.Н.Валеевым дополнены регрессивная и инверсионная стадий (Валеев, 1981). В строении ОООНТ участвуют формации трансгрессивно-инундационно-регрессивного цикла (доманиковая, рифовая, карбонатно-сульфатная, галогенная, угленосная и т.д.). При этом надо отметить, что трансгрессивная стадия в геологическом плане кратковременная и тесно связано с крупными тектоническими событиями (перикратонные опускания) и регрессивная стадия также кратковременная сопровождается быстрой лавинной седиментацией. Инундационная стадия занимает самое продолжительное время с широким развитием процессов биоседиментации (рифты, отложения типа доманика, биохемоседиментация серы и т.д.). Согласно Антошкиной А.И. бактерии могли участвовать в седиментации сульфатных пород (Антошкина, 2011).

Вертикальный ряд формаций ОООНТ платформенного (Камско-Кинельская система прогибов), орогенного (Предуральская система прогибов), классов представляет нефтегазоносный этаж: нефтегенерирующая (доманиковая)–нефтегазорезервуарная (карбонатная и терригенная клиноформная)–нефтеэкранирующая (галогенная и др.). Значительный интерес вызывает парагенез доманиковых и соленосных отложений в нефтегазоносных бассейнах, контролирующие основные запасы углеводородов.

Согласно проведенным нами исследованиям сульфатно-карбонатная формация в пределах шельфовой зоны ОООНТ состоит из двух субформаций: нижней субформации, которая синхронно образовалась в стадию формирования доманиковой формации, и верхней субформации, которая формировалась одновременно с галогенной формацией. Сунгатуллин Р.Х. и другие исследователи (Сунгатуллин и др., 2023) при изучении гипса и доломита Камско-Устьинского и Сюкеевского месторождений, расположенных в северной шельфовой зоне Бугурусланской ОООНТ пришли к выводу,

что нижние и верхние продуктивные пласты отличаются по содержанию микроэлементов в результате изменения солености водоема.

Области концентрированного соленакопления занимают осевые зоны ООНТ, представляющие собой узкие линейные участки. Последние, в свою очередь, благоприятны для развития галогенных формаций. При этом в зависимости от стадийности галогенеза формируются литолого-фациальные комплексы, содержащие сульфатные (полигалит, лангбейнит, кизерит), сульфатно-хлористые (каинит) и хлористые (сильвин, карналлит и бишофит) соляные минералы. Процессы галогенеза тесно связаны с переходом стадии опускания в стадию так называемого «компенсационного поднятия» (Элерн, 1984).

В научной литературе существуют различные мнения о парагенетической связи соленосных и доманиковых отложений. Первоначально галогенным отложениям была отведена пассивная роль флюидоупора или структурообразующая роль. Так, из-за интенсивной органической жизни в солеродных бассейнах М.А. Жарков, Д. Петерсон и Р. Хайт приходят к выводу о генетических причинах подобных взаимоотношений. Другая группа авторов (Валеев, Вишняков, 1975), основываясь на биологической продуктивности солеродных бассейнов, акцентируют внимание на благоприятных условиях сохранения органического вещества и его консервации в соленосной водной толще. Необходимо отметить, что доманиковые отложения формировались в ОООНТ, где компенсация происходила не всегда галогенными, а терригенными угленосными отложениями (Камско-Кинельская система в Волго-Уральской нефтеносной провинции). Сохранению ОВ осадках способствуют некомпенсированное осадконакопление и сероводородное заражение водного бассейна седиментации (Аухатов, 1981).

По нашему мнению, интенсивному соленакоплению способствовало продуцирование газов, обогащенных органическими веществами осадков (метан, сероводород и т.д.). В озере Байкал выделение газов фиксируется пузырьками газа в льдах. Выбросы газа могут быть спонтанными как в Черном море. Участие выделения газа при солеобразовании установлено при добыче нефти. Кащавцев В.Е. и Мищенко И.Т. установили, что «на интенсификацию осаждения галита влияет растворенного в нефти газа. Газовые пузырьки обладают повышенной влагоемкостью, они «отнимают» чистую воду из природного рассола, концентрируя его.» (Кащавцев, Мищенко, 2004). На наш взгляд наиболее вероятным представляется то, что интенсивное выделение газа происходит при разрушении газогидратов, широко распространенных в современных водоемах с некомпенсированным осадконакоплением (Черное море, океаны и т.д.). В тот момент, когда насыщенная солями нагретая шельфовой зоны перетекает в глубоководные

зоны ОООНТ могло произойти разрушение газогидратов, что, в свою очередь, способствовало лавинной седиментации солей. При этом в образовании газогидратов участвовали разные углеводородные газы и в том числе сероводород. При разрушении газогидрата сероводород переходя в свободное состояние впоследствии обнаруживается в газовом составе рассолов, а также микровключениях сероводорода галогенных породах (Валеев, Вишняков, 1975).

Изучение латерального ряда формаций и субформаций (доманиковская – рифовая – сульфатно-карбонатная) платформенного (Бугурусланская ОООНТ) и орогенного (Предуральская, Индоло-Кубанская и др.) классов дало возможность установить приуроченность серных месторождений и серопроявлений к рифовым и сульфатно-карбонатным формациям и субформациям (Аухатов, 1981; 2010). А также установить приуроченность сероводородсодержащих углеводородов (Прикаспийская синеклиза, Предуральская система прогибов, Иркутский амфитеатр, Камско-Кинельская система прогибов, Бугурусланская впадина и др.) к рифовым формациям и субформациям бортовых и шельфовых зон ОООНТ. По мнению автора, сонахождение, парагенезис доманиковых, рифовых и сульфатно-карбонатных формаций и субформаций в областях опускания некомпенсированного типа привело к формированию первичной серной минерализации в рифовых и сульфатно-карбонатных формациях и субформациях. Формирование первичной серной минерализации происходило по общепринятой схеме: восстановление сульфат-ионов в шельфовой зоне до сероводорода органическими веществами углеводородами нефтяного ряда депрессионной зоны при участии сульфатредуцирующих бактерий с последующим окислением до элементарной серы. Происхождение сероводорода следует связывать с взаимодействием мигрировавших УВ с имевшейся в пластах самородной серой, образовавшейся на древних этапах серообразования в сульфатно-карбонатных формациях. Во время интенсивной тектонической активизации типа сжатия в неоген-четвертичное время происходило переформирование, разрушение нефтяных, газовых месторождений с сероводородом и формирование современных серных залежей при перемобилизации серной минерализации под влиянием мигрирующих углеводородных газов через сульфатно-карбонатные отложения.

Библиографический список

- Антошкина А.И. Бактериальный литогенез // Концептуальные проблемы литологических исследований в России. Материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. Казань: Казан. Ун-т, 2011. Том 1. С. 47-50.
- Аухатов Я.Г. Особенности накопления органического вещества в условиях некомпенсированного прогибания и полезные ископаемые / Проблемы осадочной геологии докембрия. В. 7. Кн. 2. М.: Наука, 1981. С. 16-20.

- Аухатов Я.Г. Геодинамические условия возникновения областей опускания некомпенсированного типа на платформах и минерагенические особенности // *Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ.* 2017. №24. С.3-6.
- Аухатов Я.Г. Формации некомпенсированных областей опускания и связанные с ними полезные ископаемые // *Геология. Известия Отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ.* 2010. №15. С.126-128.
- Валеев Р.Н. Тектоника и минерагения рифея и фанерозоя Восточно-Европейской платформы. М.: Недра, 1981. 215 с.
- Валеев Р.Н., Вишняков А.К. Тектоника и эпигенез галогенных отложений // *Условия формирования и закономерности размещения месторождений нерудного минерального сырья Европейской части СССР.* Изд-во Казан. Ун-та, 1975. С.101-129.
- Кащавцев В.Е., Мищенко И.Т. Солеобразование при добыче нефти. М.:2004.432с.
- Мирчинк М.Ф., Хачатрян Р.О., Громека В.И. Тектоника и зоны нефтегазоакпления Камско-Кинельской системы прогибов. М.: Недра, 1965.
- Сунгатуллин Р. Х., Кадыров Р. И., Ибатуллина А.И., Сунгатуллина Г. М. Физико-химические исследования гипсовых месторождений Среднего Поволжья // *Литогенез и минерагения осадочных комплексов докембрия и фанерозоя Евразии. Материалы X Международного совещания по литологии (г. Воронеж, ВГУ, 18–23 сентября 2023 г).* / Воронеж, 2023. – С.439-441.
- Форш Н.Н. Пермские отложения. Уфимская свита и казанский ярус /Тр. ВНИГ-РИ. Новая серия. В. 92. 1955.
- Эллерн С.С. Прогибы некомпенсированного типа, компенсационные поднятия и их нефтегазоносность // *ДАН СССР, 1984, т..279, №4. С.972-976.*

PARAGENESIS OF DOMANIC AND HALOGENIC FORMATIONS IN AREAS OF UNCOMPENSATED SUBSIDENCE IN THE VOLGA- URAL REGION

Ya.G. Aukhatov

Institute of Ecology and Subsoil Use Problems, Kazan
yan-89178823520@yandex.ru

Regions of uncompensated subsidence (OUTS) are structures of the sedimentary cover-platform. Their origin is closely linked to the geodynamic development of the folded areas corresponding to the platform. Formations of the transgressive-inundational-regressive sedimentation cycle participate in the construction of OUTS. A vertical sequence of ONT forms of platform (Kama-Kinel trough system) and orogenic (Pre-Ural trough system) classes representing the oil and gas-bearing stage is presented: oil-generating (Domanikovaya) – oil and gas reservoir (carbonate and terrigenous clinoform) – oil-screening (halogen, etc.). Of particular interest is the paragenesis of internal and salt-bearing sediments in the oil and gas basins that control the main hydrocarbon reserves. The possibility of the rapid influence of gas hydrates on the accumulation of thick salt-bearing layers is considered. Two types of salt-bearing strata are distinguished within the ONT: shallow-water (shelf zone) and deep-water (axial zone).

Keywords: uncompensated subsidence zone, halogen formation, gas hydrates, whey, hydrogen sulfide, tangential extension.