

УДК 551.735.15/.736.022.4(470.111.7)

Шишлов С.Б.

## СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЯ ВЕРХНЕГО ПАЛЕОЗОЯ ОСТРОВА КОЛГУЕВ

*Разработанная и опубликованная ранее литолого-генетическая типизация верхнепалеозойских отложений о. Колгуев позволила обобщить материалы, полученные при поинтервальном отборе керн из серии поисково-разведочных скважин. При этом, путём построения серии литолого-генетических профилей, удалось выявить основные закономерности локализации выделенных литотипов. В результате выделено шесть секвенций – естественноисторических геологических тел, формирование которых связано с крупными трансгрессивно-регрессивными циклами седиментации и получено более полное представление об особенностях строения верхнего палеозоя о. Колгуев.*

**Ключевые слова:** остров Колгуев, верхний палеозой, трансгрессивно-регрессивные циклы седиментации, секвенс-стратиграфия.

### Введение

Верхний палеозой острова Колгуев вскрыт более чем 50 скважинами. По ним получены уникальные геофизические, литологические и палеонтологические материалы, результаты обработки которых изложены в ряде публикаций [Бро и др., 1988; Енцова и др., 1981; Преображенская, Устрицкий, Чувашов, 1993; Grigoriev, Utting, 1998] и фондовых отчетов (ВНИИОкеангеология). В них дана общая литологическая характеристика разреза верхнего палеозоя, проведено его расчленение на свиты и ярусы единой шкалы, установлены особенности фациальных изменений отложений и детали строения пермских рифов. Показано, что верхнепалеозойские отложения о. Колгуев, мощностью от 1000 до 1500 м, с перерывом залегают на эродированной поверхности нижнего карбона и с локальными несогласиями перекрываются породами триаса. Они разделены на два литолого-стратиграфических комплекса: преимущественно карбонатный среднекаменноугольно-сакмарский и преимущественно терригенный артинско-татарский [Преображенская, Устрицкий, Бро, 1995]. Для верхнепермской части разреза острова Колгуев выполнены реконструкции обстановок осадконакопления и проведен секвенс-стратиграфический анализ, позволивший расчленить эту часть разреза на шесть секвенций [Grigoriev, Utting, 1998].

Таким образом, достаточно полно охарактеризованный и комплексно изученный разрез о. Колгуев можно рассматривать в качестве ключевого, при создании трехмерной литолого-генетической модели строения верхнего палеозоя Печорского моря, необходимой для целей прогноза углеводородного потенциала этого региона. В рамках решения этой задачи

разработка секвенс-стратиграфической схемы верхнего палеозоя о. Колгуев представляется необходимой и актуальной, т.к. это позволяет интегрировать весь комплекс взаимосвязанных генетических признаков осадочных пород и выявить естественноисторические геологические тела – секвенции, формирование которых связано с крупными трансгрессивно-регрессивными циклами седиментации.

### Материалы и методы

Работа выполнена на основе макро- и микроскопического изучения коллекции штуфов и шлифов из керна скважин БГ-1, ЗП-1, ИТ-1, ИТ-7, ПО-1, ПО-3, ПО-4, ПО-8, ПО-29, ПО-38, ПО-39, ПО-46, ПРТ-1, СЗ-202. По этим материалам была разработана литолого-генетическая типизация отложений о. Колгуев, подробная характеристика которой опубликована ранее [Шишлов, 2004].

В среднекаменноугольно-сакмарском, преимущественно карбонатном, интервале разреза выделено 13 литотипов. Их краткая характеристика приведена в табл. 1.

Таблица 1

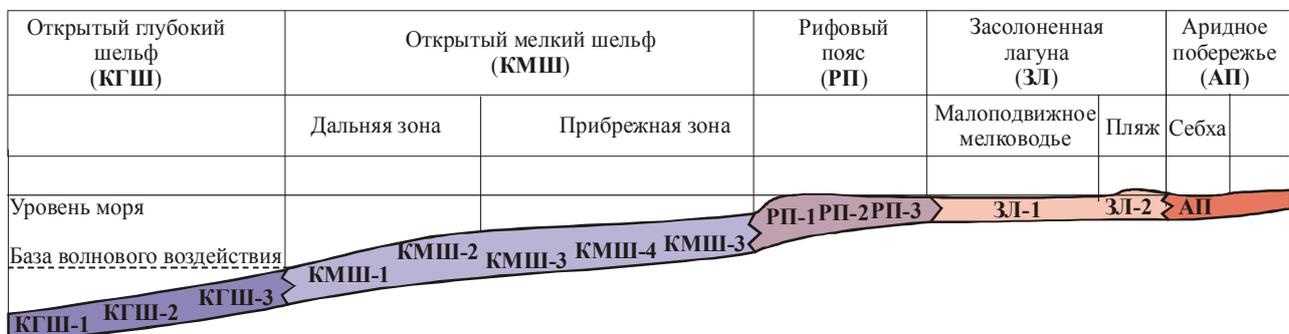
#### Литолого-генетические типы отложений карбонатного комплекса

Индексы литотипов	Краткая характеристика
<b>КГШ-1</b>	Аргиллит серовато-черный, известковистый, с горизонтальной и пологоволнистой слоистостью. На межслойковых поверхностях присутствует детрит морской фауны. Характерны выделения сульфидов.
<b>КГШ-2</b>	Известняк микро- и тонкозернистый (мадстоун – вакстоун) в разной степени глинистый, темно-серый. Характерны тончайшие линзочки серовато-черного известковистого аргиллита, выделения сульфидов, мелкий неориентированный детрит морской фауны.
<b>КГШ-3</b>	Известняк от крупно- до мелкодетритового (флаутстоун – пакстоун) серый. Снизу вверх наблюдается градационное уменьшение концентрации и размеров детрита морской фауны.
<b>КМШ-1</b>	Тонкое неправильно-линзовидное чередование темно-серого известковистого аргиллита и бурого тонкозернистого известняка (мадстоун - вакстоун). Присутствуют остатки морской фауны.
<b>КМШ-2</b>	Известняк биокластический микритовый (вакстоун - пакстоун), участками спаритовый (грейнстоун), серовато-бурый. Окремненные участки, имеют буровато-белый цвет. Присутствуют остатки морской фауны и мелкие зерна кварца (первые %).
<b>КМШ-3</b>	Известняк биокластический (грейнстоун-рудстоун, участками вакстоун-пакстоун, реже флаутстоун). Цвет серовато-зеленый, оливковый, красновато-бурый или светло-бежевый. Форменные элементы представлены детритом морской фауны, пеллетами, ооидами и мелкими зернами кварца. Характерны окремненные участки, выделения доломита и глауконита, текстуры взмучивания.
<b>КМШ-4</b>	Алевритистый аргиллит известковистый, с тонкой линзовидной текстурой, намечаемой намывами мелкого детрита морской фауны. Цвет серовато-зеленый и красно-бурый (пестроцветная окраска).

Продолжение табл. 1

<b>РП-1</b>	Известняк автохтонный (бафлстоун), белый со слабым буроватым или сероватым оттенком, пористый, хрупкий. Между каркасом, образованным остатками ветвящихся известковых водорослей, заключен детрит морской фауны.
<b>РП-2</b>	Микритовый доломит, буровато-белый, массивный или со взмученными и комковатыми (брекчиеподобными) текстурами. Присутствуют единичные мелкие кварцевые зерна, выделения пирита, редкий детрит морской фауны.
<b>РП-3</b>	Микритовый глинистый известняк серовато-белый песчанистый доломитизированный неравномерно окремненный с тонкими линзовидными слоями мелкого детрита морской фауны и серого известковистого аргиллита.
<b>ЗЛ-1</b>	Микритовый доломит бурый, светло-бежевый, однородный массивный или с неправильно-комковатой текстурой, песчанистый. Иногда встречаются мелкий детрит морской фауны. Характерны мелкие выделения сульфатов и сульфидов, линзочки кремня.
<b>ЗЛ-2</b>	Песчаник кварцевый от тонко- до среднезернистого светлый зеленовато-серый сильно известковистый с пологоволнистой слойчатостью, намечаемой тончайшими намывами серовато-зеленого аргиллита. Часто фиксируется взмученная текстура. Иногда присутствует мелкая галька и гравий перекристаллизованных известняков. Характерны редкие выделения сульфатов и сульфидов, слабая «пятнистая» сидеритизация породы.
<b>АП</b>	Алевритистый аргиллит, известковистый, бурый с тонкой неправильной мелковолнистой слойчатостью. К межслойковым поверхностям приурочены многочисленные желваковые (2-4мм) и неправильно линзовидные выделения сульфатов.

Генетические признаки этого комплекса и особенности вертикальных последовательностей установленных литотипов приводят к заключению о том, что они формировались на поверхности рампа, который имел пологий наклон в прибрежной зоне и перегиб склона в его более глубоководной части (рис. 1). Отсутствие, или слабая выраженность, мелководных барьеров на кромке шельфа определяло существование широкой зоны подверженной воздействию волнений. Цепочки рифов, очевидно, располагались в прибрежной фотической зоне и отделяли от открытого моря небольшие засоленные лагуны. В условиях теплого аридного климата при регрессиях моря на их месте формировались себхи, в которых происходило периодическое накопление эвапоритов.



**Рис. 1. Обстановки накопления отложений карбонатного комплекса о. Колгуев**

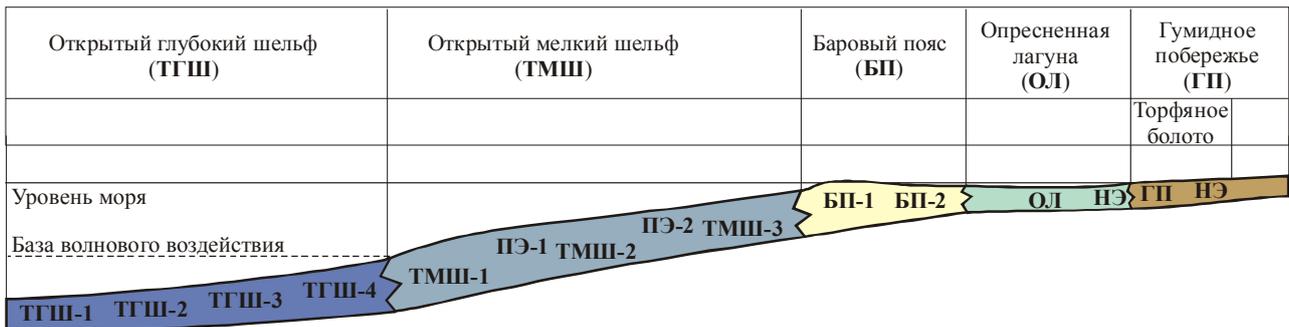
Буквенно-цифровые индексы – литолого-генетические типы пород, охарактеризованные в табл. 1.

В преимущественно терригенном пермском артинско-татарском интервале разреза установлено 14 литотипов (табл. 2), набор которых типичен для эпиконтинентальных бассейнов с гумидным типом литогенеза. Здесь представлены осадки открытого шельфа, барового поля и небольших опресненных лагун с заболоченными побережьями (рис. 2).

Таблица 2

**Литолого-генетические типы отложений терригенного комплекса**

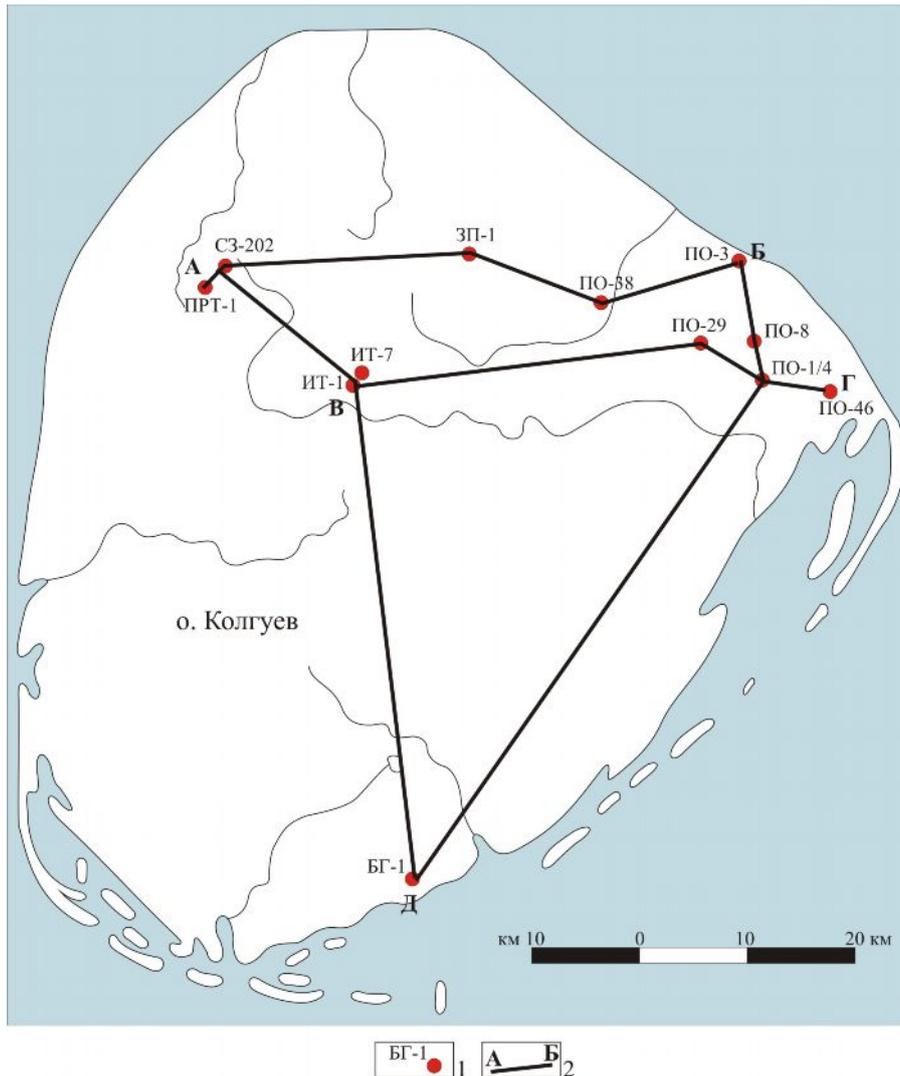
Индексы литотипов	Краткая характеристика
<b>ТГШ-1</b>	Алевритистый аргиллит темно-серый с тонкими неправильными градационными линзами серого известковистого алевролита и тонкозернистого песчаника. Характерны выделения сульфидов, окремненные участки, известковые конкреции, детрит морской фауны.
<b>ТГШ-2</b>	Алевролит или тонкозернистый кварцевый песчаник светло-серый, иногда зеленоватый, известковый, с градационной текстурой и тонкими линзами темно-серого аргиллита. Характерны выделения сульфидов, окремненные участки, редкие выделения глауконита, детрит морской фауны, тонкий растительный шлам и ходы илоедов.
<b>ТГШ-3</b>	Алевролит или тонкозернистый кварцевый песчаник светло-серый, иногда зеленоватый, слюдистый, известковистый, с градационной слоистостью. Характерны текстуры взмучивания и оползания, детрит морской фауны, ходы илоедов, выделения сульфидов и глауконита.
<b>ТГШ-4</b>	Спикулит известковистый, светло-серый с буроватым или зеленоватым оттенком. Характерны взмученные текстуры, кремниевые конкреции, примесь зерен кварца алевроитовой и песчаной размерности, остатки морской фауны, гравий известняков, песчаников и аргиллитов.
<b>ТМШ-1</b>	Алевритистый аргиллит темно-серый с тонкими (до 2 см) линзами серого известковистого алевролита. Характерны резкие границы слоев, ходы илоедов, мелкий детрит наземных растений и морской фауны, знаки ряби.
<b>ТМШ-2</b>	Песчаник тонкозернистый, существенно кварцевый, известковистый, светло-серый, иногда зеленоватый, с тонкими линзами темно-серого алевритистого аргиллита. Характерны резкие границы слоев, ходы илоедов, остатки морской фауны и шлам наземных растений.
<b>ТМШ-3</b>	Песчаник известковистый, от тонко- до среднезернистого, полевошпатово-кварцевый, светло-серый с волнистой слоистостью. Встречаются скопления детрита морской фауны, мелкий растительный шлам, ходы илоедов, выделения глауконита.
<b>БП-1</b>	Песчаник полимиктовый, мелко-крупнозернистый, светло-серый с пологой косою разнонаправленной слоистостью. Встречаются крупные и средние фрагменты наземных растений, редкий детрит морской фауны, зерна глауконита, уплощенный гравий глинисто-алевролитовых пород.
<b>БП-2</b>	Песчаник полимиктовый, тонко-мелкозернистый, светло-серый с полого- и мелковолнистой слоистостью. На межслойковых поверхностях фиксируются знаки ряби, редкие ходы илоедов, остатки стеблей и листьев наземных растений.
<b>ПЭ-1</b>	Биотурбированная смесь аргиллитов, алевролитов и песчаников. Характерны детрит морской фауны выделения глауконита и сульфидов, тонкий растительный шлам.
<b>ПЭ-2</b>	Песчаник тонкозернистый серый известковистый интенсивно биотурбированный. Характерны выделения глауконита, остатки морской фауны и мелкий растительный шлам.
<b>ОЛ</b>	Алевритистый аргиллит тесно-серый с горизонтальной и пологоволнистой слоистостью, которую намечают тонкие намывы алевролитового материала. Характерны многочисленные остатки наземных растений, выделения сульфидов. Иногда присутствуют остатки мелких двустворчатых моллюсков.
<b>НЭ</b>	Глинистый алевролит серый, с зеленоватым или буроватым оттенком. Характерны остроугольно-комковатая отдельность, остатки корневых систем и слабая «пятнистая» сидеритизация.
<b>ГП</b>	Уголь атритито-гелитовый полосчатый.



**Рис. 2. Обстановки накопления отложений терригенного комплекса о. Колгуев**

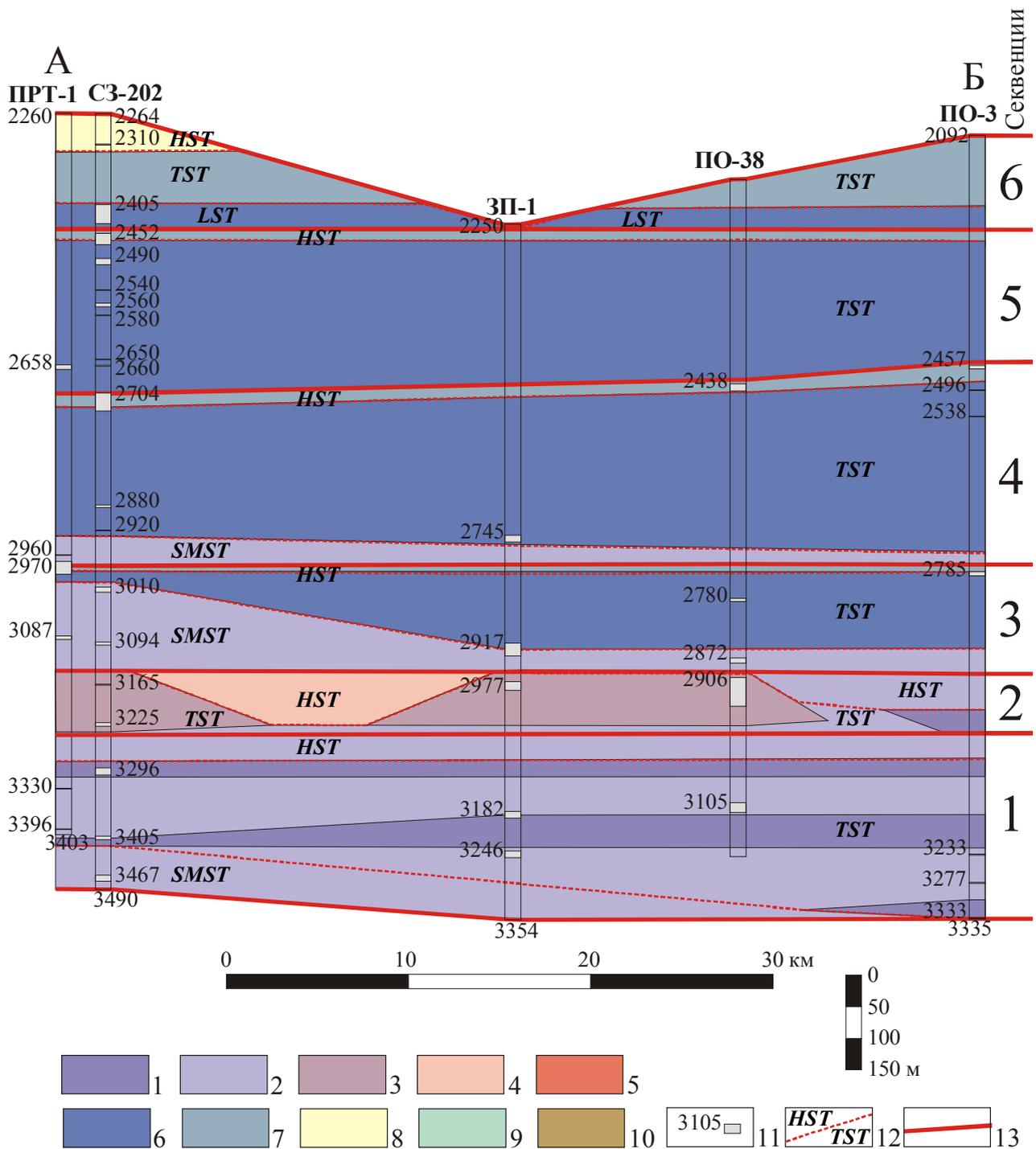
*Буквенно-цифровые индексы – литолого-генетические типы пород, охарактеризованные в табл. 2.*

Обоснование латеральных рядов литолого-генетических типов отложений, представленное на идеализированных профилях карбонатных и терригенных обстановок осадконакопления (см. рис. 1, 2), позволяет установить трансгрессивные и регрессивные последовательности в каждой из рассматриваемых скважин. В связи с тем, что выход керна по скважинам колеблется от 1,5 до 18% для обобщения всего имеющегося массива данных и получения, таким образом, более полного представления о строении верхнего палеозоя составлено четыре литолого-фациальных профиля (рис. 3). Два из них субширотные. Первый «северный» профиль (А – Б) построен по скважинам ПРТ-1 – СЗ-202 – ЗП-1 – ПО-38 – ПО-3 (рис. 4). Второй профиль (В – Г), построенный по скважинам ИТ-1 – ИТ-7 – ПО-29 – ПО-1/4 – ПО-46, расположен на 5-15 км южнее (рис. 5). Два субмеридианальных профиля начинаются на юге острова от скважины БГ-1. Один (Д – В – А) направлен на северо-запад и проходит через скважины БГ-1 – ИТ-1 – ИТ-7 – ПРТ-1 – СЗ-202 (рис. 6), а другой (Д – Б) на северо-восток через скважины БГ-1 – ПО-1/4 – ПО-8 – ПО-3 (рис. 7). При построении представленных профилей, кроме литолого-генетической характеристики интервалов, представленных керновым материалом, учитывались данные каротажа и палеонтологические заключения. Однако, в ряде случаев, границы ярусов общей шкалы, обоснованные биостратиграфическими методами, оказалось необходимым несколько скорректировать. Это связано с тем, что их первоначальное положение приводило к необходимости признать существование резких колебаний мощностей одновозрастных подразделений, которые не подтверждаются ни материалами сейсмопрофилирования, представленного в фондовых отчетах, ни результатами геометрических построений, и не могут быть объяснены на основе принятых седиментологических реконструкций.



**Рис. 3. Схема расположения скважин (1) на о. Колгуев и линии построенных по ним литолого-генетических профилей верхнего палеозоя (2)**

Взаимная увязка построенных профилей, позволила, по сути, создать объемную, внутренне непротиворечивую, литолого-генетическую модель строения верхнепалеозойских отложений о. Колгуев. На этой основе выполнен секвенс-стратиграфический анализ, принципы и методология которого изложены в работах Дж. Ван Вагонера, А.Е. Шлезингера и др. [Шлезингер, 1998; Van Wagoner et al., 1990]. При этом верхний палеозой о. Колгуев расчленен на пять секвенций, каждая из которых представляет собой естественно-историческое геологическое тело, сформировавшееся в течение одного крупного трансгрессивно-регрессивного седиментационного цикла.



**Рис. 4. Субширотный литолого-генетический профиль верхнего палеозоя о. Колгуев по линии А-Б**

Условные обозначения:

Карбонатный комплекс (1-5): 1 - отложения открытого глубокого шельфа, 2 - отложения открытого мелкого шельфа, 3 - отложения рифового пояса, 4 - отложения засоленной лагуны, 5 - отложения аридного побережья; терригенный комплекс (6-10): 6 - отложения открытого глубокого шельфа, 7 - отложения открытого мелкого шельфа, 8 - отложения барового пояса, 9 - отложения опресненной лагуны, 10 - отложения гумидного побережья; 11 - интервалы скважин, охарактеризованные керном и их глубина, м; 12 - индексы (расшифрованы в тексте) трактов седиментационных систем и их границы; 13 - границы секвенций.

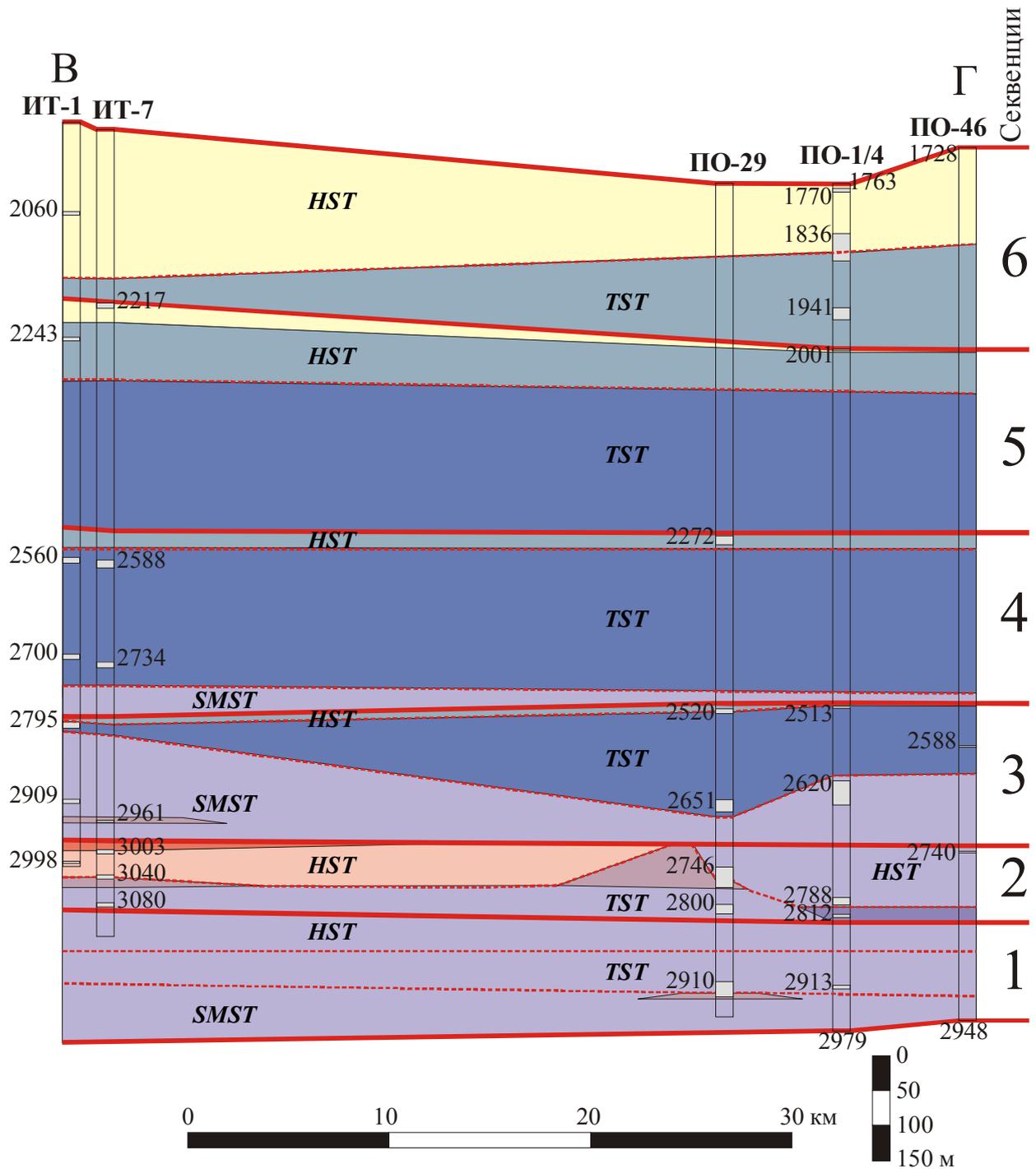


Рис. 5. Субширотный литолого-генетический профиль верхнего палеозоя о. Колгуев по линии В-Г

Условные обозначения на рис. 4.

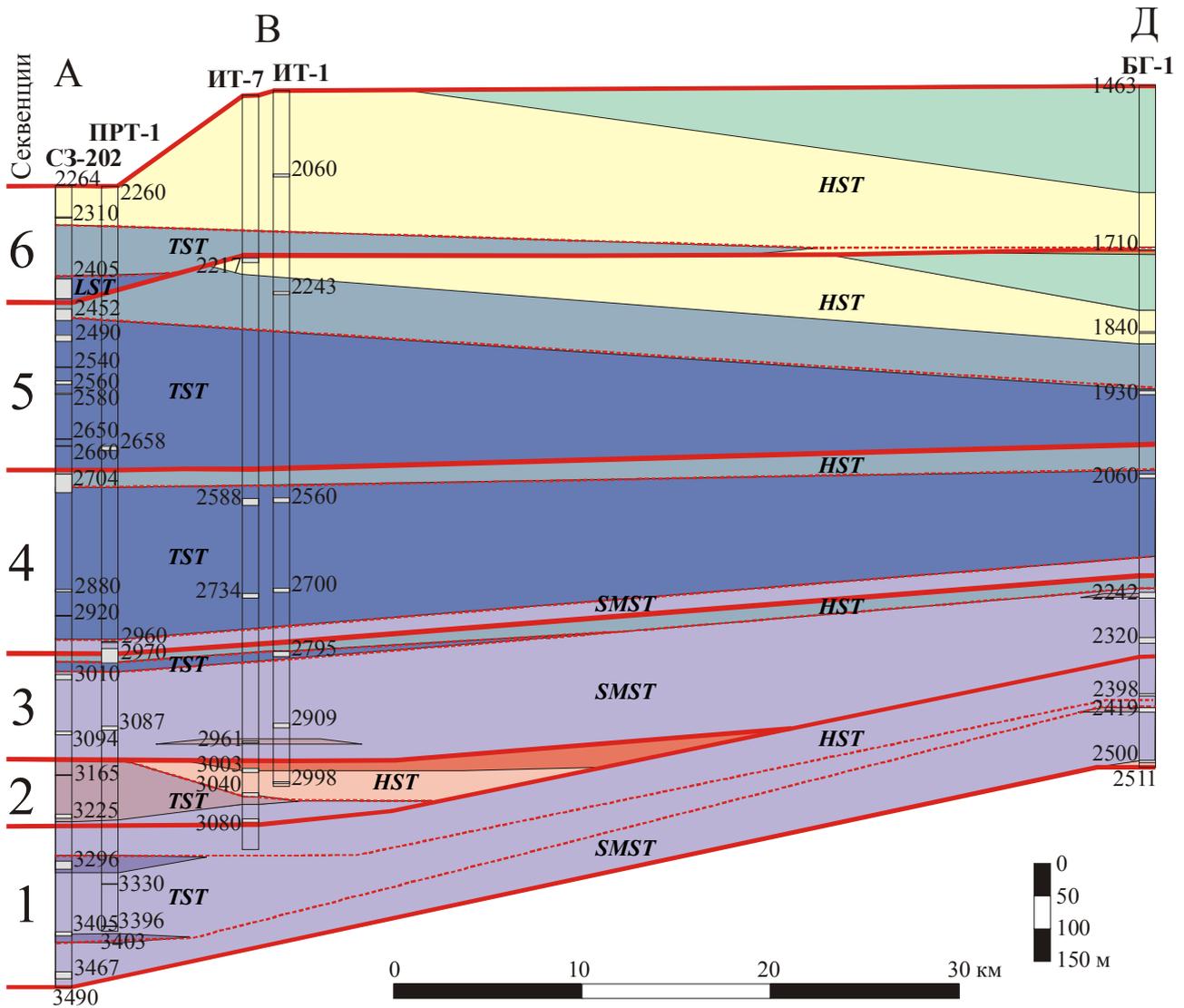


Рис. 6. Субмеридианальный литолого-генетический профиль верхнего палеозоя о. Колгуев по линии Д-В-А

Условные обозначения на рис. 4.

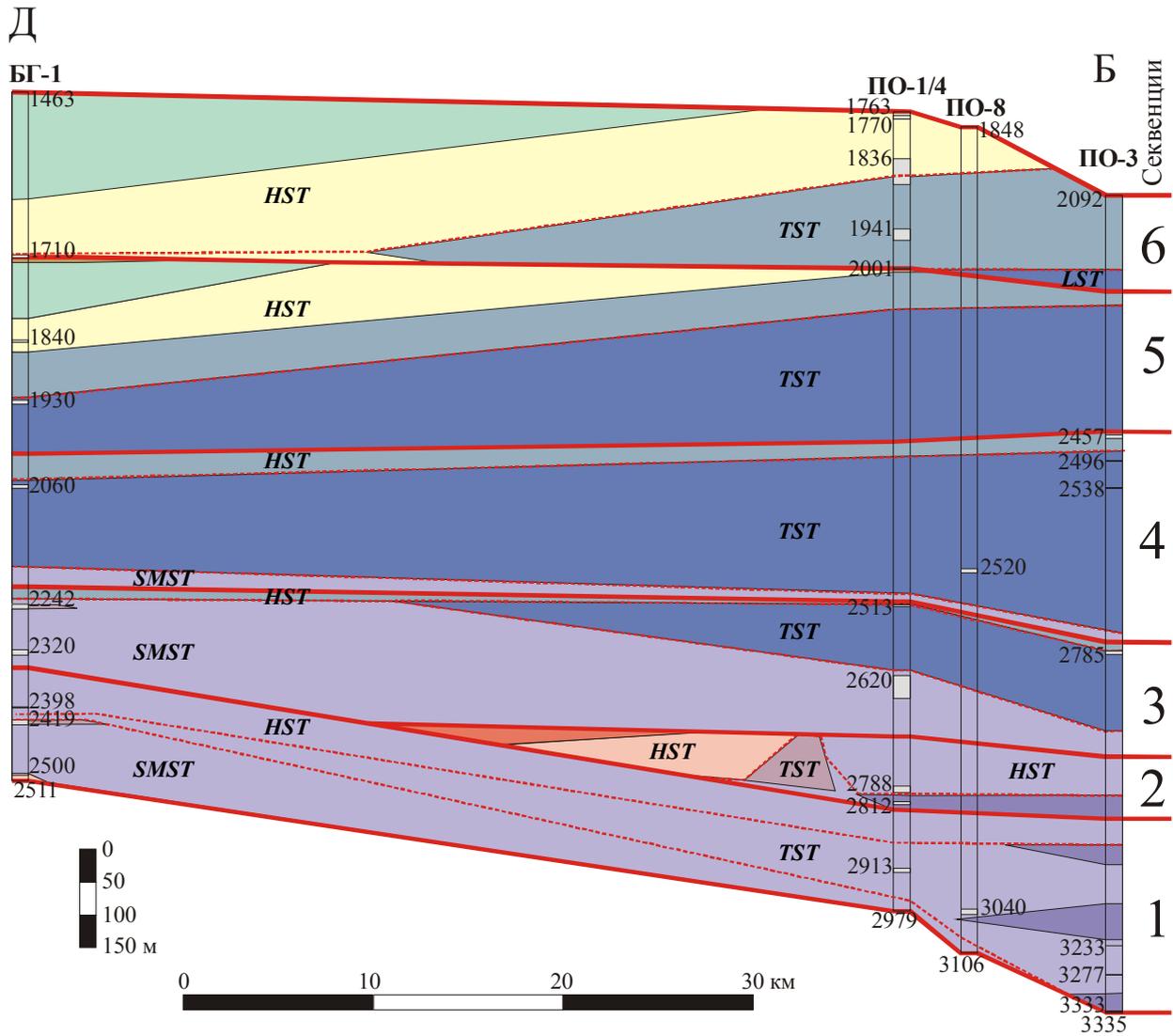


Рис. 7. Субмеридианальный литолого-генетический профиль верхнего палеозоя о. Колгуев по линии Д-Б

Условные обозначения на рис. 4.

## Секвенции верхнего палеозоя о. Колгуев

**Первая секвенция** палеозоя имеет средне- позднекаменноугольный возраст и представлена отложениями карбонатного комплекса. Ее мощность изменяется от 170 м на юге (скв. БГ-1) до 250 м на северо-западе (скв. ПО-3, СЗ-202).

Подосва секвенции (SB) отвечает ярко выраженной поверхности несогласия, которая устанавливается по каротажным диаграммам. Данные по фузулинидам, позволят констатировать выпадение из разреза почти всего башкирского яруса и нижнемосковского подъяруса среднего карбона [Преображенская, Устрицкий, Бро, 1995].

Выше несогласия залегают отложения **окраинно-шельфового тракта (SMST)**. На юге (скв. БГ-1) его основание образует десятиметровая пачка зеленовато-серых хорошо окатанных кварцевых тонкозернистых известковистых песчаников (литотип **ЗЛ-2**) с линзовидными прослоями серовато-зеленого аргиллита (литотип **КМШ-4**). Вероятно, это отложения пляжей, сформировавшихся в условиях аридного климата из «зрелого» терригенного материала мобилизованного волнениями при размыве подстилающих толщ на фоне медленного подъема уровня моря.

Далее к северу и вверх по разрезу (см. рис. 6, 7) песчаники ретроградационно сменяются толщей биокластических преимущественно тонкозернистых известняков (вакстоуны – пакстоуны) светло-бежевого, иногда оливкового цвета (литотип **КМШ-2**). Здесь встречаются остатки мшанок, брахиопод, криноидей, фораминифер, фосфатные пеллеты, аморфные комки и ооиды. Часто наблюдаются текстуры биотурбации. Очевидно, накопление карбонатных илов происходило на трансгрессивной фазе седиментации в пределах открытого мелководного шельфа в условиях волнового воздействия, нормальной солености и слабо окислительной реакции среды. На юге (скв. БГ-1) в этой толще присутствуют автохтонные известняки (бафлстоуны), белые со слабым буроватым оттенком, в большей или меньшей степени пористые (литотип **РП-1**). Их мощность не превышает 5 м. Можно предположить, что формирование этих небольших биогермных построек, происходило в фотической зоне мелкого шельфа с хорошо аэрируемыми нормально солеными водами, благодаря осаждению карбонатного ила и биокластов между стеблями известковых водорослей.

**Трансгрессивный тракт (TST)** представлен аградационным чередованием отложений глубокого и мелкого шельфа. Наиболее отчетливо он устанавливается на севере острова (скв. СЗ-202, ЗП-1) по присутствию в разрезе серых глинистых микро- и тонкозернистых (мадстоуны – вакстоуны) известняков (литотип **КГШ-2**). Здесь присутствуют: тонкие

выделения и желваки (до 1,5 см) сульфидов, мелкий неориентированный детрит брахиопод, криноидей и мшанок, спикулы кремниевых губок, фораминиферы, углефицированные фрагменты слоевищ водорослей. Встречаются прослой серовато-черного, известковистого аргиллита (литотип **КГШ-1**). Прослоями (до 10 см) представлен известняк от крупно- до мелкодетритового (флаутстоун – пакстоун) с глинистым, карбонатным цеменом, в который погружены градиционно сортированные остатки криноидей, мшанок, рыб, толстостенные раковины и иглы брахиопод, спикулы кремниевых губок, единичные кораллы и редкие конадонты (литотип **КГШ-3**). Накопление этого комплекса отложений, вероятно, происходило ниже базы волнового воздействия в условиях нормальной солености и восстановительной среды. Из взвеси здесь оседал тонкий пелитовый карбонатный и силикокластический материал, а детрит морской фауны доставлялся сюда с мелководья гравитационными потоками.

**Тракт высокого стояния (HST)** первой секвенции представлен биокластическими, часто окремненными, тонко- среднезернистыми светло-бурыми известняками (вакстоуны – пакстоуны - грейнстоуны), содержащими детрит мшанок, брахиопод, криноидей, остатки фораминифер, фосфатные пеллеты, и зерна кварца (до 5%) размером от 0,01 до 0,15 мм (литотипы **КМШ-2, 3**). Очевидно, это отложения открытого мелководного шельфа, которые формировались в условиях волнового воздействия, нормальной солености и слабо окислительной реакции среды. Можно предположить, что повышенные содержания примеси силикокластики связаны с усилением процесса выноса терригенного материала с континента в регрессирующий морской бассейн.

По возрасту и комплексу литолого-генетических признаков первая секвенция может быть сопоставлена с формацией Фальк южной части норвежского сектора Баренцева моря [Larssen et al., 2002] (табл. 3).

**Вторая секвенция.** Возраст позднекаменноугольно – раннепермский (ассель, возможно ранний сакмар). Локализуется в северной части острова Колгуев, где ее мощность достигает 100 м (скв. ПО-3, СЗ-202), а подошва совпадает с трансгрессивной поверхностью (TS). К югу секвенция выклинивается, сменяясь субаэральной эрозионной поверхностью (скв. БГ-1), которая маркирует стратиграфический перерыв, фиксируемый палеонтологическими методами.

Таблица 3

## Схема сопоставления секвенций верхнего палеозоя о. Колгуев с другими стратонами

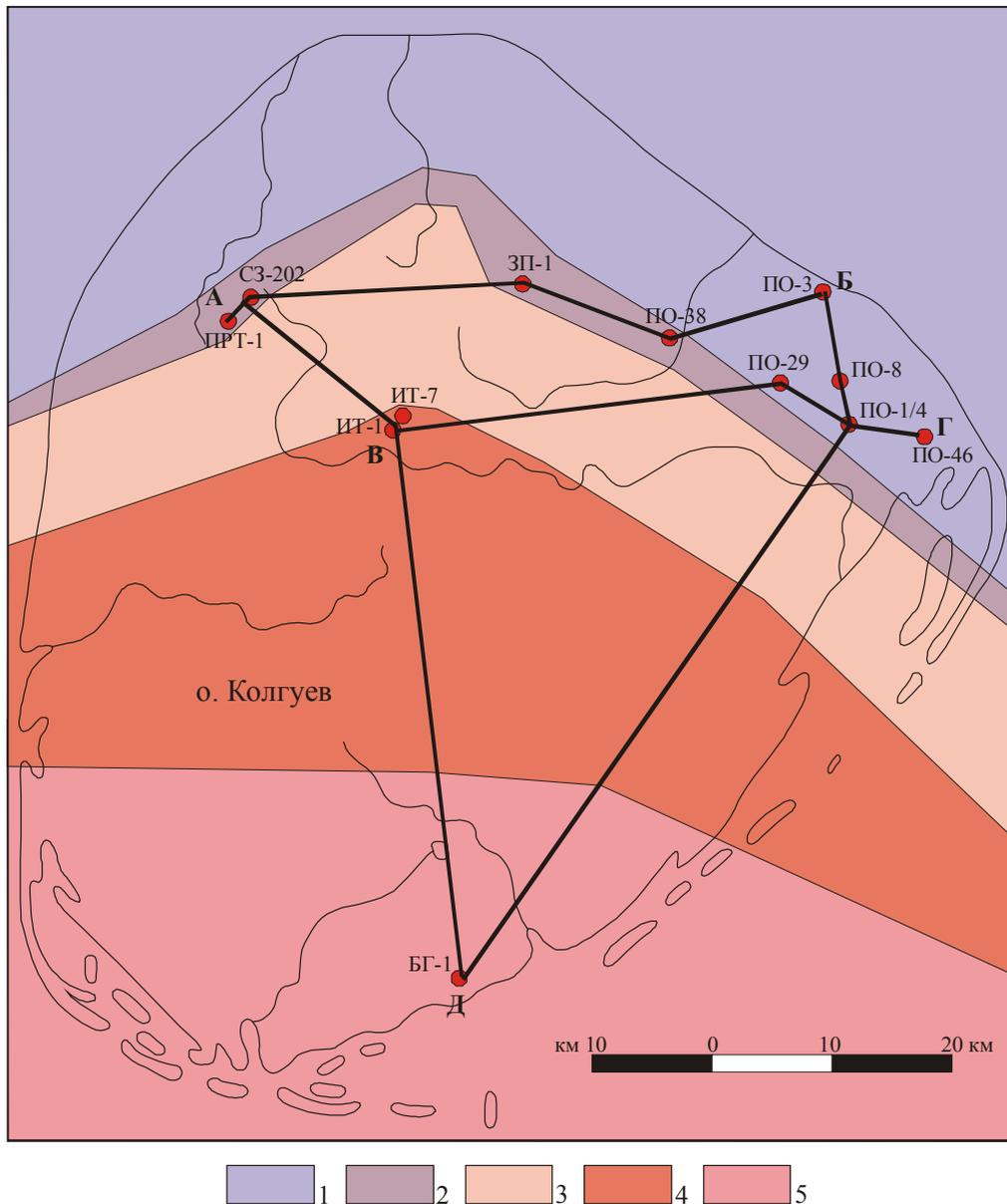
Общая стратиграфическая шкала			Предлагаемая секвенс-стратиграфическая схема		Секвенции верхней перми [Grigoriev, Utting, 1998]	Литолого-стратиграфические подразделения южной части норвежского сектора Баренцева моря [Larssen et al., 2002]	
Система	Отдел	Ярус	Секвенция	Тракт седиментационной системы		Формация	Группа формаций
Пермская	Верхний	Татарский	6	<i>HST</i>	5	Ёррет (Ørret)	Темпельфьёрден (Tempelfjorden)
				<i>TST</i>	4		
				<i>LST</i>	3		
		Казанский	5	<i>HST</i>	2	Рёйе (Røye)	
				<i>TST</i>	1		
				<i>HST</i>			
	Кунгурский	4	<i>HST</i>				
			<i>TST</i>				
		3	<i>SMST</i>				
			<i>HST</i>				
	Артинский	3	<i>TST</i>	Ульв (Ulv)			
			<i>SMST</i>				
	Сакмарский	2	<i>HST</i>	Ёрн (Ørn)			
			<i>TST</i>				
Ассельский	2	<i>HST</i>		Поляррев (Polarrev)			
		<i>TST</i>					
Каменноугольная	Верхний		1	<i>HST</i>	Фальк (Falk)	Гипсдален (Gipsdalen)	
				<i>TST</i>			
				<i>SMST</i>			

**Трансгрессивный тракт (TST)** на северо-востоке (скв. ПО-1/4) образуют глинистые, темно-серые микро- и тонкозернистые (мадстоуны – вакстоуны) известняки (литотип **КГШ-2**) с градационно сортированным детритом криноидей и мшанок, которые, вероятно, формировались в относительно глубоководной зоне шельфа, ниже базы волнового воздействия. К северо-западу и югу (скв. ИТ-7, ПО-29) их проградационно сменяют серовато-бурые глинистые известняки (вакстоуны – пакстоуны) мелкого шельфа (литотипы **КМШ-1, 2**). На последних залегают бафлстоуны, белые со слабым буроватым или сероватым оттенком, в большей или меньшей степени пористые, хрупкие, перекристаллизованные (литотип **РП-1**). Кроме того здесь встречаются микритовые доломиты, буровато-белые, со слабо проявленной, за счет более темных глинистых участков, взмученной или комковатой (брекчиеподобной) текстурой (литотип **РП-2**). Характерны беспорядочно распределенные поры (до 2 мм), вероятно, связанные с выщелачиванием мелкого неориентированного детрита. Биогермные известняки образуют крупное рифовое тело, мощностью до 80 м, которое в виде подковы протягивается с северо-запада (скв. СЗ-202) на юго-восток (скв. ПО-29) через весь остров (рис. 8).

**Тракт высокого стояния (HST)** на северо-востоке представлен толщей предрифовых отложений. Здесь чередуются светло-бежевые биокластические известняки (грейнстоуны - рудстоуны), сложенные детритом мшанок, брахиопод и криноидей (литотип **КМШ-3**) и пестоцветные (серовато-зеленые и красно-бурые) алевритистые известковистые аргиллиты (литотип **КМШ-4**). Повсеместно встречаются зерна кварца (первые %) размером от 0,01 до 0,15 мм, окремненные (окварцованные) участки, выделения доломита и глауконита, детрит криноидей, брахиопод, мшанок, спикулы известковых губок и фораминиферы. Очевидно, эти отложения накапливались в пределах открытого мелководного шельфа в условиях нормальной солености и слабо окислительной среды. Под действием интенсивных волнений здесь формировались системы подвижных детритовых валов, разделенных впадинами, которые заполнялись тонко отмученным алевро-пелитовым материалом.

На юго-западе в зарифовой части представлены микритовые доломиты (мадстоуны - вакстоуны), бурые и светло-бежевые до белых, массивные или с неправильно-комковатой текстурой (литотип **ЗЛ-1**). Изменения концентрации серой глинистой примеси и «облачные» включения кварцевых зерен алевритовой и песчаной размерности часто намечают взмученную текстуру. Иногда встречаются мелкий раковинный детрит и остатки фораминифер. Обычны беспорядочно распределенные каверны (до 2 мм), которые, вероятно, являются результатом выщелачивания неориентированного детрита. Характерны мелкие

единичные выделения сульфатов, тонкая вкрапленность сульфидов, линзочки кремня. Вероятно, это отложения мелководной лагуны, накопившиеся в условиях низкой гидродинамики, повышенной солености и слабого сероводородного заражения.



**Рис. 8. Схема палеогеографической ситуации в районе о. Колгуев на финальном этапе формирования второй секвенции**

Условные обозначения: см. на рис. 3

1 - открытый мелкий шельф, 2 - рифовый пояс, 3 - засоленная лагуна, 4 - аридное аккумулятивное побережье, 5 - денудационная равнина.

В проксимальной части секвенции (скв. ИТ-1, 7) у кровли локализуются алевроитистые аргиллиты, известковистые, бурые с тонкой неправильной мелковолнистой слоистостью, которую намечают изменения цвета породы, связанные с вариациями концентрации

тонкодисперсной растительной органики, и многочисленные желваковые (2 - 4 мм) стяжения сульфатов (литотип **ЗЛ-2**). Очевидно, эти породы образовались в пересыхающих себхах аридного побережья. Далее к югу секвенция выклинивается. Реконструкция палеогеографической ситуации финального этапа формирования секвенции представлена на рис. 8.

Вторая секвенция может быть сопоставлена с формацией Ёрн южной части норвежского сектора Баренцева моря [Larssen et al., 2002] (см. табл. 3).

**Третья секвенция.** Возраст раннепермский, сакмарско-артинский. Мощность от 150 м на юге (скв. БГ-1) до 200 м на северо-востоке (скв. ПО-1, 4).

**Окраинно-шельфовый тракт (SMST)** представлен толщей биокластических известняков (литотип **КМШ-3**) от тонкозернистых (вакстоуны - пакстоуны) до средне- (грейнстоуны - рудстоуны) и крупнозернистых (флаутстоуны). Цвет серовато-зеленый, оливковый, красновато-бурый или светло-бежевый. Доминируют остатки мшанок, брахиопод и криноидей среди которых до 5% составляют фрагменты рудитовой размерности. Встречаются фораминиферы, фосфатные пеллеты, аморфные комки и ооиды, зерна кварца (первые %) размером от 0,01 до 0,15 мм. Интракласты неориентированы и плохо сортированы. Изменения интенсивности окраски намечает взмученную текстуру, возможно, связанную с биотурбациями. Характерны окремненные участки, выделения доломита и глауконита, следы жизнедеятельности илоедов и связанные с ними биотурбации. Прослоями присутствуют красные алевритистые, обычно известковистые аргиллиты (литотип **КМШ-4**) с крайне неотчетливой тонкой линзовидной текстурой, намечаемой намывами сильно известковистого алевролита, которые иногда содержат мелкий детрит криноидей, брахиопод и спикулы известковых губок. В разрезе скважин ИТ-1, 7 и БГ-1 встречаются небольшие изолированные биогермы (см. рис. 6), мощностью до 5 м сложенные пористыми белыми бафлстоунами (литотип **РП-1**).

Можно предположить, что этот комплекс отложений формировался в хорошо аэрируемой фотической зоне мелкого шельфа. На участках подверженных воздействию интенсивных волнений формировались системы подвижных детритовых валов, менее динамичные участки дна заселялись водорослями, которые формировали небольшие биогермные холмы, а ложбины, находящиеся в «волновой тени», заполнялись тонким алевро-пелитовым материалом. Максимальная мощность (до 100 м) отложений мелководного шельфа фиксируется на юге (скв. БГ-1) и северо-западе (скв. ПРТ-1, СЗ-202). К северо-востоку она заметно сокращается и в скв. ПО-29 не превышает 50 м. Изменения

мощностей, отраженные на литолого-генетических профилях (см. рис. 4-7), позволяют считать, что на о. Колгуев, представлена северо-восточная оконечность субмеридионально простирающегося карбонатного рампа, который существовал до тех пор пока накопление биогенных карбонатов компенсировало подъем уровня моря.

**Трансгрессивный тракт (TST)** секвенции образуют терригенные отложения глубокого шельфа. Здесь доминируют алевритистые аргиллиты с тонкими (до 2 см) неправильной формы линзами градационно сортированного известковистого алевролита (литотип **ТГШ-1**). Широко представлены алевролиты с тонкими (до 1 см) неправильной формы линзами глинистого аргиллита (литотип **ТГШ-2**). Прослоями по 10-30 см встречаются массивные или градационно сортированные тонкозернистые кварцевые песчаники (литотип **ТГШ-3**). Породы сероцветные, иногда с зеленоватым оттенком, часто известковистые, участками окремненные с тонкой вкрапленностью сульфидов. В песчаниках иногда присутствуют выделения глауконита. Встречаются остатки фораминифер, двустворок, брахиопод, мшанок, кораллов и криноидей, известковые и кремниевые спикеры губок, тонкий растительный шлам, разнонаправленные ходы илоедов и связанные с ними биотурбации. Комплекс генетических признаков отложений позволяют предполагать, что они накапливались ниже базы волнового воздействия в нормально соленой и слабо восстановительной среде. Медленное осаждение пелитов здесь, периодически прерывалось быстрым накоплением инъекций псаммитового и алевритового материала, мобилизуемого на более высоком батиметрическом уровне. Начало терригенной седиментации, очевидно, стало следствием увеличения количества поступавшего с суши обломочного материала и снижения биопродуктивности. Мощность отложений глубокого шельфа на северо-востоке о. Колгуев достигает 150 м (скв. ПО-3, ПО-38). На северо-западе она сокращается до 50 м (скв. ПРТ-1). К югу осадки глубокого шельфа постепенно выклиниваются (см. рис. 4-7)

**Тракт высокого стояния (HST)** представлен маломощной (10-20 м) проградационной пачкой терригенных отложений мелкого шельфа. Это существенно кварцевые тонкозернистые песчаники, известковистые, светло-серые иногда зеленоватые (литотип **ТМШ-3**). В них часто присутствуют тонкие (до 2 см) линзовидные прослои темно-серого алевритистого аргиллита и серого известковистого алевролита (литотип **ТМШ-2**). Характерны алевритистые аргиллиты с тонкими линзовидными слоями тонкозернистого песчаника (литотип **ТМШ-1**). В аргиллитах присутствует тонкая вкрапленность сульфидов, а в песчаниках – зерна глауконита. Повсеместно встречаются намывы мелкого детрита брахиопод, мшанок и криноидей, шлам наземных растений и ходы илоедов. Межслойковые

поверхности часто осложнены знаками ряби. Очевидно, эти отложения накапливались в зоне эффективного волнового воздействия нормально соленого морского бассейна, благодаря ритмичному контрастному чередованию процессов накопления псаммитового и пелитового материал. Гранулометрическая сортировка частиц, вероятно, связана с периодическими изменениями силы волнений.

По возрасту и комплексу литолого-генетических признаков окраинно-шельфовый тракт третьей секвенции может быть сопоставлен с формацией поляррев, а трансгрессивный тракт и тракт высокого стояния с формацией ульв южной части норвежского сектора Баренцева моря [Grigoriev, Utting, 1998]. Эти формации являются соответственно нижним и средним членами группы биармиленд (см. табл. 3).

**Четвертая секвенция.** Возраст раннепермский, артинско-кунгурский. Мощность от 200 м на юге (скв. БГ-1) до 300 м на северо-востоке (скв. ПО-3).

**Окраинно-шельфовый тракт (SMST)** представлен пачкой биокластических известняков мощностью от 10 до 20 м. Преобладают вакстоуны и пакстоуны, обычно глинистые, серовато-зеленые (литотип **КМШ-2**). Характерны остатки мшанок, брахиопод и криноидей. Форменные элементы неориентированы и плохо сортированы. Часто наблюдаются текстуры биотурбации. Это последний в верхнем палеозое этап карбонатной седиментации. Ее возобновление, очевидно, связано с тем, что на начальной фазе подъема уровня моря, благодаря повышению базиса эрозии, существенно снизилось количество поступавшего в бассейн терригенного материала и на затопленном мелководном шельфе значительно возросла биопродуктивность.

**Трансгрессивный тракт (TST)** образован комплексом терригенных отложений глубокого шельфа, мощность которых изменяется от 150 м на юге до 300 м на северо-востоке. Здесь широко представлены тонкие (до 2 см) градационные неправильно-линзовидные чередования темно-серых аргиллитов, серых алевролитов и светло-серых тонкозернистых песчаников (литотипы **ТГШ-1**, **ТГШ-2**). Встречаются маломощные (до 1 м) слои градационно сортированных известковистых песчаников (литотип **ТГШ-3**). Породы содержат остатки брахиопод мшанок, редкие шаровидные известковые конкреции диаметром до 20 см, тонкую вкрапленность сульфидов и мало отличаются от **TST** третьей секвенции.

**Тракт высокого стояния (HST)** представлен пачкой (от 20 до 30 м) терригенных отложений мелкого шельфа, накопившихся в условиях интенсивного волнового воздействия. В разрезе доминируют тонкозернистые кварцевые, известковистые, светло-

серые и зеленовато-серые песчаники (литотип **ТМШ-3**), в которых часто присутствуют тонкие линзовидные прослои алевролитистого аргиллита (литотип **ТМШ-2**). Алевролитистые аргиллиты с тонкими линзовидными слойками тонкозернистого песчаника (литотип **ТМШ-1**) играют здесь второстепенную роль. Характерны зерна глауконита, детрит брахиопод, мшанок и криноидей, шлам наземных растений, ходы илоедов и знаки ряби. По комплексу генетических признаков пачка близка отложениям **LST** третьей секвенции.

По возрасту и литолого-генетическим признакам окраинно-шельфовый тракт четвертой секвенции сопоставляется с формацией айсбьёрн (верхняя формация группы биармиленд), а трансгрессивный тракт и тракт высокого стояния с нижней частью формации рейе южной части норвежского сектора Баренцева моря [Larssen et al., 2002] (см. табл. 3).

**Пятая секвенция.** Возраст позднепермский, уфимско-казанский. Мощность от 200-250 м на северо-востоке (скв. ПО-3) до 300-350 м на юго-западе (скв. БГ-1, ИТ-1, ИТ-7).

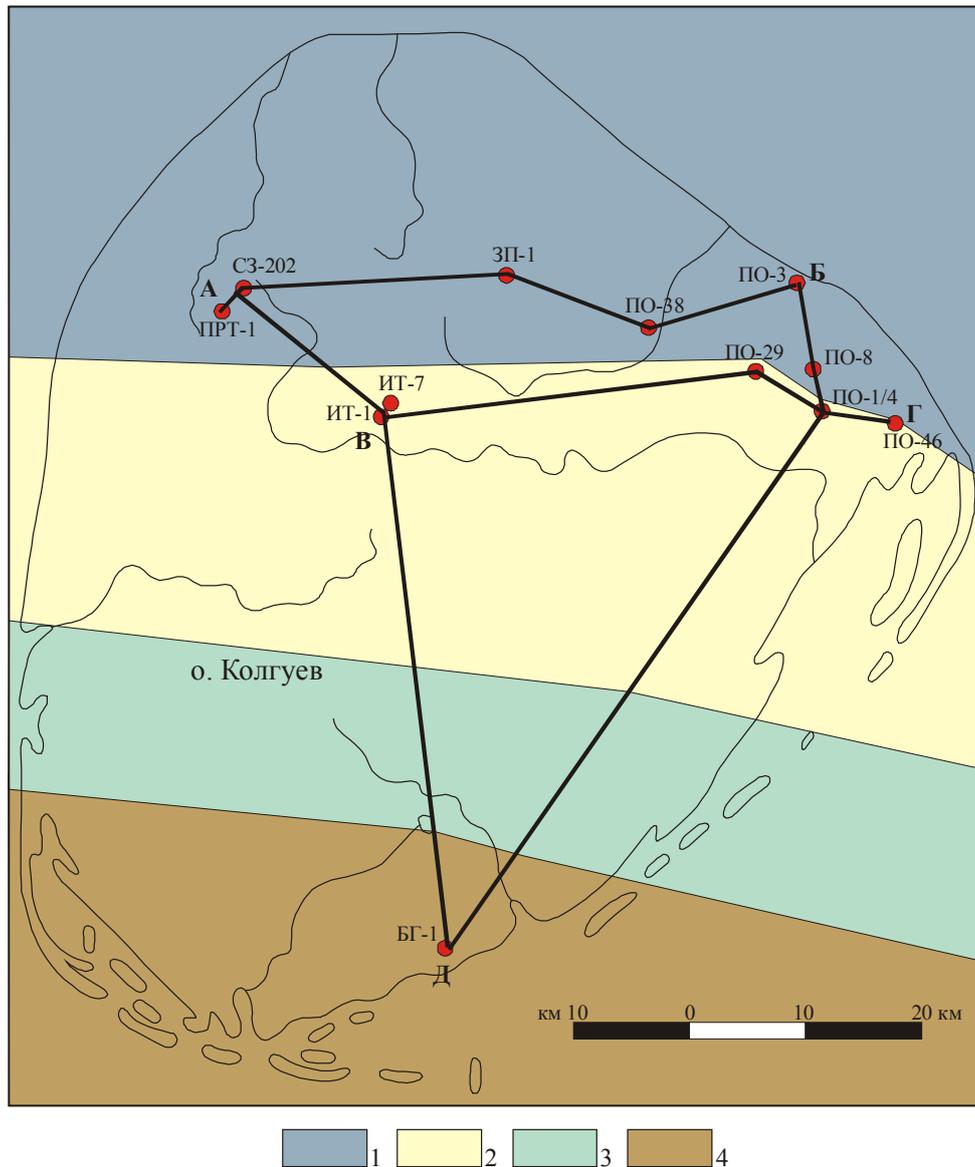
**Трансгрессивный тракт (TST)** сложен терригенными отложениями глубокого шельфа. Их мощность на севере острова достигает 200-250 м (скв. ПО-3, СЗ-202), а к югу сокращается до 150 м (скв. БГ-1). На юге представлено чередование литотипов **ТГШ-1**, **ТГШ-2** и **ТГШ-3**, которое мало отличается от **TST** третьей и четвертой секвенций. На северо-западе (скв. СЗ-202 и ПРТ-1) состав отложений существенно меняется. Здесь установлены многочисленные уровни сложенные известковистыми, светло-серыми, часто с буроватым или зеленоватым оттенком, спикулитами (литотип **ТГШ-4**). Моноксонные несортированные по размеру спикулы кремниевых губок (диаметр от 0,1 до 0,5 мм) погружены в светлый опаловый матрикс. Встречаются кремниевые конкреции. Породы содержат зерна кварца алевроитовой и песчаной размерности, остатки радиолярий, редкий детрит брахиопод, разнонаправленные ходы илоедов. Встречаются разрозненные (до 1,5 см) неправильной формы угловатые неориентированные обломки окремненных известняков, тонкозернистых, часто глауконитовых, песчаников и известковистых алевролитистых аргиллитов. Вероятно, это отложения высоко динамичных гравитационных потоков, мобилизующих вещество из зон плотно заселенных кремниевыми губками. При этом, вероятно, происходил размыв поверхности дна, и слабо литифицированные фрагменты накопившихся ранее осадков перемещались на более низкий батиметрический уровень и накапливались у подножья склонов. В результате ниже базы волнового воздействия в условиях слабо восстановительной среды и нормальной солености концентрировался плохо сортированный материал, содержащий значительное количество удовлетворительно

растворимого органогенного халцедона, из которого в диагенезе формировался опаловый цемент.

*Тракт высокого стояния (HST)* пятой секвенции представлен проградационным пакетом отложений открытого мелкого шельфа, барового пояса, лагун и их гумидных побережий. Его мощность, достигающая на юге 200 м (скв. БГ-1), сокращается к северу до 20 м (скв. ПО-3, СЗ-202). Отложения открытого мелкого шельфа представлены тонкими линзовидно-полосчатыми чередованиями темно-серых аргиллитов, серых известковистых алевролитов и светло-серых тонкозернистых песчаников (литотипы **ТМШ-3**, **ТМШ-2**). Встречаются слои мелкозернистых полевошпатово-кварцевых известковистых песчаников, в которых обычно присутствуют зерна глауконита (литотип **ТМШ-1**). Породы содержат редкий мелкий детрит морской фауны, углефицированные растительные остатки, многочисленные следы илоедов, и знаки ряби. На севере острова (см. рис. 4) эти отложения венчают разрез пятой секвенции. Южнее (см. рис. 5) на них залегают песчаники барового пояса. Его обращенная к открытому морскому бассейну фронтальная часть, мощностью до 30 м, сложена песчаниками полимиктовыми, от мелко- до крупнозернистых, известковистыми, массивными или с пологой, косой разнонаправленной слойчатостью (литотип **БП-1**). Здесь присутствуют уплощенные гальки и гравий глинисто-алевритовых пород, крупные и средние фрагменты наземных растений, редкий детрит морской фауны и зерна глауконита. В средней части острова (см. рис. 5) кровля песчаников переработана илоедами (литотипы **ПЭ-1**, **ПЭ-2**) и маркирует трансгрессивную поверхность, которая является нижней границей следующей шестой секвенции.

На юге острова (скв. БГ-1) представлены отложения тыловой части барового пояса. Это пачки полимиктовых тонко- мелкозернистых песчаников с полого- и мелковолнистой слойчатостью, намечаемой углисто-глинистыми намывами (литотип **БП-1**). Цемент глинисто-гидролюдистый, участками карбонатный. Детрит морской фауны и зерна глауконита отсутствуют. На межслойковых поверхностях фиксируются знаки ряби, редкие горизонтальные ходы илоедов, остатки стеблей и листьев наземных растений. Вверх по разрезу баровые песчаники сменяются отложениями опресненной лагуны, которые образуют пачку мощностью до 70 м. Она сложена темно-серыми алевритистыми аргиллитами с более или менее отчетливой горизонтальной и пологоволнистой слойчатостью, которую намечают тонкие (до 2 см) намывы алевро-песчаного материала (литотип **ОЛ**). К межслойковым поверхностям приурочены многочисленные остатки листьев и стеблей наземных растений. Характерна тонкая вкрапленность сульфидов. Иногда присутствуют линзовидные и

гнездовые скопления хорошо сохранившихся раковин мелких солоноватоводных двустворчатых моллюсков. В верхней части пачки встречаются горизонты погребенных почв. Это зеленовато- или буровато-серые глинистые алевролиты с остроугольно-комковатая отдельностью и остатками корневых систем (литотип НЭ). Здесь же локализуются пропластки угля мощностью до 30 см (литотип ГП). Можно предположить, что эти отложения формировались в субэаральных условиях заболоченных побережий опресненных лагун. Реконструкция палеогеографической ситуации финального этапа формирования пятой секвенции представлена на рис. 9.



**Рис. 9. Схема палеогеографической ситуации в районе о. Колгуев на финальном этапе формирования пятой секвенции**

Условные обозначения: см. на рис. 3

1 - открытый мелкий шельф, 2 - баровый пояс, 3 - опресненная лагуна, 4 - гумидное аккумулятивное побережье.

Отложения, отнесенные к пятой секвенции, были расчленены ранее М. Григорьевым [Grigoriev, Utting, 1998] на две самостоятельные секвенции, таким образом что первая секвенция соответствует части разреза, интерпретируемой нами как трансгрессивный тракт, а вторая – тракту высокого стояния (см. табл. 3).

Пятая секвенция может быть сопоставлена с верхней частью формации ре́йе выделенной в южной части норвежского сектора Баренцева моря [Grigoriev, Utting, 1998] (см. табл. 3). При этом следует отметить, что на о. Колгуев литолого-генетическими аналогами формации ре́йе является только северный тип разреза пятой секвенции. Южный более «лагунно-континентальный» тип разреза в норвежском секторе Баренцева моря, очевидно, не представлен.

**Шестая секвенция.** Возраст позднепермский, казанско-татарский.

Мощность от 250 м на юге (скв. БГ-1) до 200 м на севере (скв. СЗ-202). Более значительные сокращения мощностей (см. рис. 4, 5), наблюдаемое в скв. ПО-3 (140 м), ПО-38 (80 м) и ЗП-1 (10 м), очевидно, связаны с триасовым размывом.

**Тракт низкого стояния (LST)** представлен на севере острова, где его мощность достигает 40 м. Здесь локализуются светло-серые спикулиты (литотип **ТГШ-4**), которые, вероятно, образуют конус выноса, сформировавшийся на начальном этапе подъема уровня моря.

**Трансгрессивный тракт (TST)** образует ретроградационный пакет отложений барового пояса и открытого мелкого шельфа. На юге (скв. БГ-1) разрез сложен песчаниками литотипов **БП-2** и **БП-1**, которые к северу сменяются тонкими линзовидно-полосчатыми чаредованиями песчаников, алевролитов и аргиллитов (литотипы **ТМШ-1**, **ТМШ-2**, **ТМШ-3**).

**Тракт высокого стояния (HST)** представлен проградационным пакетом отложений открытого мелкого шельфа, барового пояса и лагун. Осадки открытого мелкого шельфа (литотипы **ТМШ-3**, **ТМШ-2**, **ТМШ-1**) часто существенно переработаны илоедами (литотипы **ПЭ-1**, **ПЭ-2**). Остатки морской фауны отсутствует, что позволяет предполагать опреснение бассейна седиментации. К югу и вверх по разрезу (см. рис. 6, 7) осадки открытого шельфа сменяются отложениями барового комплекса. Песчаники фронта бара (литотип **БП-1**) преобладают на севере, а тыловой части (литотип **БП-2**) – на юге. В южной части острова баровые песчаники сменяются отложениями опресненных лагун (литотип **ОЛ**), которые здесь венчают разрез секвенции. Возможно, в верхней части разреза шестой секвенции присутствуют отложения дельт и гумидных побережий, отмеченные

М. Григорьевым [Grigoriev, Utting, 1998]. К сожалению, изученный нами керновый материал не позволяет ни подтвердить, ни опровергнуть это положение.

Верхняя граница шестой секвенции представляет собой неровную эрозионную поверхность, осложненную врезами глубиной до 200 м, которые, очевидно, связаны с формированием речных палеодолин в начале триаса.

Отложения, отнесенные нами к шестой секвенции, М. Григорьев [Grigoriev, Utting, 1998] расчленил ранее на три самостоятельные секвенции, так что первая и вторая из них соответствует части разреза, интерпретируемой нами как тракт низкого стояния и трансгрессивный тракт, а третья – тракту высокого стояния (см. табл. 3).

По комплексу литолого-генетических особенностей и возрасту, шестая секвенция сопоставляется с формацией еррет выделенной в южной части норвежского сектора Баренцева моря [Larssen et al., 2002] (см. табл. 3).

### **Заключение**

На основе разработанной ранее литолого-генетической типизации верхнепалеозойских отложений острова Колгуев построена серия литолого-генетических профилей, которые позволили выделить пять секвенций, каждая из которых представляет собой естественно-историческое геологическое тело, сформировавшееся в течение одного крупного трансгрессивно-регрессивного цикла седиментации.

Первая и вторая секвенции сложены карбонатным комплексом отложений. В третьей и четвертой секвенциях наблюдается переход от карбонатного режима осадконакопления (окраинно-шельфовые тракты) к терригенному (трансгрессивные тракты и тракты высокого стояния). Пятая и шестая секвенции образованы терригенным комплексом отложений. Палеогеографические реконструкции, выполненные для финальных фаз накопления второй и пятой секвенции, показывают, что в районе о. Колгуев в течение всего верхнего палеозоя сохранялось субширотное простирание береговой линии, открывавшегося к северу палеобассейна.

По комплексу литолого-генетических признаков и возрасту установленные секвенции могут быть достаточно надежно сопоставлены с литолого-стратиграфическими подразделениями южной части норвежского сектора Баренцева моря. Это позволяет предполагать принципиальную возможность создания унифицированной секвенс-стратиграфической схемы верхнего палеозоя Баренцева и Печорского морей.

### Литература

*Бро Е.Г., Преображенская Э.Н., Ронкина З.З. и др.* Параметрические скважины на острове Колгуев // Сов. Геология, 1988. № 3. С. 82-88.

*Енцова Ф.И., Тельнова В.Д., Гринченко С.Г. и др.* Пермские отложения острова Колгуев // Сов. Геология, 1981. № 9. С. 70-76.

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

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

*Шишлов С.Б.* Литолого-генетические типы верхнепалеозойских отложений острова Колгуев. // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 5. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004. С. 235-247.

*Шлезингер А.Е.* Региональная сейсмостратиграфия. // Тр. ГИН РАН, вып. 512. М.: Научный мир, 1998. 144 с.

*Grigoriev M., Utting J.* Sedimentology, palynostratigraphy, palinofacies and thermal maturity of Upper Permian rocks of Kolguyev Island, Barents Sea, Russia // Bulletin of Canadian petroleum geology. 1998. V. 46, № 1. P. 1-11.

*Larssen G.B., Elvebakk G., Henriksen L.B., et al.* Upper Palaeozoic lithostratigraphy of the Southern Norwegian Barents Sea // [www.npd.no](http://www.npd.no) 2002. 69 p.

*Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D.* Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts of high-resolution correlation of time and facies. Amer. Ass. Petrol. Geol. Methods in Exploration Series. 1990. № 7. 55 p.

**Рецензент:** Одесский И.А., доктор геолого-минералогических наук, профессор.