

Соли ордовика и их роль в особенностях строения и нефтегазоносности северо-востока Тимано-Печорской провинции

Е.Б. Грунис¹, В.Б. Ростовщиков², Б.П. Богданов²

¹ОАО «Институт геологии и разработки горючих ископаемых» («ИГиРГИ»), Москва, Россия

²Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

Поступила в редакцию 11.01.2016

На северо-востоке Тимано-Печорской провинции скважинами на глубинах от 3.0 до 6.0 км в последние 35 лет вскрыты соленосные отложения верхнего ордовика, содержащие иногда залежи газа. Анализ материалов позволил определить критерии выделения солей по комплексу геолого-геофизических методов, определить области их развития в Косью-Роговской и Коротаихинской впадинах, в Варандей-Чернышевском авлакогене, установить решающую роль в создании стиля тектоники на северо-востоке провинции, наметить зоны ловушек в подсолевом комплексе. Считается, что соли являются хорошими флюидоупорами, способными удерживать залежи углеводородов. Обширная территория распространения солей в совокупности со структурным планом кровли протерозойских отложений позволяют наметить нам участки наиболее вероятного обнаружения под солями скопленных углеводородов на глубинах до 7.0 км: центральная часть Кочмесской ступени, Ярвожский свод, Сарембой-Леккейягинская зона, Вашуткинско-Талотинский автохтон, Коротаихинская впадина. Показана особая роль ордовикских солей в создании инверсионно-взбросо-надвигового стиля тектоники Варандей-Чернышевского авлакогена, гряды Чернова, что должно способствовать более целенаправленной и обоснованной интерпретации геолого-геофизических данных.

Ключевые слова: Тимано-Печорская провинция, керн, соль, сейсморазведка, авлакоген, нефть, газ

DOI: 10.18599/grs.18.1.3

Соленосные породы нижнего палеозоя в Косью-Роговской впадине и ее обрамлении в Тимано-Печорской провинции вскрывались скважинами всегда неожиданно (Рис. 1). В 1983 г. поисковой скважиной 3-Кочмес были вскрыты солевмещающие отложения, которые оказались газоносными (Островский и др., 1987).

Кочмесская структура выявлена сейсморазведкой в 1958 г., подтверждена методом ОГТ в 1981 г. по отражающим горизонтам IV-V (силур-ордовик), III (кровля нижнего девона), II (подошва визейского яруса нижнего карбона), Ia (кровля карбонатных образований артинского яруса нижней перми), 1u (уфимский ярус верхней перми). Залежь газа в ордовикских отложениях установлена скв. 3-Кочмес, в которой после вскрытия сульфатно-галогенной толщи с глубины 5629 м (забой) получен фонтан газа с минерализованной водой дебитом около 1 млн. м³/сут., и высоким содержанием сероводорода. Скважина фонтанировала несколько суток, а затем её ствол, видимо, был закупорен потоком соли. Предполагалось, что высота залежи около 450 м, а перспективная площадь 160 км². Однако последующее бурение скв. 5 и 6 в присводовой части складки северо-восточнее скв. 3 (забой 6262 и 6276 м) дало отрицательные результаты.

Считается, что по данным ГИС глубина кровли солей в скважине 3-Кочмес составляет 5360 м, и скважина из них не вышла при забое 5629 м.

Скважина 5-Кочмес по данным ГИС вскрыла соленосную толщу на глубине 5363 м. В керне скважины соленосные породы встречены, начиная с долбления 6 (инт. 5524-5529 м, выход керна 0.4 м), где они представлены доломито-сульфатной осолоненной породой с одиночными кристаллами или скоплениями галита, или соляной брекчией, где серый крупнокристаллический галит цементирует обломки сульфатно-доломитового состава. В долблениях 8,

9 каменная соль серая различных оттенков от очень светлых до серо-коричневых. Часть долбления 13 (инт. 6009-6012 м) представлена доломитом темно-серым, почти черным, неравномерно глинистым. Почти вертикальные трещины выполнены белым крупнозернистым ангидритом или крупнозернистым водяно-прозрачным галитом. В самом нижнем долблении 17 (инт. 6241.2-6245.9 м) вскрыт пласт соли толщиной 0,8 м, представленный галитом серо-коричневым, гигантозернистым, отдельные кристаллы водяно-прозрачные. Этот пласт подстилается доломитом темно-серым, отчетливо брекчиевидным в начале и конце слоя (толщина 1.0 м) (описание Н.Б. Рассказовой, 1984). Во всем соленосном интервале в породах отмечены крутые углы слоистости 30-45°, брекчиевидность, трещиноватость разных наклонов, которые свидетельствуют о смятии пород после седиментации.

По материалам ГИС в скважине 5 в пределах всей почти 900-м соленосной толщи выделено три прослоя пород, характеризующихся пористостью 3-8.5% и толщиной 1.6, 2.6 и 2.8 м. Выделенные коллекторы характеризуются как водонасыщенные. Перспективные на газ объекты по данным ГИС не были выделены. Не установлены они и по данным экспресс-геохимических исследований. В связи с техническими причинами опробование соленосной толщи в скважине не производилось.

В скважине 6-Кочмес соленосные породы охарактеризованы керном долблений 2-5 (инт. 5570-5576 м, 5860.6-5866.3 м), где пласты толщиной более 3.0 м представлены галитом призматическим, прозрачным, чистым, практически лишенным примесей.

Для образцов галита из керна скважин 3, 5, 6-Кочмеские при лабораторных исследованиях определены скорости продольных волн в диапазоне 2230-4060 м/сек, а плотности от 2.23 до 2.52 г/см³; для образцов с примесью глини

скорости продольных волн составили до 4510 м/сек при плотности 2.68 г/см³.

Скважина 6-Кочмес по данным ГИС вскрыла соленосную толщу на глубине 5500 м, что на 138 м гипсометрически ниже скв. 3. Судя по описанию керна (интервалы 6121.3-6124.1 и 6184-6185.6 м) и промыслово-геофизическим исследованиям, она вышла из толщи на глубине 6154 м, пройдя по ней 654 м. Из четырех опробованных объектов два оказались «сухими». Из двух других переливом через НКТ получены притоки сильно минерализованной пластовой воды плотностью более 1.2 г/см³ со слабым газонасыщением дебитом (0.5-0.8 м³/сут).

Приведенные данные могут свидетельствовать о приуроченности выявленной скв. 3 газовой залежи к ограниченному карбонатному коллектору внутри соленосной толщи.

По положению в разрезе, корреляции с разрезами Хорейверской впадины соленосная толща отнесена к мукерской и хорейверской свитам верхнего ордовика. Мукерская и хорейверская свиты характеризуют крупную регрессию в шельфовом бассейне, завершая крупный осадочный цикл. В Хорейверской впадине мукерская свита сложена преимущественно седиментационными доломитами с включениями гипса и ангидрита. В хорейверской свите пластовых гипсов и ангидритов больше, а кроме доломитов встречаются пласты и пачки карбонатно-глинистых пород.

Вторым участком Косью-Роговской впадины, где установлены по керну соленосные образования, является Ярвожский свод. В скважине № 13-Ярвож в толще пород, сложенной чередованием доломитов, известняков с кристаллами сульфатов в пограничных отложениях силура-ордовика на глубине 5556÷5561 м отмечены кристаллы галита. Прослой ангидритов толщиной до 25 см встречены в этой скважине в интервале 6000÷6004 м.

В 2001 году также неожиданно в скважине 1-Воргамусюрская, пробуренной компанией ГАЗПРОМ в пределах одноименной структуры, подготовленной сейсморазведкой МОГТ на гряде Чернышева, в интервале 2700÷3000 м после нормального залегающего разреза каменноугольных, девонских, силурийских отложений вскрыты соленосные образования ордовикского возраста, из которых получен аварийный приток газа и нефти. Соленосные отложения приурочены к нижней части аллохтонной пластины, надвинутой на прилегающую с востока часть гряды с Воргамусюрской структурой в автохтоне. В 5.0 км к югу была пробурена скважина 2-Воргамусюрская, также вскрывшая соли ордовика в основании аллохтонной пластины несколько гипсометрически выше, а под нарушением нормально залегающий разрез терригенной и карбонатной нижней перми, карбона, джебольского горизонта фаменского яруса девона. При опробовании в процессе бурения из пермских отложений автохтона получен незначительный приток нефти.

Южнее Воргамусюрской площади на 14 км на гряде Чернышева соленосные породы ордовика были вскрыты в подошве аллохтонного блока скважинами 1, 2-Адакские, пробуренными компанией ГАЗПРОМ в похожей тектонической ситуации.

В скважине 1-Адакская интервал ордовикских соленосных пород общей толщиной 1076 м охарактеризован пред-

ставительным керном долблений 13-30 (инт. 1930-3006.4 м), в которых он представлен переслаиванием каменной соли желтовато-прозрачного цвета и ангидритом серым, участками белым с тонкими слабоволнистыми трещинами и кавернами, заполненными каменной солью; доломитом серым, коричневатом-серым скрытокристаллическим участками крупнобрекчированным за счет присутствия крупных кристаллов галита, неравномерно глинистым. Текстура наклонная, тонкослоистая и полосчатая, с редкими тонкими стилолитоподобными глинистыми прослоями, с крупными субвертикальными трещинами и кавернами растворения. Порода крепкая, при расколе отмечается слабый запах нефти.

Похожими породами представлены в керне соленосные отложения скважины 2-Адакская.

В 2007 году на востоке Косью-Роговской впадины соли были опять неожиданно вскрыты компанией ГАЗПРОМ в скважине 1-Восточно-Лемвинская. Скважина пробурена в области развития меловых отложений в 4-5 км к северо-западу от выхода на поверхность образований Лемвинской структурно-формационной зоны, отождествляемых с отложениями ордовика-риффея. В верхней части разреза скважиной под четвертичными и меловыми отложениями в инт. 170-1970 м вскрыта толща тонкослоистых малиновых, зеленовато-серых, буро-коричневых филлитовидных аполгиновых сланцев с прослоями, обогащенными алевритовым материалом, и алевролитов, похожих на грубеинскую свиту нижнего-среднего ордовика (Гудельман и др., 2009). Видимая мощность грубеинской свиты 1800 м.

В интервале 1970-2731 м разрез скважины представлен зеленоцветной субаркозовой алевритово-песчаной толщей. Песчаники преимущественно мелкозернистые зеленовато-серые, реже средне- и крупнозернистые гравелитистые розовых тонов, массивной и неяснослоистой текстуры. Алевриты в основном серые и зеленовато-серые неслоистые. Повсеместно присутствует глауконит (3-5 до 10 %). В подчиненном количестве в строении толщи встречены прослойки известняков, известковистых песчаников и алевролитов и кремнисто-глинистых сланцев. В керне долблений 12-19 из интервалов 1969-2680 м Т.А. Шутовой определены споро-пыльцевые комплексы, уверенно относимые к нижнепермским отложениям.

Ниже в разрезе скважины вскрыта своеобразная по вещественному составу и текстуре соленосная толща (Рис. 2). Две пачки (инт. 2730-2759 м и 2896-3067 м) в её составе сложены черной крупнокристаллической солью с сильным запахом сероводорода, участками брекчиевидной текстуры, обусловленной наличием обломков остроугольной и округлой формы размером до первых сантиметров кремнисто-доломитовых слоистых пород и черных графитизированных сланцев. Между пачками каменной соли в керне подняты зеленовато-серые рассланцованные алевритистые аргиллиты (инт. 2766.8-2769.4) и практически рыхлая тектоническая брекчия (инт. 2873.05-2876.05 м) черного цвета сланцеватой текстуры с сильным запахом сероводорода. Обломки разнообразной формы с четкими краями, размерами от микроскопических до первых дециметров представлены кремнисто-карбонатными, кремнисто-глинистыми породами и кварцитами. Цементом (связующей массой) служит черный милонит и каменная соль.

Соленосные породы неоднородные, сложены пачками крупнокристаллических черных солей и черных глинисто-соляных сланцев. В них содержатся обломки округлой и остроугольной формы серо-зеленых сланцев и карбонатно-глинистых пород, прослой серо-зеленых серицитохлоритовых сланцев (интервал 2766.8-2769.4 м). В черных

перемятых глинисто-соляных сланцах примесь солей составляет от 10 до 30 % (обр. 21-055; 23-0.26) (Анищенко и др., 2009). Соль представлена галитом: NaCl – 94.3 %; Ca SO₄ – 3.7 %, содержит минеральную примесь и органическое вещество (C_{орг} – до 0.15 % в чистых солях, до 2 % в глинистых фракциях соленосных черных сланцев). В солях

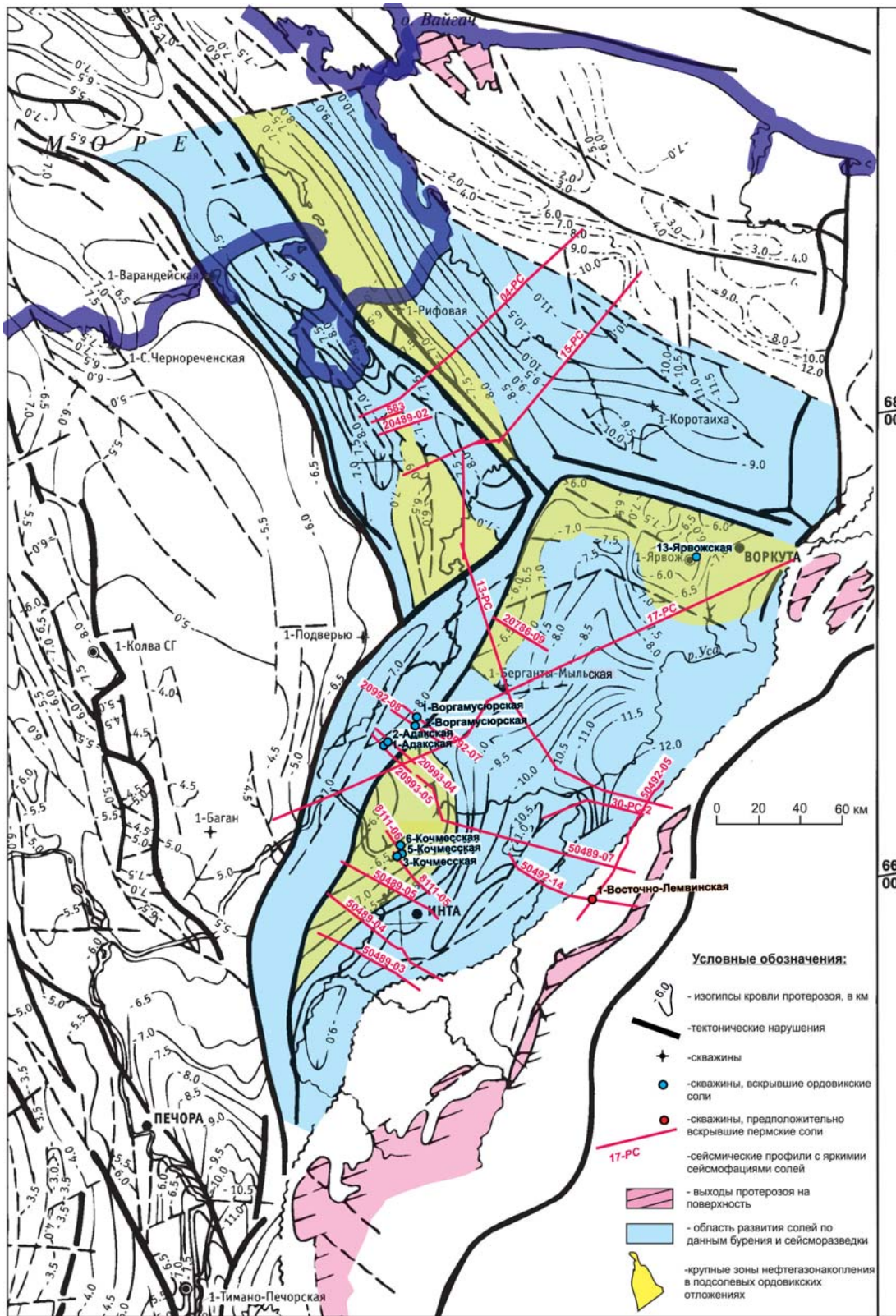


Рис. 1. Схематическая карта развития ордовикских солей на северо-востоке Тимано-Печорской провинции (составили Богданов Б.П., Ростовщиков В.Б., 2015).

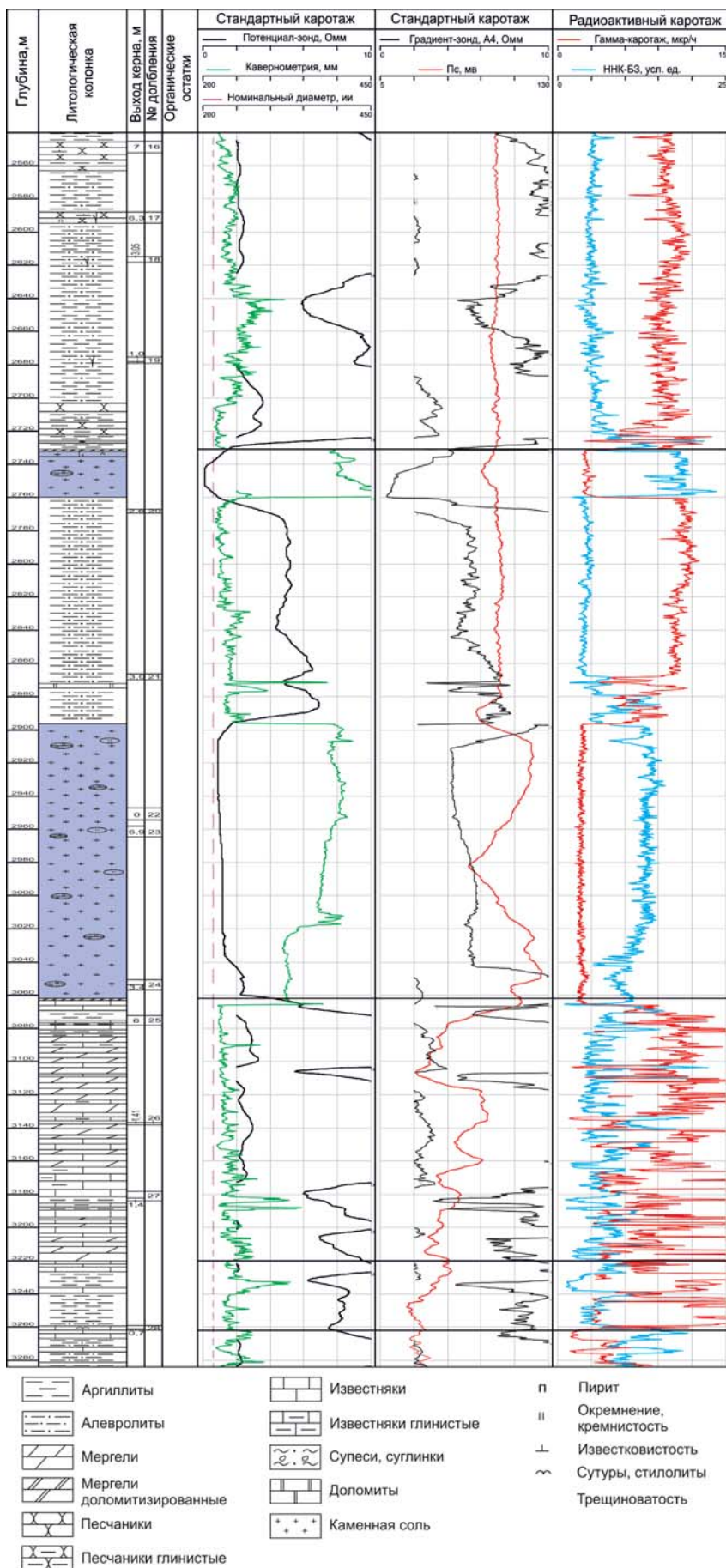


Рис. 2. Соли нижней перми в разрезе скважины 1-Восточно-Лемвинская (использованы материалы филиала ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернигаз»).

обнаружена примесь воднорастворимого пелитового материала. В составе солей примесь SiO_2 – 2-10 %; Al_2O_3 – 1-2 %; Fe_2O_3 – 0.3-0,5; $\text{S}_{\text{общей}}$ – до 1.6 %, K_2O – до 0.7 %. В отличие от ордовикских солей Косью-Роговской впадины (Кочмес, Адак, $\text{O}_{2,3}$), где минеральная примесь не превышает 2 % (SiO_2 – 0.5 %; Al_2O_3 – 0.5 %; Fe_2O_3 – 0.1 %; K_2O – 0.05 %; S – 0.4 %), в солях Восточной-Лемвы содержится от 15 до 20 % минеральной примеси. Для определения минерального состава солей проведен минерально-петрографический и химический анализы. Петрографический и минералогический анализы показали присутствие кварца, пирита, магнетита, обломков пород с карбонатом, обломков пород с кварцем и хлоритом, эпидотом, эпидота с хлоритом, полевыми шпатами.

Методом электронного зондирования изучен минералогический состав обессоленной глинистой части соленосных черных сланцев (растворение солей проводилось при комнатной температуре без дробления образца). В пелитовом осадке выявлены микрокристаллы пирита, кварца, доломита, ангидрита, ортоклаза, апатита. Кристаллы без следов разрушения и окатанности.

По данным ТП НИЦ, вскрытая ниже галогенной толщи часть разреза скв. 1-Восточно-Лемвинская (инт. 3067-3550 м) представлена переслаиванием карбонатных пород (известняков и доломитов) различных тонов серой окраски, неравномерно глинистых известковистых алевролитов, участками стилолитизированных, окремненных, битуминозных, перекристаллизованных и черных глинистых, реже кремнисто-глинистых сланцев с зеркалами скольжения. Толщина слоев от миллиметров до первых метров. Чередование литологических разностей неравномерное, интервалами преобладают тонкослоистые разности. Вблизи забоя сланцы чередуются как с карбонатными породами, так и с темно-серыми и серыми глинистыми алевролитами и алевропесчаниками кварцевого состава. В разрезе выявлены единичные конодонты, датирующие вмещающие отложения в инт. 3178-3262 м франским ярусом верхнего девона, в инт. 3401-3403.3 м – эйфельским ярусом среднего девона. Генетически единый комплекс слоистых карбонатно-сланцевых пород с примесью кремнистого материала, сингенетических битумов и существенно варьирующей по разрезу карбонатной, глинистой и кластической составляющей выделен в ранге карбонатно-терригенной толщи D_2-C_1t . Возраст толщи принят от

фаунистически обоснованного среднего отдела девона до, предположительно, турнейского яруса нижнего карбона, завершающего среднедевонско-турнейский седиментационный цикл (Гудельман и др., 2009; Анищенко и др., 2009). Вскрытая видимая мощность карбонатно-терригенной толщи 422 м.

С глубины 3430 м до забоя на отметке 3550 м в разрезе скважины ниже тектонического нарушения по керну вскрыто неравномерное переслаивание черных аргиллитов, темно-серых глинистых плотных алевролитов, песчаников мелкозернистых, серых или светло-серых и доломитов вторичных мелкокристаллических. По определениям Т.И. Шутовой, породы охарактеризованы пермскими споро-пыльцевыми комплексами. Т.е. соленосные и их подстилающие породы карбонатно-терригенной толщи D_2-C_1 вмещаются толщиной пермских отложений.

В северной части Предуральяского краевого прогиба пермские соли давно известны в Верхнепечорской впадине. По данным В.И. Богацкого и соавторов (Богацкий и др., 1977), «солевые отложения юга Верхнепечорской впа-

дины, слагающие в виде огромной линзы одноименную субформацию, – самые молодые подразделения кунгурского яруса. Наибольшие мощности соленосной толщи (400-470 м) приурочены к синклинальным структурам востока впадины. В сводах антиклиналей соленосные отложения или отсутствуют полностью (Курьинская складка), или же мощность их значительно сокращена (Рассохинская складка). Соленосная толща уверенно разделяется на три горизонта – подстилающей каменной соли, калийно-магневых солей и покровной каменной соли. Вертикальная зональность Верхнепечорского соленосного бассейна представляет собой аналогю той зональности, которая была установлена в Верхнекамском бассейне.

Горизонт подстилающей каменной соли представлен разнозернистой галитовой породой, серой с желтоватым оттенком, с примесью пелитового материала, содержание которого в большинстве случаев не превышает 10 %. В нижней части горизонта отмечаются алевроито-глинистые прослои, образующие вместе с каменной солью пачку мощностью 6-30 м. Вблизи кровли горизонта прослеживается вторая 2-10- метровая галопелитовая пачка. Мощность подстилающей каменной соли 120-130 м на западе района и более 400 м на востоке.

Горизонт калийно-магневых солей состоит из карналлитовых пород и сильвинитов с большим количеством прослоев глины и каменной соли. Сильвиниты представлены пятнистой и тонкослоистой разновидностями. Пятнистый сильвинит разнозернистый, массивный, молочно-белый и ярко-желтый с сургучно-красными каемками, со значительной примесью пелитового материала. Вторая разновидность состоит из чередующихся (1-3 см) прослоев красного сильвинита и галита. Карналлитовая порода обычно красная (но есть и лимонно-желтая), слоистая и массивная с примесью и прослоями галита и сильвинита. На западе бассейна по минеральному составу в горизонте с востока на запад выделяются три зоны: 1) преимущественного развития сильвинитовых пород, 2) чередования сильвинитов и карналлитовых пород с присутствием смешанной сильвинито-карналлитовой породы и 3) преобладание карналлитовых пород. В составе горизонта этой части бассейна выделено семь пластов мощностью до 8.0 м. Средневзвешенное содержание хлористого калия в отдельных, как правило, маломощных (0.3-1.0 м) пластах поднимается до 32-44 %, а хлористого магния – до 26 %. Для кондиционных пластов мощностью не менее 1.5 м эти содержания соответственно колеблются в пределах 15-17 и 16-24 %. В основании горизонта прослеживаются два пласта сильвинита. Выше пласты сложены как сильвинитом, так и карналлитовой породой. Взаимоотношения между последними носят, по мнению А.А. Иванова, фациальный характер (Иванов, Воронова, 1968).

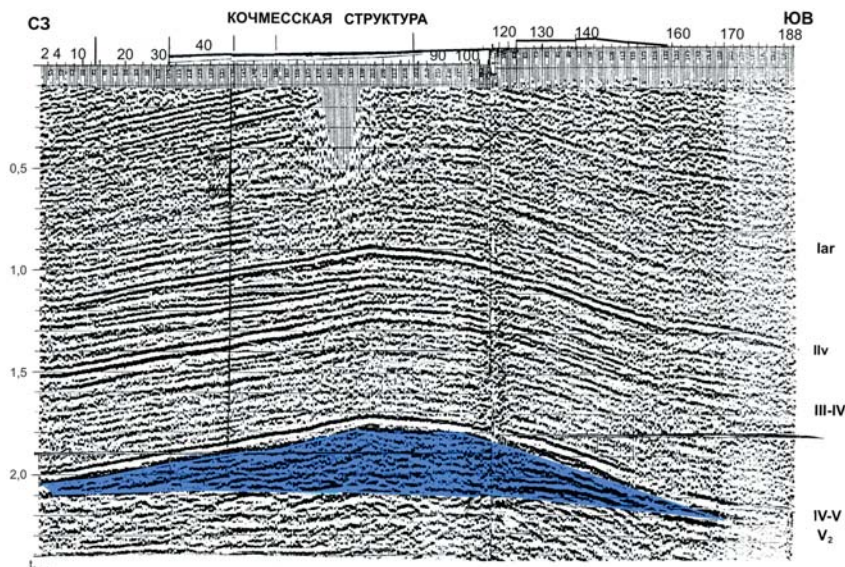


Рис. 3. Косью-Роговская впадина. Ордовикские соли на Кочмеской площади.

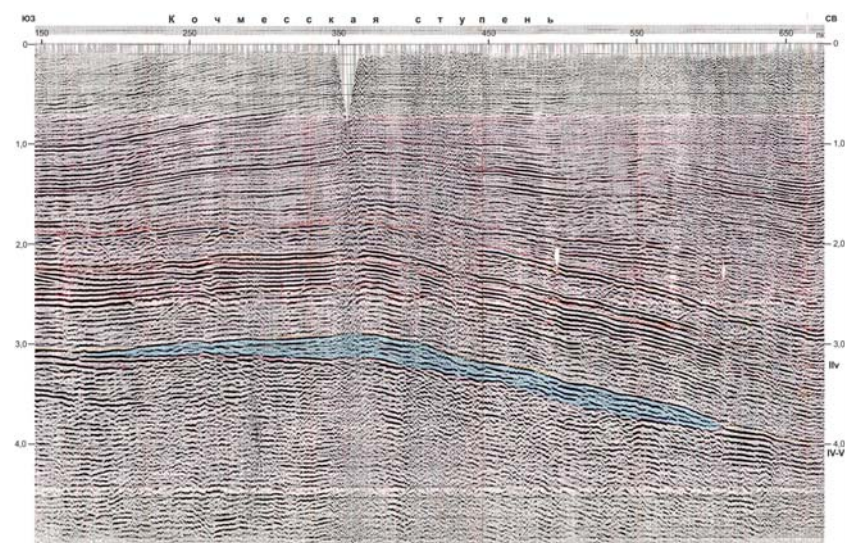


Рис. 4. Кочмеская ступень. Соли ордовика на фрагменте временного разреза профиля 50489-07.

Общая мощность горизонта меняется от 10 до 52 м. Суммарная мощность калийно-магниевых солей колеблется от 2 до 26 м. Самые высокие значения приурочены к западному участку бассейна.

Горизонт покровной соли слагается галитом с гнездами и примазками серой алевритовой глины. Мощность горизонта не превышает 25 м.

По современным представлениям, район развития соленосных пород кунгурского яруса в Верхнепечорской впадине ограничивается южной периклиналью Вуктыльской складки.

Анализ сейсмических материалов МОГТ по участкам проявления в разрезе ордовикских солей позволяет установить их образ на временных сейсмических разрезах, что в свою очередь позволяет судить о масштабах их развития на северо-востоке Европейской платформы (Богданов, 2004). По привязке волновой картины к разрезам скважин на Кочмесской площади установлено, что кровля солевмещающих образований располагается под динамически выразительным горизонтом IV-V (S-O) (Рис. 3), ниже которого наблюдается хаотическая волновая картина, а ее подошву контролирует субгоризонтально прослеживающийся отражающий горизонт V_2 . Хаотическая волновая картина между этими двумя отражающими горизонтами на временных разрезах имеет линзовидную веретенообразную форму. Можно представить, что Кочмесская брахиантиклинальная складка, прослеживаемая выше ОГ IV-V по отложениям силура, девона, карбона и перми с сопоставимыми размерами и альтитудой, имеет явное солянокупольное происхождение. Временной интервал солевмещающей толщи Δt изменяется от 50 до 300 мс, что соответствует 100-600 м.

Линзовидный характер сейсмической записи можно наблюдать в ордовикской части разреза к югу от Кочмесской структуры на профилях 50489-07 (Рис. 4), 17-РС, 13-РС. Яркая линзовидная картина бросается в глаза в основании осадочных пород на Нерцетинской структуре, прижатой к гряде Чернышева (Рис. 1, 5).

Значительный раздув толщин ордовикских отложений на временном разрезе профиля 30-РС2 (Рис. 6) до 1100 мсек (до 2.0 км) соответствует Прилемвинскому валу, который может иметь инверсионное происхождение.

Анализ сейсмических материалов МОГТ показывает, что линзовидная в поперечном сечении аномалия волнового поля ярко наблюдается на Воргамусюрской площади гряды Чернышева (Рис. 7). Здесь толщина соответствующих ей солевмещающих отложений может достигать 2 км.

Скважина 2-Адакская расположена на сейсмическом профиле 20993-04. Хаотическая запись внутри линзы, характерная для соленосных пород, на данном временном разрезе в точке скважины № 2 занимает интервал 800-1150 мсек, т.е. 350 мсек. В скважине толщина соленосных пород составляет 935 м, тогда пластовая скорость составит 5340 м/сек. Хотя правильное скорость определять по данным сейсмокаротажа.

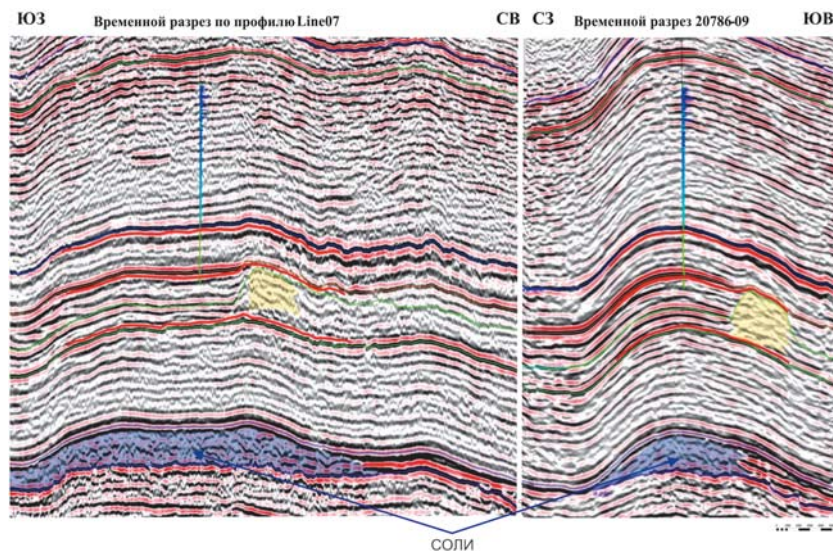


Рис. 5. Ордовикские соли Нерцетинской структуры на временных разрезах (из материалов Утопленникова В.К., Никонова Н.И. и др., 2012).

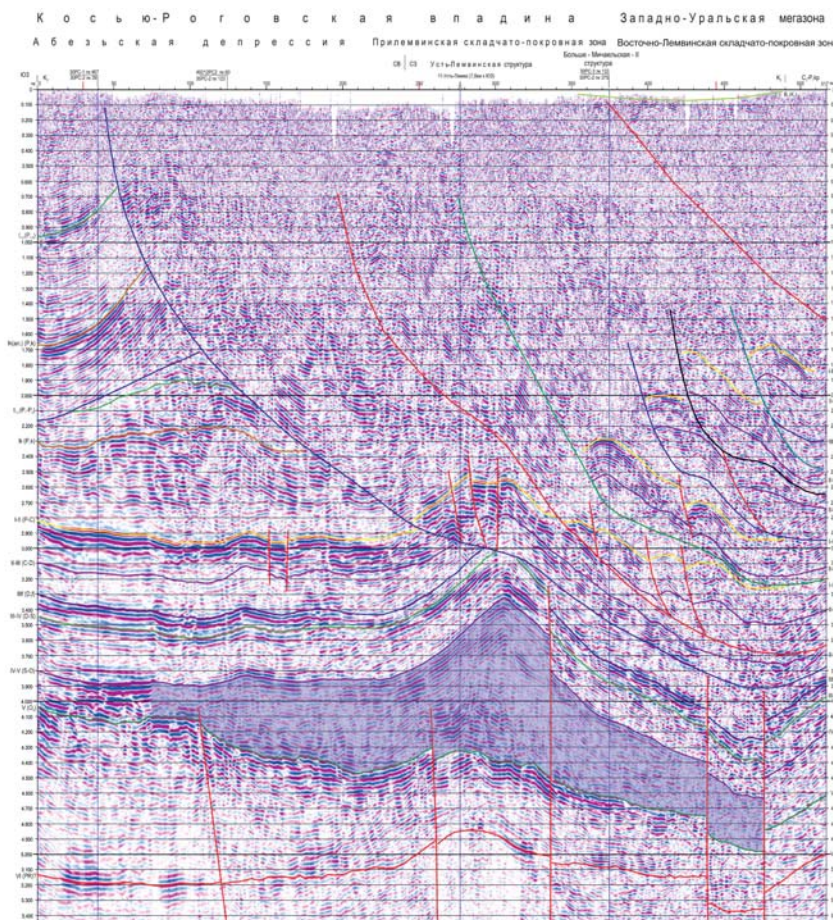


Рис. 6. Ордовикские соли Прилемвинского вала в Косью-Роговской впадине на временном разрезе (с использованием материалов ОАО «Севергеофизика»).

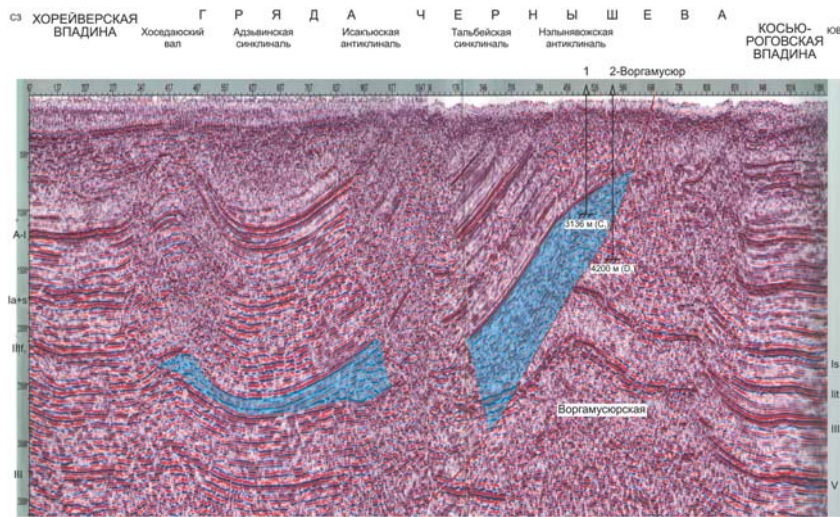


Рис. 7. Волновая картина гряды Чернышева на композитном временном разрезе.

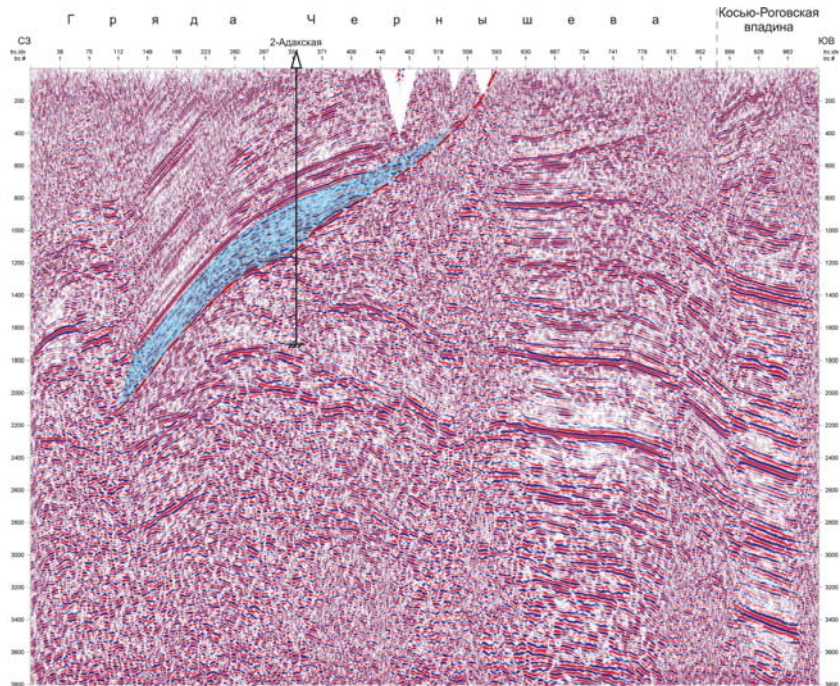


Рис. 8. Ордовикские соли в скважине 2-Адакская на фрагменте временного разреза 20993-04.

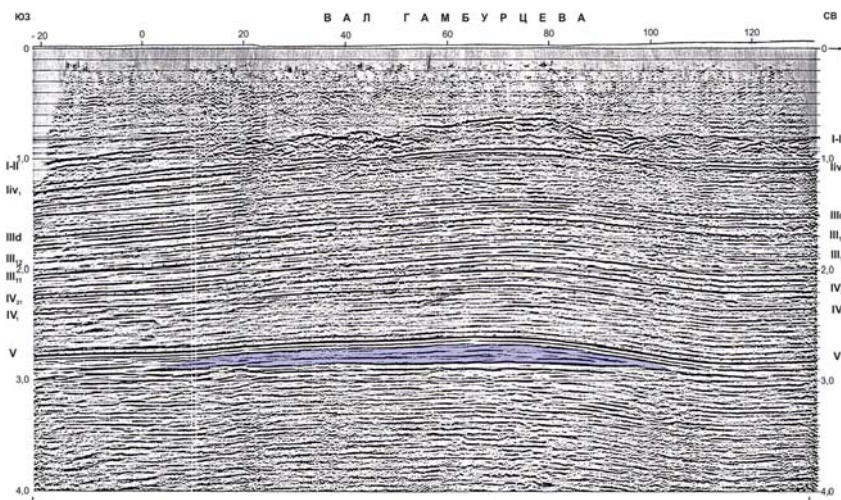


Рис. 9. Ордовикские соли на северной периклинали вала Гамбургцева.

Временные разрезы сейсмических профилей скважин Воргамусюрской и Адакской площадей, удаленных друг от друга на 15-20 км, показывают их принадлежность к аллохтонному блоку с триасово-ордовикскими породами, в основании которого залегают пластичные верхнеордовикские соли. На временных разрезах (Рис. 7, 8) соли имеют линзовидное сечение с видимой толщиной до 400 мсек и более, что соответствует толщинам до 1000 м и более. Аллохтонный блок перекрывает автохтон с Воргамусюрской структурой, прослеживающейся в диапазоне отложений от ордовика до перми. Западное крыло структуры в автохтоне оборвано взбросо-надвигом с западным падением плоскости, а восточное крыло амплитудой до 1000 мсек падает на юго-восток в Косью-Роговскую впадину и осложнено разломом субвертикального направления. Амплитуда этого крыла по кровле силурийских отложений превышает 1000 м.

По результатам опробования карбонатов силура-нижнего девона в скважине 2-Адакская выявлена небольшая тектонически экранированная нефтяная залежь с ВНК на отметке минус 4065 м. С нашей точки зрения, такой результат следует считать предварительным, но многообещающим. Дело в том, что все предыдущие интерпретаторы сейсмических материалов выбрали за основу очень сложную геологическую модель, когда аллохтонная пластинка надвинута на восток на отложения Косью-Роговской впадины на 15 км. Этого не может быть, так как такой модели противоречат данные грави-магниторазведки, сейсморазведки, геологической съемки.

Приводимые в данной статье временные разрезы всех сейсмических профилей Воргамусюрской и Адакской площадей позволяют составить модель, когда аллохтонный блок выдвинут на восток на 5.0-6.0 км, как это показано на примере профиля 20993-04 (Рис. 8). Такая модель требует новой интерпретации материалов с тщательным подбором скоростей для учета ложных структур под высокоскоростным аллохтонным блоком. Составление такой модели позволит выполнить новые структурные построения для автохтона, и вполне может оказаться, что свод Воргамусюрской структуры по отложениям палеозоя находится значительно южнее пробуренных скважин на Адакской и Воргамусюрской структурах. А потому вполне может оказаться, что скважина 2-Адакская в силурийско-нижнедевонских карбонатах вскрыла далекую северную периклинали значительной по запасам залежи.

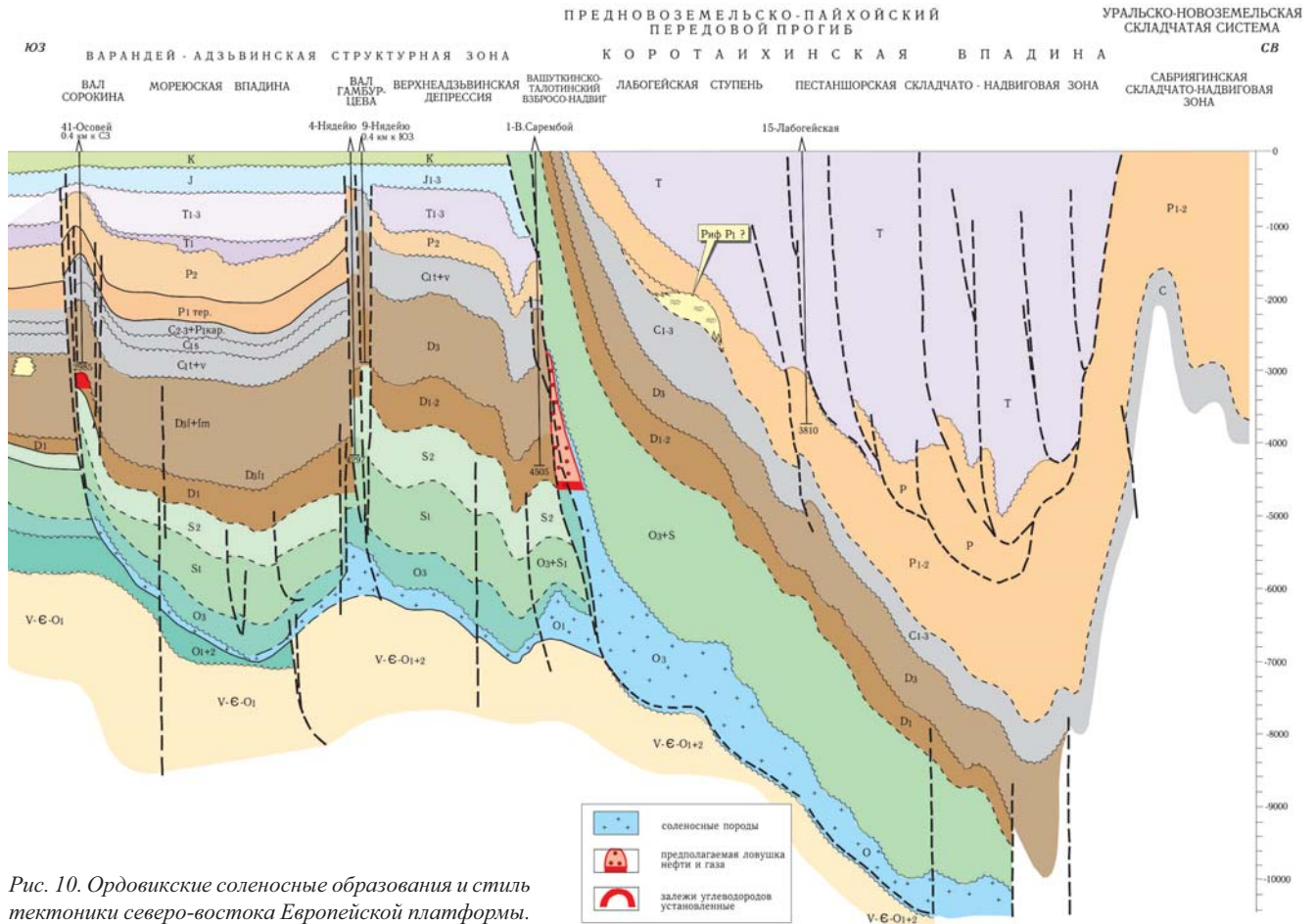


Рис. 10. Ордовикские соленосные образования и стиль тектоники северо-востока Европейской платформы.

Наиболее высокое гипсометрически положение ордовикско-девонские отложения рассматриваемого автохтона занимают на широте Кочмесской и Поварницкой структур (Рис. 1), что подтверждается притоками УВ на этих площадях. А потому эту часть Кочмесской ступени следует рассматривать как наиболее вероятную для существования разнотипных ловушек УВ на глубинах от 3.0 до 6.0 км, в том числе в подсолевой толще.

Линзовидный характер имеют толщи отложений в ордовикской части разреза в основании вала Гамбурцева, на далекой его северной периклинали в пределах Леккейягинской площади (Рис. 9).

Наиболее впечатляющая волновая картина наблюдается в юго-западной прибортовой части Кортаихинской впадины, где под «козырьком» Вашуткинско-Талотинского взбросо-надвига на всем его 80-километровом протяжении до мыса Синькин Нос можно видеть линзу солей толщиной до 2 км, под которой выделяется приразломный вал с возможной ловушкой УВ. Вал имеет протяженность свыше 80 км и амплитуду в сотни метров и уходит под воды Баренцева моря. Верхняя кромка подсолевых пород залегают на доступных для бурения глубинах 4-5 км (Рис. 10).

Иная картина наблюдается на временных разрезах сейсмических профилей в районе скважины 1-Восточно-Лемвинская на востоке Косью-Роговской впадины. Здесь по данным сейсмокаротажа привязан к временным разрезам сейсмических профилей 50492-14, 50492-05 вскрытый скважиной 300-метровый солевмещающий интервал, который представляет собой хаотическую запись динамически выразительных осей синфазности (Рис. 11).

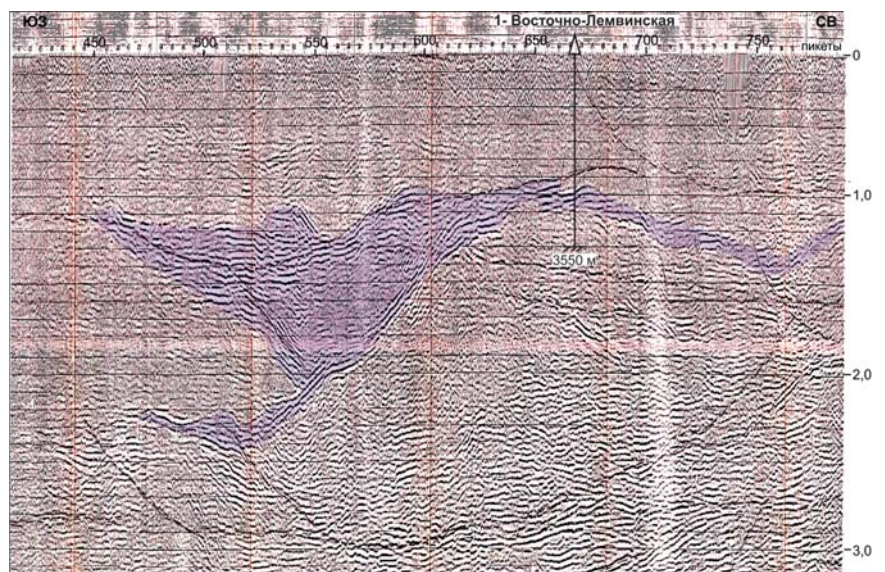


Рис. 11. Соли нижней перми на фрагменте временного разреза профиля 50492-05 (составил Богданов Б.П., 2015)

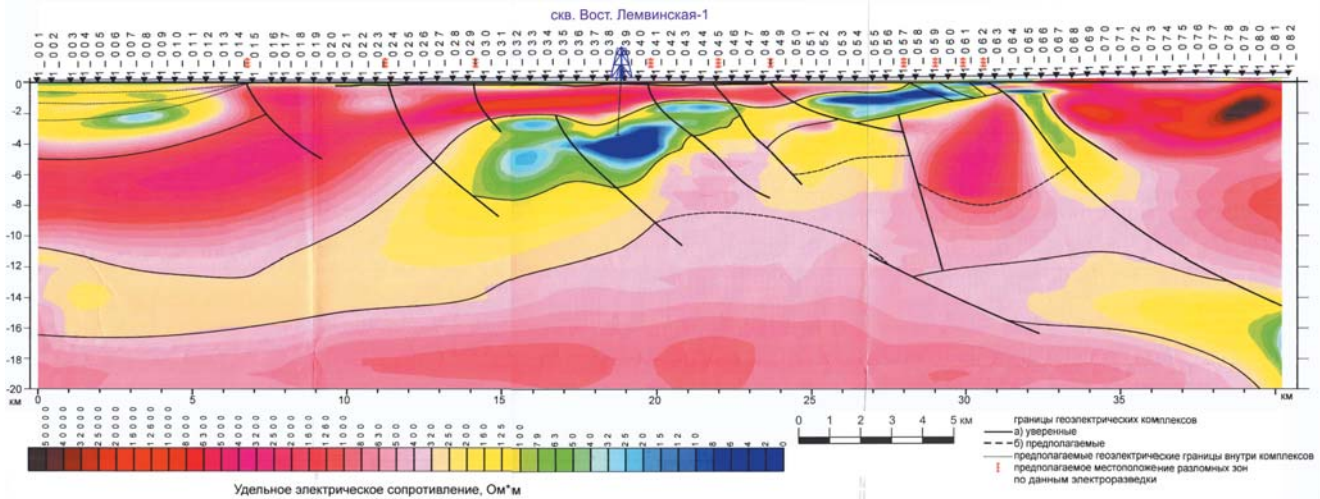


Рис. 12. Геоэлектрический разрез по данным МТЗ через скважину 1-Восточно-Лемвинская (по ЗАО КЦ «Росгеофизика»).

С позиции геологической интерпретации можно представить, что линза солей сформировалась здесь в отшнурованной от океана лагуне поднимающимся Палеоуралом. Такое явление могло произойти в кунгурском веке, когда продолжалось замыкание Сибирского палеоокеана, а в скважине солевмещающей толщей являются отложения, охарактеризованные уверенными пермскими спорово-пыльцевыми комплексами. Хаотическая сейсмическая запись с динамическими короткими отражениями внутри пространственно примыкает с запада к выходам на склоне Урала девонско-каменноугольных отложений, и может иметь протяженность свыше 100 км и ширину до 40 км, размещаясь к востоку от зоны Лемвинского барьерного рифа.

Такой интерпретации не противоречат данные электроразведки МТЗ, выполненной ЗАО КЦ «Росгеофизика» по субширотному профилю, проходящему через скважину 1-Восточно-Лемвинская. Здесь соли имеют четкую картину из 2-х аномалий минимумов удельного электрического сопротивления, что и должно соответствовать солям (Рис. 2, 12) В поле локальной составляющей гравитационного поля солям могут соответствовать полосовые минимумы субуральского простирання.

Палеорекострукции к началу силурийского времени показывают, что на месте линзовидных раздувов солей могли находиться прогибы-ванны, разделяющие современные Хорейверский, Косью-Роговской и Коротаихинский тектонические блоки. Прогибы испытали многоэтапную инверсию, проявления которой установлены на рубеже перми-триаса, триаса-юры, в постюрское время.

В современном виде участки гряды Чернышева, Чернова, Вашуткинско-Талотинского взбросо-надвига отличаются сложным тектоническим строением, когда на земную поверхность с глубины 4-5 км в системы положительных форм подняты отложения силура-девона-карбона (Рис. 13). Стиль названных тектонических дислокаций явно связан с наличием в разрезе пластичных солей, способствовавших инверсии и складкообразованию.

Для авлакогенов типа Печоро-Колвинского, ограничивающего Хорейверский блок с запада, характерно ограничение тектоническими нарушениями или их системами с проявлениями магматизма, наличие прижатых к нарушениям грабенообразных блоков-ванн с повышенными тол-

щинами ордовикско-верхнедевонских отложений суммарной толщиной до 7.0 км, инверсионная природа валов, состоящих из кулисообразно сочленяющихся антиклинальных структур, уменьшение толщин вышележащих каменноугольно-триасовых отложений. Вдоль внешних и внутренних разломов авлакогена развиты разнотипные рифовые постройки, зародившиеся в доманиковое время.

Все эти черты присущи Варандей-Чернышевскому авлакогену, включающему Варандей-Адзьвинскую структурную зону и гряду Чернышева, ограниченные тектоническими нарушениями и имеющими нарушения внутри (Грунис и др., 2001). Внутри этого авлакогена в пределах валов и валообразных поднятий можно видеть увеличенные толщины ордовикско-нижнедевонского комплекса (Рис. 13), их инверсионную природу, проявления базальтовых покровов триаса.

Вдоль западного ограничения Варандей-Чернышевского авлакогена сформировались (с севера на юг) Варнаутская, Пасседская, Восточно-Хорейверская, Северо-Хоседаюская, Ладотынская, Понтывическая, Суборская и многие другие доманиково-фаменские карбонатные органогенные постройки. С севера на юг вдоль восточного борта данного авлакогена известны Рифовая, Падимейская, Нерцетинская, Западно-Интинская постройки. Внутри авлакогена постройки установлены по данным бурения и сейсморазведки на Западной Леккейяге, на Воргамусюрской структуре, в обнажениях по рекам Шер-Нядейта, Шарью.

Совокупность данных бурения, сейсморазведки, геологических, геофизических съемок позволила в Косью-Роговской и Коротаихинской впадинах, в Варандей-Чернышевском авлакогене предположить по установленным критериям широкое развитие в ордовикских отложениях солей. Считается, что соли являются хорошими флюидоупорами, способными удерживать залежи УВ. Обширная территория распространения солей в совокупности со структурным планом кровли протерозойских отложений позволяют наметить нам участки наиболее вероятного обнаружения под солями скоплений УВ на глубинах до 7.0 км: центральная часть Кочмесской ступени, Ярвожский свод, Сарембой-Леккейягинская зона, Вашуткинско-Талотинский автохтон, Коротаихинская впадина.

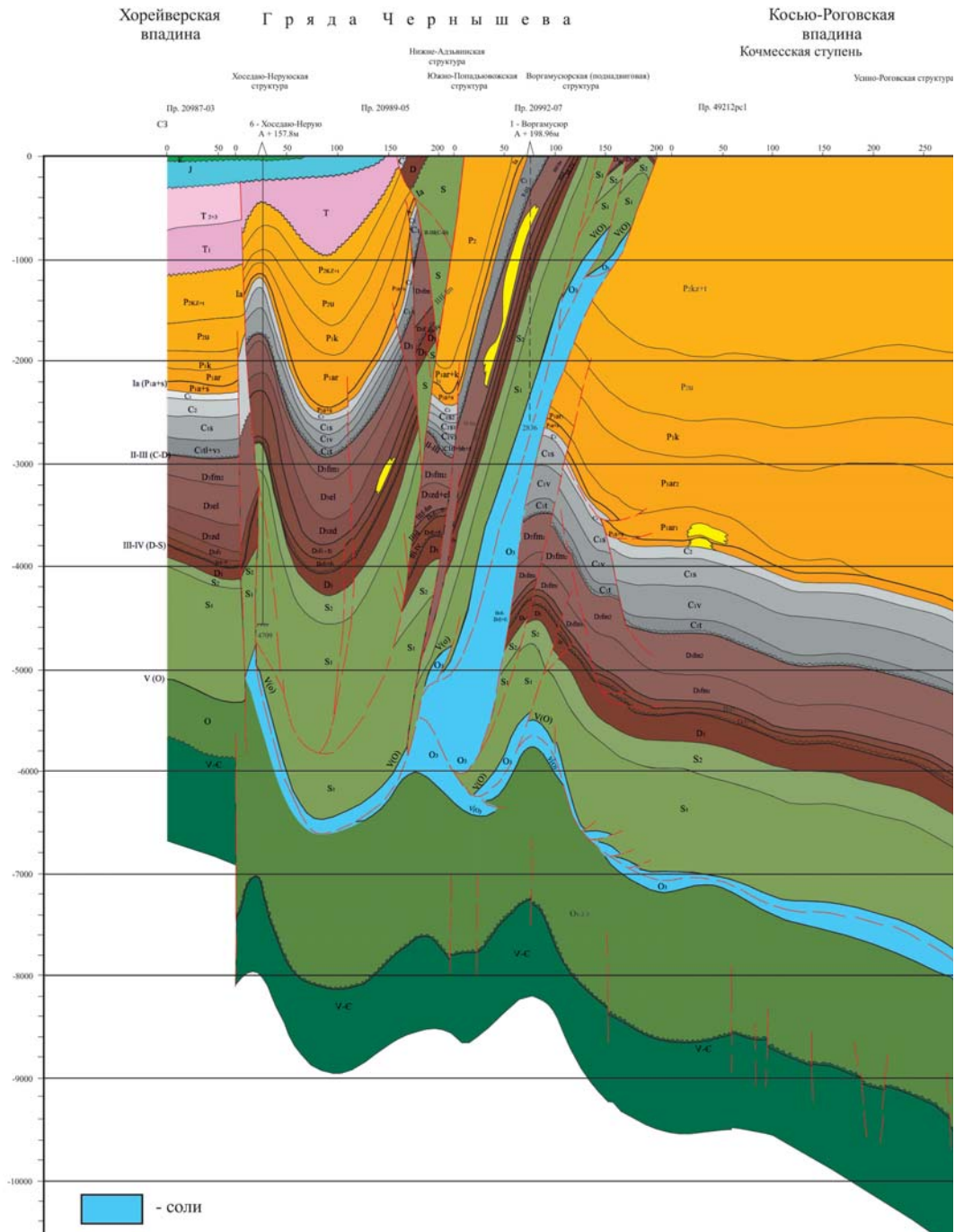


Рис. 13. Сейсмогеологический разрез по профилю 12-РС, иллюстрирующий авлакогенную инверсионную природу гряды Чернышева.

Показана особая роль ордовикских солей в создании инверсионно-взбросо-надвигового стиля тектоники Варандей-Чернышевского авлакогена, гряды Чернова, что должно способствовать более целенаправленной и обоснованной интерпретации геолого-геофизических данных.

Литература

Анищенко Л.А., Гудельман А.А., Клименко С.С. и др. Особенности состава соленосных нижнепалеозойских отложений скважины 1-Восточно-Лемвинская. *Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Мат. XV Геологического съезда Республики Коми*. Т.П. 2009. 444 с.

Богацкий В.И., Иванов А.В., Агулов С.Н. Условия соленакопления в Верхнепечорском соленосном бассейне Коми АССР.

Проблемы осадконакопления. Т. II. Новосибирск: Наука. 1977. С. 138-141.

Богданов Б.П. Соленосные бассейны Европейской платформы и некоторые особенности тектоники в связи с перспективами нефтегазоносности. *Геофизика*. 2004. № 4. С. 55-59.

Грунис Е.Б., Богданов Б.П., Гагарин С.В., Давиденко Б.И. Перспективы нефтегазоносности сложнопостроенных тектонических элементов Тимано-Печорской провинции на примере гряды Чернышева. *Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений*. 11/2001. С. 28-33.

Гудельман А.А., Лютиков Н.В., Анищенко Л.А. Новые сведения о геологии Лемвинской структурно-формационной зоны по результатам бурения скважины 1-Восточно-Лемвинская. *Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: Мат. XV Геологического съезда Республики Коми*. Т.П. 2009. 444 с.

Островский М.И., Богданов В.П., Никонов Н.И., Богданов Б.П. Прогноз рифогенных зон газонакопления Косью-Роговской впадины. *Советская геология*. 7/1987. С. 24-27.

Для цитирования: Грунис Е.Б., Ростовщиков В.Б., Богданов Б.П. Соли ордовика и их роль в особенностях строения и нефтегазоносности северо-востока Тимано-Печорской провинции. *Георесурсы*. 2016. Т. 18. № 1. С. 13-23. DOI: 10.18599/grs.18.1.3

Сведения об авторах

Евгений Борисович Грунис – д. геол.-мин. н., профессор, академик РАЕН, заслуженный геолог РФ, заслуженный работник Республики Коми, Руководитель дирекции по научной работе, ОАО «Институт геологии и разработки горючих ископаемых» («ИГиРГИ»)

Россия, 117312, Москва, ул. Вавилова, д.25, корп. 1
Тел: +7(495)923-43-23, e-mail: igirgi@orc.ru

Владимир Борисович Ростовщиков – к. геол.-мин. н., заведующий кафедрой геологии горючих и твердых полезных ископаемых, заслуженный геолог РСФСР, заслуженный работник Республики Коми

Тел: +7(8216)78-40-13, e-mail: vrostovchikov@ugtu.net
Борис Павлович Богданов – к. геол.-мин. н., доцент
Тел: +7(8216)76-12-72, e-mail: bp.bogdanov.vnigri@tpnic.ru

Ухтинский государственный технический университет
Россия, 169300, Ухта, ул. Первомайская, д. 13

Ordovician Salts and Their Role in the Structure and Oil and Gas Potential of the Northeast of the Timan-pechora Province

E.B. Grunis¹, V.B. Rostovschikov², B.P. Bogdanov²

¹JSC Institute of Geology and Fuels Development (IGiRGI), Moscow, Russia

²Ukhta State Technical University, Ukhta, Russia

Received January 11, 2016

Abstract. In the northeast of the Timan-Pechora province for the last 35 years wells penetrated salt-bearing deposits at depths of 3.0 to 6.0 km of the Upper Ordovician, sometimes containing gas deposits. Analysis of the data allowed us to determine the criteria for allocating salts by means of geological and geophysical methods; to identify areas of their development in Kosyu-Rogovsky and Korotaikhinsky depressions, Varandey-Chernyshevsky aulacogene; to establish a decisive role in the creation of tectonics in the northeast of the province; to outline traps in the pre-salt complex. It is believed that salts are good confining beds, able to hold hydrocarbon deposits. The vast territory of salts in conjunction with the structural plan of Proterozoic sediments top makes it possible to identify areas of possible hydrocarbon accumulations under salts at depths of up to 7.0 km: the central part of Kochmessky stage, Yarvozhsky arch, Saremboy-Lekkeyyaginsky area, Vashutkinsko-Talotinsky autochthonous, Korotaikhinsky depression. The special role of Ordovician salts is shown in the creation of inversion-upthrust-overthrust tectonics of Varandey-Chernyshevsky aulacogene, Chernov ridge. It should contribute to a more focused and reasonable interpretation of geological and geophysical data.

Keywords: Timan-Pechora province, well, core, salt, seismic survey, aulacogene, oil, gas

References

Anischenko L.A., Gudelman A.A., Klimenko S.S. et al. Features of salt-bearing Lower Paleozoic deposits of the well 1-Vostochno-Lemvinsky. *Geologiya i mineral'nye resursy evropeyskogo severo-vostoka Rossii: Materialy XV Geologicheskogo s'ezda Respubliki Komi* [Proc. XV Geological Congress of the Komi Republic «Geology and mineral resources of the European North-East of Russia»]. T. II. 2009. 444 p.

Bogatitskiy V.I., Ivanov A.V., Agulov S.N. Usloviya solenakopleniya v Verkhnepechorskom solenosnom bassejne Komi ASSR [Conditions of salt accumulation in Verkhnepechorsky salt-bearing basin of the Komi Republic]. *Problemy osadkonakopleniya* [The problems of sedimentation]. Vol. II. Novosibirsk: Nauka Publ. 1977. Pp. 138-141.

Bogdanov B.P. Salt basins of the European platform and some

features of tectonics in connection with oil and gas potential. *Geofizika* [Geophysics]. 2004. № 4. Pp. 55-59. (In Russ.)

Grunis E.B., Bogdanov B.P., Gagarin S.V., Davydenko B.I. Prospects for oil and gas potential of complex tectonic elements of the Timan-Pechora province by the example of the ridge Chernyshev. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh mestorozhdeniy* [Geology, geophysics and oil field development]. 11/2001. Pp. 28-33. (In Russ.)

Gudelman A.A., Lyutikov N.V., Anischenko L.A. New data on the geology of Lemvinsk structural-formational zone on the results of the well-drilling 1-East Lemvinsk. *Geologiya i mineral'nye resursy evropeyskogo severo-vostoka Rossii: Materialy XV Geologicheskogo s'ezda Respubliki Komi* [Proc. XV Geological Congress of the Komi Republic «Geology and mineral resources of the European North-East of Russia»]. V. II. 2009. 444 p.

Ostrovskiy M.I., Bogdanov V.P., Nikonov N.I., Bogdanov B.P. Prognoz rifogennykh zon gazonakopleniya Kos'yu-Rogovskoy vpadiny [Prediction of gas accumulation reefogenic zones in Kosyu-Rogovsky Basin]. *Sovetskaya geologiya* [Soviet geology]. 7/1987. Pp. 24-27.

For citation: Grunis E.B., Rostovschikov V.B., Bogdanov B.P. Ordovician Salts and Their Role in the Structure and Oil and Gas Potential of the Northeast of the Timan-pechora Province. *Georesursy* [Georesources]. 2016. Vol. 18. No. 1. Pp. 13-23. DOI: 10.18599/grs.18.1.3

Information about authors

Evgeniy B. Grunis – Doctor of Science, Professor, Chief Scientific Officer, JSC Institute of Geology and Fuels Development (IGiRGI)

Russia, 117312, Moscow, Vavilova str, 25, build. 1

Phone: +7(495)923-43-23, +7(499)124-91-55, e-mail: igirgi@orc.ru

Vladimir B. Rostovschikov – PhD, Head of the Chair of Geology of fossil fuels and solid minerals, Ukhta State Technical University. Phone: +7(8216)78-40-13, e-mail: vrostovchikov@ugtu.net

Boris P. Bogdanov – PhD, Associate Professor, Ukhta State Technical University. Phone: +7(8216)76-12-72, e-mail: bp.bogdanov.vnigri@tpnic.ru

Russia, 169300, Ukhta, Pervomayskaya str., 13