

УДК 553.98[551.761:551.242.7](571.1-17)

Мещеряков К.А.ГОУ ВПО «Пермский государственный университет», Пермь, Россия, kostian_m@mail.ru**Карасева Т.В.**ОАО «КамНИИКИГС», Пермь, Россия, tvkaras@perm.ru

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ТРИАСОВЫХ ПРОГИБОВ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ В СВЯЗИ С НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬЮ

Рассмотрены различия в условиях формирования глубокопогруженных триасовых прогибов севера Западной Сибири (Ярудейского, Коротчаевского, Ен-Яхинского). Обосновано развитие нефтегазоматеринских свит в средне-верхнетриасовых отложениях с повышенным потенциалом генерации углеводородов.

Ключевые слова: *триасовые отложения, терригенные породы, катагенез, глубокое бурение, Ярудейский прогиб, Коротчаевский прогиб, Ен-Яхинский прогиб, Западная Сибирь.*

Структура земной коры, определившаяся к началу триасового периода, была подготовлена ходом палеозойского тектонического развития, особенно герцинского этапа. Земная кора испытывала общее поднятие, которое привело к тому, что на протяжении всего триасового периода почти повсеместно на древних платформах установился континентальный режим. Жаркий засушливый климат явился причиной быстрого пересыхания озер и рек, во внутренних областях материков образовались большие пустыни, растительный покров почти исчез с обширных пространств суши. Морские условия в триасовом периоде локализовались исключительно в геосинклинальных прогибах. Для триаса в целом характерна величайшая регрессия моря, которая именно в этот период проявилась наиболее интенсивно за всю историю развития земной коры, когда активизировались горообразовательные и вулканические процессы.

Таким образом, триасовый период – это отрезок геологического времени, на который пришлось, с одной стороны, катастрофическое вымирание живых организмов в раннетриасовой эпохе, в том числе игравших важную роль при формировании нефтегазоматеринских пород, а с другой – интенсивные орогенез и вулканизм, приуроченные к разломам земной коры, следствием которых явилось накопление отложений триаса преимущественно в грабенах и прогибах. Неслучайно при анализе нефтегазоносности по стратиграфическому диапазону большинство авторов отмечают значительное понижение открытий углеводородных залежей в отложениях этого периода.

Особенность развития триасового периода на территории Западной Сибири в том, что закончился геосинклинальный цикл тектогенеза и широко проявилось рифтообразование, на севере геосинеклизы начал формироваться платформенный чехол [Бочкарев и др., 2005].

Триасовая система Западной Сибири сформировалась в два главных этапа: первый (инд, оленек, анизий) – вулканогенно-осадочный, второй (ладин, карний, норий, рэт) – терригенный. В первом случае это была высокогорная вулканическая страна, разбитая рифтовыми долинами, с многочисленными вулканическими аппаратами различного типа (в Восточной Сибири образовывалась формация пород под названием сибирских траппов), с аридным, семиаридным жарким климатом и разнообразными ландшафтами. Во втором – территория с угасшим вулканизмом, сглаженным рельефом, теплым гумидным климатом, обильной наземной растительностью, с латеральным рядом фаций от предгорных аллювиальных до нормальных морских [Казаков, 2001]. В триасе на исследуемой территории наряду с господством континентального типа осадконакопления, происходило периодическое проникновение морских обстановок по зонам субмеридионально ориентированных палеорифтов с севера далеко на юг в современных координатах [Сараев, Клец, Батурина, 2006].

В настоящее время триасовые отложения, часто погруженные на большие глубины, изучены недостаточно. Интерес исследователей вызывается тем, что в Западной Сибири в триасовых комплексах получены значительные притоки нефти и газа [Белоконь-Карасева и др., 2006; Маргулис, 2008], а также доказана промышленная продуктивность на ряде месторождений: Рогожниковское, Хохряковское [Кириянов, Кокшаров, Карагодин, 2006].

О присутствии в составе сводного разреза нижнего мезозоя отложений триасового возраста известно достаточно давно. Историю изучения триасовых отложений севера Западной Сибири условно можно разделить на 3 периода [Мещеряков, 2010] (табл. 1).

До 1994 г. внимание к триасовым отложениям Западно-Сибирского нефтегазового бассейна, основного нефтегазодобывающего региона страны, было недостаточным. Однако в связи со снижением объемов ресурсов углеводородов в меловых и юрских отложениях ситуация стала меняться. Проведенное глубокое и сверхглубокое бурение на севере Западной Сибири позволило выявить более широкое распространение и значительную мощность триасовых осадочных образований (до 1359 м) на большой глубине (ниже 3,5-4 км), чем предполагалось ранее. Триасовые прогибы (грабены) вскрыты Тюменской сверхглубокой, забой 7502 м (Коротчаевский прогиб), Ен-Яхинской сверхглубокой, забой 8250 м (Ен-Яхинский прогиб) и Ярудейской параметрической 38, забой 5010 м (Ярудейский прогиб) скважинами (рис. 1).

В результате получен большой объем достоверной информации для дальнейшего исследования истории их формирования и оценки нефтегазоносности.

Таблица 1

Основные этапы изучения триасовых отложений севера Западной Сибири

Этап	Период	Основные события	Изученность триасовых отложений
I	до 1966 г.	<p>В 1868 г. Д.Г. Романовским открыт первый триасовый грабен - Челябинский.</p> <p>В 1955 г. Н.Н. Ростовцевым выделены триасовые серии: туринская вулканогенно-осадочная и челябинская терригенная.</p> <p>Открытие гигантского Уренгойского газоконденсатного месторождения в меловых отложениях, явившееся в последующем причиной увеличения объемов геофизических работ и глубокого бурения.</p>	<p>Изученность низкая в связи с относительно небольшими объемами геофизических и буровых работ.</p> <p>Доминировало представление о том, что юрские комплексы в основном подстилаются метаморфизованными палеозойскими образованиями, а триасовые отложения имеют незначительную мощность.</p>
II	1966-1994 г.	<p>Активное развитие региональных геофизических исследований и проведение глубокого бурения.</p> <p>В 1974 г. В.С. Бочкарев выделил терригенную тампейскую серию триаса.</p> <p>В 1978 г. Межведомственным стратиграфическим комитетом принята унифицированная стратиграфическая схема триасовых отложений.</p> <p>Разногласие во взглядах на природу триасовых образований между исследователями Западной Сибири существует до настоящего времени.</p> <p>Сформировалось два основных мнения: 1) о Западно-Сибирской триасовой грабен-рифтовой системе, и 2) об отрицании рифтовой природы триасовых базитов и сравнении их с толщами траппов Восточной Сибири [Сурков, Жеро, 1981; Бочкарев, 1973].</p> <p>Бурение первой сверхглубокой Тюменской скважины на глубокопогруженные осадочные палеозойские образования (вскрыты на проектных глубинах не были), показавшие большую мощность триасовых комплексов: терригенных отложений в верхней части и вулканогенно-осадочных – в нижней.</p>	<p>Строение верхней части разреза до 4-5 км оказалось изучено довольно детально, однако, неоднозначность интерпретации геофизического материала стала причиной выделения нескольких фундаментов: доюрского, домезозойского, консолидированного, кристаллического и т.д. В связи с этим возникла необходимость объективной геологической информации о строении нижней части осадочного комплекса (триас-верхнепалеозойского возраста).</p>
III	после 1994 г.	<p>Испытание Тюменской скважины (затянувшееся из-за финансовых проблем), получение притоков газов, обогащенных метаном, из триасовых отложений.</p> <p>Проведение глубинного геофизического профилирования.</p> <p>Продолжение сверхглубокого и глубокого бурения: скважины Ен-Яхинская сверхглубокая и Ярудейская параметрическая 38.</p> <p>Получены данные о более широком распространении на севере Западной Сибири терригенных триасовых образований.</p> <p>В.С. Бочкарев выделил вулканогенно-осадочную красноселькупскую серию.</p>	<p>Получена объективная информация для изучения истории формирования, вещественного состава и оценки перспектив нефтегазоносности триасовых комплексов.</p>

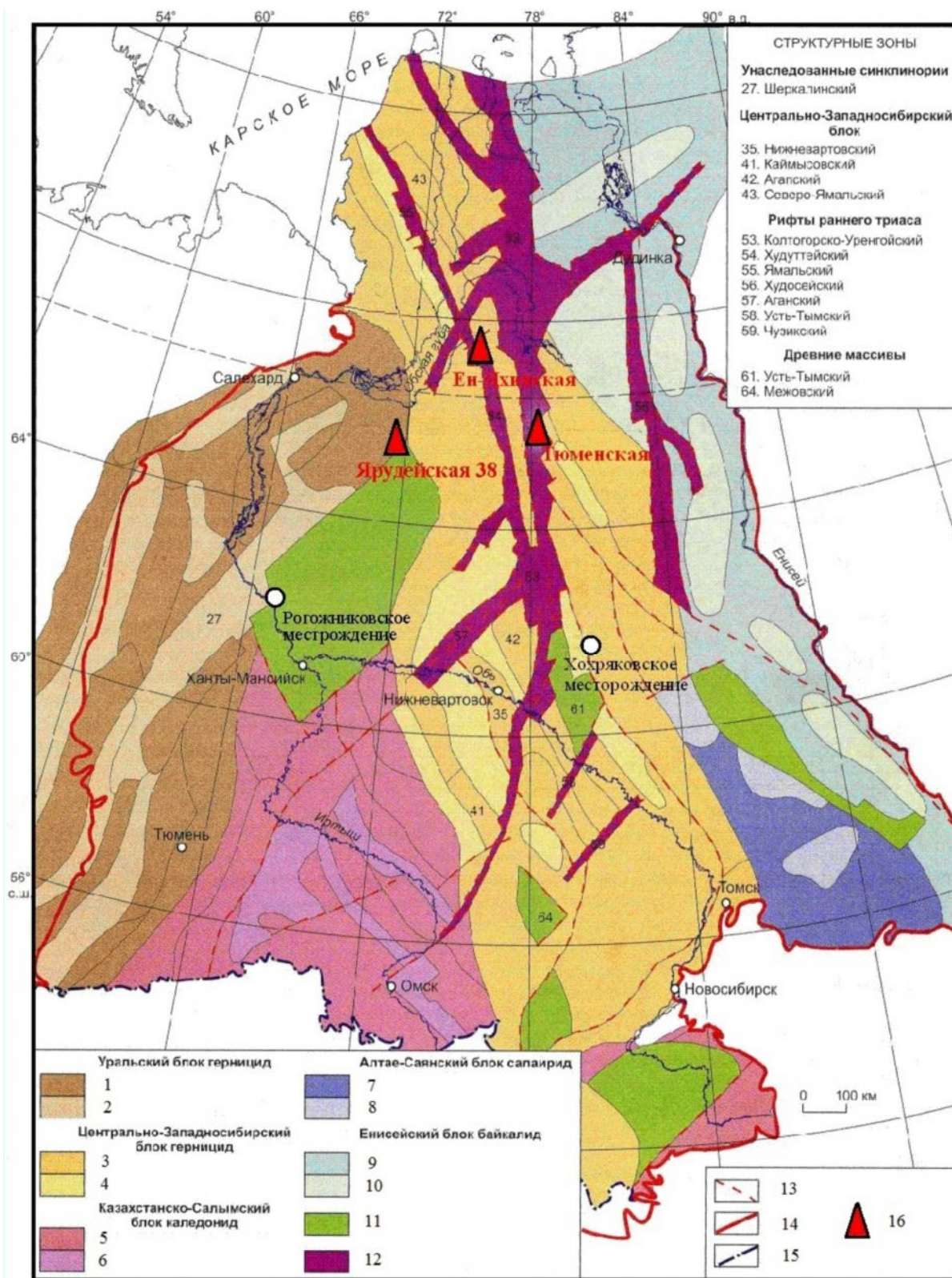


Рис. 1. Тектоническая карта фундамента Западно-Сибирской плиты (по Жеро О.Г. и др., 2004; редактор Сурков В.С.)

1 – антиклинории; 2 – синклиналии; 3 – антиклинории инверсионные; 4 – прогибы и впадины; 5 – антиклинории унаследованные; 6 – прогибы и впадины; 7 – складчатые комплексы; 8 – прогибы и впадины; 9 – складчатый чехол (венд – нижний палеозой); 10 – прогибы и впадины (средний – верхний палеозой); 11 – древние массивы; 12 – рифты раннего триаса; 13 – глубинные разломы; 14 – граница Западно-Сибирской плиты; 15 – государственная граница Российской Федерации; 16 – скважина.

Формирование этих трех триасовых прогибов имеет как черты сходства, так и существенные различия и тесно связаны с активностью тектонических процессов в палеозойское время. Наиболее древние палеозойские образования вскрыты Ярудейской скв. 38. В среднепалеозойское время в районе Ярудейского прогиба происходило накопление туфов и туфитов, которые подверглись цеолитизации. Вулканический аппарат был, вероятно, отдален, излияние лавовых базальтов были кратковременны и маломощны. Далее после накопления отложений франского яруса вплоть до конца среднего триаса длительно шло воздымание территории. Не исключено, что вулканогенно-осадочные породы отлагались, но под воздействием интенсивной эрозии были переотложены, о чем свидетельствует отсутствие коры выветривания в кровле франского яруса.

В районе Коротчаевского и Ен-Яхинского прогибов в позднем палеозое вулканическая деятельность была более активной, что в большей степени проявилось в первом прогибе. В позднепермско-раннетриасовое время вулканические процессы происходили в несколько этапов, связанных с периодической сменой обстановок накопления. В конце индского времени вулканизм в Ен-Яхинском прогибе прекратился и начала формироваться кора выветривания. В районе же Коротчаевского прогиба происходило излияние базальтовых лав в наземных условиях до конца нижнеоленекского века. Мощность триасовых вулканогенных пород составляет 800 м, что почти в четыре раза больше, чем в Ен-Яхинском прогибе. По петрографическому составу базальты вышеупомянутых прогибов близки. Породы аймальской и коротчаевской свит в одинаковой степени изменены и метаморфизованы. Метаморфизм возрастает с глубиной, что свидетельствует об отсутствии длительного перерыва между данными свитами.

В то время как в Коротчаевском прогибе продолжались вулканические процессы, в Ен-Яхинском прогибе уже формировалась хадуттейская свита, скорость седиментации достигала 100 м/млн. лет. Образование данной свиты происходило в условиях от континентальных до прибрежно-морских фаций, терригенные отложения залегают на коре выветривания вулканических пород коротчаевской свиты. Начиная с ладинского века, все три прогиба начали заполняться преимущественно грубообломочными породами. Основной объем терригенных толщ рассматриваемых прогибов формировался в средне-позднетриасовую эпоху вплоть до рэтского века.

Наибольшая мощность терригенной толщи триаса (рис. 2) представлена в Ен-Яхинском прогибе (1359 м), в Коротчаевском (815 м) и Ярудейском (563 м) прогибах мощность значительно меньше. Накопление терригенных осадков происходило в периодически

сменяющихся обстановках от континентальных до прибрежно-морских. Из областей сноса временами прекращалось поступление крупнообломочного материала, и в прогибах кратковременно устанавливались озерно-болотные условия, произрастала растительность. В органическом веществе преобладали гумусовые компоненты, сапропелевые имели подчиненное значение.

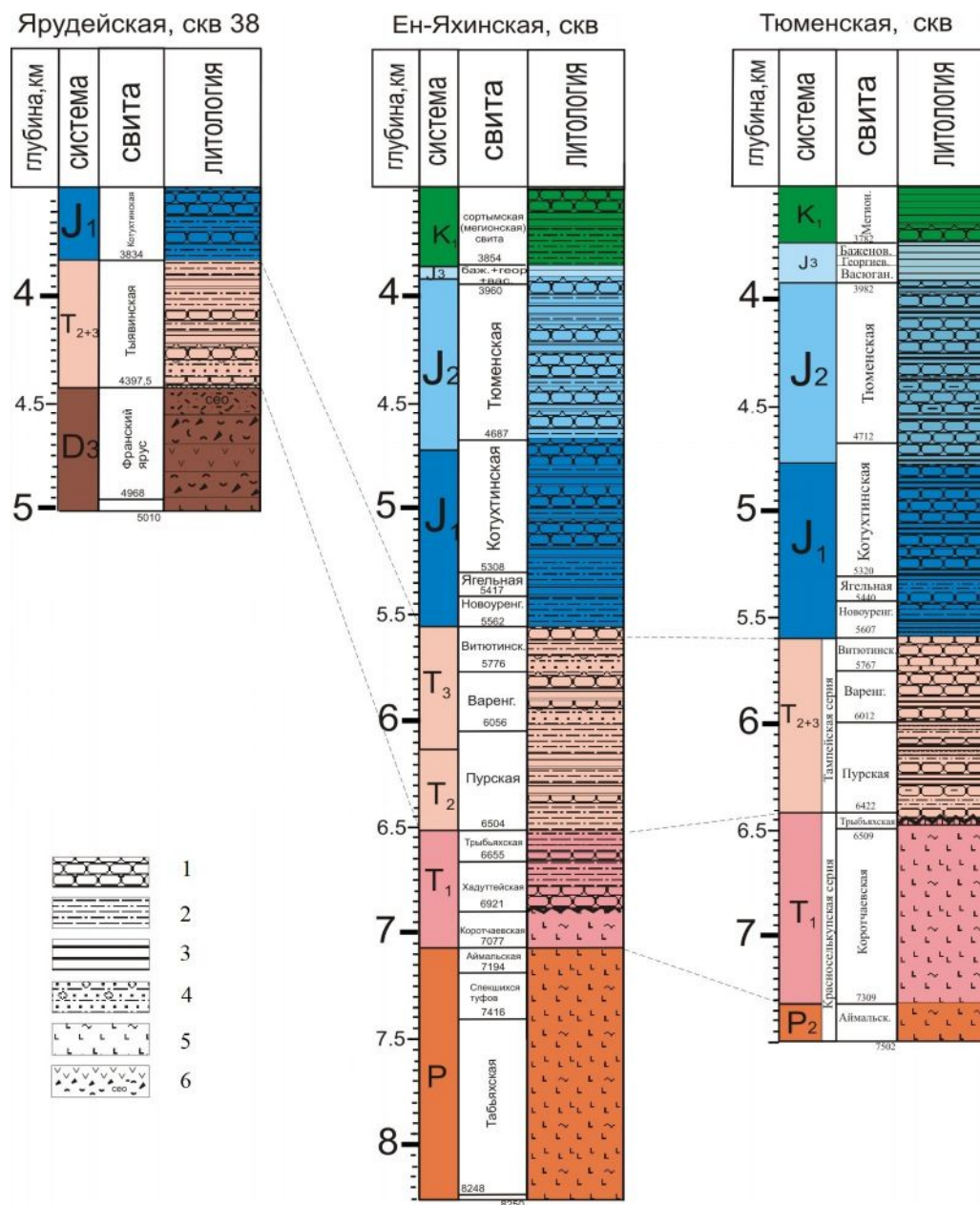


Рис. 2. Сопоставление разрезов триасовых прогибов севера Западной Сибири

1 – песчаник; 2 – алеврит; 3 – аргиллит; 4 – гравелит; 5 – базальт; 6 – цеолитизированные туфы

Рассматриваемые прогибы при сходных литотипах пород различаются закономерностями изменения размерности обломочного материала: от подошвы к кровле триаса она уменьшается в Ярудейском прогибе, а Ен-Яхинском и Тюменском – наоборот возрастает. Также прогибы различаются по мощности пластов аргиллитов в толщах разрезов,

максимальная мощность представлена в Коротчаевском прогибе и уменьшается с востока на запад. В составе обломочного материала во всех отложениях присутствуют как обломки эффузивных пород, так и прослойки туфопесчаников и туфоалевролитов, что указывает в первом случае на области питания, а во втором – на близость вулканических аппаратов.

Большинство авторов указывают на то, что значительная часть терригенного материала была перемещена на северную часть Западной Сибири с центра, то есть снос шел с юга на север. Породы трыбяхской свиты Коротчаевского и Ен-Яхинского прогибов сопоставляются, то есть в осадочный бассейн, существовавший в конце верхнеоленекского века, поступал один и тот же туфогенный материал из района Колтогорско-Уренгойского грабен-рифта. Основной объем обломочного материала сносился с бортов прогибов (грабенов).

Различия наблюдаются в составе пород пурской свиты. В литологическом аспекте это проявилось в том, что в Коротчаевском прогибе преобладают песчаники и алевролиты полимиктового состава, а в Ен-Яхинском в таких же породах (особенно в средней и нижней частях) – обломочный материал преимущественно кремнисто-кварцевого состава. В Коротчаевском грабене при формировании осадочных толщ обломочный материал поступал с юга через субмеридиональную речную систему в прибрежную зону, о чем косвенно может свидетельствовать высокая алевритистость разреза. В Ен-Яхинском же прогибе, по-видимому, до конца среднего триаса обломочный материал поступал с запада, т.е. с Урала. В Ярудейском прогибе, судя по составу обломков эффузивных пород, в период формирования нижней толщи размыту подвергались гранитоиды и кислые вулканогенные породы. По мере накопления осадков постепенно вовлекались новые дополнительные источники сноса уже основного состава, возможно, уральского происхождения [Мещеряков, Ехлаков, Угрюмов, 2009].

Условия формирования глинистых средне-верхнетриасовых отложений способствовали образованию нефтегазоматеринских (НГМ) пород и свит. В рассматриваемых прогибах выделены НГМ свиты с промышленным потенциалом генерации углеводородов ($C_{орг}$ более 1 млн. т/км²). В НГМ свите Ярудейского прогиба плотность содержания $C_{орг}$ наибольшая, триасовые отложения по данным пиролиза Рок Эвал находятся в главной зоне нефтеобразования, а в Коротчаевском и Ен-Яхинском прогибах НГМ свиты испытали высокий катагенез до АК₃ и находятся в главной зоне газообразования, пройдя главную зону нефтеобразования в среднеюрско-раннемеловое время (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика НГМ свит триасовых прогибов

Параметры НГМ свиты	Ярудейский прогиб	Коротчаевский прогиб	Ен-Яхинский прогиб
Геологический возраст	T ₃	T ₂₊₃	T ₂
Глубина, м: кровля	3834	6012	6260
подошва	4075	6191	6504
Литологический состав	глинистые алевролиты, песчаники с прослоями углистых аргиллитов	аргиллиты, глинистые алевролиты, глинистые песчаники	углистые аргиллиты, глинистые алевролиты, глинистые песчаники
Мощность НГМ пород в свите, м	162 (70%)	102 (51%)	180 (74%)
S _{орг ср} , %	1,8	1,75	1,04
S _{1 ср} , мг/г породы	1,15	0,2	0,05
S _{2 ср} , мг/г породы	5,57	0,28	0,3
Степень катагенеза органического вещества пород	МК ₂	АК ₁ -АК ₂	АК ₃
Плотность содержания С _{орг} , млн. т/км ²	6,71	4,02	4,31

В целом рассматриваемые триасовые прогибы имеют сходный потенциал НГМ свит, а основное их различие связано с катагенетическими преобразованиями органического вещества пород. НГМ свиты Коротчаевского и Ен-Яхинского прогибов полностью реализовали свой нефтяной потенциал и с конца раннего мела активно участвуют в процессах газообразования. В Ярудейском же прогибе относительно невысокий катагенез (МК₂) обеспечивает развитие только нефтеобразования. В результате, нефтепроявления выявлены в триасовых комплексах только в Ярудейском прогибе, а газопроявления – в Коротчаевском и Ен-Яхинском прогибах.

В триасовом разрезе Ярудейского прогиба нефтепроявления отмечены в следующих интервалах глубин: 4014-4038 м, 4053-4079 м, 4092-4119 м, 4228-4239 м, 4302-4322 м и др. Испытания Тюменской скважины показали наличие газовых скоплений в трех интервалах триасовых комплексов пород: 5870-5878 м, 5954-5944 м, 6600-6650 м. Планировалось испытать большее количество пластов, однако, сложные термобарические условия (Т > 200С°, К_а давлений > 1,8) не позволили это сделать. При испытании Ен-Яхинской скважины получены притоки газа, обогащенного метаном (более 90%), из следующих интервалов: 6039-6055 м, 6094-6111 м, 6365-6380 м, 6539-6567 м, 6750-6760 м, 7024-7163 м. Скопления газов в верхней части толщ вулканогенных пород, вероятно, связаны с активной

вертикальной миграцией углеводородов из НГМ свит не только вверх, но и вниз в зонах аномально высоких пластовых давлений.

Результаты испытаний подтверждают развитие коллекторов на больших глубинах ниже 5,5 км. Как в осадочных, так и вулканогенных породах их появление связано с процессами трещинообразования на больших глубинах; в вулканогенных образованиях коллекторы возникают также из-за активных гидротермальных процессов. Пористость по керну и по геофизическим исследованиям скважин достигает 16% в триасовых песчаниках Коротчаевского прогиба, в Ен-Яхинском – 14%. Флюидоупоры в осадочных отложениях представлены в основном углистыми и глинистыми отложениями, в вулканогенных породах – низкопроницаемыми толщами, не затронутыми трещинообразованием и гидротермальными процессами.

Таким образом, история исследований триасовых отложений севера Западной Сибири подходит к этапу активного освоения, когда полученные в результате глубокого и сверхглубокого бурения данные об особенностях их формирования, развитии НГМ свит, коллекторов и флюидоупоров в комплексе с результатами испытаний показывают, что этот новый перспективный объект севера Западной Сибири на достижимых глубинах современным бурением может способствовать увеличению ресурсной базы углеводородов. Для этого необходимо продолжить детальные исследования современными методами НГМ пород, коллекторов, флюидоупоров и изучение специфики формирования триасовых комплексов, разобраться в причинах сложности выделения триасовых отложений методами региональной геофизики, скорректировать имевшиеся представления о геологическом строении и включить триасовые отложения в оценку ресурсов углеводородов с учетом особенностей формирования нефтегазоносности на больших глубинах.

Литература

Белоконь-Карасева Т.В., Горбачев В.И., Башкова С.Е., Беляева Г.Л., Ехлаков Ю.А. Перспективы нефтегазоносности глубокопогруженных отложений севера Западной Сибири по данным сверхглубокого бурения //Геология нефти и газа. – 2006. – № 6 . – С. 2-9.

Бочкарев В.С. Тектонические условия замыкания геосинклиналей и ранние этапы развития молодых платформ. – М.: Недра, 1973. – 127 с.

Бочкарев В.С., Брехунцов А.М., Дещеня Н.П., Лукомская К.Г., Тулубаев С.А. Геодинамика Западной Сибири в триасовом периоде //Горные ведомости – 2005. - № 3. – С. 4-19.

Казаков А.М. Триас Западной Сибири. Матер. к стратиграф. совещ. по мезозою Западно-Сибирской плиты: Сб. науч. тр. /под ред. А.М. Казакова. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2001. – 226 с.

Кириянов Ю.А., Кокшаров В.З., Карагодин Ю.Н. Пермо-триасовые эффузивы и новые технологии их поиска //Горные ведомости. – 2006. – № 11. – С. 6-13.

Маргулис Е.А. Факторы формирования уникального Штокмановско-Лудловского узла газонакопления в Баренцевом море 0420800064\0029 //Нефтегазовая геология. Теория и практика. электрон. науч. журнал, 2008. – Т. 4. – № 3. – http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf.

Мещеряков К.А., Ехлаков Ю.А., Угрюмов А.Н. Роль изучения обломков эффузивных пород в терригенных отложениях триаса севера Западной Сибири //Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. – Пермь: ПермскийГУ, 2009. – С. 37-41.

Мещеряков К.А. Этапы исследования триаса Западно-Сибирской плиты //Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. статей. – Пермь, 2010. – С. 193-196.

Сараев С.В., Клец А.Г., Батурина Т.П. Триасовый вулканизм и осадконакопление на территории Западной Сибири //Осадочные процессы седиментогенез, литогенез, рудогенез: матер. IV-го всерос. литол. совещ. – М.: ГЕОС. – 2006. – Т. 2. – С. 102-105.

Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 143 с.

Рецензент: Быков Владимир Никифорович, доктор геолого-минералогических наук, профессор.

Meshcheryakov K.A.

Perm State University, Perm, Russia, kostian_m@mail.ru

Karaseva T.V.

«KamNIKIGS», Perm, Russia, tvkaras@perm.ru

THE FORMATION PECULIARITIES OF THE TRIASSIC TROUGHS OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

Distinctions in the conditions of the formation of the deep-sunk Triassic troughs of the north of Western Siberia (Jarudejsky, Korotchaevsky, En-Jahinsky) are considered. The development of the source-beds in the middle-upper Triassic sediments with the raised potential of the generation of hydrocarbons is proved.

Keywords: *Triassic troughs, Western Siberia, deep drilling, pre-Jurassic sediments, terrigenous rocks, katagenesis.*

References

Belokon'-Karaseva T.V., Gorbačev V.I., Baškova S.E., Belâeva G.L., Ehlov U.A. Perspektivy neftegazonosnosti glubokopogružennyh otloženij severa Zapadnoj Sibiri po dannym sverhglubokogo bureniâ //Geologiâ nefti i gaza. – 2006. – # 6 . – S. 2-9.

Bočkarov V.S. Tektoničeskie usloviâ zamykaniâ geosinklinalij i rannie ètapy razvitiâ molodyh platform. – M.: Nedra, 1973. – 127 s.

Bočkarov V.S., Brehuncov A.M., Dešenâ N.P., Lukomskaâ K.G., Tulubaev S.A. Geodinamika Zapadnoj Sibiri v triasovom periode //Gornye vedomosti – 2005. - # 3. – S. 4-19.

Kazakov A.M. Trias Zapadnoj Sibiri. Mater. k stratigraf. soveš. po mezozoû Zapadno-Sibirskoj plity: Sb. nauč. tr. /pod red. A.M. Kazakova. – Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2001. – 226 s.

Kir'ânov U.A., Kokšarov V.Z., Karagodin U.N. Permo-triasovye èffuzivy i novye tehnologii ih poiska //Gornye vedomosti. – 2006. – # 11. – S. 6-13.

Margulis E.A. Faktory formirovaniâ unikal'nogo Štokmanovsko-Ludlovskogo uzla gazonakopleniâ v Barencevom more 0420800064\0029 //Neftegazovaâ geologiâ. Teoriâ i praktika. èlektron. nauč. žurnal, 2008. – T. 4. – # 3. – http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf.

Mešerâkov K.A., Ehlov U.A., Ugrûmov A.N. Rol' izučeniâ oblomkov èffuzivnyh porod v terrigennyh otloženiih triasa severa Zapadnoj Sibiri //Geologiâ i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala: materialy region. nauč.-prakt. konf. – Perm': PermskijGU, 2009. – S. 37-41.

Mešerâkov K.A. Ètapy issledovaniâ triasa Zapadno-Sibirskoj plity //Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Naučnye čteniâ pamâti P.N. Čirvinskogo: sb. statej. – Perm', 2010. – S. 193-196.

Saraev S.V., Klec A.G., Baturina T.P. Triasovyj vulkanizm i osadkonakoplenie na territorii Zapadnoj Sibiri //Osadočnye processy sedimentogenez, litogenez, rudogenez: mater. IV-go vseros. litol. soveš. – M.: GEOS. – 2006. – T. 2. – S. 102-105.

Surkov V.S., Žero O.G. Fundament i razvitie platformennogo čehla Zapadno-Sibirskoj plity. – M.: Nedra, 1981. – 143 s.