DOI: 10.24411/0869-7175-2019-10017

УДК 550.343.614.876 (571.6)
© А.А.Коковкин, 2019

Эволюционная модель новейшей структуры Шантарского архипелага

А.А.КОКОВКИН (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИТиГ ДВО РАН); 680000, Хабаровский край, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65)

Представлена модель развития новейшей геологической структуры Шантарского архипелага. Её разработка выполнена в рамках региональной модели волнового структурирования континентальной коры Востока Азии, с использованием методологии синергетики. Структура архипелага представлена в виде инверсионной системы поднятий-островов и впадин-проливов, развивающейся с олигоцена на юго-западе Охотоморского рифтогена, на сочленении его с континентом. Формирование этой сложноорганизованной системы определило взаимодействие субширотных разломов Монголо-Охотской системы с меридиональными разломами системы Танлу. Показано, что эти разломы развиваются в режиме знакопеременного сдвига. Отмечена повышенная активность голоценовой сейсмогеодинамики Шантар. Исследованы сдвиг-надвиговые и сейсмогенные дислокации – индикаторы геодинамической и сейсмической активности архипелага. Шантарский архипелаг, где в настоящее время сформирован Национальный парк, обозначен в качестве исследовательского полигона для изучения характера развития окраинно-континентальной структуры Востока Азии.
Ключевые слова: эволюция, модель, волновая тектоника, знакопеременный сдвиг, инверсионные структуры, сейсмичность.

Коковкин Александр Александрович
доктор геолого-минералогических наук

kokovkin@itig.as.khb.ru

Evolutionary model of the Shantar archipelago modern structure

A.A.KOKOVKIN (Yu.A.Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences)

The model of modern geological structure of the Shantar Archipelago is presented. The modeling was performed as part of the wave model of the continental crust structurization on the evolutionary interdisciplinary basis using the synergy methodology. The Archipelago structure is represented as a system of inversion uplifts-islands and depressions-straits that has been evolving since the Oligocene in the southwest of the Okhotsk riftogen in an area of its junction with the continent. The formation of this system with a complex structure resulted in the interaction between the sublatitudinal faults of the Mongolo-Okhotsk fault system and the meridional faults of the Pacific belt. It is shown that these faults evolve under the reverse – sense shear regime. The increased activity of Holocene seismogeodynamics on the Shantar Archipelago is noted. Strike-slip – overthrust fault and seismogenic dislocations are investigated which are indicators of the geodynamic and seismic activity of the Archipelago. The Shantar Archipelago where the National Park is established now is considered as a polygon for the study of the evolution pattern of the marginal-continental structure of East Asia.
Key words: evolution, model, wave tectonics, reverse-sense shear, inversion structures, seismicity.

Шантарский архипелаг (рис. 1), расположенный у северо-западного побережья Охотского моря, включает 17 островов. Самый крупный из них – Большой (Б.) Шантар площадью около 2000 км^2. Архипелаг представляет собой весьма неординарное геологическое образование, сформированное в ходе взаимодействия окраинно-континентальной структуры Востока Азии с Охотоморским рифтогеном, с широким спектром проявленных в них разновременных процессов – тектонических, магматических, метаморфических и гидротермальных, эрозионных, седиментационных и сейсмических. Особенности этих процессов раскрываются в цепи опоясывающих Шантарские острова обнажений, исключительно свежих за счёт подновления морской абразией.

Первые работы обзорного характера проведены здесь А.Ф.Миддендорфом и К.И.Богдановичем ещё во второй половине XIX в. Более детальные исследования были выполнены много позднее. В 1940–1948 гг. Л.И.Красный совместно с Г.С.Ганешиным провели

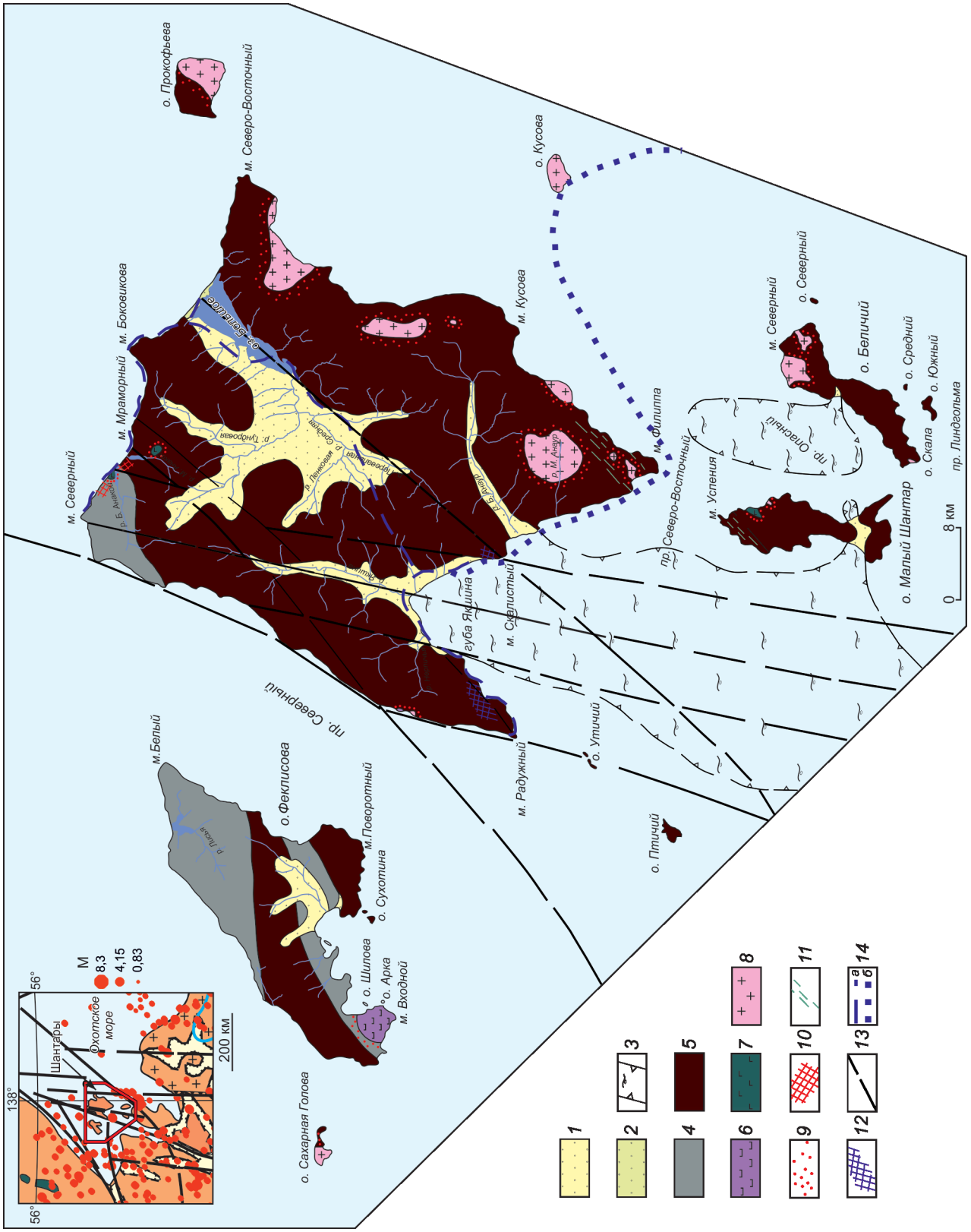

м. Северный
м. Мраморный
м. Боковикова
о. Прокофьева
м. Северо-Восточный
м. Кусова
о. Кусова
м. Филиппа
пр. Северо-Восточный
м. Успения
пр. Очередной
м. Северный
о. Северный
о. Беличий
о. Средний
о. Южный
о. Скала
о. Малый Шантар
пр. Линдгольма
0 8 км
губа Якшина
м. Скалистый
о. Утичий
о. Птичий
м. Радужный
пр. Северный
м.Белый
о. Феклисова
м.Поворотный
о. Сухотина
о. Шилова
о. Арка
м. Входной
о. Сахарная Голова
р. Тумровая
р. Ленкова
р. Северная
р. Перевальная
р. Ленкова
р. Тумровая
р. Пиевая
р. Б. Ичикан
р. Ичикан
р. Ульма
р. М. Ичикан
Ульма
Ичикан
Шантары
Охотское море
138°
56°
M
8,3
4,15
0,83
200 км
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Рис. 1. Схема новейшей структуры Шантарского архипелага:

1 – осадки реликтовых палеодолин; *2* – современные морские (косовые) отложения; *3* – реликты континентальных рифтогенов в Шантарских проливах; *4–5* – дислоцированные образования морской вулканогенно-кремнисто-терригенной формации: *4* – карбона и *5* – среднего–верхнего девона; *6* – раннемеловые (?) интрузии ультраосновного состава; *7–8* – позднемеловые–палеоценовые(?) интрузии: *7* – габброиды, диориты, *8* – граниты и гранодиориты; *9* – ореолы роговиков; *10–12* – зоны: *10* – скарнирования, *11* – зелёных сланцев, *12* – кварц-хлорит-гидрослюдистого метасоматоза; *13* – новейшие разломы; *14* – линии маршрутов: *а* – 2006 г. и *б* – 2013 г.; на врезке: фрагмент схемы окраинно-континентальной структуры Востока Азии [2] с позицией Шантарского архипелага и данными сейсмичности Каталога землетрясений России за 2013 г. [http://www.wdcb.ru/sep/seismology/seismology.ru.html]

первые геолого-съёмочные работы на островах Феклистова, Прокофьева и Большой Шантар. В 1953 г. акватории архипелага изучали экспедиции Всесоюзного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО). На территории архипелага в 1958–1960 гг. выполнена аэромагнитная съёмка масштаба 1:200 000 (И.И.Шапочка, С.И.Диденко). Комплексные геологические и гидрогеологические исследования проводились на островах в 1963–1964 гг. С.И.Гороховым и В.Б.Карауловым [3–5]. Эти исследования завершились составлением геологических карт и карт полезных ископаемых масштаба 1:200 000, обеспечивших территорию островной части архипелага базисной информацией для всех последующих работ геологической направленности. В 1990-е годы здесь был начат, но остался незавершённым комплексный проект по геологическому доизучению территории архипелага в масштабе 1:200 000 (ОАО «Дальморгео», ФГУП «Дальгеофизика» и «Хабаровскгеология»).

В 2006 г. при подготовке обоснования для организации Шантарского Национального парка автор обеспечил его геологическую часть. В ходе этой работы была собрана обширная геолого-геофизическая информация по архипелагу с прилегающей акваторией и материковой частью. Проведены маршруты по Б. Шантару (120 км) и наблюдения по небольшому о. Утичий. Полученные сведения были дополнены позднее результатами рекогносцировочного маршрута по линии Амгунь–залив Николая–о. Кусова–о. Большой Шантар (2013). Представляемая ниже модель базируется на анализе всех этих материалов.

Архипелаг как структура был сформирован в конце новейшего (эоцен-голоценового) этапа. Следует заметить, что эта часть геологической истории отличается острейшим дефицитом информации не только по Шантарам, но и характерна для всей структуры востока Азии. Сложившаяся ситуация выглядит парадоксальной. Казалось бы, что построение моделей новейших структур обеспечивает возможность снять маскирующий эффект новейших процессов с более ранних геологических образований. Автор ориентирует большинство своих работ именно на ликвидацию обозначенного информационного дефицита.

Цель данной статьи заключается в создании эволюционной модели Шантарского архипелага, являющегося одним из полигонов для изучения новейшего этапа развития окраинно-континентальной структуры Востока Азии.

Методика работ. Моделирование структуры Шантар выполнено в рамках разрабатываемой автором модели *волнового структурирования континентальной коры*, акцентированной на новейший (эоцен-голоценовый) этап [7–17]. Её разработка проводилась на эволюционной междисциплинарной основе, на базе синергетической методологии, в соответствии с которой *любая геологическая система является системой открытой, самоорганизующейся, развивающейся необратимо, в волновом, нелинейном режиме*.

В соответствии с волновой моделью литосфера и земная кора структурируются *иерархией волновых процессов* – от глобальных пульсаций мантии с её плюмовыми системами к возвратно-поступательным движениям крупных жёстких блоков континентальной коры, далее к системам знакопеременного сдвига и волновым деформационным системам землетрясений. Применительно к структуре Шантар речь пойдет в основном о *знакопеременно-сдвиговой* составляющей этой волновой иерархии. Изучение разломов Востока Азии и других регионов показало, что все они развиваются в волновом (маятниковом) режиме *знакопеременного сдвига*.

В геологии до настоящего времени доминирует модель *однонаправленного сдвига*. Однако она не объясняет основного (базисного) свойства разломов. Все глубинные разломы региона – это не единые, не целостные разрывные структуры, а мощные (нередко шириной до многих десятков километров) зоны сложного строения. Разломы внутри этих зон фрагментированы, разбиты на отдельные швы. Выполняющий эти зоны субстрат коры деформирован новейшей тектоникой, местами до полной дезинтеграции. Однонаправленные сдвиги отражают характер смещения *лишь отдельного фрагмента разлома на сравнительно локальном временном интервале*. При этом наиболее выраженное смещение соответствует з*авершающей фазе* их развития. Для Востока Азии и структуры Шантар это, прежде всего, *неоплейстоцен-голоценовая* фаза.

Свойство фрагментированности разломов, остающееся за рамками модели однонаправленного сдвига, и было положено автором в основу альтернативной ей знакопеременно-сдвиговой (ЗПС) модели (рис. 2). В соответствии с ней разломы взаимодействующих разнонаправленных систем (здесь для простоты рассматриваются две таких системы) нерегулярно меняют свою активность, фрагментируя друг друга и постепенно превращаясь в мощные, сложнопостроенные зоны. Фрагментированность разломов – следствие остаточной деформации, результат *некомпенсированного смещения разлома по более активной на данный момент разломной системе иной ориентировки*.

В процессе взаимодействия двух крупных разломных систем менее активная в данный момент система подстраивается под более активную, нередко меняя при этом свою ориентировку, иногда с элементами ветвления. В результате внутренняя структура обеих взаимодействующих разломных систем постоянно усложняется, что крайне затрудняет увязку не только отдельных фрагментов разломов, но и разломных зон и систем в целом. Поэтому практически на каждой карте (геологической, тектонической, неотектонической, интерпретации геофизических полей, схемах космо-фотодешифрирования и др.) появляется своя интерпретация разломной сети с субъективной (авторской) увязкой. Следует заметить, что вопросы взаимодействия синхронно развивающихся разломных систем разной ориентировки (как, впрочем, и взаимодействие любых других синхронно развивающихся геологических структур) относятся к наименее изученным вопросам геологии. Автором в этой и других его работах предприняты попытки обозначить подходы к их решению.

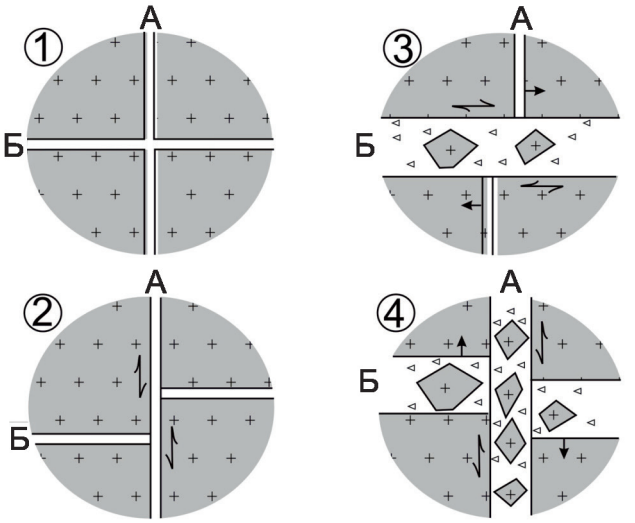


Рис. 2. Модели знакопеременнного сдвига. *По* [16], *с дополнением*:

1–4 – фазы развития ЗПС (цифры в кружках): 1 – исходная фаза с заложением разломов А и Б, 2 – фаза с некомпенсированным левосторонним смещением разлома Б по разлому А, 3 – фаза с некомпенсированным правосторонним смещением разлома А по разлому Б, 4 – фаза с некомпенсированным левосторонним смещением разлома Б по разлому А

Индикаторами ЗПС-режима являются ***инверсионные структуры*** – приразломные инверсионные впадины и внутренние инверсионные поднятия. Под инверсионными структурами здесь понимаются структуры, развивающиеся в режиме, полярном по отношению к режиму вмещающих их структур. Модели знакопеременного сдвига и его структур-индикаторов разработаны автором на примерах реальных объектов Востока Азии [9, 11, 14].

Инверсионные впадины с необходимым для них режимом растяжения развиваются в орогенах, в которых доминирует режим сжатия (рис. 3). Обычно они появляются на участках осложнения (изгиба) бортов разлома или в структурных узлах с высоким уровнем дезинтеграции. В таких обстановках при развитии ЗПС в разломах – на глубине и в их приповерхностной части – формируются открытые полости. Необходимо отметить, что все новейшие разломы – это раскрытые флюидо-водонасыщенные структуры. В выходящих на поверхность полостях и развиваются заполняющиеся осадками инверсионные впадины. Флюидо-водонасыщенный, практически несжимаемый субстрат разломов и этих осадков при невысокой скорости смещений бортов разлома обеспечивает впадинам устойчивость развития. Однако в процессе эволюции орогена при наращивании в нём сжатия многие локальные структуры инверсионных впадин со временем деградируют, выводятся из седиментации и деформируются сдвиговой тектоникой.

Инверсионные поднятия (ИП) развиваются в уже сформированном (заполненном осадками) рифтогене с преобладающим в нём раздвиговым режимом, но в полярном по отношению к нему режиме сжатия (рис. 4). Сжатие обеспечивается знакопеременным сдвигом на участке наиболее интенсивной (нередко до дезинтегрированного состояния) проработки фундамента рифтогена новейшей тектоникой, обычно в узлах пересечения разломов разного направления. Жёсткий блок ИП, сохранивший устойчивость в этом дезинтегрированном, флюидо-водонасыщенном, практически несжимаемом субстрате, под действием сжимающих усилий ЗПС смещается по латерали и «всплывает» из этого субстрата наверх, с элементами вращения в горизонтальной плоскости, превращаясь со временем в *бескорневой*. При «всплытии» он деформирует осадочный чехол рифтогена, формируя в нём штамповые складки, а нередко и полностью прорывает его с выходом на дневную поверхность.

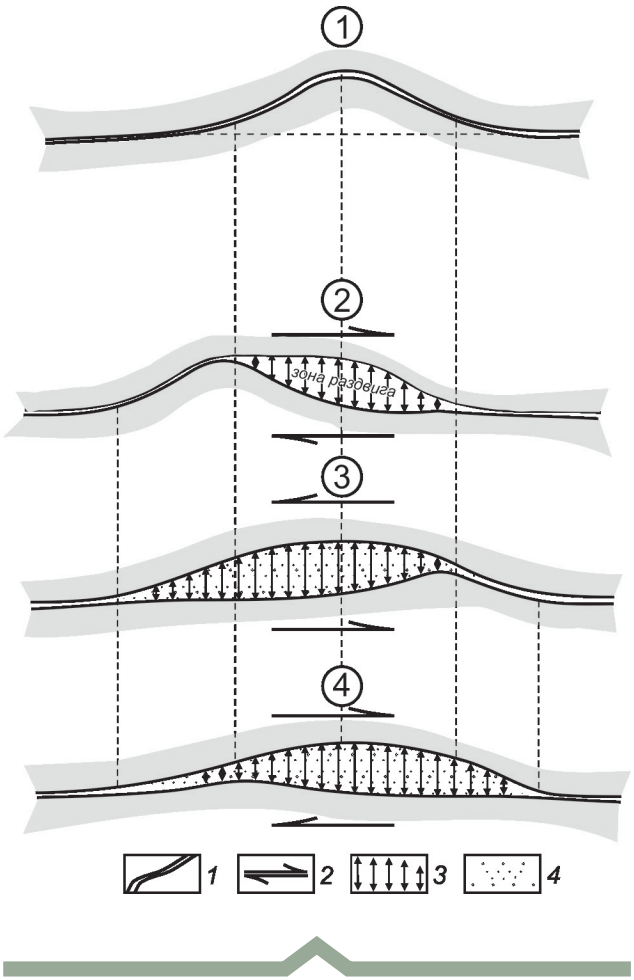


Рис. 3. Модель инверсионной впадины. *По* [16], *с дополнением*:

1–4 – фазы развития (цифры в кружках): 1 – исходного состояния, 2 – правостороннего сдвига, 3 – левостороннего сдвига, 4 – правостороннего сдвига; *1* – шов разлома; *2* – направление сдвига; *3* – полость, открывающаяся при сдвиге на участке осложнения плоскости разлома; *4* – осадки, заполняющие открытую полость

Результаты исследований. Шантарский архипелаг представляет собой сложнопостроенную структуру – результат развития инверсионной системы из новейших инверсионных поднятий-островов и разделяющих их, синхронно развивающихся с ними проливов – инверсионных впадин.

Региональная позиция архипелага (см. рис. 1)**.** Структура Шантар, как уже было упомянуто, расположена на границе Охотоморского рифтогена с континентом, в пределах мезозойско-кайнозойской структуры Тихоокеанского подвижного пояса (ТОПП), на который здесь оказывает существенное влияние северная ветвь синхронно развивающегося Альпийско-Гималайского пояса (АГПП). Подробно о выделении этой ветви АГПП и характере взаимодействия этих поясов сказано в работах [13, 16].

Шантары с системой их островов и проливов расположены в непосредственной близости от материка, в напряжённом структурном узле, на пересечении двух крупных систем глубинных разломов. Обе эти системы активно развиваются до настоящего времени, на протяжении всего новейшего этапа. Разломы *субмеридиональной* ориентировки относятся к системе Танлу, принадлежащей Тихоокеанскому поясу. Южнее архипелага, на континенте, они контролируют синхронно развивающиеся, тесно взаимодействующие окраинно-континентальные структуры Сихотэ-Алинского орогена и Амуро-Ханкайского рифтогена, направленно омолаживающиеся к границе континента [7]. Севернее Шантар эти же разломы контролируют локальные прогибы Охотоморского рифтогена, выполненные морскими отложениями эоцена–квартера [6].

Контролирующие архипелаг *субширотные* разломы относятся к Монголо-Охотской системе северной (широтной) ветви АГПП, наращивающей структуру этого пояса к востоку, где она взаимодействует со структурой Тихоокеанского пояса. На континенте разломы этой широтной ветви контролируют развитие новейших приразломных (инверсионных) впадин Байкало-Удской рифтовой зоны. В Охотоморском рифтогене, к западу от Шантар, взаимодействие разломных систем АГПП и ТОПП определило развитие раздвига Удской губы, особенно активно ведущего себя в неоплейстоцен-голоценовое время. С приближением к Шантарам под влиянием субмеридиональной разломной системы ТОПП разломы АГПП меняют свою широтную ориентировку на северо-восточную. Судя по этому, в ходе их взаимодействия в новейшее время по разломам Танлу здесь доминировали левосдвиговые смещения.

Такая позиция Шантарского структурного узла обеспечила высокую активность его геодинамики на протяжении большей части новейшего этапа, по голоцен включительно. Последнее подтверждается и характером современной сейсмичности этого узла (см. рис. 1).

Основные черты доэоценового развития Шантарской структуры. По данным проведённых ранее работ [3–6], Шантарские острова сложены в основном породами морской вулканогенно-кремнисто-терригенной формации ***девон-карбонового*** возраста. Они образованы в байкальско-герцинское время в ходе формирования Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП), до наложения на него мезозойско-кайнозойских структур АГПП и ТОПП. Центрально-Азиатский пояс с его структурной рамой из Сибирского и Китайского кратонов послужил фундаментом, на котором развивались и взаимодействовали структуры этих поясов. На Шантарах девон-карбоновые породы дислоцированы, подвержены региональному и контактовому метаморфизму, для них характерно крутое залегание с падением на юго-восток. На уступах Шантарских

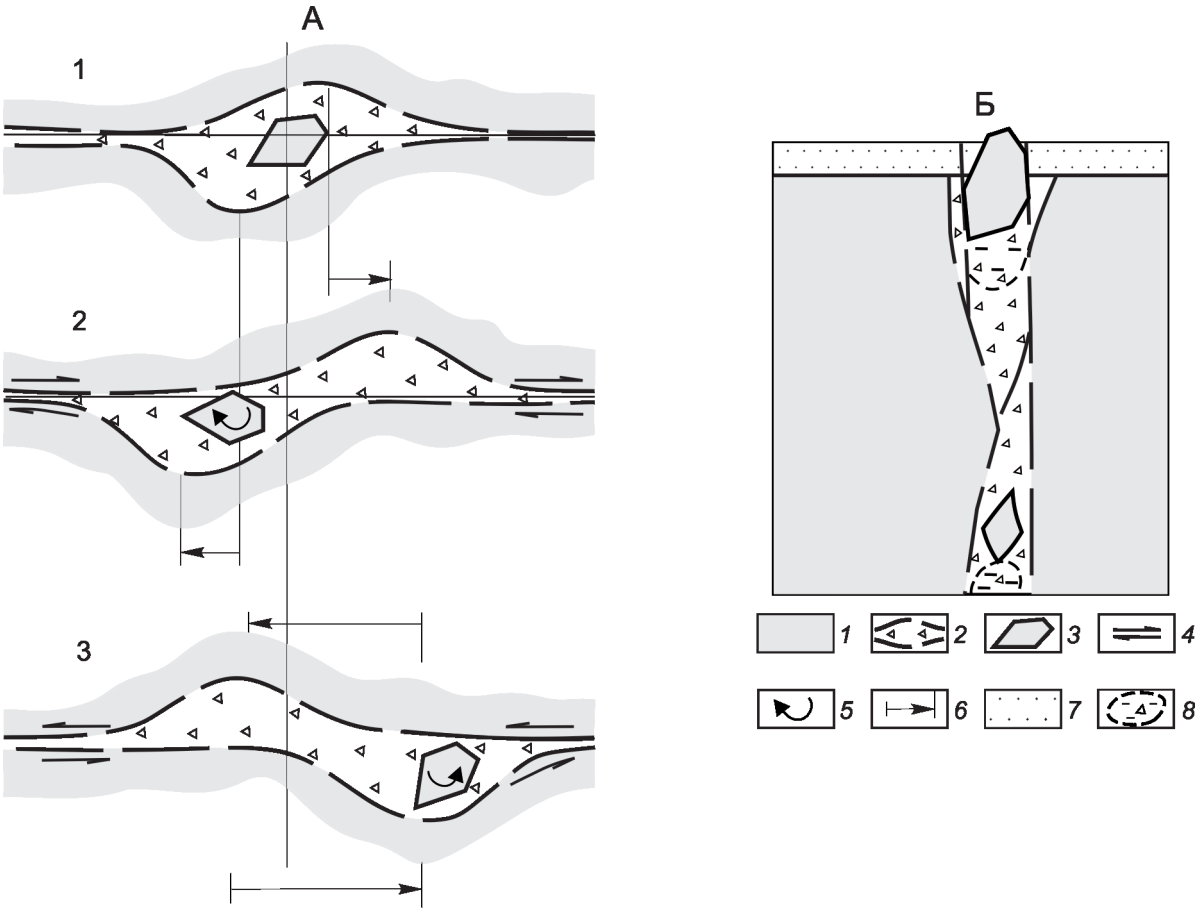


Рис. 4. Модель инверсионного поднятия. *По* [16], *с дополнением*:

А – план с фазами ЗПС: 1 – исходного состояния разлома, 2 – правостороннего и 3 – левостороннего сдвигов; Б – разрез через ИП для фазы 3; *1* – породы фундамента; *2* – зона активного разлома с дезинтегрированным обводнённым выполнением; *3* – блоки пород фундамента с ненарушенной сплошностью; направление: *4* – сдвиговых перемещений и *5* – вращения инверсионного блока; *6* – амплитуда горизонтального смещения; *7* – рыхлые обводнённые осадки рифтогена; *8* – области зоны разлома с дефицитом плотности под инверсионными блоками (на разрезе)

островов можно наблюдать линейные сжатые складки, нередко асимметричные и опрокинутые. Такой характер строения палеозойских толщ свидетельствует о наличии здесь в послекарбоновое время режима интенсивного тангенциального сжатия.

Среднедевонская часть формации сложена слоистыми, местами с яркой полосчатой окраской, яшмовидными сланцами, переслаивающимися с алевролитами, песчаниками и туфогенными разностями – красными, зеленовато-серыми и жёлтыми, реже чёрными и (при окварцевании) белыми. Их представительный разрез можно наблюдать на мысе Радужный и на востоке о. Б. Шантар. В районе мыса Горбатый на юго-западе острова, у мыса Боковикова (на севере) и у мыса Скалистый (на юго-востоке) широкое распространение получили известняки и грубообломочные терригенные разности (гравелиты, конгломераты, туфоконгломераты и туфобрекчии). Известняки в той или иной степени мраморизованы, нередко окварцованы, местами доломитизированы.

На северо-западе о. Большой Шантар и на юго-востоке о. Феклистова развита толща *верхнего девона*. Она представлена светло-серыми известняками, мраморизованными и окварцованными (до кварцитов), а также разноцветными кремнистыми породами, туффитами, окремненными алевролитами и разнозернистыми полимиктовыми песчаниками с линзами диабазовых порфиритов, диабазов, спилитов и их туфов. На о. Утичий преимущественное развитие получили зеленокаменные эффузивы (диабазы, спилиты, вариолиты), которые

чередуются с мощными пачками окремненных туфов, песчаников и алевролитов, содержат редкие линзы мраморизованных известняков. Сходного состава толщи, развитые на северо-западе о. Большой Шантар и на о. Феклистова, отнесены к *карбону* [3–5].

Отложения палеозоя прорваны на островах многочисленными *интрузиями* с сопровождающими их *дайковыми и жильными сериями*, относящимися к гипербазит-базит-гранодиоритовому формационному ряду. Они датированы (довольно условно) последевонским возрастом [3]. Наиболее крупный Феклистовский массив гипербазитов (9 км^2) находится на юго-западе одноимённого острова. На о. Большой Шантар в 7 км севернее мыса Радужный в береговом обрыве обнажается Западно-Шантарский массив пироксенитов.

Образования ***триас-раннемелового*** этапа на Шантарах отсутствуют. В это время вся территория архипелага развивалась, по-видимому, в режиме поднятия, либо эти образования всё же имелись здесь, но были позднее эродированы.

В ***позднем мелу–палеоцене*** Шантарская структура вместе с вмещающей её структурой ТОПП была подвержена масштабному орогенезу. Её девон-карбоновые породы были дислоцированы и насыщены гранитоидными интрузиями с сопровождающими их телами дайково-жильной серии. Основная часть интрузий, относящаяся к габбро-диорит-гранодиоритовой формации, представлена массивами размером от 1 км^2 и менее до 40 км^2. Широко распространены на островах крутые и пологие *кварцевые жилы*, развитые преимущественно вблизи интрузий и даек.

Интрузии гранитоидов датированы поздним мелом [2]. Вполне вероятно, однако, что их возраст может быть поднят до палеоцена. Дело в том, что вся структура азиатской окраины на рассматриваемом фрагменте Тихоокеанского пояса системно омолаживается к востоку, где в области взаимодействия континента с Тихоокеанским суперплюмом с мезозоя до наших дней действует фронт структурирования континентальной коры [7]. Ареал орогенеза, развивавшегося здесь в магматогенном режиме, нарастил в это время структуру континента, распространившись далеко к востоку, в современную зону перехода.

Интрузии внедрялись в условиях масштабного сжатия, сопровождавшегося развитием сдвиг-надвиговой тектоники, формированием зон зелёных сланцев, с кливажем и будинажем. Сам процесс их внедрения отмечен развитием во вмещающих породах зон окварцевания, ороговикования и скарнирования. На участках интрузий, даек и жил распространены и более поздние зоны дробления и брекчирования с гидротермально-метасоматическими изменениями переменного кварц-хлорит-гидрослюдистого (с гематитом и кальцитом) состава. Часто эти зоны содержат прожилково-вкрапленную сульфидную минерализацию. Процессы, связанные с завершающими фазами развития габбро-диорит-гранодиоритовой формации, от формирования дайково-жильной серии до гидротермально-метасоматических преобразований могут быть отнесены к раннему кайнозою (к палеоцену), по-видимому, с ещё большей уверенностью, чем сами интрузии данной формации.

Других образований мезозоя и раннего кайнозоя на островах нет. Вместе с отсутствием здесь кор выветривания, имеющих на Востоке Азии кайнозойский возраст [7], и рядом других признаков это может свидетельствовать о развитии островов архипелага на всём новейшем этапе с устойчивой тенденцией к воздыманию, с доминантой эрозионного фактора. О масштабности эрозионных процессов и значительном (2–3 км) постпалеоценовом эрозионном срезе островов свидетельствует препарация меловых (палеоценовых) интрузивных массивов. На современную поверхность здесь выведены породы их гипабиссальных фаций.

Особенности новейшего развития Шантарской структуры. Большую часть новейшего этапа структура архипелага являлась, по-видимому, частью материка. В олигоцене в сформированную здесь ранее сложнопостроенную толщу была вложена *система континентальных (рифтогенных) впадин и сопряжённых с ними речных долин* (см. рис. 1). Развитие Шантар в режиме архипелага началось, вероятно, несколько позже. Точно датировать сложно, поскольку информация по внутреннему строению проливов крайне ограничена. Исключение составляет реликтовая рифтогенная структура губы Якшина и фрагменты палеодолин на Шантарских островах. Можно с большой долей вероятности предположить, что проливы были заложены по разломам Шантарского узла и развивались синхронно с островами. Косвенным свидетельством этого могут быть значительная глубина современных проливов и наличие в них аномально высоких скоростей течений с явлениями турбулентности. Этим особенно отличается пролив Опасный, разделяющий острова Беличий и Малый Шантар [17].

Характер развития архипелага с отчленением его от континента определялся, прежде всего, новейшей раздвиговой тектоникой Охотоморского рифтогена. На активность его раздвига указывает многокилометровая мощность морских эоцен-плейстоценовых осадков в районе Магадана и в Шантарском прогибе, расположенном у северо-восточной границы архипелага [6], а также масштабность современных раздвиговых структур Удской губы и губы Якшина. Несомненно, что существенное влияние на формирование структуры Шантар оказала также и структура прилегающего с юга континента. Здесь с олигоцена до настоящего времени синхронно развиваются окраинно-континентальные структуры Амуро-Ханкайского рифтогена [9].

На Шантарских островах встречаются многочисленные реликты континентальных осадков, относившихся к структуре этого рифтогена. Нижняя часть их разреза представлена валунно-галечными отложениями, являющимися, по-видимому, возрастными

аналогами обнажающихся на Тугурском полуострове олигоцен-плейстоценовых осадков *биранджинской* свиты [5]. На о. Большой Шантар, на правом берегу р. Ленковая, вблизи её устья, в основании разреза 15-метровой средне-позднечетвертичной террасы канавой вскрыты галечники с заполнителем из серой песчаной глины (галечно-глинистые паттумы) [3]. В них обнаружен богатый спорово-пыльцевой комплекс, близкий к комплексу олигоцен-миоценовых осадков Тугурской впадины, впадины Эльганьде и др. Особенно широко распространены новейшие осадки в южной части о. Большой Шантар, в губе Якшина.

Ширина Шантарских речных долин в низовьях достигает нескольких километров. На Большом Шантаре, где речная сеть наиболее развита, установлено четыре уровня надпойменных террас шириной до 3,5 км и высотой до 35 м и более. Сложены они аллювиальными, преимущественно грубообломочными осадками среднего плейстоцена. Отложения верхнего плейстоцена наращивают разрез среднеплейстоценовых осадков без заметного перерыва. В низовьях долин мощность верхнеплейстоценовых отложений увеличивается до 20 м, в верховьях она сокращается до 5 м и менее. Верхняя часть плейстоценового разреза образует террасы высотой до 12 м, развитые в долинах большинства современных ручьёв и рек. Сложены они галечниками с прослоями и линзами песков, также суглинками и супесями. Спорово-пыльцевые комплексы их осадков близки к комплексам современной лесотундры.

Современные отложения архипелага представлены осадками аллювиальных и морских фаций. Аллювий слагает пойму современных рек, местами и прилегающие к ней надпойменные террасы высотой до 3 м. Его состав довольно пёстрый – от валунников и галечников до супесей, суглинков, илов и торфов. В приустьевой части рек, впадающих в море, осадки заиливаются, что связано с подпором русловых потоков морскими приливами. Мощность современного аллювия достигает в нижнем течении рек 5–6 м. Спорово-пыльцевой комплекс этих осадков соответствует комплексу спор и пыльцы современной материковой флоры.

Морские осадки развиты на шельфе и слагают прибрежную зону островов – пляж, террасы высотой до 6 м, косы, бары, пересыпи и днища мелеющих при отливе лагун. Они представлены валунниками и галечниками с гравийно-песчаным заполнителем. В бухтах и заливах распространены, преимущественно гравийные и песчаные разности. С удалением от островов до 10 км мощность рыхлых осадков наращивается весьма незначительно. На карте Приамурья [2] архипелаг с прилегающей акваторией оконтурен изопахитой 0,1 км. По данным Морской комплексной геолого-гефизической партии (А.А.Рязанцев и др., 2000), изучавшей отложения ближнего шантарского шельфа (не захватывая, однако, при этом структур проливов), разрез осадков характеризуется незначительной (первые десятки метров) мощностью с перемежаемостью отложений морских и континентальных фаций. Это говорит о высокой изменчивости голоценового седиментогенеза, о его пульсационном характере и, соответственно, о сложноорганизованной ритмике современной шантарской геодинамики. Но если такая изменчивость характерна для открытой к морю плоской структуры островного шельфа, то контролируемые разломами локальные структуры проливов должны развиваться ещё более напряжённо.

Контролирующие архипелаг системы разломов южнее, на континенте, имеют все признаки активных новейших структур с весьма сложным внутренним строением. Основные швы этих структур, развивающихся в режиме знакопеременного сдвига, фрагментированы, они насыщены инверсионными впадинами, зонами трещиноватости и дробления, раскрыты и обводнены. Такое состояние, присущее всем новейшим структурам востока Азии, поддерживается в них напряжённой сейсмогеодинамикой.

Представительная информация по ***неоплейстоцен-голоценовым дислокациям*** получена автором на юге Большого Шантара, на абразионных уступах *губы Якшина*. Здесь обнажены деформированные сдвиговой тектоникой образования докайнозойского фундамента и перекрывающие их олигоцен(?)-плейстоценовые осадки. Основание осадочного разреза, обнажающегося на взброшенных неоплейстоцен-голоценовой тектоникой бортах губы Якшина, сложено грубообломочными паттумами переменного состава. Характер этих осадков указывает на весьма активную динамику седиментогенеза, функционировавшего здесь в конце новейшего этапа континентального рифтогена. Современная структура этой губы избирательно развивалась по его рыхлым, механически неустойчивым осадкам. Судя по значительным площадным параметрам губы, ширина которой превышает 20 км, и значительной мощности рыхлых неоплейстоценовых осадков на её взброшенных с амплитудой до 100 м бортах, мощность осадочного разреза рифтогена, в который вложена её современная морфоструктура, могла достигать одного километра. Как показали проведённые автором исследования континентальных впадин Казахстана, Монголии и Востока Азии, соотношение мощности их осадочного разреза и размера по латерали (по короткой оси впадины) определяется диапазоном величин 5–20 [7]. Скрытая под морем структура рифтогена трассируется от губы Якшина к югу, где ранее, по-видимому, находился крупный континентальный осадочный бассейн северной части Амуро-Ханкайского рифтогена. Учитывая высокую современную активность Шантарского узла, этот бассейн продолжает развиваться и сейчас, но уже в режиме морской седиментации.

На уступах губы Якшина широко развиты системы разрывных (взбросо-сдвиговых) дислокаций, наложенных в том числе и на осадки этого рифтогена.



Рис. 5. Надвиговые структуры Б. Шантара. *Фото А.А.Коковкина, 2006*:

А – надвиг с олистомеланжем на юго-западе острова, в бухте Топазная; Б – олистомеланж на северном уступе, западнее мыса Мраморный

Деформированность пород уступов возрастает к западу и к востоку от центра губы с образованием мощных зон новейших дислокаций.

Западная зона. На западном борту губы, в районе мыса Радужный можно наблюдать систему надвиговых дислокаций с олистомеланжем и олистобудинажем (рис. 5, А), представляющую собой фрагмент сдвиг-надвиговой системы, выделенной ещё в ранних работах Л.И.Красного. Эти экзотические дислокационные структуры наложены также и на зоны рассланцевания, окварцевания и скарнирования, развивавшиеся в экзоконтакте мел-палеоценовых гранитоидных интрузий. При этом все они насыщены открытыми трещинами. Такой их «раскрытый» характер говорит о том, что или эти надвиги были существенным образом активизированы на новейшем этапе, или, что более вероятно, они были полностью сформированы в рамках этого этапа. Близкая по характеру дислокационная структура вскрыта абразионным уступом на севере о. Большой Шантар, в интервале мыс Мраморный–мыс Северный (см. рис. 5, Б).

Самые молодые (голоценовые) дислокации Западной зоны сконцентрированы к востоку от р. Нерпичья, в интервале до 1 км (рис. 6, А). Новейшие осадки рифтогена взброшены здесь по субмеридиональной системе нарушений более чем на 50 м. На поверхность выведены породы фундамента рифтогена – окварцованные известняки и алевролиты девона. Фундамент нарушен многочисленными, круто ориентированными зонами дробления и брекчирования, системами открытых трещин. Контакты пород фундамента с осадками отчётливые тектонические (см. рис. 6, Б–В). Здесь же обнажается и небольшая, выполненная торфяником плейстоцен-голоценовая долина, вложенная в паттумы рифтогена и нарушенная молодой (голоценовой) тектоникой (см. рис. 6, Г–Д). Паттумы жёлто-рыжие и бурые, окисленные в приливно-отливной зоне и на взброшенных бортах губы Якшина, восстановлены перекрывающим их торфяником, в результате чего они приобрели голубовато-серую окраску (см. рис. 6, Г).

Восточная зона новейших дислокаций (рис. 7). Её дислокационная система наиболее выражена на 5-километровом интервале к западу от мыса Скалистый. В пляжной зоне (при отливе) здесь можно наблюдать выходы песчано-гравийно-галечно-глинистых паттумов (см. рис. 7, Б) с яркой жёлто-рыжей окраской, приобретённой ими в зоне современной аэрации. Они содержат включения чёрных углефицированных растительных (древесных) остатков, хорошая сохранность которых свидетельствует о том, что в приливно-отливную зону вмещающие их осадки были выведены недавно, вероятно, уже в голоцене. Субмеридиональная взбросо-сдвиговая система Восточной зоны, смещающая рыхлые осадки рифтогена и породы его фундамента, характеризуется здесь наращиванием вертикальной амплитуды взброса от первых метров у её западной границы до 100 м и более на востоке.

На западе зоны в абразионных уступах наблюдаются тектонические контакты неоген-плейстоценовых осадков с кремнистыми алевролитами и окварцованными известняками фундамента рифтогена (см. рис. 7, В). Восточнее этой точки наблюдения известняки,

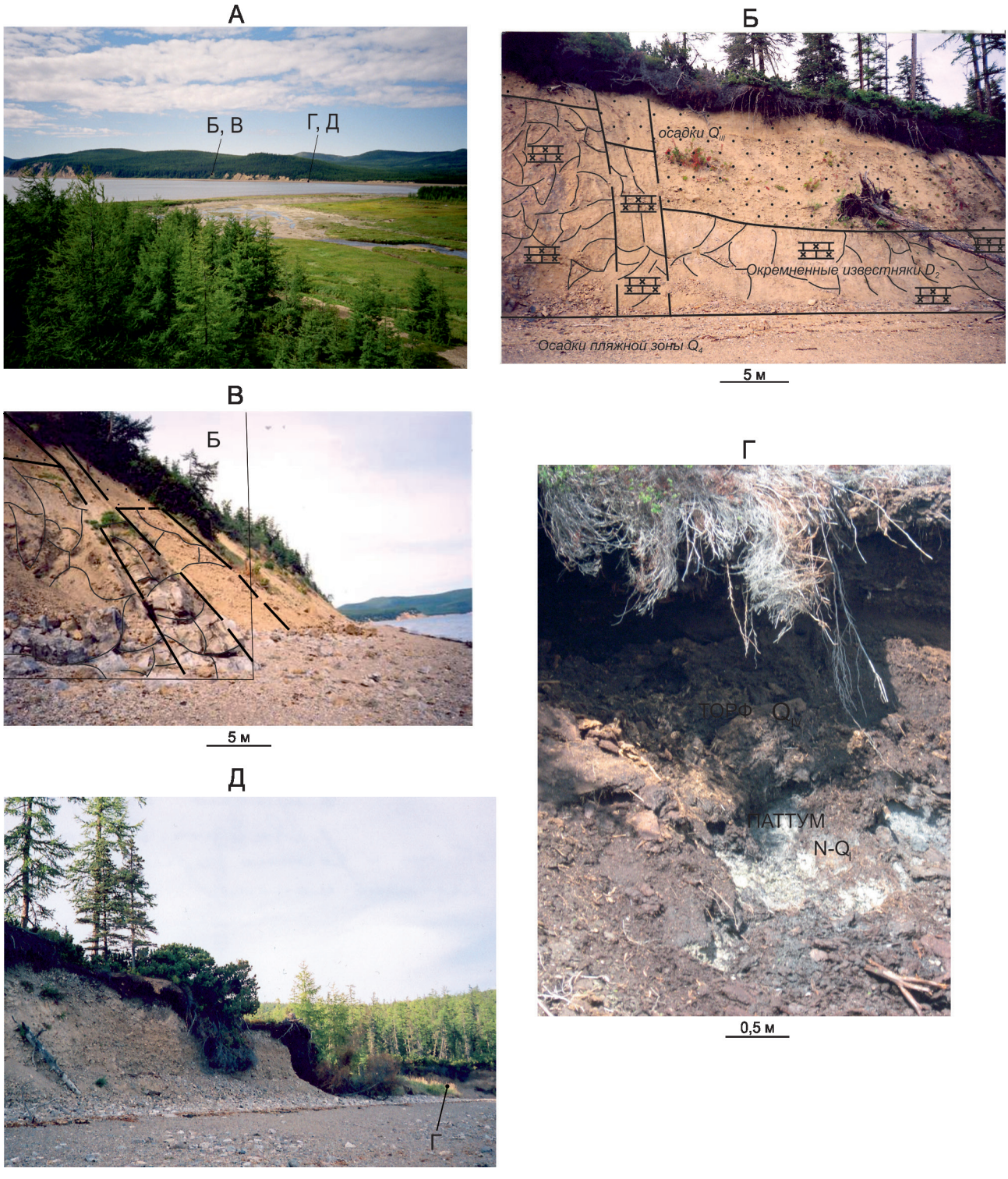


Рис. 6. Голоценовые взбросо-сдвиговые дислокации на западном борту губы Якшина. *Фото и документация А.А.Коковкина, 2006 и 2013*:

А – общий вид западного борта; Б–В – взброс с дроблением пород фундамента и смещением неоген-плейстоценовых осадков; Г – деформация плейстоценовых осадков с голоценовыми торфяниками (тёмно-коричневые наверху) на западном борту долины р. Нерпичья; Д – фрагмент восстановленных торфяником неоген-плейстоценовых паттумов (светлое серо-голубое пятно внизу)

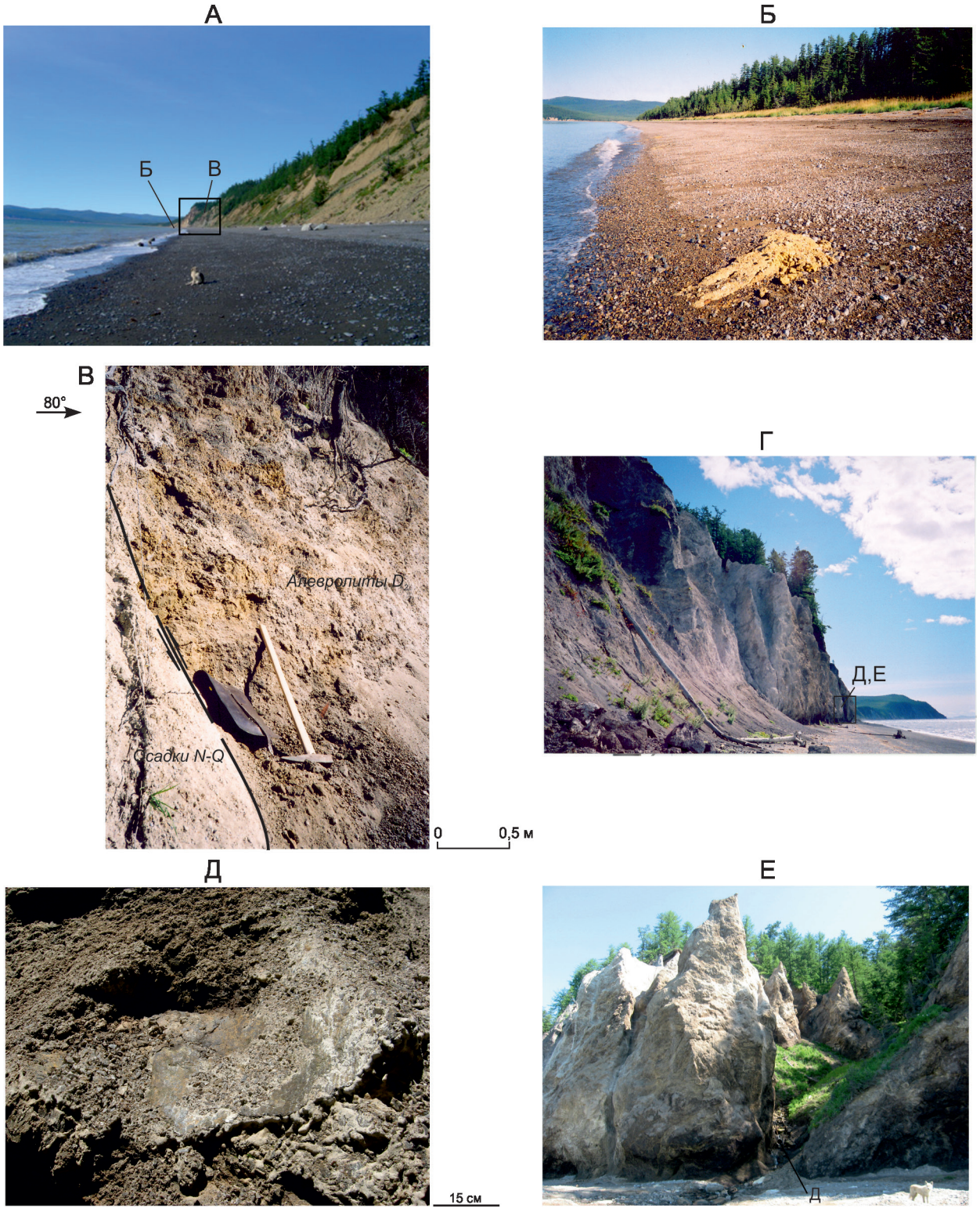


Рис. 7. Новейшие дислокации на восточном борту губы Якшина. *Фото и документация А.А.Коковкина, 2006 и 2013*:

А – общий вид борта; Б – выход паттумов (жёлтое пятно на переднем плане) новейшего (континентального) рифтогена в приливно-отливной зоне; В – фрагмент голоценового взбросо-сдвига с тектоническим контактом новейших осадков с кремнистыми алевролитами девона; Г–Е – зона дробления в окремненных известняках девона: Г – общий вид зоны, выделяется белой окраской, Д – дезинтегрированные до дресвянистого состояния окремненные известняки, с лимонитом на поверхности обломков и наложенным на него зеркалом скольжения, Е – абразионный микрорельеф зоны дробления

слагающие здесь основную часть уступа, перекрыты лишь маломощным реликтовым шлейфом рыхлых осадков. В некоторые швы Восточной зоны вложены локальные V-образные врезы современных ручьёв.

Особенно яркие и масштабные дислокации с многоактным дроблением сконцентрированы во взброшенном блоке оквацованных известняков в зоне 200 м (см. рис. 7, Г–Е). Известняки дезинтегрированы здесь молодой тектоникой на обломки размером до 2 мм, которые затем (вероятно, уже в неоплейстоцене) при наложении на них зоны поверхностного окисления были покрыты бурой плёнкой лимонита (см. рис. 7, Д). Позднее вся эта мелкодробленая лимонитизированная масса была подвержена дополнительным деформациям, которые отмечены более поздними трещинами с зеркалами скольжения по плоскостям. По поверхности этих зеркал растёрт и образованный ранее лимонит, что является свидетельством голоценового возраста породившего их дислокационного процесса. Лимонитизированная поверхность слагающих эту зону обломков покрыта сверху тонкой плёнкой белого, растёртого до пылеватого состояния кремнисто-карбонатного материала. Этот материал, выносимый современными дождевыми потоками с верхней части уступа, маскирует первичную серо-бурую окраску зоны дробления.

По этой плейстоцен-голоценовой зоне дезинтеграции современная эрозия проникает в глубину абразионного уступа на расстояние до 100 м с формированием весьма специфических (конусовидных и пирамидальных) форм микрорельефа (см. рис. 7, Е). Такой микрорельеф, в большей мере характерный для подверженных эрозии рыхлых песков, подчёркивает высокую интенсивность и молодость развитых здесь деформаций.

Современная активность контролирующего архипелаг структурного узла подчёркивается его довольно высокой ***сейсмичностью*** (см. рис. 1, А). По данным Г.Е.Рослякова [17], полученным им от местных жителей, в 1981 г. на восточном побережье о. Малый Шантар было отмечено небольшое цунами, распространившееся к западу до пос. Чумикан. Этим же автором зафиксировано близкое по времени к этому событию появление довольно крупного (3×1 км) озера в приустьевой части долины небольшого ручья в районе бухты Кусова на востоке Большого Шантара. Это озеро появилось, вероятнее всего, в результате подпруживания ручья сейсмогенным оползнем.

На западе и на севере о. Большой Шантар (рис. 8, А–Г), а также на западе о. Кусова в береговых уступах наблюдались многочисленные *выдвиговые* сеймодислокации – смещённые в современную пляжную зону на 10–20 м локальные (*n*×10 м) блоки палеозойских пород. По плоскостям трещин отрыва в выдвигах развиты хорошо выраженные субвертикальные борозды скольжения. Близкие по характеру структуры наблюдались автором к югу от Шантар на восточном борту залива Николая (см. рис. 8, Д). Подобные сейсмогенные выдвиги в целом весьма характерны для береговых зон морей и рек востока Азии. Модель их формирования представлена в работе [11].

Особенности завершающей стадии развития архипелага отражены и в ***рельефе*** его островов (рис. 9). На них преобладают низкогорья со сглаженными формами, с абсолютными отметками 300–500 м. Максимальную высоту имеет г. Веселая (701 м), расположенная вблизи восточного побережья Б. Шантара. Простирание хребтов и разделяющих их речных долин в основном северо-восточное и субмеридиональное. По особенностям морфологии на Шантарах традиционно выделяется три основных типа островного рельефа: 1) эрозионно-денудационный (горы и предгорья), 2) эрозионно-аккумулятивный (террасы и пойма неоген-четвертичных речных долин) и 3) абразионно-аккумулятивный (прибрежная зона). Для участков неоплейстоцен-голоценовой активизации характерен *неравновесный*, резко расчленённый рельеф. Локальные водоразделы на таких участках отличаются узкими (50–200 м и менее), нередко зубчатыми гребнями, а долины ручьёв имеют V-образную форму со спрямлёнными в плане бортами.

Высота *абразионных уступов*, опоясывающих острова, варьирует от первых метров в приустьевых частях речных долин до 100 м на островных водоразделах. Строение уступов весьма прихотливо, что связано с различной динамикой абразии, зависящей от механической устойчивости пород. Для уступов, сложенных относительно крепкими, однородными породами, в большей мере характерны линейные формы с крутыми стенками. Там же, где они сформированы рыхлыми осадками либо породами более изменчивого состава (более дислоцированными и(или) подверженными эпигенетическим изменениям), береговая зона осложнена бухтами с разделяющими их мысами. Мысы часто заканчиваются прижимами и насыщены многочисленными абразионными останцами (кекурами), нередко весьма экзотических форм (см. рис. 9, В–Г). В бухтах распространены волноприбойные ниши и арки (см. рис. 9, Д). На уступах, сложенных известняками, местами встречаются пещеры.

Вдоль береговой линии трассируется полоса преимущественно *валунно-галечного пляжа*, из-под которого местами (в основном во время отлива) обнажаются плоские абразионные площадки с россыпью «зализанных» морем валунов и глыб. Некоторые из этих площадок прослеживаются на расстояние до 1,5 км от берега. Их полого наклонённая к морю поверхность местами осложнена микроскульптурными формами в виде каменистых рифов и локальных останцов. В глубине острова Б. Шантар на крутых (25°–30°) склонах (в привершинной части водоразделов) развиты осыпи, которые нередко оживают на «горельниках». Способствующая закреплению осыпей растительность не восстанавливается здесь после пожаров в течение многих десятилетий. Коры выветривания, как уже упоминалось, на



Рис. 8. Выдвиговые сейсмодислокации. *Фото и документация А.А.Коковкина, 2006*:

А–Г – выдвиги на абразионных уступах о. Б. Шантар: А–Б – в районе мыса Радужный, В – западнее мыса Северный, Г – восточнее мыса Северный; Д – выдвиг на восточном береговом уступе залива Николая

А



Б



В



Д



Г



Рис. 9. Особенности рельефа Б. Шантара. *Фото и документация А.А.Коковкина, 2006*:

А – эрозионный рельеф водоразделов на севере острова; Б – V-образный врез ручья в районе мыса Боковикова; В–Г – абразионные кекуры на мысе Мраморный (В) и на мысе Скалистый (Г); Д – абразионная ниша в районе бухты Топазная

Шантарских островах отсутствуют, здесь отчётливо преобладает эрозионный фактор, что подчёркивает активность и устойчивость воздымания островов в неоплейстоцене–голоцене.

Модель формирования архипелага. В достаточно редких публикациях по Шантарам [1–5, 17] процесс формирования архипелага представлен в виде довольно простой, но при этом весьма неопределённой по механизму картины *отчленения его от материка*. Время события определено голоценом (послеледниковой эпохой). Вывод об этом базируется в основном на отсутствии в островном биоценозе признаков *эндемичности*. Однако в условиях непосредственной близости архипелага к материку отсутствие этих признаков говорит не столько о времени отчленения островов, сколько о естественной для этих условий устойчивости связей островного и материкового биоценозов. Ширина пролива Линдгольма, отделяющего острова Беличий и Южный от Тугурского полуострова, составляет всего 4 км, а пролива, отделяющего от континента расположенный к западу от них Медвежий остров, и того меньше.

Авторы упомянутых публикаций напрямую связывают формирование архипелага с *голоценовой трансгрессией*, с определяющим влиянием *абразионного* фактора при подчёркнуто *пассивной* роли тектоники. Такая трактовка, учитывая исключительно высокую геодинамическую активность всей континентальной окраины Азии и зоны перехода на протяжении всего новейшего этапа, а также активность контролирующего Шантары структурного узла, представляется не вполне оправданной. Тем более что и сама голоценовая трансгрессия и связанная с ней абразия являются лишь геодинамическими следствиями *Охотоморского раздвига*.

Структура этого раздвига, заложенная примерно на границе палеоцен–эоцен, развивалась здесь в течение всего новейшего этапа в пульсационном режиме, с нерегулярной сменой трансгрессий и регрессий Охотского моря. Трансгрессивный цикл резко активизировался здесь в голоцене с абразией Шантарских островов и наложением на континент современной структурой Удской губы.

Структура Шантар, по-видимому, была заложена в олигоцене в континентальных условиях. В это время здесь, на окраине материка, развивалась система новейших впадин Амуро-Ханкайского рифтогена, структура которого наращивалась к северу под влиянием контролирующих её субмеридиональных разломов Танлу. Одновременно с севера на неё воздействовал Охотоморский раздвиг с Монголо-Охотской системой разломов. Пограничная структура Шантарского узла под воздействием Охотоморского раздвига с его пульсационной системой, отчленяясь от континента во время трансгрессий, при регрессии вновь присоединялась к нему.

Определяющее влияние на развитие Шантарской структуры, кроме ритмики Охотоморского раздвига с ЗПС-режимом контролирующих её разломов, оказывала внутренняя неоднородность исходного субстрата. В ходе взаимодействия разломных систем Шантарского узла с их ЗПС-режимом этот узел был расчленён приразломными впадинами на блоки разной степени жёсткости. Наиболее жёсткие из них, особенно насыщенные мел-палеоценовыми интрузиями и дайками, длительное время сохраняли свою сплошность и вели себя в этих условиях как устойчивые инверсионные поднятия. Под воздействием создаваемого знакопеременным сдвигом аномального сжатия они развивались с доминантой воздымания. Однако между ними в приразломных впадинах действовал режим раздвига. На этом фоне и работала пульсационная система Охотской трансгрессии. Трансгрессивные циклы сопровождались абразией островов, седиментацией на шельфе и в проливах-впадинах с наращиванием их разреза морскими осадками. При регрессии в структуре Шантар активизировалась эрозия, захватывающая не только острова, но и обнажающийся шельф со структурами проливов.

Такое сложноорганизованное взаимодействие полярных по режиму развития систем и обеспечило, с одной стороны, направленное отделение архипелага от континента с развитием впадин-проливов, а с другой, относительную сохранность и устойчивое существование его островов.

В условиях ЗПС-режима инверсионные поднятия-острова развивались с общей тенденцией к воздыманию в нерегулярно организованном пульсационном режиме. Показателем системности их воздымания является упомянутое выше отсутствие на них кор выветривания. На пульсационный режим поднятий указывает терассированный характер островных плейстоцен-голоценовых речных долин и ритмичность осадочного разреза шельфа, в котором переслаиваются осадки морских и континентальных фаций.

Каждый остров развивался при этом по сугубо индивидуальному сценарию, определяющемуся особенностями ЗПС-тектоники, характером трансгрессивно-регрессивных пульсаций и во многом особенностями строения самих островов. В результате острова в своём современном виде представлены набором структур разных размеров и морфологии, существенно различающихся по составу пород, степени жёсткости и уровню насыщенности новейшими дислокациями. Жёсткость внутренней структуры Шантарских инверсионных поднятий-островов, в значительной мере обеспечивающая их сохранность, определяется, как уже было сказано, проработкой их пород мел-палеоценовыми интрузиями, дайками и жильными телами. Особенно интенсивно проработан ими Большой Шантар. Вероятно, именно поэтому он является самым крупным из островов архипелага. Самые же мелкие острова (Сахарная голова, Прокофьева) представляют собой препарированные эрозией и абразией апикальные части небольших гранитных интрузий.

Ближний Шантарский шельф характеризуется плоской полого наклонённой от островов поверхностью, значительной шириной и при этом исчезающе малой мощностью развитого на нём молодого (неоплейстоцен-голоценового) осадочного чехла. Для выработки такого профиля шельфа в механически устойчивой толще, слагающей структуру архипелага, требуется довольно значительное время. Короткий интервал голоцена, соответствующий последнему импульсу трансгрессии, вряд ли смог бы обеспечить его формирование. На это, по-видимому, ушла более значительная часть новейшего этапа.

Судя по всему, на ранних стадиях развития архипелаг занимал много большую территорию по сравнению с его современным состоянием. И его острова были, очевидно, намного крупнее. Их абразия сопровождалась выносом большой массы материала в проливы и на периферию, в том числе в расположенный севернее архипелага Шантарский прогиб. Однако в ходе достаточно длительной эволюции структура Шантар со сформированной шельфовой зоной, по-видимому, периодически вовлекалась в поднятие и дополнительно дифференцировалась ЗПС-тектоникой. С уменьшением частоты и активности знакопеременно-сдвиговых перемещений сжатие в Шантарском узле уменьшалось, подъём островных поднятий замедлялся, на шельфе активизировалось осадкообразование. Увеличение же скорости и частоты знакопеременного сдвига сопровождалось усилением сжатия. В результате воздымание островов активизировалось вплоть до вывода шельфа и сформированных на нём (ещё рыхлых) осадков на поверхность с эрозией и последующим их переотложением в структуры проливов и на более дальнюю периферию. Скорее всего, в плейстоцене вся структура архипелага была надолго вовлечена в поднятие и выведена из седиментации. Осадки прибрежного шельфа при этом были практически полностью эродированы, а ложе шантарского шельфа препарировано.

Последний трансгрессивный цикл в Охотоморском рифтогене, как это было показано выше, начался на рубеже неоплейстоцен–голоцен. Он связан с активизацией всей нашей планеты, которая продолжается до настоящего времени, сопровождаясь наращиванием континентального орогенеза и глобальной океанской трансгрессией [12, 15]. По времени она соответствует короткому, но мощному ритму глобального сжатия. На континентальной окраине Азии и в зоне перехода начало этой активизации отмечено мощными землетрясениями [16]. В это время резко активизировались и обе разломные системы Шантарского структурного узла. Трансгрессия отмечена здесь смещением границы Охотского моря к западу и югу с активным развитием Удской губы, а на Б. Шантаре – губы Якшина. Активность трансгрессии хорошо видна и на примере Тугурского полуострова – южной, приближенной к Шантарам части материка. Под влиянием океанской абразии он уже практически превратился в остров. От материка его отделяет лишь узкий (менее 1 км) перешеек, сложенный рыхлыми неоген-четвертичными осадками реликтовой палеодолины Эльганде, на которую здесь наложен залив (лагуна) Константина.

В заключение отметим следующее. Проведённые исследования показали, что Шантарский архипелаг в своём современном состоянии является сложной по строению инверсионной структурой, испытавшей длительную и непростую эволюцию. Система его поднятий-островов и впадин-проливов формировалась в геодинамически напряжённом структурном узле примерно с олигоцена в ходе взаимодействия Охотоморского рифтогена с континентом. Контролирующие Шантарский узел глубинные разломы Монголо-Охотской системы и системы Танлу функционировали по голоцен включительно в режиме знакопеременного сдвига. Под их влиянием структура Шантар была дезинтегрирована, разбита на блоки разной степени жёсткости. Наиболее жёсткие из них в условиях создаваемого знакопеременным сдвигом аномального сжатия развивались с доминантой воздымания, а между ними в относительно подвижном субстрате синхронно формировались впадины-проливы с доминирующим режимом раздвига. На фоне этой напряжённой, сложноорганизованной геодинамики развивались и дополнительно усложняющие структуру Шантар эрозия, абразия и седиментогенез.

Важным результатом проведённого исследования является то, что в ходе моделирования Шантарской структуры проявилась высокая активность её голоценовой сейсмогеодинамики. Пограничная структура Шантарского архипелага является в связи с этим индикатором голоценовой активизации окраинно-континентальной структуры Востока Азии. Статус Национального парка обозначает возможность использования Шантар в качестве исследовательского полигона для изучения новейшей геологической истории и современной сейсмогеодинамики этой структуры.

В процессе моделирования получен определённый опыт изучения взаимодействия синхронно развивающихся разломных систем разной ориентировки и взаимодействия полярных по режиму развития орогенов и рифтогенов. Тем самым обозначена продуктивность этого, по сути, нового направления. Выходные модели по нему обещают быть непростыми, но в дальнейшей перспективе максимально приближенными к исследуемому объекту. Представленная в данной статье модель новейшего этапа развития Шантар является лишь предварительной разработкой – моделью пилотного уровня. После поступления дополнительных сведений в неё, несомненно, могут быть внесены соответствующие коррективы.

Масштабность и сложность внутренней организации новейшей геодинамики Шантарского архипелага во многом определили состояние его современной интерферированной структуры. Проведённое моделирование

показало значимость маскирующего эффекта новейшего этапа по отношению к более ранним геологическим образованиям и необходимость его учёта при разработке не только модели Шантарского узла, но и любых других моделей геологических структур Востока Азии. Малая достоверность многих действующих здесь прогнозно-металлогенических и прогнозно-поисковых моделей во многом связана с тем, что в них не снят этот маскирующий эффект.

Автор благодарит сотрудниц лаборатории «Сейсмологии и сейсмотектоники» ИТиГ ДВО РАН Н.В.Сатонину, О.Н.Колягину и Н.Н.Ковригу за помощь в подготовке статьи.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН при частичном финансировании программой «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН» (проект 18-5-024).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ганешин Г.С.* Происхождение Шантарских островов // Природа. 1956. № 4. С. 91–93.
2. *Геологическая* карта Приамурья и сопредельных территорий. Масштаб 1:2 500 000. Объяснительная записка / Л.И.Красный, А.С.Вольский, Пэн-Юньбяо и др. – СПб.–Благовещенск–Харбин, 1999.
3. *Геологическая* карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Удская. Лист N-53-XII. Объяснительная записка // Составители С.И.Горохов, В.Б.Караулов. – М., 1977.
4. *Геологическая* карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Удская. Лист N-53-XI. Объяснительная записка // Составители С.И.Горохов, В.Б.Караулов. – М., 1978.
5. *Геологическая* карта СССР масштаба 1:200 000. Серия Удская. Лист N-53-XVIII. Объяснительная записка // Составители С.И.Горохов, В.Б.Караулов. – М., 1982.
6. *Геология* и нефтегазоносность Охотско-Шантарского осадочного бассейна / В.Г.Варнавский, А.Э.Жаров, Г.Л.Кириллова и др. – Владивосток: ДВО РАН, 2002.
7. *Коковкин А.А.* Геодинамическая модель кайнозойского этапа развития континентальной коры юга Дальнего Востока России и уран-полиэлементное рудообразование // Автореф. дис. … д-ра геол.-минер. наук. – М., 2007. http://vak.ed.gov.ru/announcements/geomin/573/
8. *Коковкин А.А.* Шантарский архипелаг: эволюция структуры, геодинамика и рельеф // Геоморфологические процессы и их прикладные аспекты, VI Щукинские чтения. – М.: МГУ, 2010. С. 305–307.
9. *Коковкин А.А.* Новейшая структура Сихотэ-Алинского орогена: эволюционная модель // Региональная геология и металлогения. 2012. № 52. С. 39–48.
10. *Коковкин А.А.* Сейсмогеодинамика новейших структур востока Азии: волновая модель / Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии, VIII Косыгинские чтения: мат-лы всероссийской конференции, 17–20 сентября 2013 г., г. Хабаровск. – Владивосток: Дальнаука, 2013. С. 400–403.
11. *Коковкин А.А.* Комплексная эволюционная модель новейшей инверсионной структуры Хабаровско-Хехцирской системы поднятий // Отечественная геология. № 4. 2013. С. 32–41.
12. *Коковкин А.А.* Эволюция новейшей окраинно-континентальной структуры Намибии и структура-антипод Востока Азии: опыт междисциплинарного исследования на синергетической основе. – Саратов: Приволжская книжная палата, 2014.
13. *Коковкин А.А.* Особенности неоплейстоцен-голоценовой эволюции восточной части Альпийско-Гималайского подвижного пояса / Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии, IX Косыгинские чтения: мат-лы всероссийской конференции, 13–15 сентября 2016 г. – Хабаровск, 2016. С. 253–256.
14. *Коковкин А.А.* Особенности новейшего этапа развития зоны Инкоу-Хинганского разлома // Региональная геология и металлогения. 2016. № 68. С. 42–51.
15. *Коковкин А.А.* Волновая модель структурирования континентальной коры Востока Азии (на пути к парадигме волновой нелинейной геодинамики) // Тектоника, геодинамика и рудогенез складчатых поясов и платформ: мат-лы XLVIII Тектонического совещания. Т. 1. – М.: ГЕОС, 2016. С. 248–252.
16. *Коковкин А.А.* Неоплейстоцен-голоценовый рубеж в структурировании континентальной коры, его геологические индикаторы и возможная природа // Фундаментальные проблемы квартера: итоги изучения и направления дальнейших исследований: мат-лы X всероссийского совещания по изучению четвертичного периода, 25–29 сентября 2017 г. – М.: ГЕОС, 2017. С. 188–190.
17. *Шантарский* архипелаг: Рассказ об уникальном природном островном комплексе Приохотья. – Хабаровск: Книжное изд-во, 1989.