

УДК 551.835.1/.836.1(268.45)

Суворова Е.Б.ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга», г. Санкт-Петербург, Россия, suvork@inbox.ru

ЛИТОЛОГИЯ И ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ВЕРХНЕВИЗЕЙСКО-НИЖНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ПЕЧОРСКОГО ШЕЛЬФА

Описаны литология и обстановки накопления верхневизейско-нижнепермских карбонатных отложений шельфа Печорского моря, представлены литолого-фациальные схемы и литолого-стратиграфический разрез. Выявлены два основных этапа осадконакопления: поздневизейско-серпуховский и среднекаменноугольно-раннепермский. Этапы разделяются друг от друга перерывом, приуроченным к раннебашкирскому времени. Оба этапа характеризованы присутствием органогенных построек, простирающие зоны развития которых в течение поздневизейско-раннепермского времени постепенно сместились с северо-востока на северо-запад и запад. В целом, в каменноугольно-раннепермское время условия осадконакопления с мелководных сменились на относительно-глубоководные.

Ключевые слова: карбонатные породы, литология, обстановки накопления, литолого-фациальные схемы, Печорский шельф.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность изучения верхневизейско-нижнепермских карбонатных отложений очевидна, так как они слагают один из перспективных нефтегазоносных комплексов, с которым связаны залежи нефти и газоконденсата всех открытых месторождений Печорского шельфа: Долгинского, Приразломного, Северо-Гуляевского и др. Породы комплекса в разной степени вскрыты всеми глубокими скважинами, их мощность варьирует от 326 м - скв. 1-Бугринская до 620 м - скв. 1-Приразломная. Стратиграфия отложений охватывает диапазон от верхнего подъяруса визейского яруса нижнего отдела каменноугольной системы до сакмарского яруса нижнего отдела пермской системы. В основном, подстилающим комплексом служат нижневизейские терригенные породы, но на о. Колгуев верхневизейский разрез, начинающийся с пород алексинского горизонта, несогласно залегает на среднефаменских и турнейских отложениях [Преображенская, Устрицкий, Бро, 1995], а по данным сейсморазведки МОВ ОГТ в юго-западной части о-ва Колгуев наблюдается полное выклинивание визейских пород [Суворова, Вискунова, Преображенская, 2010]. Каменноугольно-нижнепермские карбонатные отложения перекрываются артинско-кунгурскими карбонатно-терригенными породами, а в районе Медынского вала - аргиллитами нижнего триаса.

Изучением литологии и палеогеографии характеризуемых отложений занимались Е.Г. Бро, Э.Н. Преображенская, В.М. Комарницкий, В.И. Устрицкий, Л.Г. Пovyшева, Е.С. Миролюбова, М.С. Зонн и др. Обобщающие сведения о литологии и стратиграфии пород приведены в [Государственная геологическая..., 2003; Басов и др., 2009]. В основном, исследователями уделялось внимание ассельско-сакмарскому интервалу разреза [Бро и др., 1993; Вискунова, Супруненко, Преображенская, 2002], так как с ним связано развитие органогенных построек – потенциально перспективных объектов на поиски залежей нефти и газа. К настоящему времени установлена продуктивность верхневизейских и средне-верхнекаменноугольных пород, но анализ литолого-фациальной зональности этих отложений не проводился. Между тем, эта информация позволяет прогнозировать распространение по площади коллекторских и экранирующих толщ.

Целью работы было установить литолого-фациальную зональность каменноугольно-нижнепермских карбонатных отложений. В задачи исследования входили: сопоставление разрезов глубоких скважин, обобщение и систематизация данных по литологии и стратиграфии, уточнение литологической характеристики пород, реконструкция условий их образования, составление литолого-фациальных схем.

МАТЕРИАЛЫ ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ

Основой для исследования послужили материалы полученные при бурении глубоких скважин на Печорском шельфе и острове Колгуев (рис. 1). Освещенность каменноугольно-нижнепермского разреза керновым материалом низкая, а в некоторых скважинах отбор керна не осуществлялся, как например, в скв. 1-Паханческая. В среднем по скважинам проходка с отбором керна колеблется от 40 до 147 м, при этом вынос керна варьирует от 25 до 100 %.

Был изучен керн и шлифы скважин 2 и 4, пробуренных на месторождении Медынское-море в 2001 и 2005 гг. соответственно. В этих скважинах рассматриваемый интервал разреза в наибольшей степени охарактеризован керном, при этом в одной из них проходка с отбором керна составляет 220 м, а вынос керна достигает 100 %.

Параллельно изучены 344 образца кернового материала скважин – 202-Северо-Западная, 1-Бугринская, 4-Песчаноозерская, 1-Поморская; исследовано более 550 шлифов из образцов керна и шлама, рассмотрены описания керна. По скважинам 1-Приразломная, 1-Северо-Гуляевская, 1, 2-Варандей-море привлекались описания керна выполненные Э.Н. Преображенской, Л.Г. Пovyшевой, Н.В. Устиновым. По всем скважинам были рассмотрены данные геофизических исследований скважин (ГИС).

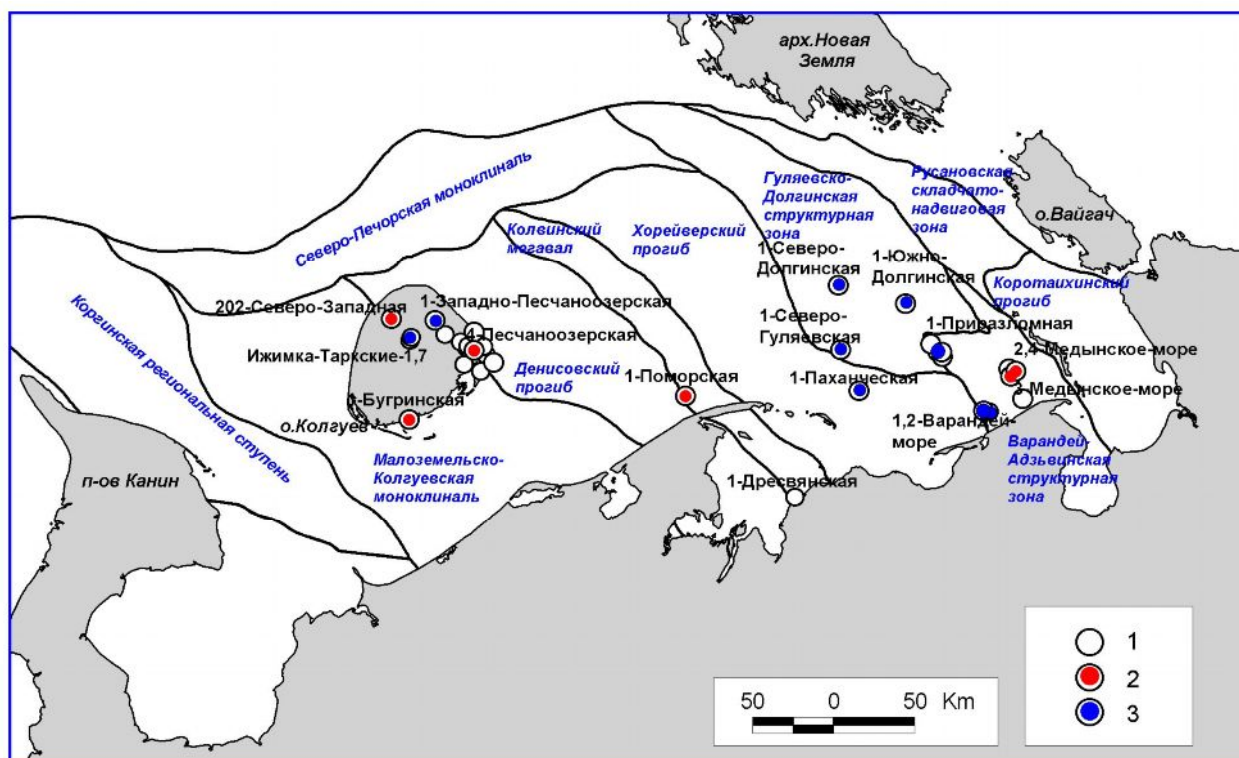


Рис. 1. Карта расположения скважин на Печорском шельфе и о. Колгуев

1 – глубокие скважины; 2 – скважины, по которым изучен каменный материал, шлифы, данные ГИС; 3 – скважины, по которым привлекались описания керн и данные ГИС.

Использованы палеонтологические определения возраста: по фораминиферам А.И. Николаева, М.Н. Изотовой, М.Ф. Соловьевой, по фузулинидам Т.Н. Исаковой, В.И. Давыдова, по кораллам О.Л. Коссовой, приведенные в фондовых отчетах ФГУП «ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга». Границы между стратиграфическими подразделениями выделены на основании палеонтологических определений и прослежены в скважинах по данным ГИС. Расчленение разрезов о. Колгуев проводилось по результатам изучения керн параметрических скважин [Преображенская, Устрицкий, Бро, 1995].

Морские скважины сопоставлялись со скважинами сухопутной части Тимано-Печорской провинции, при этом возраст прослеживаемых на шельфе стратиграфических подразделений уточнялся по палеонтологическим данным [Государственная геологическая..., 2003].

Описаны типы разрезов, проведена корреляция разрезов скважин (рис. 2) и выполнен фациальный анализ отложений, на основе которого составлены литолого-фациальные схемы. Выявление фациальных зон в некоторых случаях основано либо на единичных разрезах, либо исходя из общих закономерностей распределения фаций с учетом данных по сухопутной части Тимано-Печорской провинции [Жемчугова, 1998].

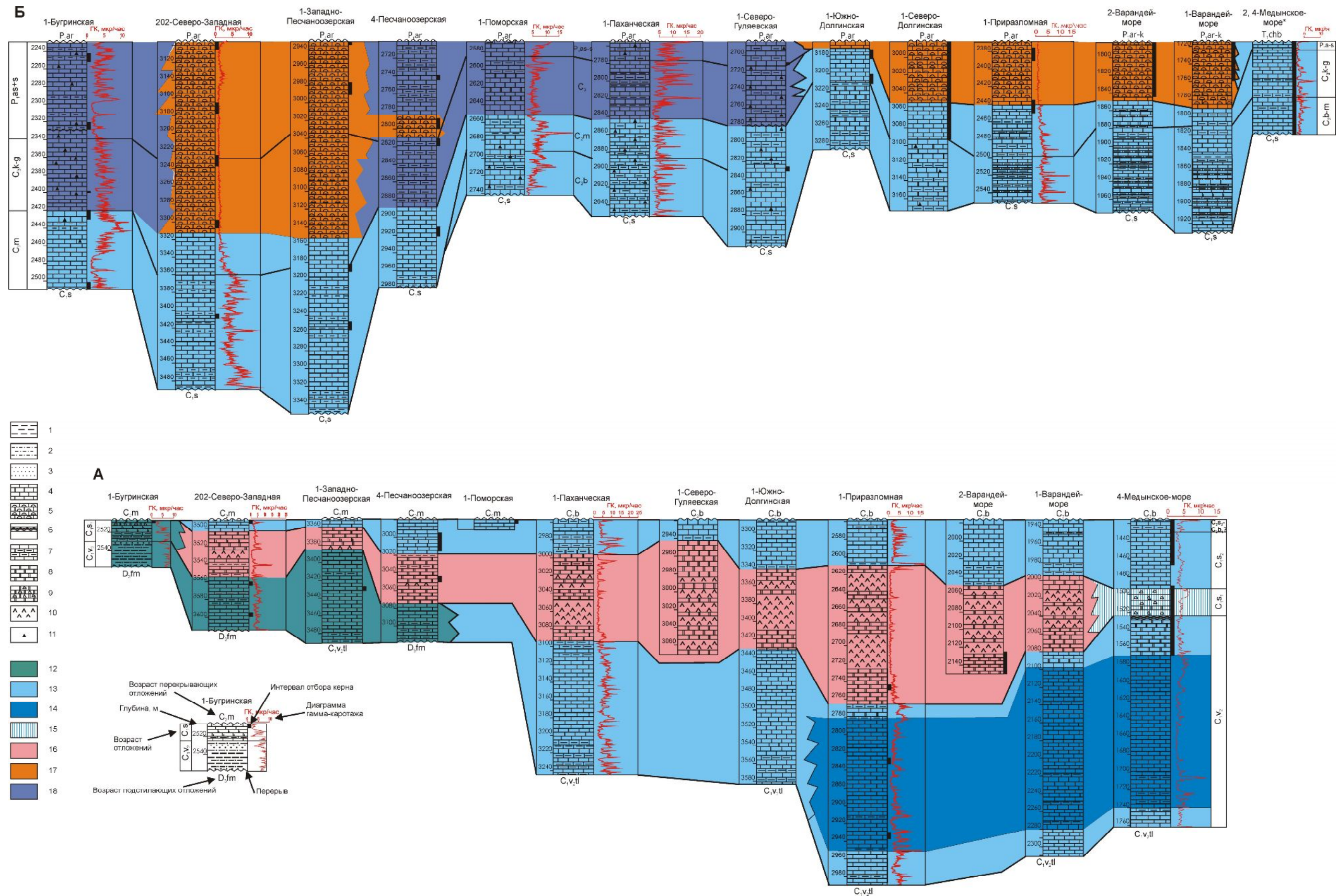


Рис. 2. Схема корреляции разрезов верхневизейско-серпуховских (А) и среднекаменноугольно-нижнепермских (Б) карбонатных пород

Литология: 1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – органогенно-детритовые известняки; 5 – известняки органогенных построек; 6 – строматолитовые перекристаллизованные известняки, 7 – глинистые известняки, 8 – доломиты; 9 – карбонатные брекчи; 10 – ангидриты, 11 – кремнистые включения. **Обстановки осадконакопления:** 12 – прибрежно-морские; 13 – мелководного шельфа; 14 – впадины на мелководном шельфе; 15 – островного мелководья; 16 – засоленной лагуны; 17 – органогенных построек; 18 – умеренно-глубоководного шельфа.

Недостаток фактического материала позволяет рассматривать выполненные построения как упрощенную модель строения каменноугольно-нижнепермских отложений.

ЛИТОЛОГИЯ

В каменноугольно-нижнепермском карбонатном комплексе по литологическим признакам выделяются верхневизейские, нижнесерпуховские, верхнесерпуховские, среднекаменноугольные, верхнекаменноугольные и нижнепермские ассельско-сакмарские породы.

Верхневизейские отложения характеризуются преобладанием известняков. Их мощность возрастает с запада на восток от 29 до 237 м (см. рис. 2). В этом же направлении выделяется три типа разрезов: прибрежно-морской, мелководно-шельфовый и впадины на мелководном шельфе.

Отложения прибрежно-морского типа, согласно описаниям керна и данным ГИС, выделены во всех скважинах о. Колгуев - 1-Бугринская, 202-Северо-Западная, 1-Западно-Песчаноозерская и др. Мощность пород составляет 29 – 84 м. Разрез охарактеризован керном в скв. 202-Северо-Западная и представлен переслаиванием кварцевых песчаников, алевролитов, светло-серых известняков, доломитов, редко мергелей. В известняках отмечаются крупные раковины брахиопод, расположенные параллельно слоистости. Среди биокластов преобладает детрит брахиопод, криноидей, колониальных кораллов, присутствуют фораминиферы. Местами в шлифах наблюдается вторичная доломитизация. Мергели содержат обломки мелких брахиопод и единичные стяжения ангидритов до 1 см. Крайне редко присутствуют прослой черных известковых аргиллитов со скорлуповатой отдельностью. Особенности разрезов этого типа свидетельствуют о том, что накопление отложений происходило в переходных, прибрежно-морских условиях.

Мелководно-шельфовый тип разреза выделен в морских скважинах, расположенных восточнее о. Колгуев. Керном породы не охарактеризованы, но по данным ГИС в них отмечается увеличение доли карбонатных прослоев, что отражает существенно морские условия накопления. Мощность отложений также увеличивается и составляет 140 (скв. 1-Паханческая) – 154 м (скв. 1-Южно-Долгинская).

Третий тип разреза - впадина на мелководном шельфе, установлен в районе Варандей-Адзьвинской структурной зоны (ВАСЗ), где наблюдаются максимальные мощности отложений - 230-237 м (площади Приразломная, Варандей-море, Медыньское-море). Интересно отметить, что на суше Тимано-Печорской провинции мощность отложений в ВАСЗ достигает - 260-330 м (Южно-Торавейская, Наульская, Лабаганская площади).

На шельфе наиболее полно разрез отложений охарактеризован в скважинах 2 и 4-Медынское-море (см. рис. 2). В литологическом составе пород преобладают известняки пакстоуны и вакстоуны в различной степени доломитизированные. Особенностью пород является обильное содержание крупных раковин брахиопод *Gigantoproductus*, расположенных вдоль напластования, и обломков колониальных кораллов. Тонкозернистость пород говорит об их образовании ниже базиса волновой активности, а значительная мощность разреза указывает на формирование их во впадине. В верхней части верхневизейского разреза присутствуют доломиты вторичного происхождения [Суворова, Преображенская, 2009], среди которых выделено несколько структурных типов, сформированных на разных стадиях диагенеза или катагенеза. Доломиты перекрываются слоем перекристаллизованных строматолитовых известняков мощностью 11 м. Строение верхней части разреза свидетельствует о постепенном обмелении этого участка бассейна, так как строматолитовые известняки характерны для областей литорали.

Разрез серпуховских отложений делится на две части - нижнесерпуховскую сульфатно-карбонатную и верхнесерпуховскую карбонатную.

В *нижнесерпуховских породах* выделяется три типа разреза: прибрежно-морской, лагунный и островного мелководья. Мощность нижнесерпуховских отложений в целом возрастает в восточном направлении от 22 до 153 м, однако, в районе Медынского вала мощность резко снижается до 30-47 м.

Прибрежно-морской переходный тип выявлен лишь в одной скважине 1-Бугринская и представлен переслаиванием бежевых и светло-зеленых доломитовых брекчий, конгломерато-брекчий, доломитов с серыми известковистыми кварцевыми песчаниками. Брекчии сложены обломками светло-бежевых доломитизированных известняков и доломитов, погруженных в зеленовато-бежевый глинисто-карбонатный матрикс. Иногда в породах присутствует примесь зерен кварца алевритовой размерности 0,03 мм, мельчайшие 0,05 мм стяжения сульфидов и глауконита.

Лагунный тип разреза, выделенный в большинстве скважин шельфа и на о. Колгуев, в целом, сложен переслаиванием доломитов и ангидритов, с редкими прослоями карбонатных брекчий. Состав отложений характеризует условия засоленной лагуны. Наибольшая мощность разреза установлена в скв. 1-Приразломная - 153 м, при этом мощность ангидритовых слоев составляет от 10 до 30 м.

Разрез островного мелководья установлен на площади Медынское-море и представлен чередованием карбонатных брекчий с ненарушенными прослоями доломитов и алевро-

песчаными прослоями [Суворова, Преображенская, 2009]. Брекчии, большей частью подвергшиеся перекристаллизации, отнесены к седиментационному типу. Среди них по ряду вещественных и морфологических характеристик (состав обломков, соотношение количества обломков к количеству матрикса и т.д.) выделены: донные, обвальные брекчии и брекчии растворения. Их образование происходило в результате растрескивания и разрушения пород в крайне мелководных условиях.

Верхнесерпуховские отложения представлены лишь породами протвинского горизонта, мощность которых возрастает с запада на восток от 0-11 до 68 м. В основном, это мелководно-шельфовый тип разреза, который наиболее полно охарактеризован керном на площади Медынского-море. Присутствуют светлые известняки (пакстоуны), содержащие фауну брахиопод, кораллов, губок, многочисленный детрит багряных водорослей *Ungdarella*, расцвет которых произошел в среднекаменноугольное время. Интересно отметить, что багряные водоросли *Ungdarella* наблюдались М.Н. Изотовой и в протвинских известняках скв.1-Поморская. В верхней части протвинского разреза площади Медынского-море появляются прослой маломощных аргиллитов и обломочных известняков с признаками переотложения. На этих породах несогласно залегают водорослевые известняки башкирского яруса.

В разрезах скважин шельфа повсеместно отмечается перерыв между отложениями нижнего и среднего карбона, частично отсутствуют горизонты верхнего подъяруса серпуховского яруса и нижнего подъяруса башкирского яруса [Государственная геологическая..., 2003]. Например, на о. Колгуев в скв. 1-Бугринская нижнесерпуховские породы несогласно перекрываются отложениями верхнемосковского подъяруса. В целом, в восточном направлении происходит постепенное сокращение стратиграфического объема несогласия. В обнажениях Южной и Центральной структурно-формационных зон (СФЗ) арх.Новая Земля, обрамляющем Печорский шельф на востоке, северо-востоке, перерыв на границе ниже- и среднекаменноугольных отложений не выявлен [Новая Земля..., 2004].

Среднекаменноугольные отложения в большинстве скважин представлены объединенными башкирским и московским ярусами. Мощность пород составляет 41-151 м, при этом максимальная мощность отмечается в западных и центральных районах шельфа, а минимальная на востоке, в Варандей-Адзвинской зоне. Разрезы отнесены к мелководно-шельфовому типу.

На о. Колгуев в скв. 1-Бугринская присутствуют лишь отложения московского яруса, сложенные коричневато-серыми и бежевыми тонко- и мелкозернистыми известняками с

обломками фауны криноидей и кораллов. В известняках наблюдаются участки окремнения голубоватого цвета. В шлифах неизменные известняки представлены фораминиферо-водорослевыми грейнстоунами, что говорит о мелководных условиях их накопления.

На площади Медыньское-море в основании разреза башкирских отложений установлены известняки, в которых породообразующую роль играют багряные водоросли *Ungdarella*, в подчиненном количестве присутствуют зеленые и дацикладиевые водоросли. Преимущественно водорослевый состав пород свидетельствует о мелководном осадконакоплении, глубина моря не превышала первые десятки метров. В разрезах московского яруса преобладают массивные, горизонтально и косослоистые, биокластические известняки, что указывает на формирование пород под воздействием подводных течений. Биокласты представлены фораминиферами, различными известковистыми водорослями, обломками криноидей, мшанок, редко брахиопод.

Верхнекаменноугольные отложения на Печорском шельфе не установлены только в единичных скважинах Варандей-Адзвинской зоны, в этом же районе отмечены минимальные мощности – 22 м. Максимальные мощности – 135-150 м зафиксированы в разрезах северной части о. Колгуев. Выделено три типа разрезов: относительно-глубоководный, рифовый и известняковых песков окраины карбонатного шельфа.

В большинстве скважин представлен относительно-глубоководный тип - бежевые и зеленовато-серые известняки, местами глинистые. В скв. 1-Бугринская по данным изучения керна разрез сложен зеленовато- и серовато-бежевыми глинистыми известняками, содержащими целые раковины брахиопод, крупные обломки мшанок до 4-5 см и членики криноидей. Присутствует примесь (от 15 до 40 %) зерен кварца, реже полевых шпатов, алевритовой размерности 0,02-0,03 мм. В породах с высокой терригенной примесью отмечаются стяжения глауконита и сульфидов. Состав известняков, тонкослоистость, присутствие хорошо сохранившихся крупных обломков брахиопод и мшанок, мельчайшие рассеянные стяжения сульфидов позволяют считать, что осадконакопление происходило ниже базиса волновой эрозии, в слабо застойных условиях умеренно-глубокого шельфа.

Рифовый тип разреза выделен по данным ГИС и результатам описания керна в верхней, гжельской, части разреза скв. 202-Северо-Западная. Здесь представлены светлые пористые органогенные известняки. Среди породообразующих организмов преобладают обломки мшанок, брахиопод, фораминифер, реже тубифитесов, присутствуют реликты члеников криноидей в виде спаритовых образований. Обломки мшанок часто окружены крустификационным цементом.

Третий тип разреза - известняковые пески окраины карбонатного шельфа, выделен в восточных районах, таких как Гуляевско-Долгинская и Варандей-Адзъвинская зоны.

В Гуляевско-Долгинской зоне в скв. 1-Северо-Гуляевская присутствуют лишь отложения гжельского яруса [Преображенская и др., 1988], несогласно залегающие на среднекаменноугольных породах и представленные органогенно-обломочными известняками бежевого и буровато-бежевого цвета. В верхнекаменноугольных отложениях Долгинского вала описаны водорослевые биокластические, брекчиевидные известняки [Дзюбло, Зонн, 2004]. Среди биокластических разновидностей выделены: пелоидно-биокластические и сфероагрегатно-биокластические с тонкими глинистыми прослоями. Отложения формировались в условиях мелководного шельфа.

В Варандей-Адзъвинской зоне на площади Медынского-море породы представлены чередованием нефтенасыщенных органогенно-обломочных, пелитоморфных и серых глинистых известняков. В органогенно-обломочных известняках – грейстоунах и рудстоунах, отмечается пологая и крупная косая слоистость, размер зерен колеблется от среднего 0,2-0,5 мм до грубого 1-2 мм. Биокласты представлены обломками мшанок, криноидей, реже брахиопод. Часть из них имеют тонкую оолитовую оболочку толщиной 0,05-0,1 мм, присутствуют мелкие оолитовые зерна 0,01 мм. Тектурные особенности и состав отложений говорит о том, что в их формировании основную роль играли шельфовые течения, поэтому породы отнесены к фациям известняковых песков.

На суше в районе Варандей-Адзъвинской структурной зоны и Кортаихинского прогиба отложения позднекаменноугольного возраста не выявлены [Жемчугова, 1998].

В нижнепермских отложениях выделено два основных типа разреза – относительно глубоководный и рифовый (см. рис. 2).

Относительно глубоководные разрезы выявлены в скв. 3-Песчаноозерская [Бро, 1995] и скв. 1-Бугринская [Вискунова, Супруненко, Преображенская, 2002]. В скв. 3-Песчаноозерская разрез мощностью 50 м, по данным ГИС и описанию шлама характеризуется существенно мергелисто-глинистым составом, близким к сезымской свите Пай-Хоя [Бро и др., 1994]. Отложения, вскрытые скв. 1-Бугринская, мощностью 110 м, также являются аналогом сезымской свиты [Вискунова, Супруненко, Преображенская, 2002] и представлены известняками зеленовато-серыми глинистыми, серыми и бежевыми с крупными 3-5 см целыми раковинами брахиопод и обломками мшанок. Хорошая сохранность фауны и глинистость пород говорит о накоплении в спокойной обстановке относительно-глубоководной части бассейна.

К этому же типу отнесен разрез скв. 7-Ижимка-Таркской, который ранее считался зарифовым лагунным из-за присутствия единичного слоя ангидритизированных доломитов мощностью 1,4 м в интервале 3003,4-3014 м [Бро и др., 1994; Преображенская, Устрицкий, Бро, 1995]. По данным ГИС и описанию керна разрез скв. 1-Бугринская хорошо коррелируется с разрезом скв. 7-Ижимка-Таркской. Литологический состав пород скважин сходен друг с другом – преимущественно серовато-зеленые глинистые известняки, аргиллиты с включениями сульфидов, мергели и серовато-бежевые известняки. Присутствие сульфидов говорит о застойных условиях захоронения осадка. Породы содержат крупные обломки мшанок и брахиопод хорошей сохранности. Отмечена особенность - чем более глинистая порода, тем большего размера обломки фауны она содержит. Литологический состав отложений указывает на то, что накопление происходило в спокойной воде ниже базиса волновой активности, в области умеренно глубокого шельфа с глубинами до 300 м.

Разрезы органогенных построек установлены на о. Колгуев в скв. 202-Северо-Западная, 1-Западно-Песчаноозерская [Преображенская, Устрицкий, Чувашов, 1993]. Породы представлены белыми и светло-серыми пористыми рифогенными известняками. Местами отмечаются кавернозные органогенные известняки. Форма каверн и пор часто напоминает микрофауну. В известняках преобладает детрит мшанок, фораминифер, тубифитесов, обломки брахиопод, криноидей, встречаются обломки палеоаплезин. Обломки тубифитесов довольно часто в центральных частях содержат один или несколько «затравочных центров», в качестве которых чаще всего служат обломки мшанок. Мощность пород рифового комплекса на о. Колгуев составляет 130-160 м.

В Варандей-Адзвинской структурной зоне - скв. 1-Приразломная, 1, 2-Варандей-море, в Гуляевско-Долгинской структурной зоне - скв. 1-Северо-Долгинская, 1-Южно-Долгинская мощность построек составляет 70-73 м. К этим пористым органогенным отложениям приурочены промышленные нефтяные залежи, в том числе, на Приразломном месторождении.

ЭВОЛЮЦИЯ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

На Печорском шельфе с ранневизейского времени были развиты континентальные и прибрежно-морские обстановки осадконакопления [Суворова, Вискунова, Преображенская, 2010]. Крупная морская трансгрессия в начале поздневизейского времени установила господство условий мелководного шельфа, однако, переходные прибрежно-морские обстановки еще сохранялись на западе (рис. 3).

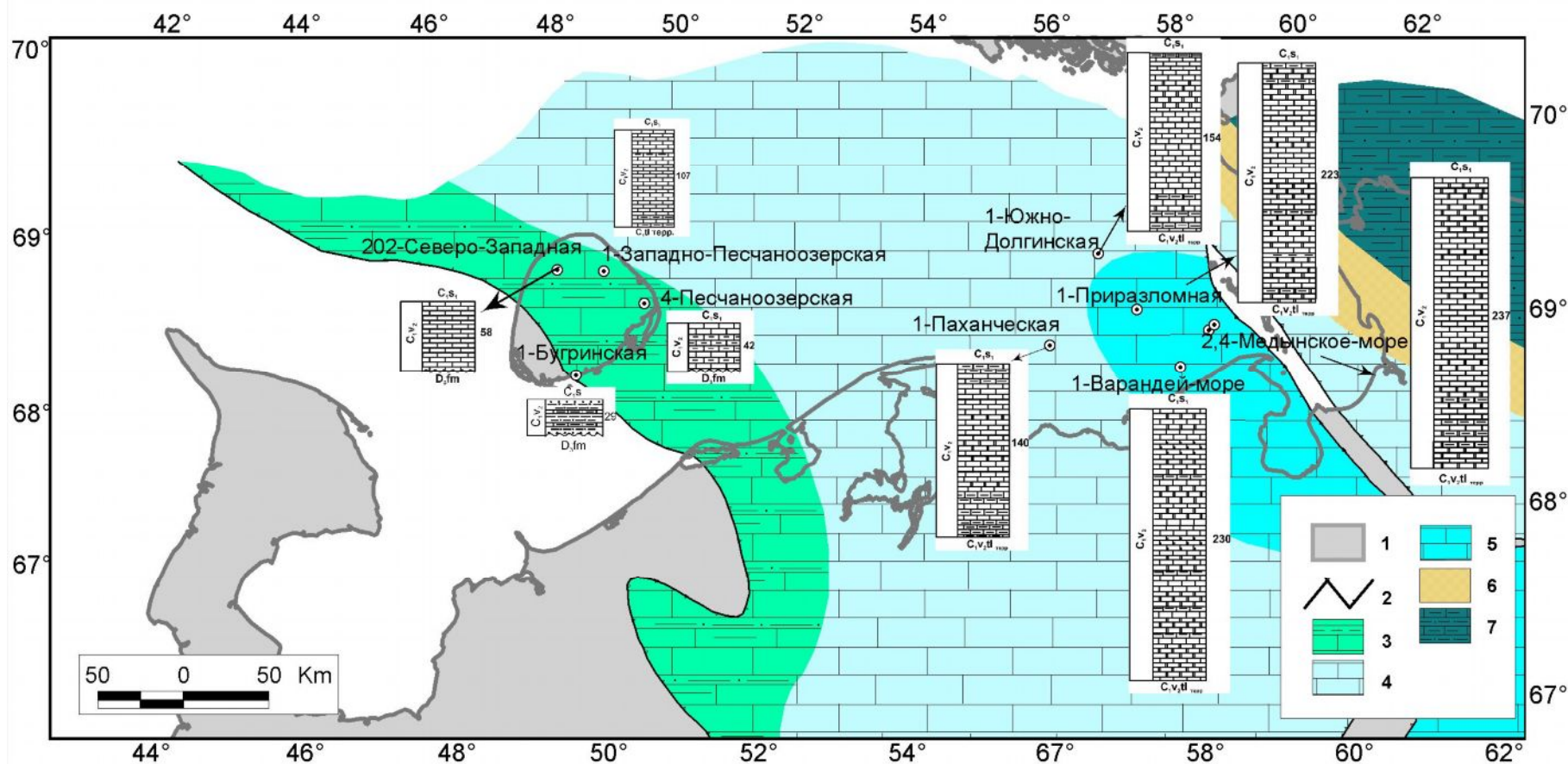


Рис. 3. Литолого-фациальная схема верхневизейских отложений Печорского шельфа

1 – современная суша; 2 - граница современного распространения отложений; 3 – прибрежно-морские известняки и алевролиты; 4 – известняки мелководного шельфа; 5 – иловые известняки впадин на мелководном шельфе; 6 – предполагаемая область распространения органогенных построек; 7 – зашельфовые глубоководные глинистые известняки и алевролиты. Условные обозначения к литологическим колонкам см. на рис. 2.

На литолого-фациальных схемах распределение обстановок осадконакопления на суше приведено по данным В.А. Жемчуговой [Жемчугова, 1998]; области, закрашенные белым и не имеющие окраски, расположенные за границей современного распространения отложений, означают отсутствие отложений.

Судя по литологическому составу пород и их значительной мощности в районе Варандей-Адзввинской зоны на протяжении поздневизейского времени существовала впадина на мелководном шельфе, где накапливались известняковые илы. В конце визейского времени произошло постепенное падение уровня моря, и в области современного Медынского вала установились крайне мелководные условия, о чем свидетельствует присутствие строматолитовых известняков.

В раннесерпуховское время в западных районах сохранялись прибрежно-морские обстановки, в то время как на остальной части бассейна сформировалась засоленная лагуна (рис. 4), периодически заливаемая морскими водами нормальной солености. О засоленности бассейна говорит преимущественно сульфатно-доломитовый состав пород. С востока раннесерпуховская лагуна была ограничена от основного бассейна областью островного мелководья, в которой под воздействием эогенетического выветривания¹ в верхневизейских отложениях формировались вторичные доломиты.

В позднесерпуховское время в бассейне восстановились условия нормальной солености, о чем свидетельствует обилие остатков кораллов, брахиопод, известковых водорослей и губок.

В визейско-серпуховское время происходило формирование органогенных построек. На территории, прилегающей к Печорскому шельфу, в районе гряды Чернышева установлены строматолитовые известняки [Елисеев, 1978, Антошкина, 2003] (рис. 5). На Приполярном Урале в бассейне р. Большая Надота, в районе г. Олыся А.И. Елисеевым описана крупная постройка - Большенадотский риф [Елисеев, 1978], палеогеографическое положение которого приурочено к краевым частям шельфа, к границе Елецкой (карбонатной, шельфовой) и Лемвинской (карбонатно-кремнистой, глубоководной) СФЗ. Массивные известняки мощностью до 200 м сложены биогермными микробиально-водорослевыми разностями и находятся в ассоциации с био- и литокластовыми известняками. А.И. Елисеев предполагал, что в конце визейского начале среднекаменноугольного времени образование органогенных построек было широко развито на востоке Тимано-Печорской провинции.

На Пай-Хое массивные рифогенные известняки мощностью 100-150 м установлены в бассейнах рек Сибирчата и Хей-Яга [Антошкина, 2003; Кузнецов, Антошкина, 2005].

¹ эогенетическое выветривание или эогенетическая доломитизация - сложный процесс метасоматического изменения карбонатных пород на поверхности суши или вблизи нее под воздействием атмосферных осадков (Scholle, Ulmer-Scholle, 2003), процесс подробно описан (James, Choquette, 1984).

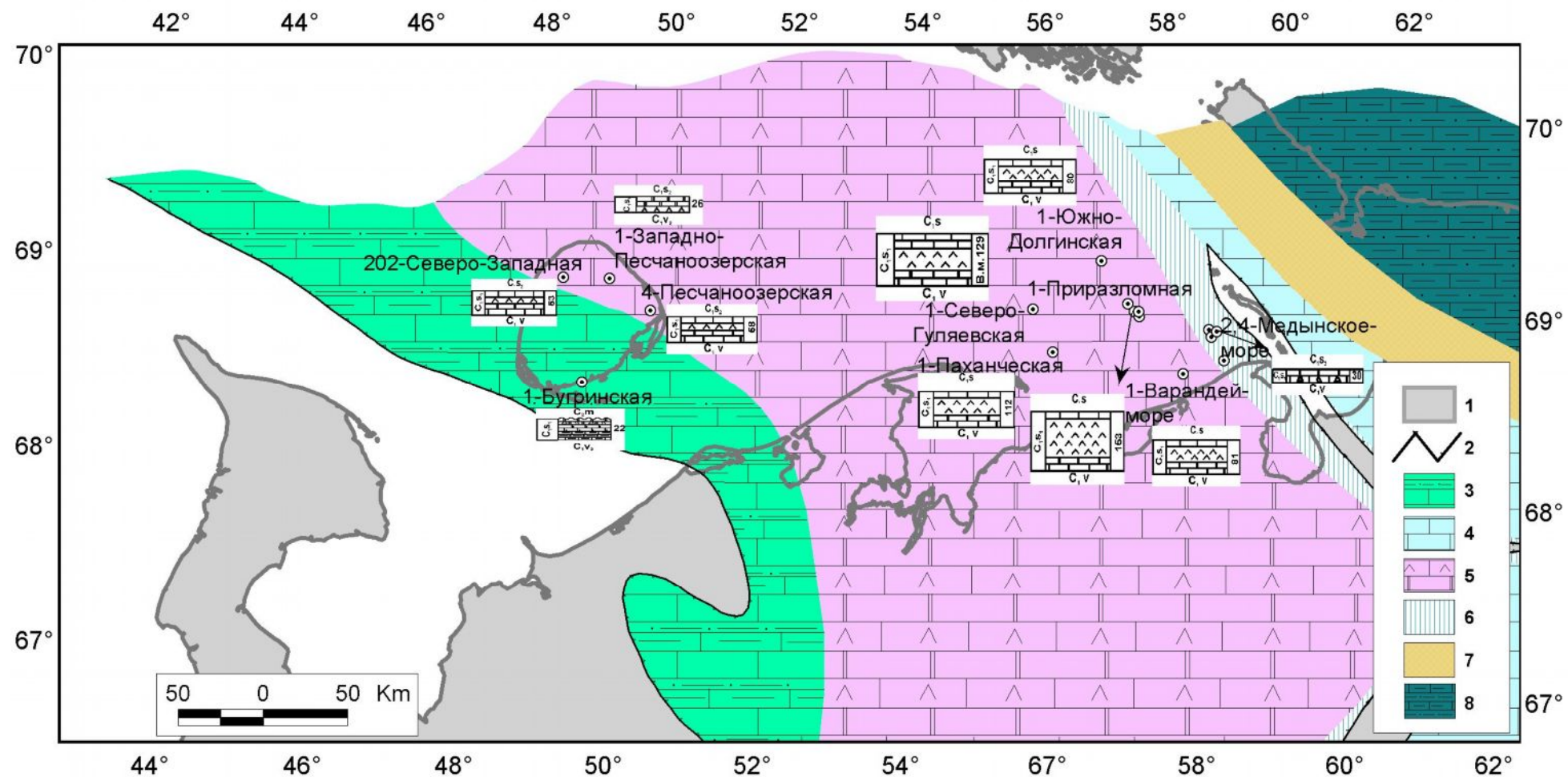


Рис. 4. Литолого-фациальная схема нижнесерпуховских отложений Печорского шельфа

1 – современная суша; 2 – граница современного распространения отложений; 3 – прибрежно-морские известняки и алевролиты; 4 – известняки мелководного шельфа; 5 – доломиты и ангидриты засоленной лагуны; 6 – область островного мелководья; 7 – предполагаемая область распространения органогенных построек; 8 – зашельфовые глубоководные глинистые известняки и алевролиты. Условные обозначения к литологическим колонкам см. на рис. 2.

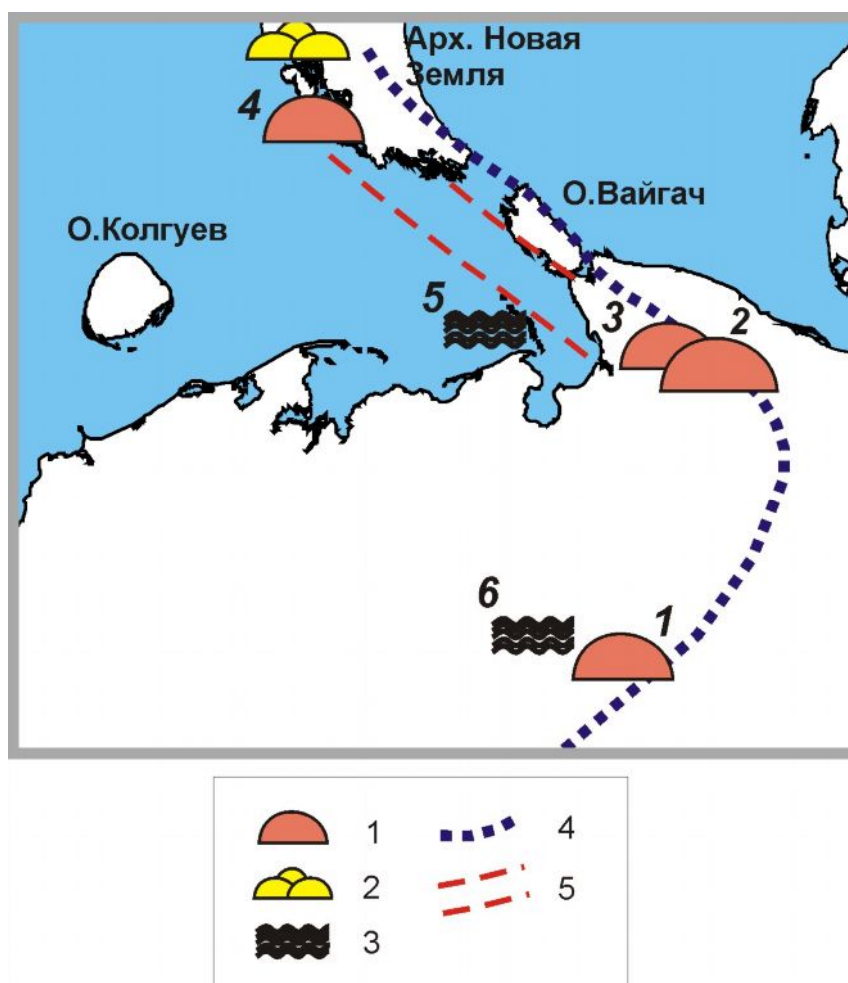


Рис. 5. Схема расположения верхневизейско-серпуховских органогенных построек на территории Печорского Урала, Пай-Хоя, арх. Новая Земля и Печорском шельфе

1 – рифы (1 – Большенадотский риф [Елисеев, 1971], 2 – риф на р. Сибирчата [Антошкина, 2003], 3 – риф на р. Хей-Яга [Антошкина, 2003], 4 – риф на м. Черный [Кузнецов, Антошкина, 2005]); 2 – иловые холмы на п-овах Выпуклый и Соколова [Новая Земля..., 2004]; 3 – строматолитовые известняки (5 – на субаквально продолжении Медынского вала [Суворова, 2010], 6 – на р. Унья [Антошкина, 2003]); 4 – граница между мелководными и глубоководными отложениями [Соболев, Устрицкий, Черняк, 1985]; 5 – область предполагаемого развития органогенных построек на Печорском шельфе.

В обнажениях Южного острова арх. Новая Земля на полуостровах Выпуклый и Соколова в нижне-среднекаменноугольной лазаревской свите установлены многочисленные иловые холмы, мощностью до 70 м [Новая Земля..., 2004]. Постройки приурочены к зоне сочленения мелководных, шельфовых отложений Южноновоземельской СФЗ и пород глубоководных, склоновых фаций Карской СФЗ.

Граница между мелководно-шельфовыми и глубоководными отложениями прослеживается вдоль Пай-Хоя и побережья арх. Новая Земля, ее положение сохранялось неизменным с ордовикского времени [Соболев, Устрицкий, Черняк, 1985]. Общие закономерности распределения фаций позволяют предположить присутствие

верхневизейско-серпуховских органогенных построек в районе субаквального продолжения Коротаихинского прогиба (см. рис. 5), где проходит древняя граница между мелководно-шельфовыми и глубоководными склоновыми отложениями.

В конце серпуховского времени началась регрессия, в результате которой часть нижнекаменноугольного разреза была уничтожена.

Новая трансгрессия моря произошла в начале башкирского века. Морская седиментация постепенно с востока на запад охватила регион, т.к. именно на востоке располагался глубокий морской бассейн [Соболев, Устрицкий, Черняк, 1985]. В западных районах морское осадконакопление началось только со второй половины московского века. В конце среднего карбона во всем регионе установились однообразные условия мелководного шельфа (рис. 6). В области Долгинского вала были развиты мелководные банки склона шельфовой равнины и фации водорослевых биогермов [Дзюбло, Зонн, 2004]. В районе Медынского вала обстановки были сходными. Здесь установлены водорослевые известняки и зернистые слоистые известняки, формирование которых происходило под воздействием подводных течений. На суше в районе Варандей-Адзвинской зоны находилась область островного мелководья [Жемчугова, 1998].

Позднекаменноугольный бассейн характеризовался тем, что его большая часть представляла собой умеренно-глубокий шельф (рис. 7). На о. Колгуев во второй половине позднекаменноугольного времени начинают формироваться органогенные постройки. В восточных районах, таких как Долгинский и Медынский валы, существовали фации известняковых песков края карбонатного шельфа, которые образовывали отмели. Судя по распределению фаций северо-восточнее этих районов можно ожидать развитие органогенных построек.

Литолого-фациальная схема нижнепермских отложений (рис. 8) большей частью заимствована из [Вискунова, Супруненко, Преображенская, 2002, Басов и др., 2009], при этом в нее внесены изменения и дополнения. В раннепермское ассельско-сакмарское время обстановки умеренно глубокого шельфа сохранялись. Широкое развитие получили органогенные постройки. В скважинах они выявлены в Денисовской впадине на о. Колгуев, в районе валов Долгинского и Сорокина. По данным сейсморазведки зона органогенных построек прослеживается на Колвинском мегавале и в Хорейверской впадине [Вискунова, Супруненко, Преображенская, 2002].

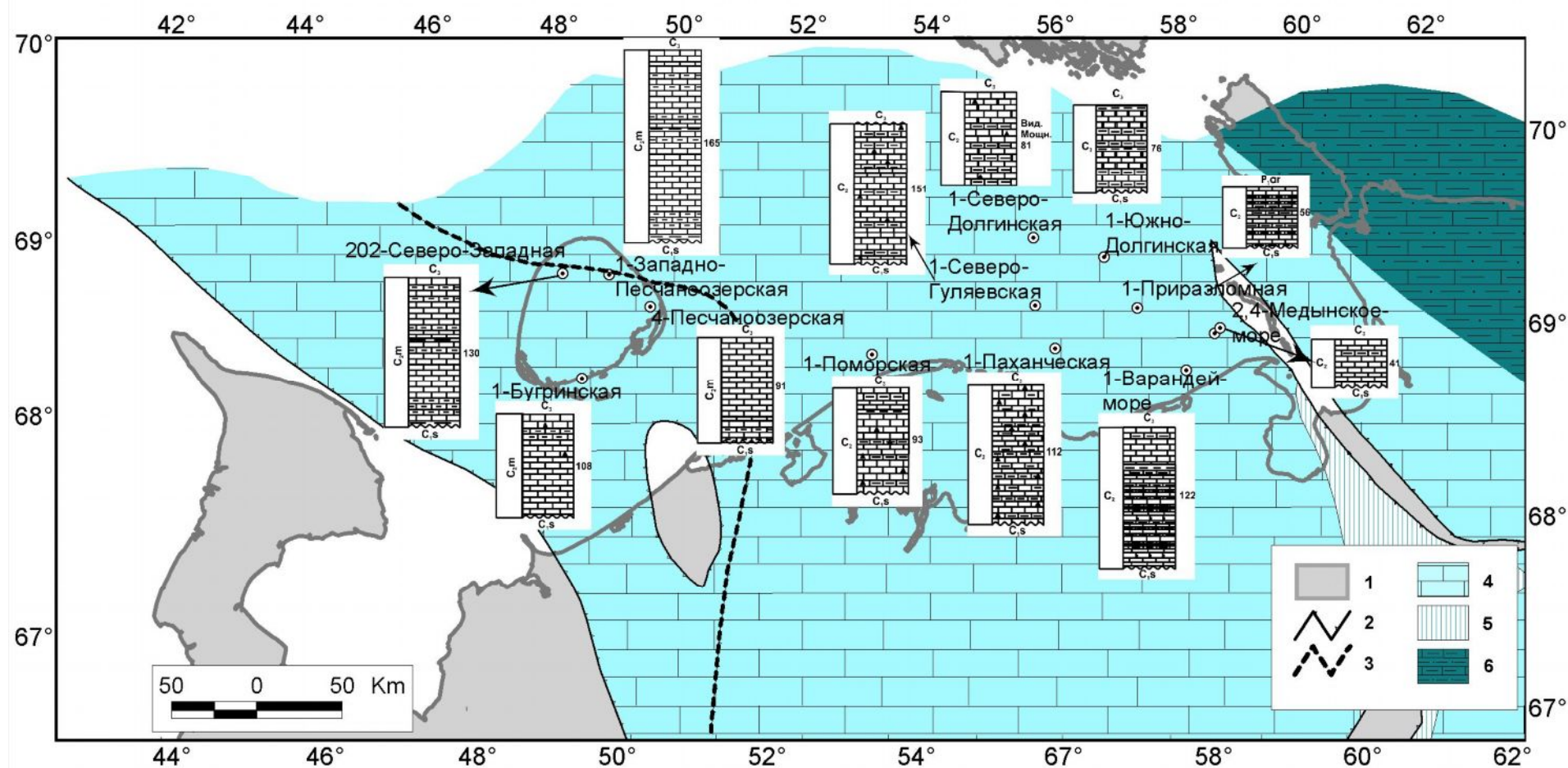


Рис. 6. Литолого-фациальная схема среднекаменноугольных отложений Печорского шельфа

1 – современная суша; 2 – граница современного распространения среднекаменноугольных отложений; 3 – граница современного распространения башкирских отложений; 4 - известняки мелководного шельфа; 5 – область островного мелководья; 6 – зашельфовые глубоководные глинистые известняки и алеволиты. Условные обозначения к литологическим колонкам см. на рис. 2.

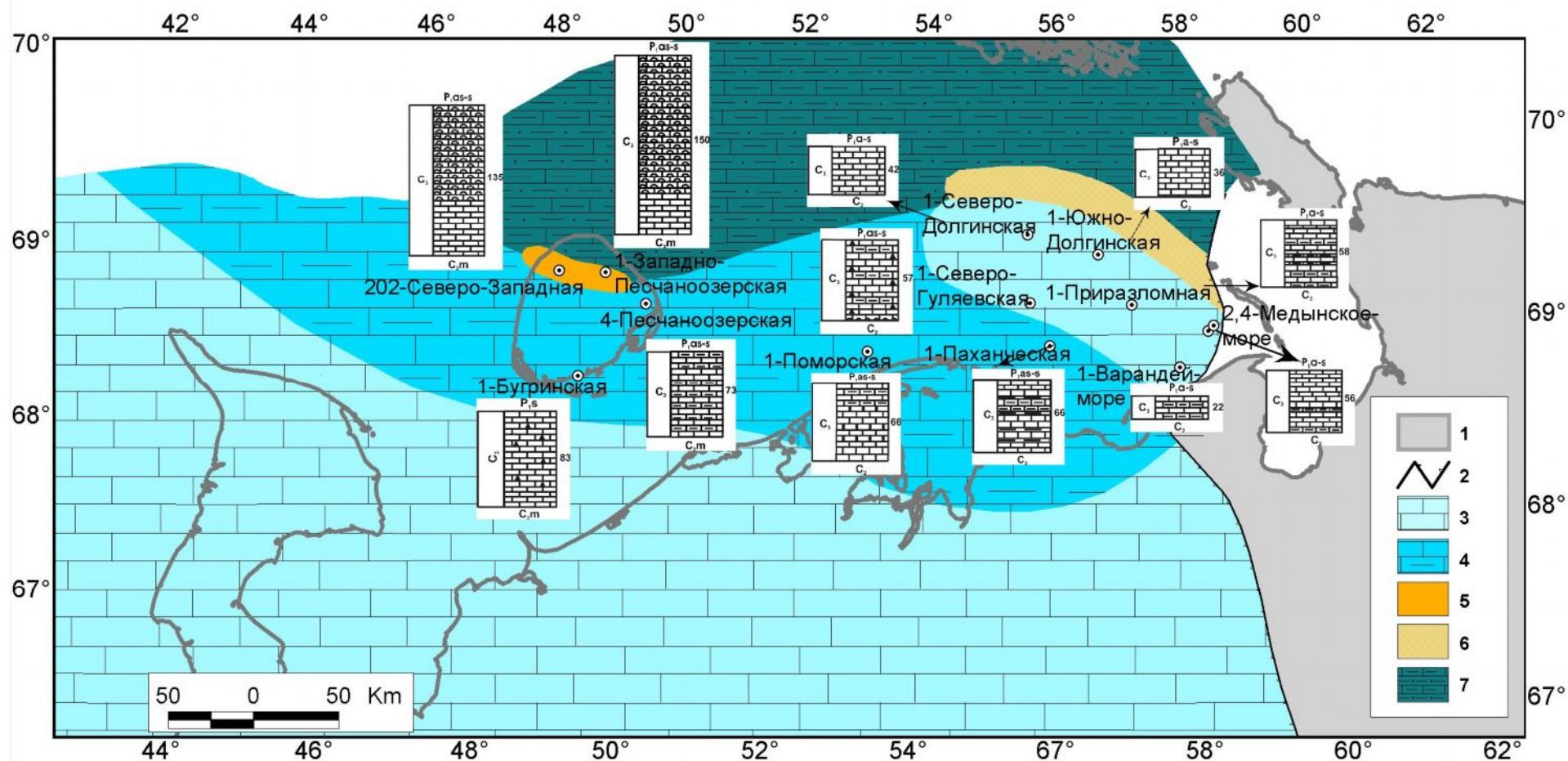


Рис. 7. Литолого-фациальная схема верхнекаменноугольных отложений Печорского шельфа

1 – современная суша; 2 – граница современного распространения отложений; 3 - известняки мелководного шельфа; 4 – известняки умеренно-глубоководного шельфа; 5 - органогенные постройки, установленные в скважинах; 6 – предполагаемая область распространения органогенных построек; 7 – зашельфовые глубоководные глинистые известняки и алевролиты. Условные обозначения к литологическим колонкам см. на рис. 2.

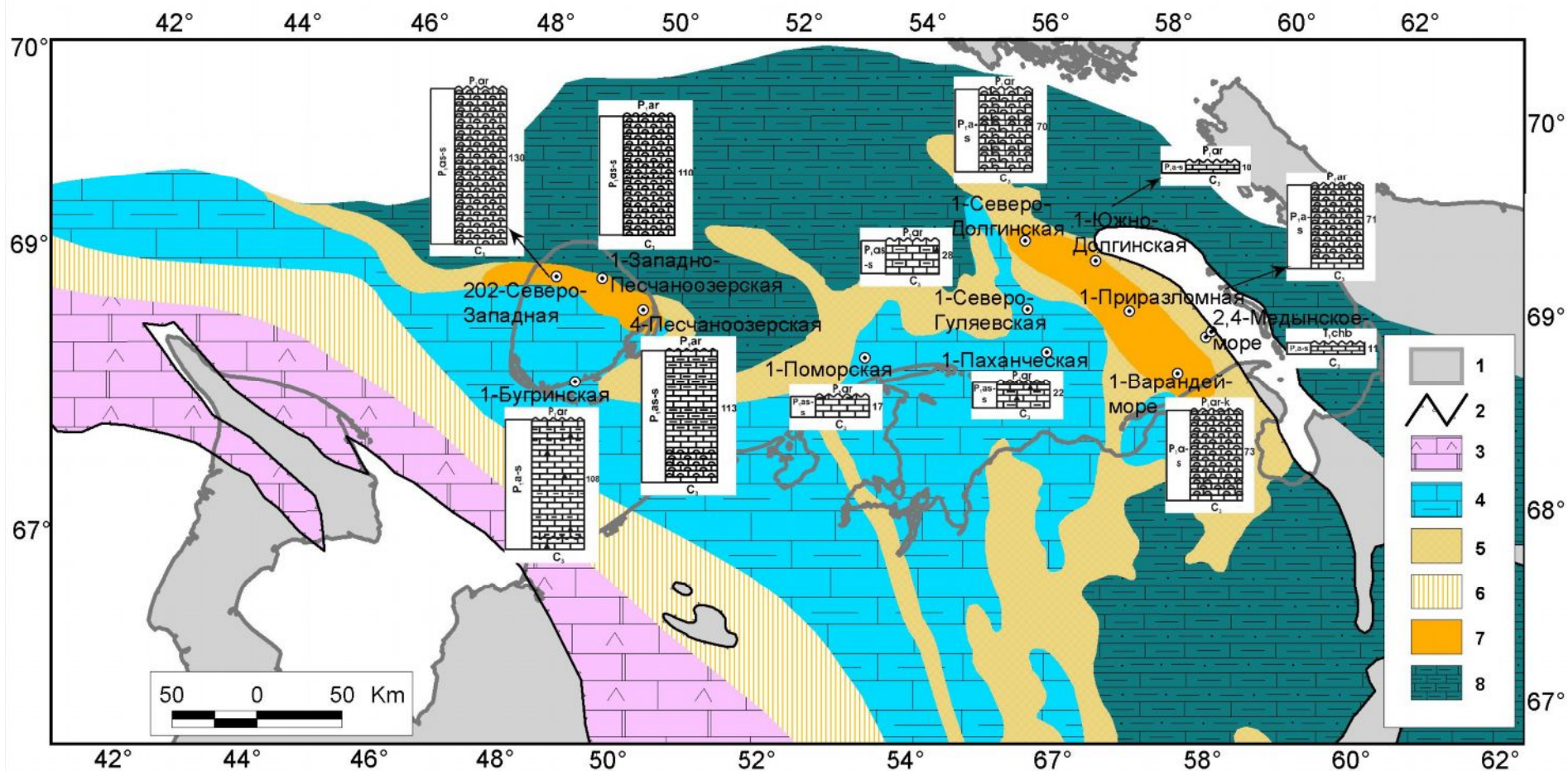


Рис. 8. Литолого-фациальная схема нижнепермских отложений Печорского шельфа

Составлено по материалам Белякова (1994), Вискуновой, Супруненко, Преображенской (2002), Басова и др., (2009)

1 – современная суша; 2 – граница современного распространения отложений; 3 – доломиты и ангидриты засоленной лагуны; 4 – известняки умеренно-глубоководного шельфа; 5 – области развития органогенных построек; выявленные по данным сейсморазведки; 6 – область развития органогенных построек по данным С.Л. Белякова [Беляков, 1994]; 7 – постройки вскрытые в скважинах; 8 – зашельфовые глубоководные глинистые известняки и алевролиты. Условные обозначения к литологическим колонкам см. на рис .2.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ изменений литолого-фациальных характеристик позволил выявить основные закономерности строения каменноугольно-нижнепермских карбонатных отложений, которые показаны на литолого-стратиграфическом разрезе (рис. 9).

Литологический состав и фациальная принадлежность пород изменяется как по латерали, так и по вертикали. В целом, в направлении с востока на запад происходит постепенное замещение относительно глубоководных фаций более мелководными. Западные разрезы шельфа, включая о. Колгуев, как правило, представлены прибрежно-морскими и мелководными отложениями. Восточные разрезы, характеризуются относительно большей глубоководностью, здесь также развиты мелководные отложения, сформированные на удалении от суши.

В основном, каменноугольно-нижнепермский карбонатный комплекс залегает на нижневизейских терригенных породах, которые отсутствуют только на о. Колгуев вследствие предвизейского перерыва. Нижние горизонты нижневизейского разреза на большей части региона не выявлены, исключая вал Сорокина Варандей-Адзьвинской зоны, где в скважинах Приразломной и Варандей-море по неопубликованным данным Я.А. Вевель установлен постепенный переход от турнейских отложений к визейским.

В поздневизейско-серпуховское время преобладали прибрежно-морские и мелководно-шельфовые условия осадконакопления. Характер литолого-фациальной зональности в раннекаменноугольное время довольно близок к обстановкам закрытого шельфа. Однако, доказательств существования барьерной рифовой системы не установлено, известны лишь отдельные постройки (см. рис. 5).

Несогласие между породами нижнего и среднего карбона разделяет преимущественно нижнекаменноугольные мелководные и, в основном, относительно-глубоководные среднекаменноугольно-нижнепермские отложения.

В среднекаменноугольно-раннепермское время на Печорском шельфе доминировали мелководно-шельфовые обстановки, постепенно сменившиеся условиями умеренно-глубокого шельфа с органогенными постройками. Интересная точка зрения на условия формирования нижнепермских органогенных построек Прикаспийской впадины изложена в недавно вышедшей работе А.С. Алексеева и Ю.К. Бурлина [Алексеев, Бурлин, 2011]. Авторы приводят доводы в пользу их глубоководного происхождения в оползневых районах склоновых участков шельфа. Подобные постройки выявлены по данным сейсморазведки вдоль западного борта Предуральяского прогиба.

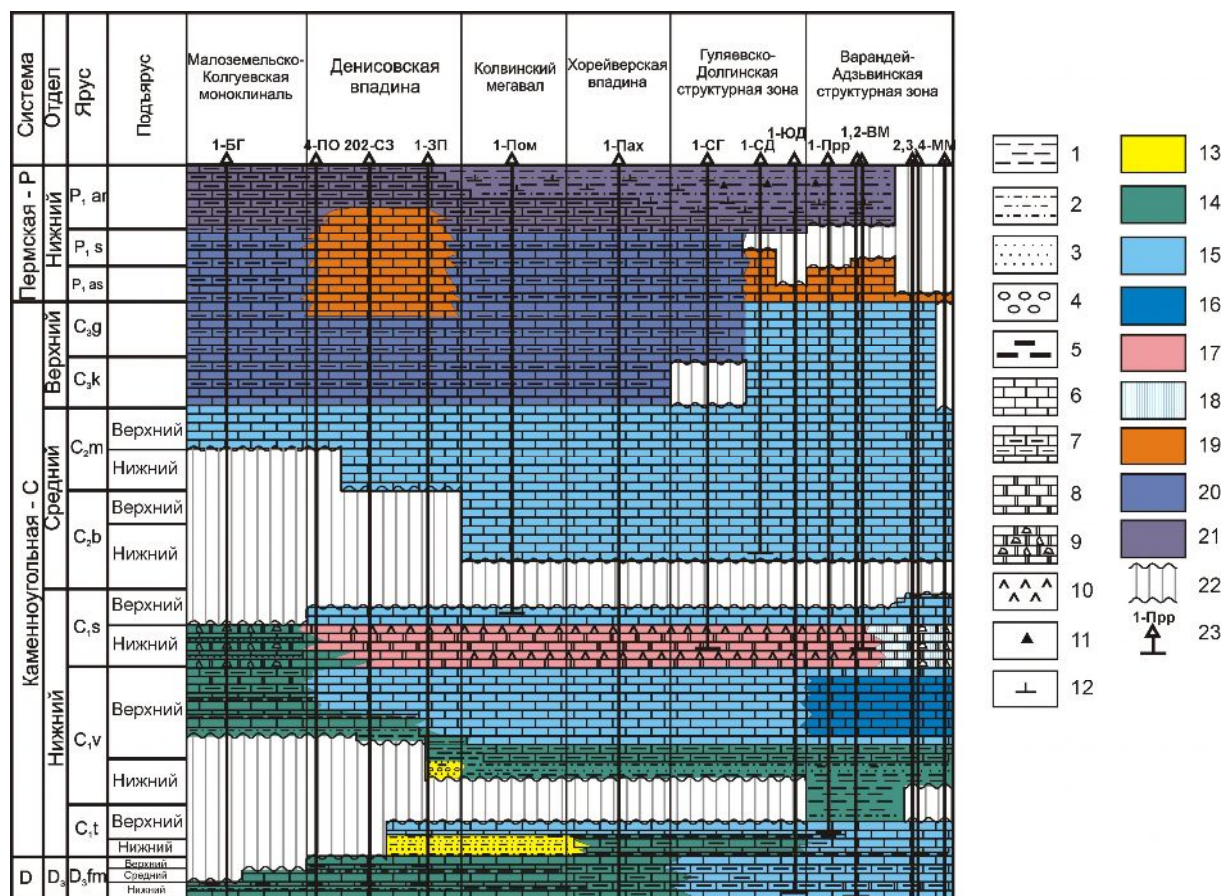


Рис. 9. Литолого-стратиграфический разрез каменноугольно-нижнепермских отложений Печорского шельфа, составленный по скважинам
 Литологический состав пород: 1 – аргиллиты; 2 – алевролиты; 3 – песчаники; 4 – гравий, галька; 5 – линзы углей; 6 – известняки органогенно-детритовые; 7 – глинистые известняки; 8 – доломиты; 9 – карбонатные брекчи; 10 – ангидриты; 11 – кремнистость; 12 – известковистость.
 Обстановки осадконакопления: 13 – континентальные; 14 – прибрежно-морские; 15 – мелководного шельфа; 16 – впадины на мелководном шельфе с компенсированным осадконакоплением; 17 – засоленной лагуны; 18 – островного мелководья; 19 – органогенные постройки; 20 – умеренно-глубоководного шельфа; 21 – континентального склона. 22 – стратиграфическое несогласие. 23 – глубокие скважины: 1-БГ - 1-Бугринская; 4-ПО - 4-Песчаноозерская; 202-СЗ - 202 Северо-Западная; 1-ЗП - 1-Западно-Песчаноозерская; 1-Пом - 1-Поморская; 1-Пах - 1-Паханчская; 1-СГ - 1-Северо-Гуляевская; 1-СД - 1-Северо-Долгинская; 1-ЮД - 1-Южно-Долгинская; 1-Прр - 1-Приразломная; 1, 2-ВМ – 1, 2-Варандей-море; 2, 3, 4-ММ - 2, 3, 4-Медынское-море.

На Печорском шельфе к глубоководным можно отнести ассельско-сакмарские постройки на о. Колгуев, т.к. они окружены отложениями умеренно-глубокого шельфа (см. рис. 8). Подобное распределение фаций по Дж. Уилсону [Уилсон, 1981] характерно для шельфовых окраин, где в открытом море на неровностях рельефа платформ или на уступах, образованных разломами, располагаются постройки больших размеров. Предположение о глубоководности построек о. Колгуев хорошо укладывается в палеогеографическую схему для раннепермского времени приведенную в [Беляков, 1994].

Глубоководный бассейн в каменноугольно-нижнепермское время располагался на востоке, о чем свидетельствует увеличение стратиграфического диапазона нижне- и среднекаменноугольного перерывов с востока на запад (см. рис. 9). Основываясь на анализе схем верхнекаменноугольных и ассельско-сакмарских отложений, сделан вывод о том, что в позднекаменноугольное и раннепермское время трансгрессии моря происходили не только с востока, но и с севера, северо-востока.

Практически на всех литолого-фациальных схемах показана выделенная по данным сейсморазведки область отсутствия отложений в районе Вашуткино-Галотинской надвиговой зоны, узкой полосой протягивающейся у западной границы Коротаихинского прогиба. Отсутствие пород, по-видимому, связано с эрозией, которая произошла в постпермское время.

В истории развития Тимано-Печорской провинции переломным моментом считается серпуховское время, так как с ним связано изменение тектонического режима края платформы и заложение Предуральского краевого прогиба [Салдин, 2006]. Отголоски этих событий запечатлены в литологической летописи площади Медынского-море, где на известняках формировавшихся в обстановках впадины мелководного шельфа залегают строматолитовые известняки, характерные для крайнего мелководья. Варандей-Адзвинская структурная зона, в которую входит Медынский вал Медынского-Сарембойской антиклинальной зоны считается инверсионной структурой [Богданов и др., 2003]. Ее формирование началось в среднедевонско-раннефранское время в результате растяжения земной коры и завершилось в доманиковское время образованием впадины с некомпенсированным осадконакоплением. Эта впадина была унаследована в поздневизейское время (см. рис. 3). Время инверсии структурной зоны относится к раннепермскому [Богданов и др., 2003]. Однако, представленные выше схемы (см. рис. 3, 4) позволяют предположить, что дифференцированная инверсия Варандей-Адзвинского палеорифта началась уже в раннекаменноугольное время, когда в конце визейского времени

восточный борт палеовпадины, которому в современных координатах соответствует Медынский вал, начал испытывать воздымание. Постепенно в этой области образовалось островное мелководье. В позднем карбоне и в начале ранней перми в районе Медынского вала были развиты песчаные отмели, которые, вероятно, образовались на положительных формах рельефа, унаследованных с раннекаменноугольного времени.

Несогласие в верхнекаменноугольно-нижнепермской части разреза отмечено в Варандей-Адзвинской и частично в Гуляевско-Долгинской структурных зонах.

Представленные литолого-фациальные схемы могут служить основой для прогноза природных резервуаров.

В верхневизейских породах промышленные залежи нефти установлены на месторождении Медынное-море и связаны с вторичными доломитами. Пористость пород по шлифам составляет 10-15 %. Развитие пластов вторичных доломитов ожидается в областях островного мелководья серпуховского бассейна.

Продуктивные пласты в средне-верхнекаменноугольных породах установлены на месторождениях Долгинском и Медынное-море. Продуктивность отложений связана с водорослевыми биогермами и фациями известковых песков края карбонатной платформы. Коэффициент пористости пород колеблется от 7 до 10-15 %. Можно ожидать, что залежи в средне-верхнекаменноугольных породах подобных фаций будут приурочены к северо-западному продолжению Долгинского вала.

Нижнепермские органогенные постройки являются перспективными объектами при поисках нефти и газа, так как их пористость достигает 20 % и большинство открытых месторождений – Приразломное, Долгинское, Варандей-море, имеют залежи, приуроченные именно к этим отложениям. Ожидается, что перспективные объекты могут быть выявлены на Колвинском мегавале и на бортовых частях Хорейверской впадины.

ВЫВОДЫ

В результате исследования получены новые данные об особенностях строения каменноугольно-нижнепермских карбонатных пород.

На Печорском шельфе на протяжении поздневизейско-раннепермского времени выделяется два крупных этапа осадконакопления: поздневизейско-серпуховский и среднекаменноугольно-раннепермский. Отложения этих этапов разделены регионально выраженным среднекаменноугольным несогласием.

Каждый из этапов характеризовался развитием органогенных построек. Простираение зоны их развития в раннекаменноугольное время имело северное и северо-восточное

направление, а в раннепермское время - северо-западное и западное, что свидетельствует о смещении границы карбонатного шельфа.

В целом, в каменноугольно-раннепермское время условия осадконакопления с мелководных сменились на относительно глубоководные.

Накопление отложений в каменноугольно-раннепермское время проходило в тектонически спокойной обстановке. Однако, анализ эволюции условий осадконакопления позволяет предположить, что в конце раннекаменноугольного времени в районе Медынского вала произошло формирование области островного мелководья, что ознаменовало собой начало дифференцированной инверсии Варандей-Адзвинской структурной зоны.

На современном уровне изученности региона бурением, составленные литолого-фациальные схемы могут рассматриваться в качестве рабочих и будут совершенствоваться по мере появления новой информации.

Перспективы нефтегазоносности пород комплекса связаны не только с нижнепермскими органогенными образованиями, но и со средне-верхнекаменноугольными известняками биогермов и отмелей, а также верхневизейскими вторичными доломитами.

Автор благодарен сотрудникам ФГУП «Арктикморнефтегазразведка» за предоставленный каменный материал. За ценные советы, сделанные в процессе обсуждения результатов статьи, автор искренне признателен д.г.-м.н. В.И. Устрицкому.

Литература

Алексеев А.С., Бурлин Ю.К. О природе позднепалеозойских «карбонатных платформ» и «атоллов» Прикаспийской впадины в связи с их нефтегазоносностью // Бюллетень московского общества испытателей природы. Отд. геол., 2011. – Т.86. – Вып.1. – С. 3-13.

Антошкина А.И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области). – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 303 с.

Басов В.А., Василенко Л.В., Вискунова К.Г., Кораго Е.А., Корчинская М.В., Куприянова Н.В., Повышева Л.Г., Преображенская Э.Н., Пчелина Т.М., Столбов Н.М., Суворова Е.Б., Супруненко О.И., Сулова В.В., Устинов Н.В., Устрицкий В.И., Фефилова Л.А. Эволюция обстановок осадконакопления Баренцево – Северо - Карского палеобассейна в фанерозое // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2009. – Т.4. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2/3_2009.pdf

Беляков С.Л. Нижнепермские структурные элементы Тимано-Печорского региона // Геотектоника, 1994. - № 1. - С. 38-48.

Богданов М.М., Есипчук Е.Д., Корюкина Н.Г., Лапкина Н.С. Палеотектонические и термобарические условия формирования углеводородных скоплений в Печоро-Колвинском и Варандей-Адзвинском рифтах Тимано-Печорского бассейна // Геология и направления поисков нефти и газа. - Москва: ВНИГНИ, 2003. - С. 88-99.

Бро Е.Г., Десятков В.М., Преображенская Э.Н., Патрунов Д.К. Нефтегазоносные рифогенные образования в палеозойских отложениях на шельфе Баренцева моря // Геологическое строение и нефтегазоносность Арктических морей России. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 1994. - С. 6-13.

Вискунова К.Г., Супруненко О.И., Преображенская Э.Н. Прогноз литолого-фациальной зональности ассель-сакмарских отложений Печорского моря в связи с их нефтегазоносностью // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. - Вып.4. - С. 147-156.

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист R-38-40 - Колгуев. Объяснительная записка / Под ред. Б.Г. Лопатина. - СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. - 203 с.

Дзюбло А.Д., Зонн М.С. Строение разрезов и нефтегазоносность визейско-нижнепермского нефтегазоносного комплекса Долгинского вала в акватории Печорского моря // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2004. - № 9. - С. 18-23.

Елисеев А.И. Формации зон ограничения северо-востока Европейской платформы (поздний девон и карбон). - Л.: Наука, 1978. - 192 с.

Жемчугова В.А. Верхний палеозой Печорского нефтегазоносного бассейна (строение, условия образования, нефтегазоносность). – Сыктывкар: КНЦ УрО РАН, 1998. - 160 с.

Кузнецов В.Г., Антошкина А.И. Поздневизейско-серпуховский этап палеозойского рифообразования // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2005. - Т.13. - № 14. - С. 61-77.

Новая Земля и остров Вайгач. Геологическое строение и минерагения / Под науч. ред. Ю.Е. Погребницкого. – СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004. - Т.205. - 174 с.

Преображенская Э.Н., Устинов Н.В., Соловьева М.Ф., Матигоров А.А. Разрез палеозойских и мезозойских отложений Гуляевского вала // Нефтегазоносность Баренцево - Карского шельфа (по материалам бурения на море и островах). – Л.: Севморгеология, 1988. - С. 125-139.

Преображенская Э.Н., Устрицкий В.И., Бро Е.Г. Палеозойские отложения о. Колгуев (Баренцево море) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1995. - Т.3. - № 5. - С. 75-85.

Преображенская Э.Н., Устрицкий В.И., Чувашов Б.И. Нижнепермские рифы на острове Колгуев // Доклады РАН, 1993. - Т.329. - № 1. - С. 71-74.

Салдин В.А. Характер миграции флишенакпления на севере Урала // Литологические аспекты геологии слоистых сред. Материалы 7-го Уральского регионального литологического совещания. - Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1996. – С. 227-229.

Соболев Н.Н., Устрицкий В.И., Черняк Г.Е. Строение палеозойской пассивной континентальной окраины на Новой Земле // Геологическое строение Баренцево-Карского шельфа. – Л.: Севморгеология, 1985. - С. 34-43.

Суворова Е.Б., Вискунова К.Г., Преображенская Э.Н. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности визейско-серпуховских отложений Печорского моря // Геология геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений, 2010. - № 6. - С. 7-14.

Суворова Е.Б., Преображенская Э.Н. Строение верхневизейско-серпуховского карбонатного разреза месторождения Медыньское-море, шельф Печорского моря // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология, география. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009. - Вып.4. - С. 44-53.

Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. Пер. с англ. - М.: Недра, 1980. - 463 с.

Suvorova E.B.

«VNIIOkeangeologia named after I.S. Gramberg », Saint-Petersburg, Russia, suvork@inbox.ru

LITHOLOGY AND SEDIMENTARY ENVIRONMENTS OF THE UPPER VISEAN - LOWER PERMIAN STRATA OF THE PECHORA OFFSHORE

The lithology and sedimentary environments of the Upper Visean - Lower Permian carbonate strata of the Pechora Sea are described. The lithofacial schemes and lithostratigraphic section are presented. The two main sedimentation phases are revealed: the Late Visean - Serpukhovian and the Middle Carboniferous – Early Permian. There is a break between these phases which confined to the Early Bashkirian time. Both phases are characterized by reefogene building. During the Late Visean – Earlier Permian the area of reefs distribution was gradually shifted from the north-east to the north-west and west. In Carboniferous - Early Permian section shallow sea environments were replaced by relatively deep environments.

Key words: carbonate rocks, lithology, sedimentary environments, lithofacial schemes, Pechora shelf.

References

Alekseev A.S., Burlin Yu.K. *O prirode pozdnepaleozoyskikh «karbonatnykh platform» i «atollov» Prikaspiyskoy vpadiny v svyazi s ikh neftegazonosnost'yu* [On the nature of the Late Paleozoic "carbonate platforms" and "atolls" of Pre-Caspian depression in view of oil and gas potential]. *Byulleten' moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otd.Geol.*, 2011, vol. 86, issue 1, pp. 3-13.

Antoshkina A.I. *Rifobrazovanie v paleozoe (sever Urala i sopredel'nye oblasti)* [Reef formation in the Paleozoic (north of the Urals and adjacent areas)]. *Ekaterinburg: UrO RAN*, 2003, 303 p.

Basov V.A., Vasilenko L.V., Viskunova K.G., Korago E.A., Korchinskaya M.V., Kupriyanova N.V., Povysheva L.G., Preobrazhenskaya E.N., Pchelina T.M., Stolbov N.M., Suvorova E.B., Suprunenko O.I., Suslova V.V., Ustinov N.V., Ustritskiy V.I., Fefilova L.A. *Evolutsiya obstanovok osadkonakopleniya Barentsevo – Severo - Karskogo paleobasseyna v fanerozoe* [Evolution of sedimentary environments of the Barents-North Kara palaeobasins in the Phanerozoic]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2009, vol. 4, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/3_2009.pdf

Belyakov S.L. *Nizhneperskie strukturnye elementy Timano-Pechorskogo regiona* [The Lower Permian structural elements of the Timan-Pechora region]. *Geotektonika*, 1994, no. 1, pp. 38-48.

Bogdanov M.M., Esipchuk E.D., Koryukina N.G., Lapkina N.S. *Paleotektonicheskie i termobaricheskie usloviya formirovaniya uglevodorodnykh skopleniy v Pechoro-Kolvinskom i Varandey-Adz'vinskom riftakh Timano-Pechorskogo basseyna* [Paleotectonic and thermobaric conditions of hydrocarbon accumulation formation in the Pechora-Kolva and Varandey-Adzva rifts of the Timan-Pechora basin]. *Geologiya i napravleniya poiskov nefi i gaza. Moscow: VNIGNI*, 2003, pp. 88-99.

Bro E.G., Desyatkov V.M., Preobrazhenskaya E.N., Patrunov D.K. *Neftegazonosnye rifogennye obrazovaniya v paleozoyskikh otlozheniyakh na shel'fe Barentseva morya* [Oil and gas bearing reef formations in the Paleozoic deposits of the Barents Sea shelf]. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost' Arkticheskikh morey Rossii. Saint Petersburg: VNIIOkeangeologiya*, 1994, pp. 6-13.

Viskunova K.G., Suprunenko O.I., Preobrazhenskaya E.N. *Prognoz litologo-fatsial'noy zonal'nosti assel'-sakmarskikh otlozheniy Pechorskogo morya v svyazi s ikh neftegazonosnost'yu* [Forecast of litho-facies zonation of Assel-Sakmarian deposits of the Pechora Sea in view of oil and gas potential]. *Geologo-geofizicheskie kharakteristiki litosfery Arkticheskogo regiona. Saint Petersburg: VNIIOkeangeologiya*, 2002, issue 4, pp. 147-156.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:1000000 (novaya seriya). List R-38-40 - Kolguev. Ob'yasnitel'naya zapiska [State Geological Map of the Russian Federation. The scale 1:1,000,000 (new series). Sheet R-38-40 – Kolguev. Explanatory note]. Editor B.G. Lopatin. Saint Petersburg: VSEGEI, 2003, 203 p.

Dzyublo A.D., Zonn M.S. *Stroenie razrezov i neftegazonosnost' vizeysko-nizhneperskogo neftegazonosnogo kompleksa Dolginskogo vala v akvatorii Pechorskogo morya* [Section structure and petroleum potential of the Visean-Lower Permian oil and gas complex of Dolginsk shaft in the offshore-area

of the Pechora Sea]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2004, no. 9, pp. 18-23.

Eliseev A.I. *Formatsii zon ogranicheniya severo-vostoka Evropeyskoy platformy (pozdniy devon i karbon)* [Formation of limiting zones of the north-east European platform (Late Devonian and Carboniferous)]. Leningrad: Nauka, 1978. - 192 s.

Zhemchugova V.A. *Verkhniy paleozoy Pechorskogo neftegazonosnogo basseyna (stroenie, usloviya obrazovaniya, neftegazonosnost')* [Upper Paleozoic of the Pechora oil and gas basin (structure, formation conditions, oil and gas potential)]. Syktyvkar: KNTs UrO RAN, 1998, 160 p.

Kuznetsov V.G., Antoshkina A.I. *Pozdnevizeysko-serpukhovskiy etap paleozoyskogo rifoobrazovaniya* [Late Visean-Serpukhovian stage of the Paleozoic reef formation]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 2005, vol. 13, no. 14, pp. 61-77.

Novaya Zemlya i ostrov Vaygach. Geologicheskoe stroenie i minerageniya [Archipelago Novaya Zemlya and the Vaigach island. Geology and minerageny]. Editor Yu.E. Pogrebitskiy. Saint Petersburg: VNIIOkeangeologiya, 2004, vol. 205, 174 p.

Preobrazhenskaya E.N., Ustinov N.V., Solov'eva M.F., Matigorov A.A. *Razrez paleozoyskikh i mezozoyskikh otlozheniy Gulyaevskogo vala* [Section of Paleozoic and Mesozoic deposits of Gulyaevsk shaft]. *Neftegazonosnost' Barentsevo - Karskogo shel'fa (po materialam bureniya na more i ostrovakh)*. Leningrad: Sevmorgeologiya, 1988, pp. 125-139.

Preobrazhenskaya E.N., Ustritskiy V.I., Bro E.G. *Paleozoyskie otlozheniya o. Kolguev (Barentsevo more)* [Paleozoic deposits of the Kolguev island (Barents Sea)]. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya*, 1995, vol. 3, no. 5, pp. 75-85.

Preobrazhenskaya E.N., Ustritskiy V.I., Chuvashov B.I. *Nizhnepermskie rify na ostrove Kolguev* [Lower Permian reefs of Kolguev island]. *Doklady RAN*, 1993, vol. 329, no. 1, pp. 71-74.

Saldin V.A. *Kharakter migratsii flišenakopleniya na severe Urala* [The nature of migration of flysch accumulation in the north of the Urals]. *Litologicheskije aspekty geologii sloistykh sred* [Lithological aspects of geology of layered environment]. Proceedings of the 7th Ural Regional Lithological Meeting. Ekaterinburg: IGG UrO RAN, 1996, pp. 227-229.

Sobolev N.N., Ustritskiy V.I., Chernyak G.E. *Stroenie paleozoyskoy passivnoy kontinental'noy okrainy na Novoy Zemle* [The structure of the Paleozoic passive continental margin on the archipelago Novaya Zemlya]. *Geologicheskoe stroenie Barentsevo-Karskogo shel'fa*. Leningrad: Sevmorgeologiya, 1985, pp. 34-43.

Suvorova E.B., Viskunova K.G., *Preobrazhenskaya E.N. Geologicheskoe stroenie i perspektivy neftegazonosnosti vizeysko-serpukhovskikh otlozheniy Pechorskogo morya* [Geological structure and petroleum potential of the Visean-Serpukhovian deposits of the Pechora Sea]. *Geologiya geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2010, no. 6, pp. 7-14.

Suvorova E.B., Preobrazhenskaya E.N. *Stroenie verkhnevizeysko-serpukhovskogo karbonatnogo razreza mestorozhdeniya Medynskoe-more, shel'f Pechorskogo morya* [Structure of the Upper Visean-Serpukhovian carbonate section of Medynskoe-More deposit, Pechora Sea shelf]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Seriya 7. Geologiya, geografiya*. Saint Petersburg: SPbGU, 2009, issue 4, pp. 44-53.

Wilson J.L. *Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonate facies in geologic history]. Translation from English. Moscow: Nedra, 1980, 463 p.