ОСАДОЧНЫЕ БАССЕЙНЫ ПАЛЕОЗОЯ И МЕЗОЗОЯ НА ШЕЛЬФЕ МОРЯ ЛАПТЕВЫХ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА РАН НА НОВОСИБИРСКИХ ОСТРОВАХ В 2007-2008 гг.

А.Б.КУЗЬМИЧЕВ, М.К.ДАНУКАЛОВА (ГИН РАН)

Информация о геологическом строении континентального шельфа моря Лаптевых основана на интерпретации сейсмических данных. Более или менее надежно коррелируются сейсмические горизонты в верхней части разреза осадочного чехла, сложенной третичными осадками. Возраст более глубоких стратифицированных сейсмогоризонтов является предметом дискуссий. Различия в интерпретации приво¬дят к разной оценке углеводородного потенциала территории. При отсутствии буровых скважин на акватории интерпретация сейсмических данных основана преимущественно на результатах исследования окружающей суши. Геологическое строение южного и западного обрамления моря Лаптевых в целом не вызывает вопросов, так как здесь обнажены относи¬тельно слабо дислоцированные мелководные плат¬форменные отложения палеозоя и мезозоя. Геоло¬гическое строение восточного обрамления моря Лаптевых (Новосибирские острова) является более сложным. Здесь отложения палеозоя и мезозоя пред¬ставлены неравномерно дислоцированными склад¬чатыми комплексами, мощности которых измеряются километрами. Степень их изученности недостаточна для того, чтобы определить обстановку их форми¬рования, реконструировать палеогеографические особенности и геодинамическую природу осадочных бассейнов, что вызвало необходимость в проведе¬нии дополнительных исследований.

На протяжении Международного полярного года Геологический институт РАН провел комплексное геологическое изучение двух самых западных ост¬ровов Новосибирского архипелага, лежащих в море Лаптевых: о. Столбовой (2007 г.) и о. Бельковский (2008 г.) (рис. 1). На о. Столбовой вскрыт разрез позднеюрских-раннемеловых турбидитов, накопившихся в бассейне форланда во время Анюйской орогении. О. Бельковский сложен сильно дислоцированными палеозойскими (средний девон-пермь) толщами, которые существенно отличаются от одновозрастных образований, слагающих близлежа¬щий о. Котельный. Предварительные сведения о проведенных исследованиях опубликованы в наших информационных отчетах. Наряду с изучением стратиграфии и седиментационных особенностей осадочных толщ палеозоя и мезозоя, нами проводились также структурные наблюдения, изучение магмати-

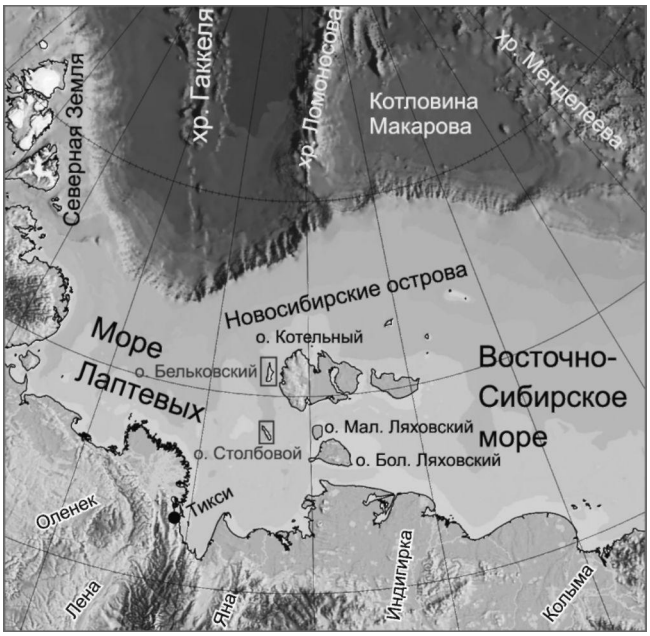

Рис. 1. Положение островов Столбовой и Бельковский (выделены рамками) в пределах Новосибирского архипелага

ческих комплексов и континентальных третичных осадков, заполнявших локальные наложенные впадины. Краткие выводы о результатах перечисленных исследований также включены в настоящий отчет.

Остров Столбовой расположен в 360 км от пос. Тикси (рис. 1) и вытянут в СЗ направлении на 47 км. Это один из наименее изученных островов в составе Новосибирского архипелага. Он исследовался Ю.С.Воронковым (НИИГА) в 1956 г., во время про¬ведения в регионе мелкомасштабной геологичес¬кой съемки. В результате этих работ выяснилось, что остров целиком сложен монотонной песчано-сланцевой толщей позднеюрского-раннемелового возраста и абсолютно бесперспективен на полез¬ные ископаемые. Во время проведения на Новоси¬бирских островах среднемасштабной геологичес-кой съемки в 70-х годах XX в. на о. Столбовой были осуществлены лишь стратиграфические исследо¬вания на локальном участке в его СЗ части. Летом 2007 г. (21 июня - 5 сентября) полевой отряд ГИН РАН закартировал южную часть о. Столбовой и про¬вел здесь стратиграфические, палеонтологические и структурные исследования.

Структура. Первое, что обращает на себя внимание при изучение острова, - пологое залегание пластов (рис. 2) и почти полное отсутствие складок, видимых в масштабе обнажения. В целом мезозойские отложения о. Столбовой слагают линейную синклиналь, шарнир которой имеет северо-западное простирание и погружается на юго-восток по усредненному азимуту 146°. Крутые сбросы и взбросы пронизывает весь мезозойский комплекс, образуя сгущения на некоторых участках. Наблюдаются две почти ортогональные равнозначные системы подобных нарушений, ориентированные в ССЗ и ВСВ направлениях. Мы предполагаем, что они заложились как трещины скалывания в результате горизонтального сжатия в ССВ-ЮЮЗ направлении. Такая интерпретация подтверждается отсутствием смещений вдоль некоторых разломов. В дальнейшем вдоль этих разломов происходили вертикальные перемещения, вначале на этапе сжатия, затем - на этапе растяжения. В обстановке сжатия регион развивался на протяжении неокома. В последовательности событий сжатия можно выделить три стадии: формирование сколовых трещин, пологая складчатость, надвигообразование. При этом ориентировка поля напряжений менялась. Направление оси максимального сжатия разворачивалось от ССВ к СВ (рис. 4). На заключительных этапах сжатия в СВ-ЮЗ направлении возникли локальные надвиги, смещающие более ранние крутые разломы. Их появление, по-видимому, вызвано общим подъемом территории, сопровождаемым размывом. Это вызвало уменьшение нагрузки вышележащих пластов и привело к тому, что ось минимального сжатия стала совпадать с вертикальным направлением.

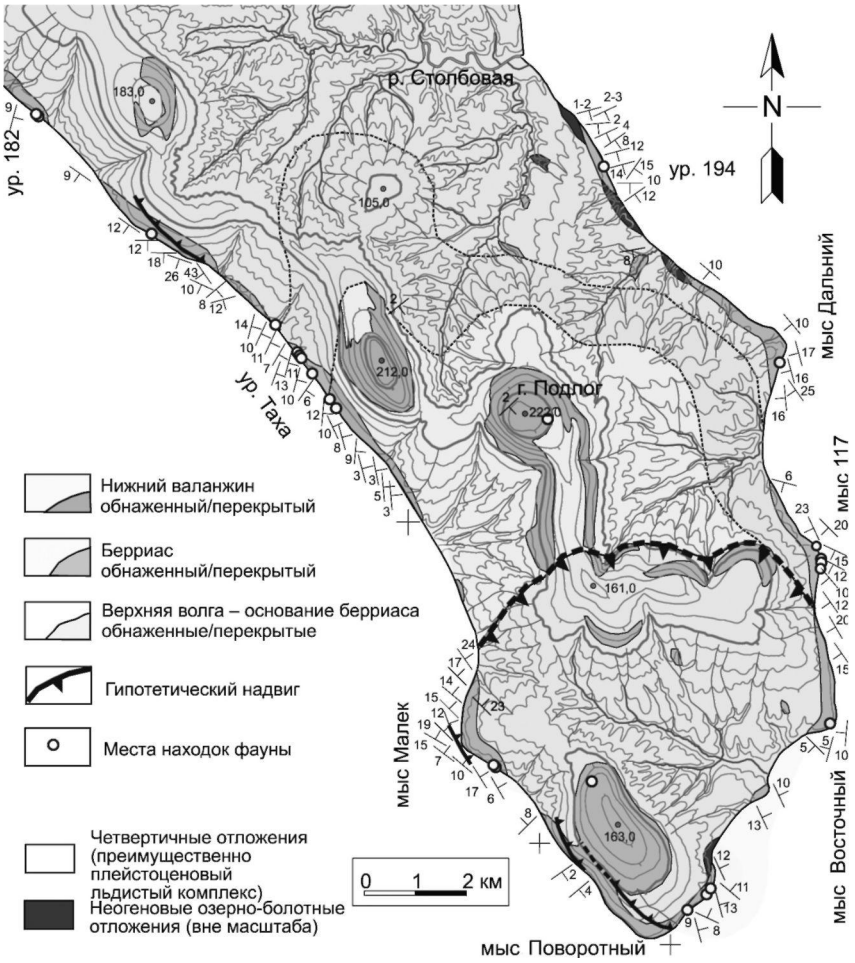

Рис. 2. Геологическая карта южной части о. Столбовой, построенная по результатам полевого сезона 2007 г.
Многочисленные крутые взбросы и сбросы не показаны. Гипотетический субширотный надвиг, осложняющий структуру острова, не подтвержден прямыми наблюдениями. Основанием для его проведения послужили палеонтологические данные (см. текст)

В большинстве случаев разломы со смещением построены однотипно: зона, в которой сконцентрировано смещение, расчленяется на пластины, наклоненные в сторону приподнятого крыла (рис. 5). В дальнейшем, на этапе растяжения, возникающее зияние компенсируется увеличением наклона этих пластин, которые ведут себя подобно фишкам домино. Растяжение проявилось в обеих системах крутых разломов.

В обстановке напряжений растяжения регион стал развиваться начиная со второй половины апта. Дифференцированные проседания блоков компенсировались перемещениями по тем же разломам, которые были заложены ранее на этапе сжатия. Перемещения по сбросам продолжались, по меньшей мере, до неогена, так как мы наблюдали смещения по сбросам третичной коры выветривания.

Рис. 3. Типичное строение разреза столбовских турбидитов: чередование относительно мощных светлых песчаников (подобные пачки часто объединяются в монолитные амальгамированные пласты) и темных мелкоритмичных песчаников. Высота обрыва около 25 м.

Литостратиграфия. Остров сложен толщей мезозойских турбидитов, в которых преобладают песчаные фации. Мощность промеренного разреза в изученной южной части острова с учетом закрытых интервалов составляет около 1200 м, причем каких-либо заметных литологических изме¬нений в его строении не выявлено. В разрезе незакономерно чередуются три основных типа пород (рис. 3). Наиболее заметным элементом разреза являются мощные (первые метры - первые десят¬ки метров) пласты светлых, обычно среднезернистых, сортированных песчаников, представленных серией амальгамированных индивидуальных пла¬стов. Также в составе комплекса присутствуют темно-серые плохосортированные глинистые песчаники, часто переходящие в диамиктиты; мощность таких пластов измеряется дециметрами. Верхние части турбидитовых ритмов сложены черными аргил¬литами, мощности которых обычно измеряются сантиметрами; иногда они образуют самостоятельные пачки мощностью до нескольких метров, в ко¬торых присутствуют маломощные прослои песча¬ников и алевролитов. Разрез не может быть рас¬членен на картируемые пачки по литологическим признакам. Крупной цикличности, свойственной турбидитовым комплексам, нами не обнаружено.

Биостратиграфия. Ранее возраст пород о. Стол¬бовой не вполне уверенно определялся по единич¬ным находкам раковин рода *Buchia* в интервале оксфорд-валанжин. Нам удалось найти скопления бухий (в том числе хорошей сохранности) в большом количестве пунктов (рис. 2). По заключению В.А.Захарова, они определяют стратиграфический интервал вмещающих отложений в интервале поздневолжский подъярус - ранневаланжинский подъярус. Палеонтологические заключения не соответствуют геологическим наблюдениям о последовательности отложений и заставляют предполагать присутствие гипотетического надвига, по которому верхневолжские отложения надвинуты на нижненеокомские (рис. 2). Мы также допускаем и иную интерпретацию палеон¬тологических данных.

Седиментология. Изученные отложения представляют собой дистальные турбидиты с преобладанием песчаных фаций. Директивные подошвен¬ные знаки (следы волочения, борозды течения и пр.) и редкие складки подводного оползания указывают на перемещение материала с юга на север и на субширотное простирание бассейна. Ориен¬тировка знаков ряби течений указывает в среднем на северо-восточное направление. По-видимому, знаки ряби фиксируют вдольсклоновое отклонение истощенных турбидитных потоков. Присутствие в разрезе двух типов песчаников мы объясняем дей¬ствием разных седиментационных процессов. Мощные пласты светлых песчаников отлагались зерновыми потоками; источником материала для них являлись нестабильные массы сортированного песка, накапливавшиеся на кромке шельфа. Темно-серые глинистые песчаники и диамиктиты, содержащие растительный детрит, отлагались консистентными грязевыми потоками. Они интер¬претируются нами как продукт транзитного пере¬носа обломочного материала из области питания через узкий шельф в глубоководную часть бассей¬на. Нами детально изучены различные варианты последовательностей элементов турбидитовых ритмов, которые могут быть описаны в терминах трансформации потока.

Петрография. Оба типа песчаников характеризуются преобладанием обломков полевых шпатов (50¬55 %) с подчиненным количеством кварцевых зерен (30-34 %) и литокластов (13-19 %). Среди последних доминируют обломки базальтов и андезитов. Калие¬вый полевой шпат часто представлен совершенно све¬жими обломками микроклина и ортоклаза. Обычны чешуи биотита, реже - мусковита. Незрелая остро¬угольная кластика указывает на близость источников сноса к области седиментации. Состав кластики сви¬детельствует о том, что в области размыва преобла¬дали гранитоиды, были подчинены вулканиты, мета¬морфические и осадочные породы.

Выводы. Турбидитовый комплекс, слагающий о. Столбовой, распространен также на Большом и Малом Ляховских островах (рис. 1), но по услови¬ям обнаженности отложения могут быть детально изучены только на о. Столбовой. Аналогичные тол¬щи описаны также в Южно-Анюйской зоне Чукот¬ки. Накопление комплекса происходило в поздневолжском-ранневаланжинском бассейне форланда, образовавшемся на южной окраине Новосибирско-Чукотского континентального блока во время Анюйской орогении. Ороген, питавший бассейн кластикой, располагался к югу от бассейна. Судя по составу кластики и возрасту детритовых цирконов, ороген был сложен тремя главными комплексами по¬род: 1) юрскими вулканитами и комагматичными интрузиями Анюйско-Святоносской дуги; 2) позднепалеозойскими вулканитами и комагматичными интрузиями, подобными тем, что обнажены в

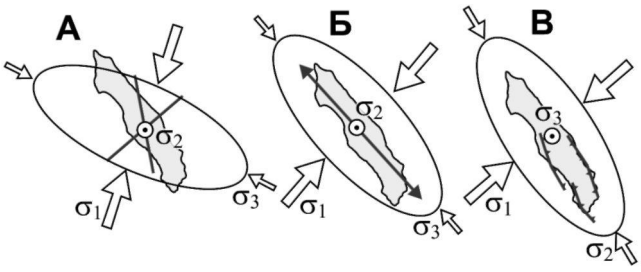

Рис. 4. Динамика напряжений сжатия, сформировавших структуру о. Столбовой:

А - образование сколовых трещин в результате общего сжатия;

Б - уменьшение вертикальной нагрузки и формирование пологой складчатости;

В - дальнейшее уменьшение вертикальной нагрузки и заложение надвигов

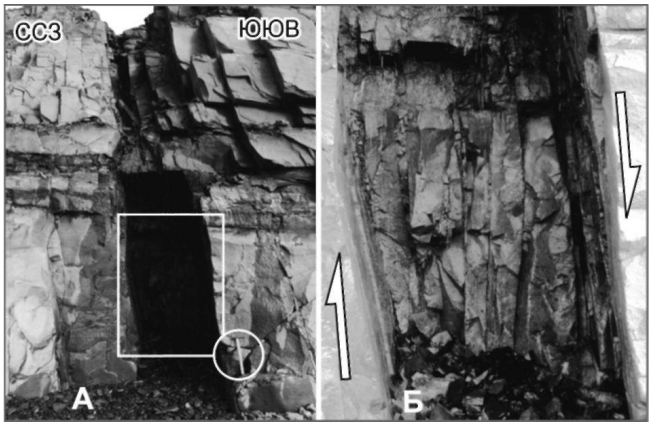

Рис. 5. Морфология типичного сбросового нарушения:
А - сброс со смещением около 20 см (ЮЮВ крыло опущено). В нижней части обрыва зона сбросового смещения ограничена двумя разломами, по обе стороны от этой зоны лежат массивные ненарушенные породы. Кружком обведен молоток для масштаба. Прямоугольником показан контур рис. Б;
Б - деталь предыдущего изображения. Видны риделевские трещины, возникшие в результате вертикального шеаринга. В дальнейшем, в обстановке растяжения, подобные зоны распадаются на серию отщепов, наклоненных подобно фишкам домино

Южно-Анюйской зоне, и 3) докембрийскими гранитами и метаморфитами. Распределение возрастов детритовых цирконов в одновозрастных поздневолжских-ранненеокомовых отложениях в Южно-Анюйской зоне Чукотки аналогично таковому на изученной нами территории, что подтверждает реконструкцию бассейна. Мы предполагаем, что волжский-неокомский турбидитовый бассейн не прослеживается на значительное расстояние в пределах акватории моря Лаптевых к западу от о. Столбовой. Следуя развороту Южно-Анюйской сутуры, обоснованному в, этот бассейн западнее о. Столбовой также должен повернуть к югу.

О. Бельковский расположен севернее о. Столбовой, на расстоянии 500 км от пос. Тикси (рис. 1). Остров вытянут в меридиональном направлении на 57 км при максимальной ширине 15 км. Основные сведения о его геологическом строении получены В.Ф.Непомилуевым в 1974 г. при проведении среднемасштабной геологической съемки. В 2002 и 2004 гг. в северной и центральной частях острова полевые исследования выполнены А.Б.Кузьмичевым. В 2008 г. нами закартирована южная часть острова, детально изучены осадочные разрезы западного берега и выходы магматических пород.

Стратиграфия. В геологическом строении о. Бельковский участвуют отложения среднего девона перми, расчлененные на 4 свиты общей мощностью более 6 км. Нами составлены послойные описания разрезов свит с промером мощностей рейкой на нескольких детально закартированных участках (рис. 6). Палеозойские толщи нарушены многочисленными разноориентированными разломами. Промеренные нами мощности в большинстве случаев оказываются неполными, что подтверждается неуверенной корреляцией частных разрезов. Названия свит, их возрастной диапазон и литологические особенности показаны на сводной стратиграфической колонке (рис. 7) и кратко охарактеризованы нами ранее. Сопоставление с одновозрастными разрезами о. Котельный показывает их существенные различия, выражающиеся прежде всего в большей глубоководности отложений о. Бельковский, меньшем количестве карбонатных прослоев в отложениях верхнего девона и в бедности пород фаунистическими остатками. Наиболее существенные различия наблюдаются в строении каменноугольной-пермской бельковской свиты, прямые аналоги которой на о. Котельный отсутствуют. Нами получены новые определе-

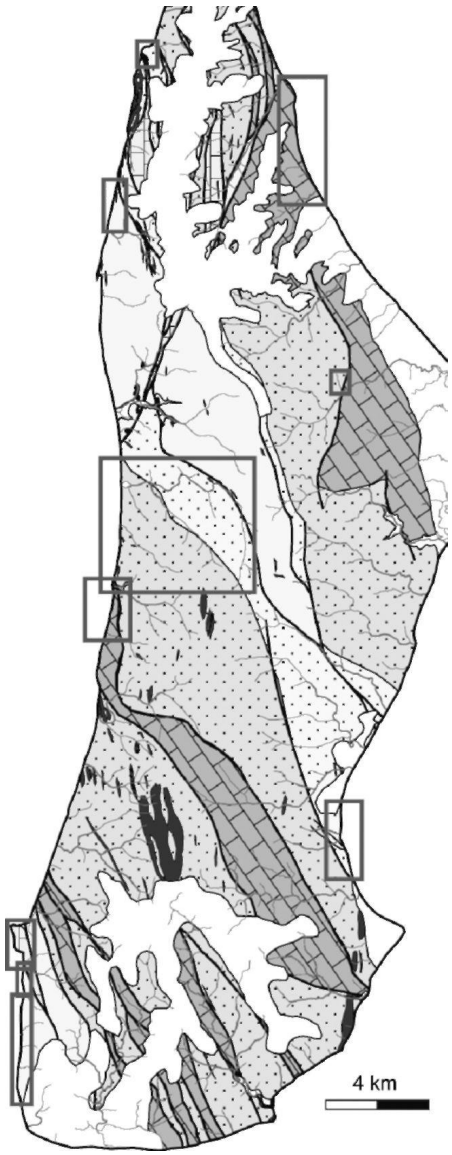

Рис. 6. Расположение детальных участков, для которых составлены подробные карты и на которых проведены послойные стратиграфические описания в 2008 г.

ния конодонтов, брахиопод, кораллов, гониатитов, фораминифер и радиолярий, которые позволяют существенно уточнить стратиграфическое расчленение и обосновать фациальные изменения пород. Палеонтологическое изучение коллекций еще не завершено. Следует отметить существенные расхождения в определении возраста пород по разным группам окаменелостей. В таких случаях предпочтение отдавалось определениям конодонтов, выполненных В.А.Аристовым.

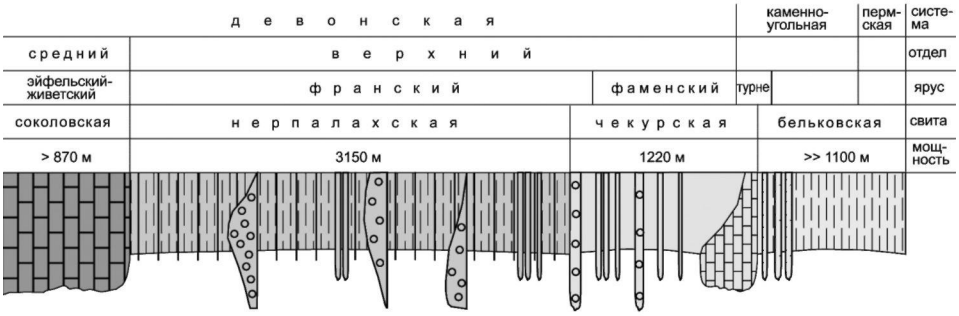

Рис. 7. Сводная стратиграфическая колонка палеозойских отложений о. Бельковский

Седиментологические особенности палеозойских пород. Среднедевонские карбонатные породы формировались на заключительном этапе эволюции Новосибирской карбонатной платформы, которая, вероятно, распространялась также и к западу от о. Бельковский. В верхнем девоне палеогеография существенно изменилась. Существенная часть о. Котельный представляла собой сушу [1], а на территории ЮЗ части о. Котельный и всей территории о. Бельковский располагался прогиб, заполнявшийся терригенными, существенно глинистыми осадками нерпалахской и чекурской свит. Отложения изобилуют складками подводного оползания, содержат горизонты глинистых диамиктитов с обломками и глыбами средне-верхнедевонских (а возможно, и более древних) карбонатных пород, на нескольких уровнях разреза встречаются турбидитовые песчаники с обильными подошвенными знаками. Состав обломочного материала и изменения фаций и мощностей в целом указывают на то, что территория о. Бельковский располагалась на СВ склоне трога. Конкретные замеры ориентировки директивных седиментационных структур, таких как слепки борозд вымывания в основании турбидитовых песчаников (рис. 8), знаки ряби подводных течений, ориентировка складок подводного оползания и др., демонстрируют более сложную картину и для отдельных этапов указывают на направление транспортировки осадочного материала с противоположного (ЮЗ) борта трога. Наиболее яркие фациальные изменения, позволяющие наметить контуры противоположного борта верхнедевонского рифтогенного прогиба, наблюдаются в составе верхних горизонтов чекурской свиты, сложенных карбонатными породами. В ЮЗ части острова они представлены мощной (300 м) толщей органогенных известняков, представляющих собой рифогенную постройку, маркирующую верхнюю бровку прогиба. В СЗ части острова аналогичные породы представлены олистостромой, включающей глыбы органогенных известняков размером до нескольких десятков метров. В центральной части острова на этом уровне разреза встречаются маломощные линзы перемещенных известняков, а в восточной части острова - карбонатные гравелиты и конгломераты.

В глинистых сланцах карбона перми также обильны следы подводного оползания, встречаются пачки турбидитов; многие горизонты активно биотурбированы. В отложениях также задокументированы разнообразные директивные седиментационные текстуры. В целом они указывают на ориентировку склона бассейна в направлении ССЗ-ЮЮВ. Несоответствия направлений, определенных в разных пачках и на разных отрезках западного берега острова, мы объясняем вращением блоков пород в результате сдвиговых дислокаций (см. ниже).

Структура. Палеозойские отложения о. Бельковский смяты в линейные складки СЗ-ССЗ простирания и нарушены многочисленными разноориентированными разрывными нарушениями, сгруппированными в 4 системы. Преобладают крутые взбросы ССВ простирания со сдвиговой компонентой, которые интерпретируются как риделевские диагональные разломы, связанные с меридиональными правосдвиговыми дислокациями. Также присутствуют пологие надвиги с па-

Рис. 8. Слепки борозд вымывания на нижней поверхности турбидитового песчаника.

Подобные седиментационные текстуры позволяют с высокой степенью точности и достоверности определить направление транспортировки осадочного материала. Ширина 30 см

дением сместителя на север, реже - на юг Такие надвиги, возможно, возникли в результате эшелонирования правых сдвигов. Крутые взбросы ССЗ простирания образуют систему, согласную со складчатостью. Четвертую систему разрывных нарушений образуют сбросы и взбросы СЗ простирания. С ней совпадают замеры азимутов простирания кливажа. Последний можно интерпретировать как кливаж течения, связанный со сдвиговыми процессами. Кроме того, такие черты картируемой структуры, как вертикальные дуплексы и хорсы, дуговые разломы и меридиональные изломы осей складок, также могут указывать на участие правосдвиговых деформаций в формировании структуры острова.

Магматизм. Магматические образования острова представлены преимущественно дайками и силлами диабазов и габбро-диабазов, изученных нами ранее. Было показано, что возраст интрузий отвечает рубежу перми и триаса (252 млн лет) и что они принадлежат к периферии Сибирской траповой провинции. Кроме того, на острове широко распространены туфоподобные дезинтегрированные магматические породы, представленные разнообразными брекчиями, флюидизированной осадочно-магматической смесью, пеперитами, гиалокластитами, а также лавоподобными породами. В частности, В.Ф.Непомилуев, картировавший остров, предполагал наличие в его южной части вулканитов андезито-дацитового состава. При детальных исследованиях выяснилось, что туфоподобные породы представляют собой специфические интрузивные субвулканические образования, связанные с образованием трубок взрыва и внедрением магмы в полужидкий осадок. Лавоподобные породы образованы многократными инъекциями магмы. Все дезинтегрированные магматические породы локализованы в породах бельковской свиты и принадлежат к тому же этапу магматизма, что и описанные нами ранее интрузии.

Третичные отложения представлены на острове маломощными континентальными осадками палеогена-неогена. Они слагают рифтогенные впадины и фиксируют этап растяжения, связанный с рифтогенезом в море Лаптевых. Отложения нарушены многочисленными сбросами ССВ простирания. Комплекс детально изучен, собрана коллекция листовой флоры, которая передана специалистам для определения.

Выводы. Палеозойские отложения, обнаженные на о. Бельковский, накапливались на склоне локального прогиба. Бассейн заложился в начале франского века и имел СЗ простирание, сменившееся в начале турне на ССЗ. Снос обломочного материала в бассейн осуществлялся с В-СВ. Для конца девона предположительно реконструирован противоположный ЮЗ борт прогиба. Трог существовал, по крайней мере, до пермского времени. Структура о. Бельковский позволяет говорить о влиянии на ее формирование меридиональных правосдвиговых дислокаций. Изучены нетипичные фации пермо-триасового траппового магматизма, представленные малоглубинными субвулканическими интрузиями базальтового состава, внедрявшимися в полужидкий осадок. Одновозрастные вулканиты на острове не найдены, что указывает на отсутствие триасовых отложений. Детально изучен и охарактеризован сборами листовой флоры комплекс палеогеновых-неогеновых континентальных осадков. Они заполняли приразломные впадины и накопились в процессе рифтогенеза, охватившего шельф моря Лаптевых в третичное время.

На протяжении двух полевых сезонов в 2007 и 2008 гг. нами получен большой массив новых геологических данных о строении двух слабо изученных западных островов Новосибирского архипелага. Этот материал обработан не полностью. Главное значение полученных данных заключается в том, что они позволяют провести реконструкцию двух глубоководных прогибов на территории восточной части моря Лаптевых, заложение которых вызвано разными причинами. Образование верхнедевонского прогиба, изученного на о. Бельковский, вероятно, связано с этапом рифтогенеза, проявившимся в это время на восточной окраине Сибирской платформы. Несмотря на интенсивные дислокации в неокомское время, приуроченные к этой ослабленной зоне, реконструкция противоположного борта трога позволяет предполагать, что эти дислокации не связаны с какой-либо сутурной зоной и что по другую сторону прогиба мы вновь встретим слабодислоцированные мелководные отложения верхнего палеозоя - нижнего мезозоя. Это позволяет прогнозировать присутствие продуктивных пермских и триасовых осадков на всей акватории моря Лаптевых. Позднеюрский - раннемеловой трог, заполненный турбидитами, описанными нами на о. Столбовой, образовался как бассейн форланда перед фронтом надвигавшегося с юга Анюйского орогена. Мощные толщи сортированных слабоглинистых песчаников, чередующиеся с черными сланцами, могли бы представлять объект, перспективный на углеводороды. Наши наблюдения, однако, показывают, что коллекторские свойства песчаников утрачены вследствие их полной цементации. Мы считаем маловероятным, что на простирании этого прогиба степень изменения пород радикально уменьшится. Согласно нашей реконструкции, прогиб не продолжается сколько-нибудь далеко на запад от о. Столбовой, но заворачивает на юг, следуя развороту Южно-Анюйской сутуры.

Исследования проведены при поддержке программы № 14 Отделения наук о Земле РАН.

Фотографии предоставлены авторами.