

УДК (550.834 : 551.78+551.88) (265.3—14)

В. В. Кудельким, В. О. Савицкий, Т. И. Карней, В. П. Болдырева

СТРУКТУРА И ЭВОЛЮЦИЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ПРИСАХАЛИНСКОГО ОБРАМЛЕНИЯ ЮЖНО-ОХОТСКОЙ КОТЛОВИНЫ

Кайнозойская история подводной окраины Юго-Восточного Сахалина реконструирована на основе плотной сети профилей ОГТ, образцов пород, поднятых со дна драгированием, и корреляции с геологией острова и данными бурения. Пять региональных несогласий расчленяют осадочный чехол акватории на пять систем, датированных соответственно: поздний олигоцен (?) — ранний миоцен, ранний — средний миоцен, средний — поздний миоцен, поздний миоцен — плиоцен, плейстоцен. До верхнего миоцена осадконакопление было сосредоточено в системе интрадуговых трогов,

контролируемых горст-грабеновой структурой фундамента. Позднее установился режим открытого морского бассейна, прерывавшийся короткопериодными регрессиями. Тип осадконакопления — трансгрессивный или регрессивный — находился в интегральной зависимости от двух главных факторов — орогенической активности Юго-Восточного Сахалина и эвстазии. При этом распределение мощностей и фаций осадочного чехла было обусловлено различным темпом поступления терригенного материала, скоростью углубления бассейнов и энергетическими характеристиками среды.

ВВЕДЕНИЕ

Кайнозойский этап эволюции осадочных бассейнов Охотоморского региона является производным от смены эвстатических подъемов и падений уровня океана, периодов осадконакопления и эрозии, усиления и ослабления вулканизма и чередования фаз структурообразующих движений. В таких условиях создание меж- и региональных моделей формирования осадочного чехла связано с проблемой разработки общих стратиграфических схем, которые могли бы не только служить основой структурных построений, но и обеспечивали бы хроно-корреляцию между осадочными бассейнами с различной историей. В статье рассматривается вариант решения этой проблемы для подводной окраины Юго-Восточного Сахалина.

В 60—70 гг. регион был объектом исследований методом отраженных волн СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, Тихоокеанской экспедицией ВНИИморгео и СахТГУ. В это же время Морская спасательная служба и Геологическая служба Японии провели исследования методом отраженных волн смежной части шельфа Северо-Восточного Хоккайдо. Результаты этих работ вместе с данными драгирования легли в основу первых схем стратификации осадочного чехла акватории [1, 6, 8, 11, 14]. В течение последних десяти лет интенсивных поисков углеводородов на Хоккайдо-Сахалинском шельфе Тихоокеанской экспедицией ВМНПО Союзморгео и нефтяными компаниями Японии [16, 17] широко использовался метод ОГТ, что

стало возможным благодаря внедрению цифровой записи и специальных программ на ЭВМ. Метод обеспечил высокую помехоустойчивость и глубинность морских исследований. Данные сейсморазведки МОВ ОГТ, а также драгирования и бурения стали фактической базой этой статьи (рис. 1).

ГЕОМОРФОЛОГИЯ

Шельфовая равнина расположена на глубинах до 170—210 м и представлена сочетанием аккумулятивных и абразионно-аккумулятивных поверхностей выравнивания. Субгоризонтальная поверхность шельфовой равнины осложнена на ее внешнем крае между мысом Анива и банкой Китами-Ямато (см. рис. 1) и южнее п-ова Терпения участками мелкогрядового рельефа амплитудой порядка нескольких метров, связанного, судя по данным высокочастотной геоакустики, с выходами коренных пород. В центральной части залива Терпения пологие и изометричные в плане поднятия дна амплитудой до 10 м и площадью около 100—150 км² соответствуют косослоистым фациям в приповерхностных плейстоценовых слоях осадочного чехла и представляют, вероятно, элементы литоральной или дельтовой морфологии.

Островной склон Юго-Восточного Сахалина имеет уклоны до 10° (в среднем 4—6°) и лишь в районе каньона Левенорна до 15°. Краевое плато и каньоны являются наиболее характер-

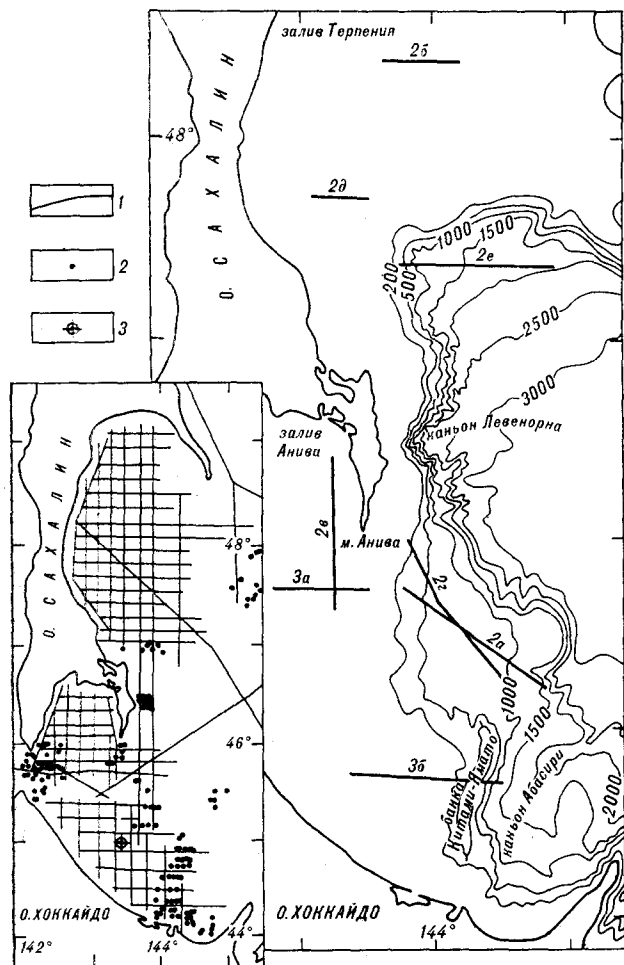


Рис. 1. Генерализованная батиметрия с расположением профилей, приведенных на рис. 2 и 3.

На врезке схема изученности: 1 — профили МОВ ОГТ Тихоокеанской экспедиции Союзморгео и японских нефтяных компаний [16]; 2 — станции драгирования СахКНИИ ДВНЦ АН СССР с 1973 по 1985 г.; 3 — нефтепоисковая скважина Монбэцу-1 [16].

ными элементами островного склона. Отмечаются три батиметрических уровня краевых плато: 700—1000, 1000—1300 и 1600—1900 м. Как и для шельфовой террасы, их формирование связано с компенсацией седиментационных ловушек (рис. 2, а). Последние, согласно данным МОВ, связаны со ступенчато-блоковой структурой островного склона или с вулканическими дамбами. Сеть эрозионных каналов, наиболее крупные из которых — каньоны Левенорна и Абасири, обеспечивает перенос терригенного материала с шельфа и склона в Южно-Охотскую котловину.

ОБЩАЯ СТРУКТУРНАЯ ОБСТАНОВКА

Структурными подразделениями первого порядка в рассматриваемом регионе являются мезо-палеозойский фундамент и кайнозойский осадочный чехол.

Изучение регионального расчленения земной коры методами ГСЗ и КМПВ выявило блоковую структуру мезо-палеозойского фундамента подводной окраины Юго-Восточного Сахалина [2, 7]. Геометрия блоков фундамента (размеры, вытянутая форма и субмеридиональная ориентировка) в пределах Юго-Восточного Сахалина и его подводной окраины отличается от полигональных блоков центральной части Охотоморской плиты, как и от запад-северо-западной ориентировки блоков северного обрамления Южно-Охотской котловины. Относительно структурных взаимоотношений восточно-сахалинской подводной окраины с Южно-Охотской котловиной данные МОВ не позволяют обосновать крупномасштабного оползания коровых блоков по системе поперечных сбросов в сторону котловины после формирования осадочного чехла [3, 9]. Большинство разломов заложилось до формирования осадочного чехла или одновременно с его началом, а часть из них неоднократно активизировалась позже. Структурные признаки вместе с данными сейсмофациального анализа осадочного чехла на охотоморском склоне Тонино-Анивского полуострова [4] свидетельствуют о существовании бассейна на месте Южно-Охотской котловины уже в начале формирования осадочного чехла. Таким образом, подводная окраина Юго-Восточного Сахалина может рассматриваться как самостоятельная структурная провинция, которая, по-видимому, входила в состав стабилизированной Охотоморской платформы и испытала периоды активизации: при заложении Южно-Охотской котловины в конце олигоцена (?) — начале миоцена и позднее в связи с орогеническими движениями Хоккайдо-Сахалинской островной дуги. Структурная обособленность исследуемого региона на кайнозойском этапе обусловила независимое развитие его седиментационных систем от смежных частей Охотоморской плиты, где в указанный период формировался квази-платформенный [2] чехол. В то же время существование относительно глубоководного бассейна на месте Южно-Охотской котловины служило основным структурным фактором, контролировавшим распределение осадков на подводной окраине Юго-Восточного Сахалина. По данным исследований МОВ ОГТ, акустический фундамент региона расчленен на блоки: Восточно-Сахалинский, Поронайский, Западно-Сахалинский, Сусунайско-Анивский, Тонино-Анивский и Южно-Охотский. Строение осадочного чехла зависит от блоковой структуры фундамента и различается во внутренних и шовных зонах блоков. Во внутренних частях блоков для чехла характерны покровные формы, тогда как над швами его структура определяется типом динамического взаимодей-

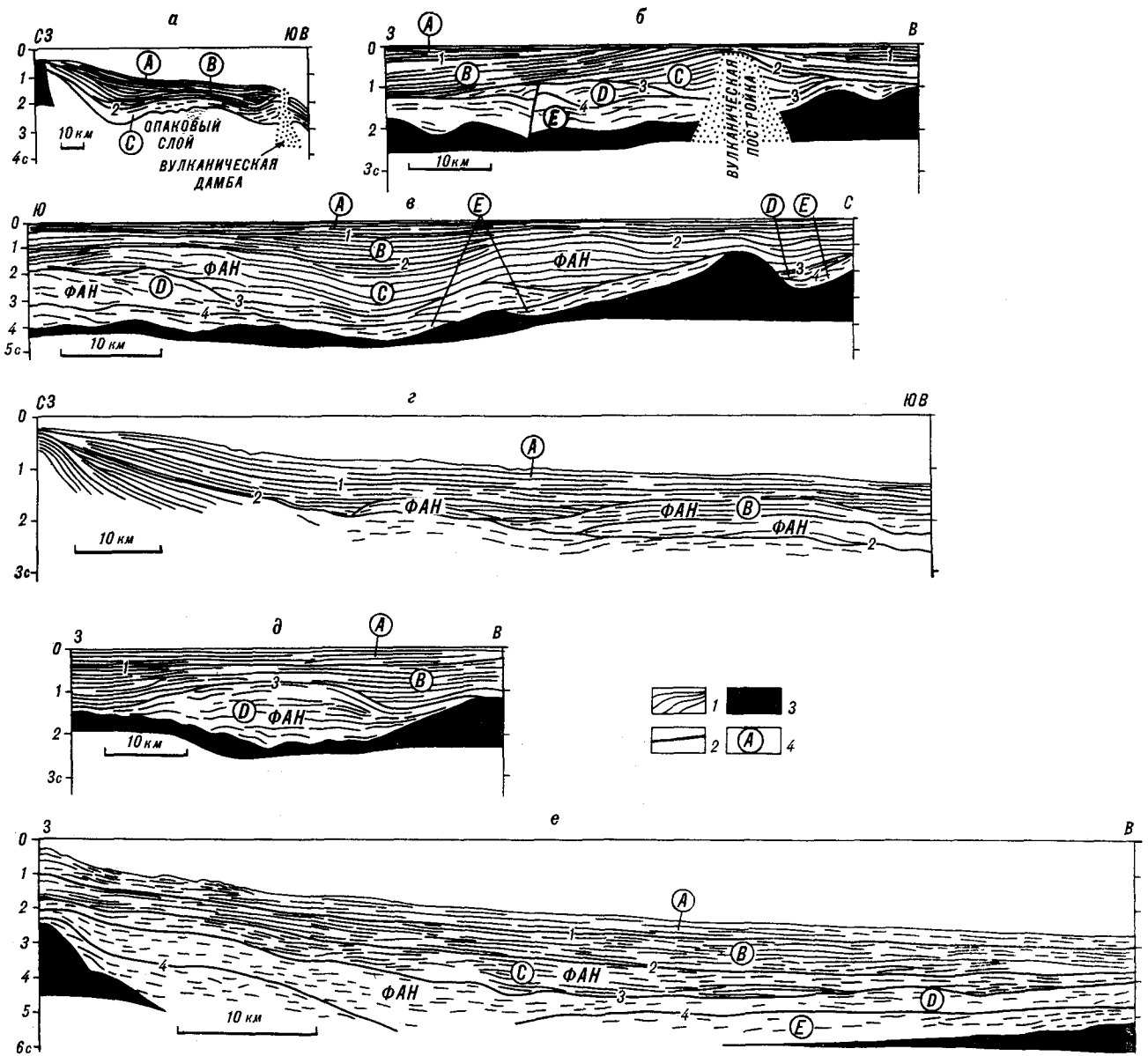


Рис. 2. Интерпретация временных разрезов.

Расположение см. на рис. 1 (а, г — МОВ НСП, НИС «Пегас» соответственно 1980 и 1973 гг.; б, в, д, е — МОВ ОГТ, НИС «Поиск», 1979 г.). 1 — отражения; 2 — региональные несогласия и их индексы; 3 — акустический фундамент; 4 — индексы смятенов.

ствия блоков. Так, граница между Восточно-Сахалинским и Поронайским блоками проходит по разломной зоне и сопровождается вулканическими постройками, а разобщение Поронайского и Сусунайско-Анивского блоков привело к открытию Стародубского трога.

Максимальные мощности осадочного чехла кайнозойских прогибов Макаровского, Владимирского, Стародубского, Китами-Анивского, Монбэцу-Восточно-Анивского и Китами-Ямато (рис. 3, 4) приурочены к шовным зонам блоков фундамента. Структурный анализ показывает (см. рис. 3), что асимметричная форма Монбэцу-Восточно-Анивского и Китами-Ямато

прогибов (с более крутыми восточными бортами) не позволяет рассматривать их как следствие растягивающих напряжений, чему лучше соответствовали бы ограниченные нормальными сбросами грабены. Кроме того, нормальному сбросообразованию должно было бы соответствовать исключительно оползание крупных коровых блоков вдоль внешней части Хоккайдо-Сахалинского шельфа. Напротив, мощные терригенные шлейфы, которые формировались, начиная с раннего миоцена, в Монбэцу-Восточно-Анивском, Китами-Анивском, Стародубском и Китами-Ямато прогибах, указывают на устойчивые положительные движения пита-

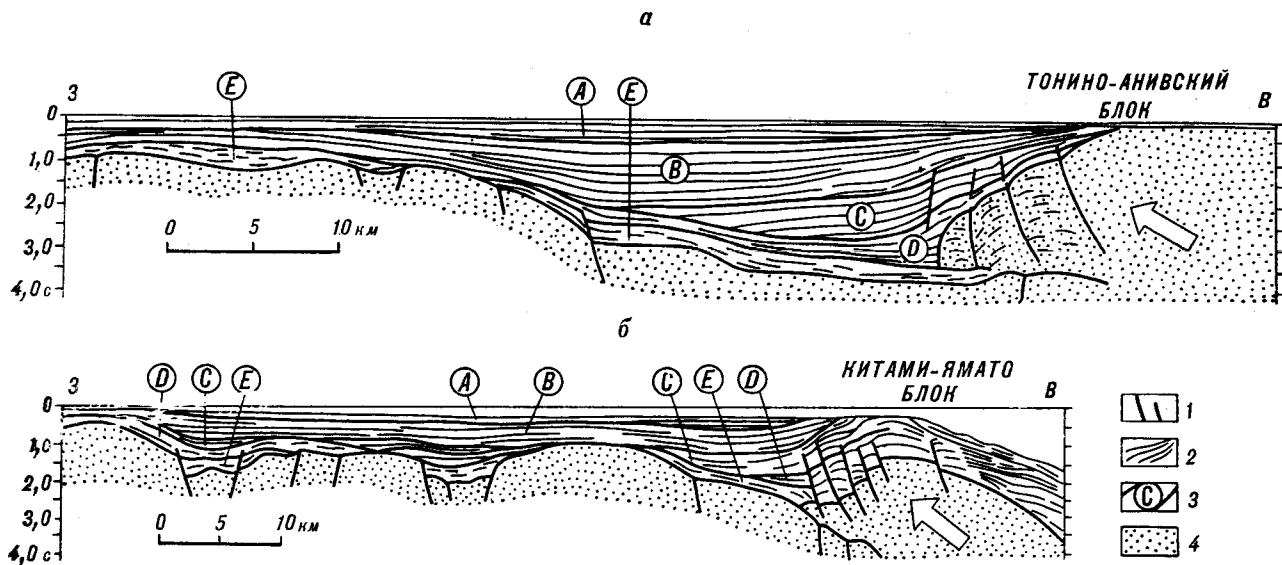


Рис. 3. Интерпретация временных разрезов.

Расположение см. на рис. 1. (Профиль 3б по данным [16], интерпретация авторов). 1 — разломы; 2 — отражения; 3 — индексы и границы систем (региональные несогласия); 4 — акустический фундамент. Стрелки указывают направление надвижения.

ших их Тонино-Анивского и Китами-Ямато блоков фундамента. При этом тангенциальная составляющая движения обоих блоков, ориентированная субортогонально простиранию Хоккайдо-Сахалинской островной дуги, была столь значительной, что привела к фрагментации их фронтальных частей системами опережающих разломов и к деформированности перекрывающего осадочного чехла (см. рис. 3). Фронтальные части надвигов были эродированы, по-видимому, в период их активности, предшествующей началу формирования осадочного чехла, поэтому наблюдаемые величины перекрытия блоков (порядка первых километров) составляют лишь часть горизонтальной амплитуды надвигов.

СЕЙМОСТРАТИГРАФИЯ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА

Вводные замечания. В качестве методологической основы исследования выбрана сейсмическая стратиграфия — система принципов и процедур, преобразующих сейсмическую информацию в стратиграфическую. Основными звеньями в процессе сеймостратиграфического анализа являются принципы изохронности отражений в ненарушенной слоистой структуре и соответствия слоистой структуры осадочной толще ее акустической модели, где отражения располагаются параллельно поверхностям напластований и несогласий [15].

Логическое обеспечение сеймостратиграфического анализа, указывающее последовательность интерпретационных процедур и способ их выполнения, является программой геологической интерпретации. Для составления общей

стратиграфической схемы региона использовалась следующая программа:

1) анализ несогласий — итерационный процесс, заключающийся в выделении из всех несогласий в осадочном чехле только тех, которые имеют региональное распространение. Эти границы обладают теми пространственно-временными свойствами, которые необходимы для прослеживания седиментационной истории в прошлое;

2) расчленение осадочного чехла на синтемы* — тела, представляющие основные этапы осадконакопления в развитии бассейнов. Построением стратиграфического каркаса из региональных несогласий и синтемов одновременно устанавливается региональная система отсчета времени. В настоящее время это, по-видимому, единственно удобная и физически обоснованная система для использования на акваториях, однако система закрытая, поскольку скоррелирована только внутри себя и позволяет определять лишь относительный возраст каждого синтема, исходя из гипсометрического положения его в структуре осадочного чехла региона, поэтому, чтобы сделать ее способной к возрастной корреляции на межрегиональном уровне, необходима следующая операция:

3) геохронологическая калибровка полученного предшествующей интерпретацией струк-

* Синтем — стратиграфическое подразделение, ограниченное в кровле и подошве региональными несогласиями [13]. В этой статье синтем принимается главным подразделением осадочного чехла, в отличие от интертема — более мелкого, ограниченного локальными несогласиями, подразделения.

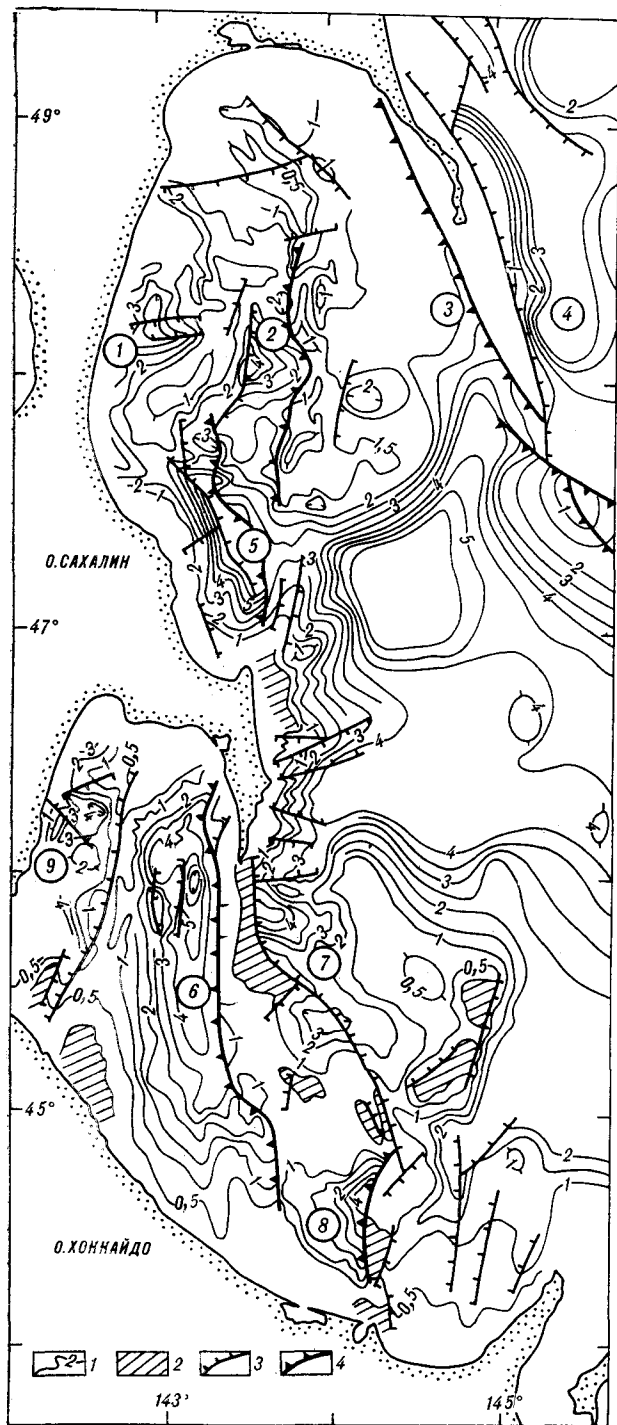


Рис. 4. Структурная схема осадочного чехла.

1 — изопашты в км; 2 — районы без осадочного чехла; 3 — сбросы; 4 — фронтальные части надвигов. Цифры в кружках обозначают осадочные бассейны: 1 — Макаровский; 2 — Центральный; 3 — Владимировский; 4 — Пограничный; 5 — Стародубский; 6 — Монбэцу-Восточно-Анивский; 7 — Китами-Анивский; 8 — Китами-Ямато; 9 — Западно-Анивский.

турно-стратиграфического каркаса. Эта операция осуществлялась посредством двух шагов: 1 — корреляции синтемов с палеонтологическими данными, с разрезами по скважинам и со

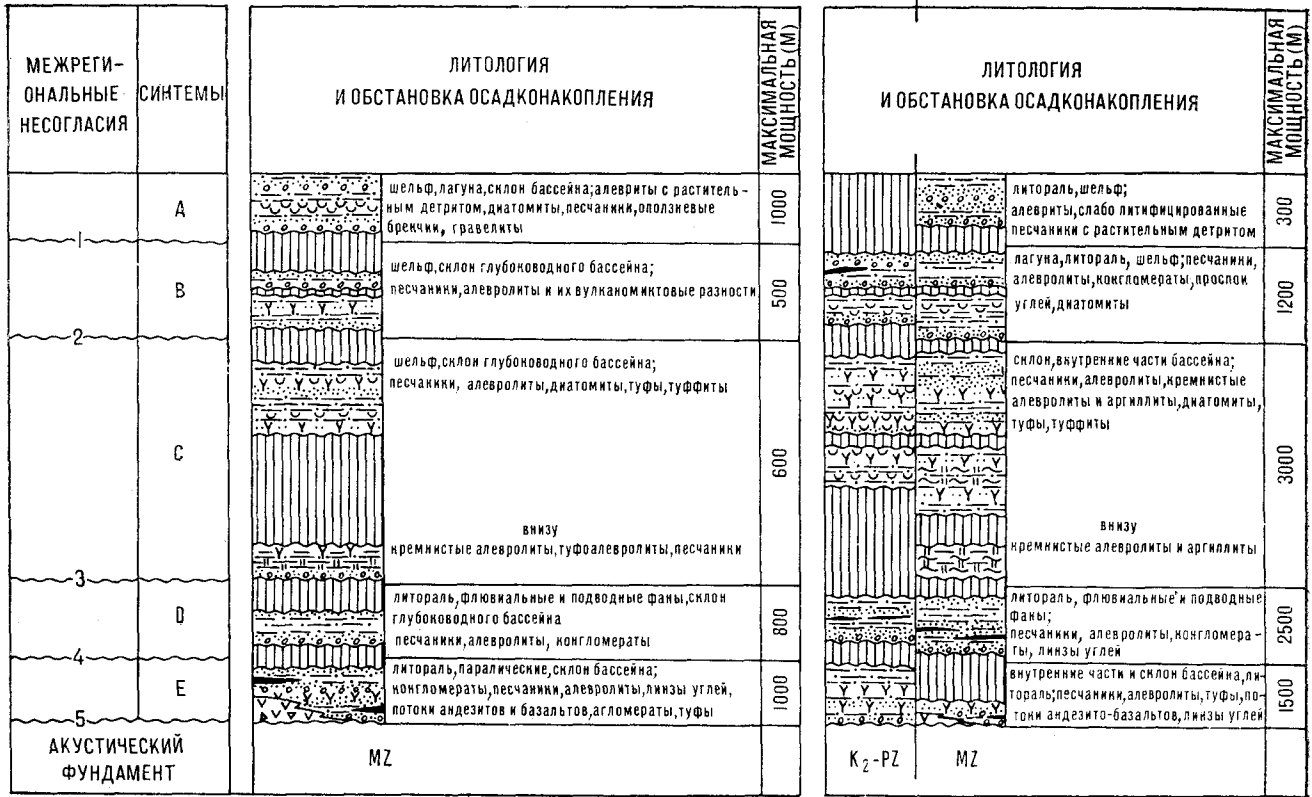
стратиграфическими подразделениями Сахалина и Хоккайдо и 2 — привязки региональных несогласий к шкале глобальных относительных колебаний уровня океана [15]. Локальные неоднородности структурного развития приводят к существенным возмущениям на региональных шкалах относительных колебаний уровня океана. Однако глобальные колебания уровня океана уникальны тем, что помогают связаться с единой системой отсчета времени несмотря на подобного рода перестройки;

4) реконструкция седиментационных систем каждого синтема на основе сейсмофациального анализа. Главное внимание при выполнении этой операции обращалось на взаимоотношения соседних сейсмофациальных единиц (в рамках синтемов) для установления латеральных парагенезов геологических фаций.

Несогласия. В осадочном чехле подводной окраины Юго-Восточного Сахалина выделены пять региональных несогласий (рис. 5), которые являются частями более широко распространенных несогласий, зафиксированных в осадочном чехле других районов сахалинского шельфа, Татарского пролива, Охотского и Японского морей [5, 12, 18]. Корреляция на межрегиональном уровне позволяет считать эвстазию первопричиной этих несогласий.

Несогласие 1 (сверху вниз) — слабое угловое несогласие, представленное на сейсмической записи одно-двухфазным отражением переменной амплитуды. Наиболее отчетливо проявляется в бортовых частях прогибов, где вдоль эрозионной поверхности несогласия 1 перекрывающая толща трансгрессивно налегает на подстилающую толщу (см. рис. 2). Во внутренних частях сахалино-хоккайдского шельфа структурообразующие движения на границе плиоцена и плейстоцена усилили проявление несогласия 1, однако существенной перестройки седиментационной системы не произошло, поскольку движения носили унаследованный характер. На островном склоне несогласие 1 маркирует усиление роли гравитационного фактора в осадконакоплении и развитие каньонов Левенорна и Абасири [4].

Несогласие 2 фиксируется во всех прогибах в области шельфа, исключая Владимировский прогиб, отражением, амплитуда которого изменяется от высокой до средней в направлении от бортов к депоцентрам прогибов по мере сокращения временного диапазона несогласия. Соотношение с вышележащими слоями: от параллельного в центральных частях прогибов до подошвенного налегания на их бортах (см. рис. 2, 3). Слоистость в подстилающей толще соотносится с поверхностью несогласия 2 по типу слабо выраженного кровельного прилегания. На островном склоне рассматриваемое несогласие прослеживается непрерывно, исклю-



чая зоны постседиментационных деформаций, и по отношению к подстилающим слоям имеет признаки эрозионного среза. Несогласие 2 является рубежом перестройки седиментационной системы палеошельфа Юго-Восточного Сахалина, обусловленной позднемiocеновой фазой тектогенеза. Вместе с воздыманием района современных Восточно-Сахалинских гор и инверсией курабийского бассейна [3] в это время произошло смещение зоны максимального осадконакопления в восточном направлении.

Несогласие 3 маркирует начало крупного этапа морского трансгрессивного осадконакопления, прерывавшегося кратковременными периодами эрсии или непакопления, следы которых остались в виде несогласий 2 и 1. На временных разрезах несогласие 3 отображается непрерывным двухфазным отражением переменной энергии с участками инверсии полярности. Местами, где поверхность указанного несогласия не формирует отражения, она распознается по дисконформному расположению окончаний отражений сверху и снизу от нее. Слоистость перекрывающей толщи контактирует с поверхностью несогласия 3 по типу подошвенного налегания и подошвенного прилегания вниз по падению (см. рис. 2). В децентрализованных зонах прогибов отмечается близкое конформному расположение поверхно-

сти несогласия 3 и подстилающей слоистости. Рассматриваемое несогласие является частью поверхности несогласия, трансхотоморское и трансэпноморское распространение которой уже отмечалось, и объяснялось или эвстазией [18], или региональной фазой тектогенеза [3]. Последняя, однако, лишь усилила проявление несогласия 3 на палеошельфе Сахалина, придав ему диахронный характер за счет увеличения перерыва в осадконакоплении.

Несогласие 4 трассируется с перерывами двух-трехфазным отражением высоко- или среднеамплитудным. Слоистость перекрывающей толщи соотносится с поверхностью несогласия 4 по схеме подошвенного прилегания вниз по падению, а по отношению к нижележащим слоям несогласие является эрозионным срезом.

Несогласие 5 разделяет осадочный чехол и акустический фундамент. В области шельфа указанное несогласие отображено на сейсмозаписи высоко-среднеамплитудным двух-трехфазным отражением, прерываемым только в осевой части Стародубского прогиба. В области островного склона несогласие 5 фиксируется средне-низкоамплитудными низкочастотными прерывистыми отражениями и часто сопровождается гиперболическими осями синфазности, связанными со ступенчатой морфологией аку-

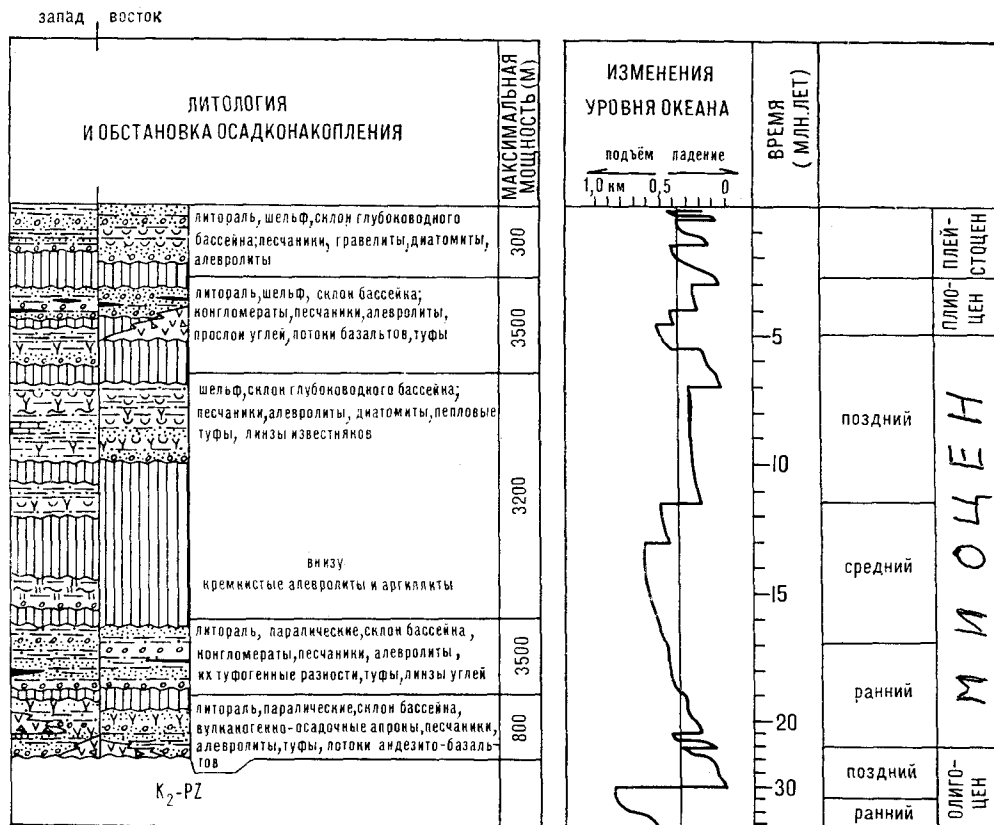


Рис. 5. Схема стратиграфии осадочного чехла шельфа Юго-Восточного Сахалина. Литология генерализована по данным драгирования и бурения. Шкала относительных колебаний уровня океана согласно [15].

стического фундамента. Развитие несогласия 5 связано, очевидно, с этапом фундаментальной структурной перестройки Охотоморской плиты, предшествовавшим началу формирования осадочного чехла. Временной диапазон перерыва охватывает, вероятно, большую часть палеогена. Последнее, однако, не означает, что в течение всего этого времени подводная окраина Юго-Восточного Сахалина была областью размыва. Скорее периоды низкоскоростного осадконакопления или ненакопления чередовались здесь с периодами эрозии, максимум которой приходится на середину олигоцена, когда эвстатическое падение уровня океана достигло порядка 800 м [15].

Системы. Пятью региональными несогласиями осадочный чехол подводной окраины Юго-Восточного Сахалина расчленен на пять систем (сверху вниз): А, В, С, D и Е. Результаты хростратиграфической корреляции систем и несогласий представлены на рис. 5.

Система А представляет плейстоценовый цикл трансгрессивного осадконакопления. В пределах подводной окраины Юго-Восточного Сахалина мощность системы А не превышает нескольких сотен метров, а на шельфе Северо-Восточного Хоккайдо достигает около 1 км.

Система В позднемиоценового — плиоценового возраста состоит из одного-двух трансгрессив-

рядка 2,7 км, а на остальной части шельфа не достигает 1 км. На островном склоне за это же время накопилась осадочная призма мощностью более 1 км.

Система С средне-позднемиоценового возраста формировался в условиях эвстатического подъема уровня океана. В Восточно-Анивском и Стародубском прогибах подъем уровня океана не привел к сокращению поставок обломочного материала, поскольку сопровождался крупноамплитудным подъемом Сусунайско-Анивского и Тонино-Анивского коровых блоков. Это одновременно способствовало сохранению обстановки полуизолированных бассейнов в обоих прогибах. На акватории залива Терпения систем С развит главным образом в его западной части, где располагалась восточная периферийная часть курасийского бассейна. Здесь, как и на островном склоне Юго-Восточного Сахалина, мощность системы С не превышает 1,5—1,7 км. Несмотря на отсутствие системы С, на большей части акватории залива Терпения эрозионные процессы, по-видимому, не были интенсивными, поскольку сохраняется конформность разделенных перерывом систем D и В. Такие условия могли существовать на шельфовой равнине при сбалансированном поступлении и сносе осадочного материала.

по-регрессивных циклов с более развитыми трансгрессивными подциклами. Формированию синтема В на подводной окраине Юго-Восточного Сахалина отвечает период максимального распространения морского терригенного осадконакопления на кайнозойском этапе истории. Максимальная мощность синтема В около 3,5 км установлена в Стародубском прогибе, в Восточно-Анивском прогибе она составляет по-

Синтем D ранне-среднемиоценового возраста соответствует периоду активизации дифференцированных блоковых подвижек, инверсии рельефа и широкомасштабного осадконакопления в системе интрадуговых бассейнов, заложенных фазой тектогенеза в конце палеогена — начале миоцена. Высокий темп поступления терригенного материала, несмотря на подъем уровня океана, поддерживался в течение формирования синтема D благодаря общему орогеническому подъему Хоккайдо-Сахалинской палеодуги. Обращает внимание конформное соотношение синтемов D и B в центральной части залива Терпения, хотя диапазон разделяющего их перерыва здесь максимален (из разреза выпадает синтем C). В то же время в западной части залива при наименьшем диапазоне перерыва синтем C с резким структурным несогласием и эрозионным срезом перекрывает синтем D, здесь же отмечается складчатая деформированность синтема D.

Синтем E позднеолигоценового (?) — раннемиоценового возраста расположен в основании осадочного чехла и представляет собой начальный этап кайнозойского осадконакопления в пределах подводной окраины Юго-Восточного Сахалина. Предшествовавший период эрозии охватил большую часть палеогена, между тем этому времени соответствовало стояние уровня океана на 200—500 м выше современного [15]. С учетом последнего поверхность акустического фундамента перед началом базальной седиментации синтема E располагалась гипсометрически выше современного положения, как минимум, на 2,5 км. Таким образом, на месте подводной окраины Юго-Восточного Сахалина в предпозднеолигоценовое время существовал крупный ороген, с западной стороны которого терригенный материал выносился в Исикари-Западно-Сахалинский трог. Начало формирования синтема E сопровождалось фрагментацией земной коры орогенной системы Охотоморской плиты [2] и раскрытием Южно-Охотской котловины — событием, во многом определившим дальнейший ход седиментационной истории подводной окраины Юго-Восточного Сахалина. Базальный характер синтема E запечатлен в прерывистом распространении по площади при мощности, не превышающей ~1 км, исключая северную часть залива Анива, где мощность синтема E достигает 1,5 км за счет верхней части, сложенной однородными морскими осадками негвельской (?) свиты.

Позднеолигоценовый (?) — раннемиоценовый этап для подводной окраины Юго-Восточного Сахалина был временем заложения ряда субширотных трогов, в которых накапливались разнообразные мелководные и субконтинентальные (включая и угленосные, по данным драгирования) отложения синтема E. Осадконакопление этого типа было резко диахронным, поскольку начиналось в различных местах по мере развития морской трансгрессии вследствие эвстатического подъема уровня океана и дифференцированного погружения блоков фундамента. Фаза синседиментационного вулканизма была, по-видимому, самой мощной в кайнозойской истории рассматриваемого региона. Следы крупных вулканических построек, частично эродированных и перекрытых миоцен-плейстоценовыми толщами, прослеживаются в заливе Терпения и вдоль северной и западной периферии Южно-Охотской котловины. Расшифровка седиментационной истории последней в рамках синтема E неоднозначна. Если исходить из сравнения с центральной и северной частями котловины, где сейсмические данные более представительны, то синтем E не имеет характерной для заполнения глубоководных бассейнов фациальной дифференцированности на зоны склона и внутренних частей бассейна. С другой стороны, для объяснения равномерного распределения осадочного материала по всей площади глубоководного бассейна необходимо привлекать механизм турбидитных потоков, который привел бы к стратифицированности синтема E, чего не наблюдается. Поэтому не исключено, что начало кайнозойского осадконакопления в Южно-Охотской котловине следует связывать с обстановкой полуизолированного мелководного бассейна лагунного типа.

Нижне-среднемиоценовый этап осадконакопления объединяет паралические, литоральные и неритовые фации, постепенно переходящие в склоновые фации батинальной области (рис. 6). Распределение фаций определялось орогеническим поднятием Юго-Восточного Сахалина и совпало с эвстатическим подъемом уровня океана. В интрадуговых полуизолированных трогах основная масса поступавшего терригенного материала концентрировалась в фанам* (см. рис. 2, д). Формирование проксимальных частей фанов происходило в обстановке переходной от флювиальной к шельфовой, тогда как их центральные части могли накопиться только ниже нормального базиса волновой эрозии, поскольку это условие обес-

* Фан — конус выноса [10].

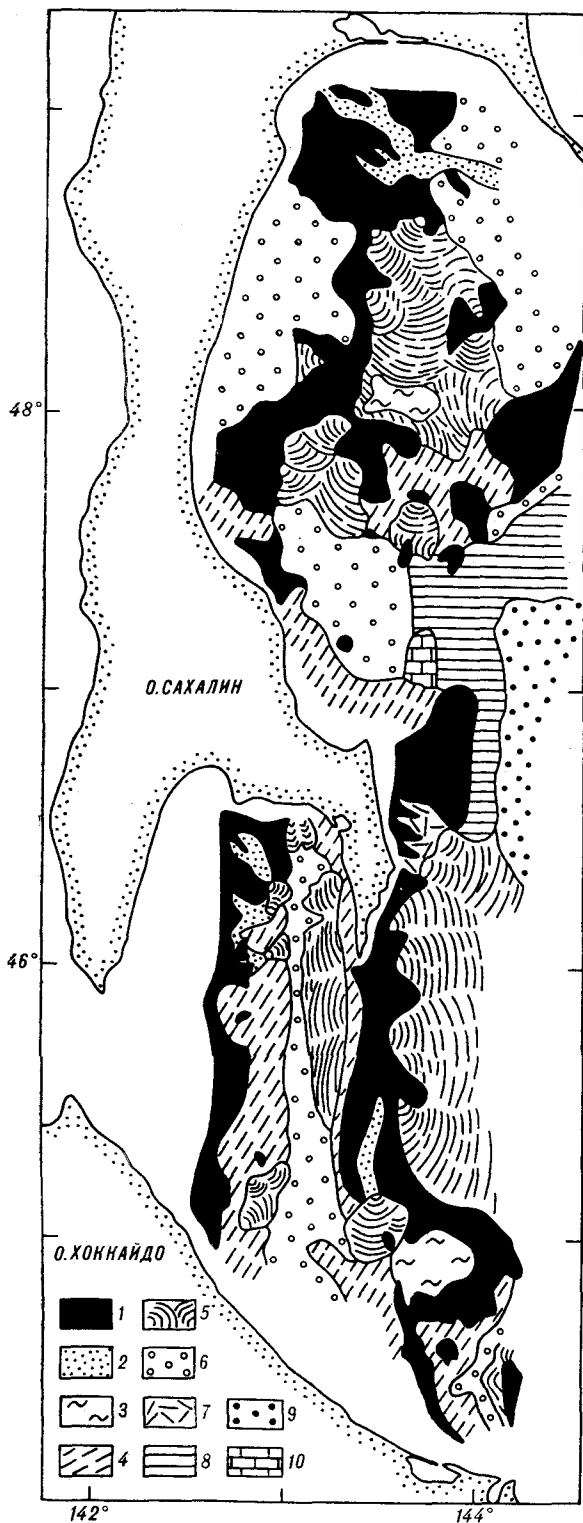


Рис. 6. Седиментационная модель присахалинского обрамления Южно-Охотской котловины на рубеже нижнего и среднего миоцена (систем D), по данным сейсмофациального анализа.

1 — области ненакопления и размыва; фации: 2 — русловая, 3 — лагунная, 4 — прибрежной равнины с делювиально-аллювиальными шлейфами, 5 — подводных конусов выноса, 6 — мелководно-морские, 7 — подводных каньонов, 8 — склона глубоководного бассейна, 9 — подножия склона глубоководного бассейна, включая глубоководные конусы выноса; 10 — песчано-карбонатная банка бровки шельфа.

печивало их высокоскоростную вертикальную аккрецию. Внутренняя структура фанов характеризуется хаотичными отражениями с резкой дисперсией амплитуд, сменной частотой и инверсией полярности фаз, указывающими на интенсивную литологическую неоднородность. Дистальные части фанов успевали частично перерабатываться, приобретая при этом субгоризонтальную слоистость. Второй ярус фанов, связанный с усилением турбидитной деятельности, приурочен к палеосклону Юго-Восточного Сахалина. Более поздняя эрозия сivelировала положительный палеорельеф, существовавший на месте внешнего шельфа. Однако сохранились межгорные депрессии, по которым транспортировалась основная масса кластического материала на палеосклоне. По развитой сети каналов [4] терригенный материал выносился турбидитными потоками к подножию склона, где формировался третий ярус фанов (см. рис. 2, е).

Средне-позднемиоценовый этап осадконакопления представлен моделью из нескольких характерных сейсмофаций. Наибольшее значение в это время имело унаследованное с раннего миоцена морское осадконакопление в полузамкнутых трогах — Стародубском, Монбэцу-Восточно-Анивском и Китами-Ямато. В последних двух терригенный материал аккумуляровался в мощных фанов, выполняя подножие склонов (см. рис. 2, в, 3, а) и не успевая перераспределиться в течениях в фациях внутренних частей бассейна. Напротив, поток терригенного материала, поступавшего с суши, разносился по Стародубскому трог и проникал в смежный район Южно-Охотской котловины. Палеотектонический положительный рельеф и субэаральные условия на внешнем шельфе между широтой мыса Анива и банкой Китами-Ямато способствовали накоплению на островном склоне осадочной призмы, состоящей из нескольких крупных фанов (см. рис. 2, г, е). Фации склона глубоководного бассейна на широте Тонино-Анивского полуострова характеризуются протяженными, низко- и среднеамплитудными, переменными по частоте отражениями, которые падают в сторону Южно-Охотской котловины под углом 5° и более и выклиниваются в подошве синтёма С.

Позднемиоценовый — плейстоценовый этап. Седиментационные модели синтетомов А и В представлены однотипными рядами сейсмофаций, указывающими на существование в пределах подводной окраины Юго-Восточного Сахалина режима открытого морского бассейна, начиная с конца позднего миоцена и до плейстоцена. Наиболее распространена сейсмофация, состоящая из протяженных, хорошо выдержанных по амплитуде и частоте отражений, субгоризонтально ориентированных (см.

рис. 2, 3). Такое строение толщи вместе с ее литологическим составом (см. рис. 5) является индикатором шельфовых условий осадконакопления. Об условиях аваншельфа и склона свидетельствует сейсмofация, обрамляющая Южно-Охотскую котловину в присахалинской части и представленная чередованием протяженных отражений, переменных по амплитуде и частоте, среди которых отмечаются горизонты куполовидных и косослоистых отражений. Широкомасштабные гравитационные процессы на склоне Южно-Охотской котловины обусловили косослоисто-хаотичную запись с признаками погребенных каналов [4]. В то же время зафиксированы отдельные участки проградации склона, сложенные косослоисто-сигмоидными фациями [8]. Вулканогенно-осадочные клиноформы в составе синтема В выделяются в районе подводного продолжения п-ова Терпения и в южной части залива Терпения (см. рис. 2, б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании сейсмостратиграфического анализа осадочный чехол подводной окраины Юго-Восточного Сахалина расчленен на пять синтемов, представляющих основные этапы осадконакопления. Корреляция региональных несогласий со шкалой глобальных относительных колебаний уровня океана и с глубоководными перерывами, данные диатомовой стратиграфии и бурения, а также сопоставление с хорошо изученными береговыми разрезами позволили датировать синтемы соответственно плейстоценом, поздним миоценом — плиоценом, средним — поздним миоценом, ранним — средним миоценом и поздним олигоценом (?) — ранним миоценом.

2. Заложение Южно-Охотской котловины не позднее позднего олигоцена (?) — раннего миоцена явилось основным событием, предопределившим преемственность в развитии седиментационных систем подводной окраины Юго-Восточного Сахалина. Позднеолигоценовое (?) — раннемиоценовое осадконакопление контролировалось системой интрадуговых трогов с мелководно-морскими и паралическими условиями и интенсивным вулканизмом. В конце раннемиоценового — начале среднемиоценового времени седиментация в пределах подводной окраины Юго-Восточного Сахалина характеризовалась чрезвычайной дифференцированностью условий (см. рис. 6). Увеличение темпа тектонического подъема палеодуги в это время привело к резкому усилению турбидитной активности и высокоскоростной аккумуляции мощного фанового комплекса, состоящего из трех ярусов — в интрадуговых трогах, на

склоне и на подножии склона палеодуги. Во второй половине среднего миоцена наступила полная компенсация разрозненных палеошельфовых бассейнов на фоне их общего углубления в результате эвстатического подъема уровня океана. Начиная с позднего миоцена, в области шельфа Юго-Восточного Сахалина установился режим открытого мелководного морского бассейна, прерывавшийся кратковременными периодами эрозии или накопления. Одновременно снизились темпы аккреции склоновых шлейфов в связи с уменьшением объема терригенной составляющей, однако продуктивность седиментационной системы склона, как и шельфа, частично была восполнена биогенной и вулканогенной составляющими.

3. Трансгрессивный или регрессивный характер осадконакопления находился в интегральной зависимости от двух главных факторов — орогенической активности Хоккайдо-Сахалинской палеоостровной дуги и эвстазии, но не сводился к простой связи: относительный подъем (падение) уровня океана — трансгрессивное (регрессивное) осадконакопление. Например, пик орогенической активности в конце раннего — начале среднего миоцена, вызвавший «лавиное» фановое осадконакопление, сопровождался регрессивным распределением фаций на шельфе палеодуги, хотя совпал по времени с относительным подъемом уровня океана. И только благодаря последнему была возможна вертикальная аккреция осадочного чехла. В позднем миоцене — плиоцене снижение темпа поступления кластического материала на фоне относительного подъема уровня океана привело в целом к «нормальному» трансгрессивному типу осадконакопления на подводной окраине Юго-Восточного Сахалина. Одновременно в интрадуговых бассейнах формировалась маруямская свита, имеющая регрессивный характер.

4. В области островного склона Юго-Восточного Сахалина идет переработка осадочного чехла и фундамента посредством механизма блоковых движений. Начиная, по меньшей мере, с позднего олигоцена (?) — раннего миоцена, активная тектоническая составляющая формирует взбросонадвиговую структуру Юго-Восточного Сахалина, тогда как возникающий при этом гравитационный потенциал реализуется через крупномасштабное оползание блоков и литодинамические высокоэнергетичные процессы на островном склоне. В связи с этим важно отметить, что, несмотря на высокую продуктивность, кайнозойская седиментационная система подводной окраины Юго-Восточного Сахалина в отличие от таковой Северо-Восточного Сахалина в целом не является проградационной. В ее эволюции главным процессом является поглощение краевой присахалин-

ской части глубоководного Южно-Охотского бассейна за счет процессов переотложения осадков. Конструктивную роль при этом играл вулканизм, который, с одной стороны, наращивал дамбы, препятствовавшие дисперсии

осадочного материала, а с другой — участвовал в компенсации седиментационных ловушек.

Авторы благодарны Г. С. Гнибиденко за критическое ознакомление с рукописью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Б. И., Тузов И. К. и др. Геологическое строение присахалинской части Южно-Охотской котловины.— Сов. геол., 1975, № 10.
2. Гнибиденко Г. С., Хведчук И. И. Основные черты тектоники Охотского моря.— В кн.: Геологическое строение Охотоморского региона. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982.
3. Журавлев А. В., Протас Я. Н. Распределение мощностей и особенности тектонического строения кайнозойского осадочного комплекса Охотоморского региона.— В кн.: Рельеф и структура осадочного чехла акваториальной части Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981.
4. Куделькин В. В. Подводный каньон Левенорна и его палеоаналоги на охотоморском склоне Тонино-Анивского полуострова.— Тихоокеанская геол., 1983, № 4.
5. Куделькин В. В. Сейсмостратиграфия осадочного чехла акватории вблизи Южного Сахалина.— Тихий океан. Геология, геоморфология, магматизм (тезисы докладов). 1-я Тихоокеанская школа по морской геологии и геофизике. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983.
6. Куделькин В. В., Подзорова Д. И. и др. Неогеновые отложения банки Китами-Ямато и пролива Лаперуза.— Геол. и геофиз., 1980, № 3.
7. Сергеев К. Ф., Аргентов В. В., Биккенина С. К. Сейсмическая модель земной коры южной части Охотоморского региона и некоторые результаты ее геологической интерпретации.— Тихоокеанская геол., 1983, № 6.
8. Снеговской С. С. Исследования МОВ и тектоника южной части Охотского моря и прилегающей окраины Тихого океана.— Новосибирск: Наука, 1974.
9. Снеговской С. С. О структуре и происхождении Курильской котловины Охотского моря.— В кн.: Рельеф и структура осадочного чехла акваториальной части Дальнего Востока СССР. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981.
10. Толковый словарь английских геологических терминов. Т. 1.— М.: Мир, 1977.
11. Тузов И. К., Снеговской С. С., Гусев С. А. Региональные сейсмические исследования НСП-ЦЛ на шельфе Юго-Восточного Сахалина.— В кн.: Геологическая интерпретация сейсмических наблюдений в дальневосточном регионе. Южно-Сахалинск: ДВНЦ АН СССР, 1978.
12. Чои Д. Р., Накаяма Т. и др. Геологическое строение дна северо-восточной части Японского моря.— Тихоокеанская геол., 1982, № 5.
13. Chang K. H. Unconformity — bounded stratigraphic units.— Geol. Soc. Amer. Bull., 1975, v. 86.
14. Geological map of the Japan and Okhotsk seas around Hokkaido. 1:1 000 000.— Geological Survey of Japan, 1979.
15. Vail P. R., Mitchum R. M. et al. Seismic stratigraphy and global changes of sea level.— In: Seismic Stratigraphy — Applications to Hydrocarbon Exploration. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 26, 1977.
16. Yamamoto H. The geologic structure and sedimentary basin off northern part of the Hokkaido island.— J. Japan. Assoc. Petrol. Technol., 1979, v. 44.
17. Yamamoto H. Geological framework and sedimentary process in southwestern margin of the Okhotsk Sea.— J. Geol. Soc. Japan., 1983, v. 89.
18. Yoshihisa O. Перерывы осадконакопления в районе трога Южного моря.— Кайё кагаку, 1981, № 3.

ИМГиГ ДВНЦ АН СССР

Новоалександровск

Трест Дальморнефтегазгеофизразведка, ПГО

Сахалингеология

Южно-Сахалинск

Поступила в редакцию
19 марта 1985 г.

ДИСКУССИЯ

Статья представляет собой весьма ценное обобщение сейсмических материалов, полученных в последние годы в юго-восточной акватории Сахалина. Авторы стоят у истоков развития сейсмостратиграфического метода на Дальнем Востоке, являются пионерами в этом виде исследований, что накладывает на них определенную ответственность, поэтому хотелось бы видеть в их работах большую методологическую строгость, поскольку они касаются новой, еще недостаточно определенной науки.

Авторам прежде всего следовало дать общую иерархическую систему тел, границ или сослаться на какую-либо из существующих, тогда был бы ясен ранг локального, регионального, межрегионального несогласия. В статье сделана попытка установить соподчиненность сейсмостратиграфических тел, но ее нельзя признать

удачной в том смысле, что авторы на этапе становления новой науки вносят уже терминологический хаос. Посмотрим, что произошло с термином и понятием «синтем». К. Чанг (1975 г.) предложил называть так на суше ограниченное несогласиями тело (включая интрузии), которое по своей мощности и стратиграфическому диапазону сравнимо с одной или более глобальными системами. Границы его более или менее разновозрастны. У авторов же статьи объем синтема не выходит за пределы подотдела, границы его, по утверждению авторов, синхронны.

Полностью пропущена процедура идентификации сейсмической записи с теми или иными сейсмостратиграфическими подразделениями и с обстановками седиментации соответственно. Поэтому эта часть раздела «Сейсмостратиграфия осадочного чехла» выглядит де-

кларативно. Более удачно представлены несогласия, для них дана довольно детальная сейсмическая характеристика, однако не приведены признаки, по которым разбраковывались несогласия. Почему выделено только пять региональных несогласий? Судя по рис. 5, четко выделяется семь несогласий. Совсем не описаны несогласия внутри синтемов В и С (рис. 5), которые соответствуют предпозднеплиоценовому и предпозднемиоценовому времени и относятся П. Вейлом к разряду глобальных. Такие вопросы следует обсуждать сразу по мере их появления. Возможны два варианта: Или шкала П. Вейла не годится для рассматриваемого региона, что вполне допустимо. Известно, что шкала разрабатывалась преимущественно на материалах по Северной Америке, но даже в этом регионе (например, в Нью-Джерси) при детальном разбурировании (по данным J. Thorn и A. B. Watts, 1984) из девяти предсказанных Вейлом несогласий не подтвердились и половины. Или региональные несогласия, обусловленные

местными тектоническими движениями, выглядят, как обычно, ярко и впечатляюще, но далеко не прослеживаются, а несогласия, вызванные эвстатическими колебаниями, выражены слабее, но прослеживаются шире.

Мало внимания авторы уделяют и расшнфровке разломов в чехле. То, что они рассекают даже четвертичный чехол, хорошо видно на сейсмических разрезах японских геологов по прилегающим частям шельфа.

Прослеживается некоторая увлеченность авторов интерпретационной процедурой без достаточного структурного анализа.

При общей высокой оценке работы акцент на имеющих принципиально важных недочетах представляется необходимым для ускорения дальнейшего прогресса этого важного, интересного и перспективного направления.