

ДВУМЕРНАЯ ТИПИЗАЦИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ ОХОТСКОГО МОРЯ

Ф.С. Ульмасвай, С.А. Добрынина
ИПНГ РАН, e-mail: ulmasvai@ipng.ru

Акватория Охотского моря лишь сравнительно недавно стала ареной нефтегазопроисковых работ. До начала прошлого века ее нефтегазогеологическое изучение ограничивалось восточным побережьем Сахалина. В последней трети XX века были составлены многочисленные схемы и карты нефтегазогеологического районирования территории. При этом выявились две тенденции: явное и неявное отождествление площади Охотского моря с Охотским (Охотоморским) осадочным бассейном, равным по площади нефтегазоносному (перспективному) осадочному бассейну. Несмотря на видимую формальность – казуистичность, – оно имеет содержательный смысл, т.к. очевидно отражает тектоническое, палеогеографическое, геодинамическое, палеогеодинамическое своеобразие территории. Территориальное совпадение или несовпадение положения и размеров осадочного бассейна и Охотского моря диктуют разные методы, подходы к исследованию осадочного чехла в разных участках осадочного бассейна, к выбору информативных признаков нефтегазоносных территорий. Учитывая указанную особенность изучаемого региона, много внимания уделялось обоснованию геологических границ Охотского моря, отделению его от прилегающих территорий с иным тектоническим сценарием развития.

Первоначально представления о геологическом строении морского дна базировались исключительно на результатах замеров глубин моря (рис. 1).

Было установлено, что примерно в средней части бассейна существует поднятие дна, от которого во все стороны происходит увеличение глубин. На этом основании была создана модель структуры морского дна, сформировавшегося в результате всестороннего сжатия геологических структур дна Охотоморского бассейна. Проведившиеся позднее геологические и геофизические работы в целом не опровергли эту модель, но показали значительно большую сложность структуры дна бассейна.

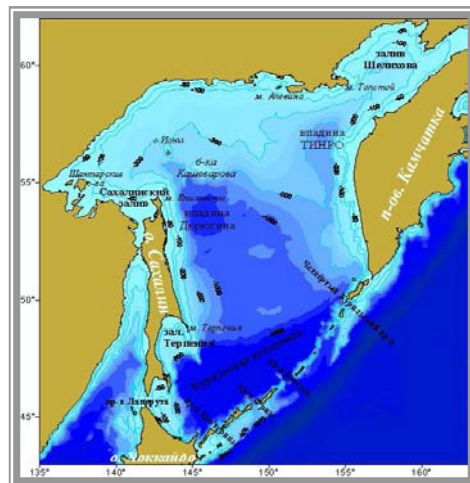


Рис. 1. Батиметрическая карта Охотского моря
(по данным сайта <http://rus.ferhri.ru/okhotsk/morfometr.htm>)

Охотское море расположено в области перехода Евразийского континента к Тихому океану и граничит с четырьмя литосферными плитами [1]. Ни одна из структур, развитых на окружающей море суше, не распространяется в пределы Охотского моря, что указывает на индивидуальность структуры Охотоморского бассейна.

Относительно границ структур дна Охотского моря единого мнения не существует. Одни исследователи при определении границ придают существенное значение распределению сейсмичности, другие авторы опираются на модели возникновения и развития структур фундамента и осадочного чехла отдельных регионов бассейна. Принятые в настоящем исследовании границы тектонических структур аппроксимируют тектонические модели Злобина, Богданова, Варнавского и др. [2–5]. Ограничениями характерных геологических структур фундамента осадочного бассейна Охотского моря служат тектонические швы. На востоке и западе это – правосторонние сдвиги, к северу располагается коллизийная зона, с юга происходит субдукция окраинных частей фундамента осадочного бассейна Охотского моря. Находясь под постоянным давлением с юга, ложе и осадочная толща бассейна испытывают сжатие, что привело к подъему его центральной части.

Н.И. Филатова и А.Г. Родников [6] включают в западную тектоническую границу осадочного бассейна Западный Сахалин и Татарский пролив, характеризуя их как территории с субкраинноморской и утоненной континентальной корой. Н.А. Богданов и Н.Л. Добрецов [7] сопоставляют западную границу бассейна со сложно построенной Лисянской коллизийной зоной с трансформным правосторонним смещением, которая в

северной части отделяет шельфовую зону Шантарского залива. Разломы, прослеживающиеся с континента, приближаясь к этой зоне, меняют простирание с северо-восточного на субмеридиональное и не пересекают границу зоны. Южнее пояс сменяется Восточно-Сахалинской шовной зоной, прослеживающейся уже вдоль Северного Сахалина до залива Терпения. Область распространения очагов землетрясений, расположенная севернее Сахалина, с которой можно связывать границу между Охотской и Амурской тектоническими зонами, круто меняет направление с субмеридионального на субширотное [2].

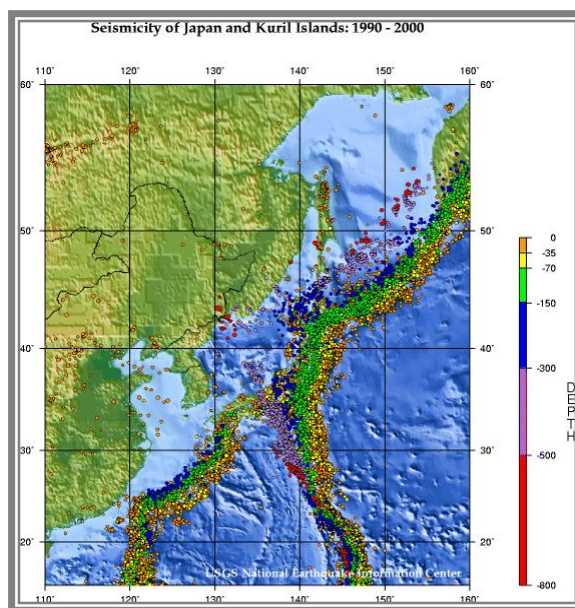


Рис. 2. Сейсмичность Японских и Курильских островов и прилегающих районов в 1990–2000 гг. (по данным сайта http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Japan_seism_usgs.png)

На карте эпицентров землетрясений (рис. 2) хорошо видна зона высокой сейсмичности, простирающаяся вдоль Курило-Камчатской островной системы. Наибольшее количество землетрясений здесь имеют глубины очагов от 0 до 50 км. Значительно меньше землетрясений под южной частью Охотского моря. Хорошо выделяется и видна зона сейсмичности у западной границы плиты, проходящая по Сахалину и продолжающаяся под о-вом Хоккайдо. Существенно более низкая сейсмичность характерна для северной части региона, связанного с Охотско-Чукотским вулканическим поясом.

По распределению параметров геофизических полей – теплового потока, напряженности магнитного поля и силы тяжести – видно продолжение на север западной границы тектонической структуры, закартированной на Северном Сахалине, в меридиональном направлении. Перечисленные признаки на данном отрезке обнаруженной границы изменяют свои значения: резко меняется тепловой поток, резко понижается граница Мохо, резко пропадают сейсмические отражения (рис. 3–5), что, видимо, свидетельствует о мелкой раздробленности пород.

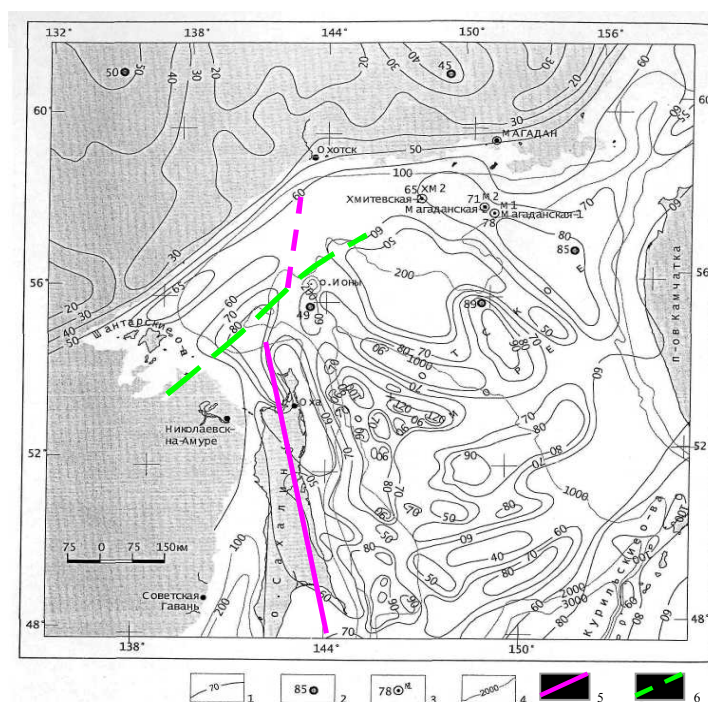


Рис. 3. Схематическая карта распределения теплового потока [4]

1 – изолинии теплового потока, $\text{мВт}/\text{м}^2$; 2 – пункт геотермического измерения с указанием величины теплового потока, $\text{мВт}/\text{м}^2$; 3 – глубокая скважина с указанием величины теплового потока, $\text{мВт}/\text{м}^2$; 4 – изобата, м; 5 – продолжение к северу от Сахалина границы Охотоморской и Амурской тектонических зон; 6 – примерное положение южной границы зоны аккреции, вызванное поддвижением Охотоморской тектонической структуры под Евразийскую

Н.А. Богданов и Н.Л. Добрецов [7] показывают на продолжении межструктурной границы на Северном Сахалине коллизионную зону. В северной прибрежной части Охотского моря продолжения этой границы не видно, она срезается южной окраиной Евразийского континента,двигающегося в широтном направлении.

Наиболее ярко и четко выражена восточная граница Охотского бассейна. К востоку от бассейна располагается Камчатка – продукт субдупцирования Тихоокеанских структур

под Охотоморские. На этом основании ряд ученых отодвигает границу Охотоморских и Тихоокеанских структур далеко к востоку от берегов Камчатки [6].

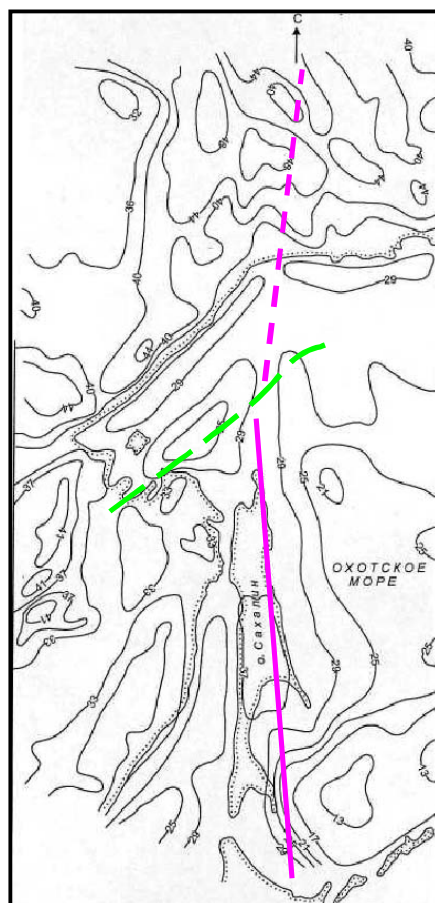


Рис. 4. Схема глубин (в км) залегания поверхности Мохо в Охотоморском регионе [4]

Более сложно представляют соотношение Охотоморских, Евразийских и Тихоокеанских структур Н.А. Богданов и Н.Л. Добрецов [7], полагающие, что Охотоморские структуры являются частями Евразийского континента и отделяются от структур Камчатки Прикамчатским прогибом. Сама же Камчатка является частью Евразийской структуры, которая граничит с Тихоокеанскими в акватории Тихого океана к востоку от восточного побережья полуострова.

Восточной границей Охотского бассейна на Камчатке служит Омгонский сдвиг. С юга прогиб ограничен Большерецким поднятием. На севере крупные трансформные разломы отделяют Прикамчатский прогиб от Пьягинского грабена и впадины Тинро, а на западе — крупный коллизийный шов — от Охотоморской структуры.

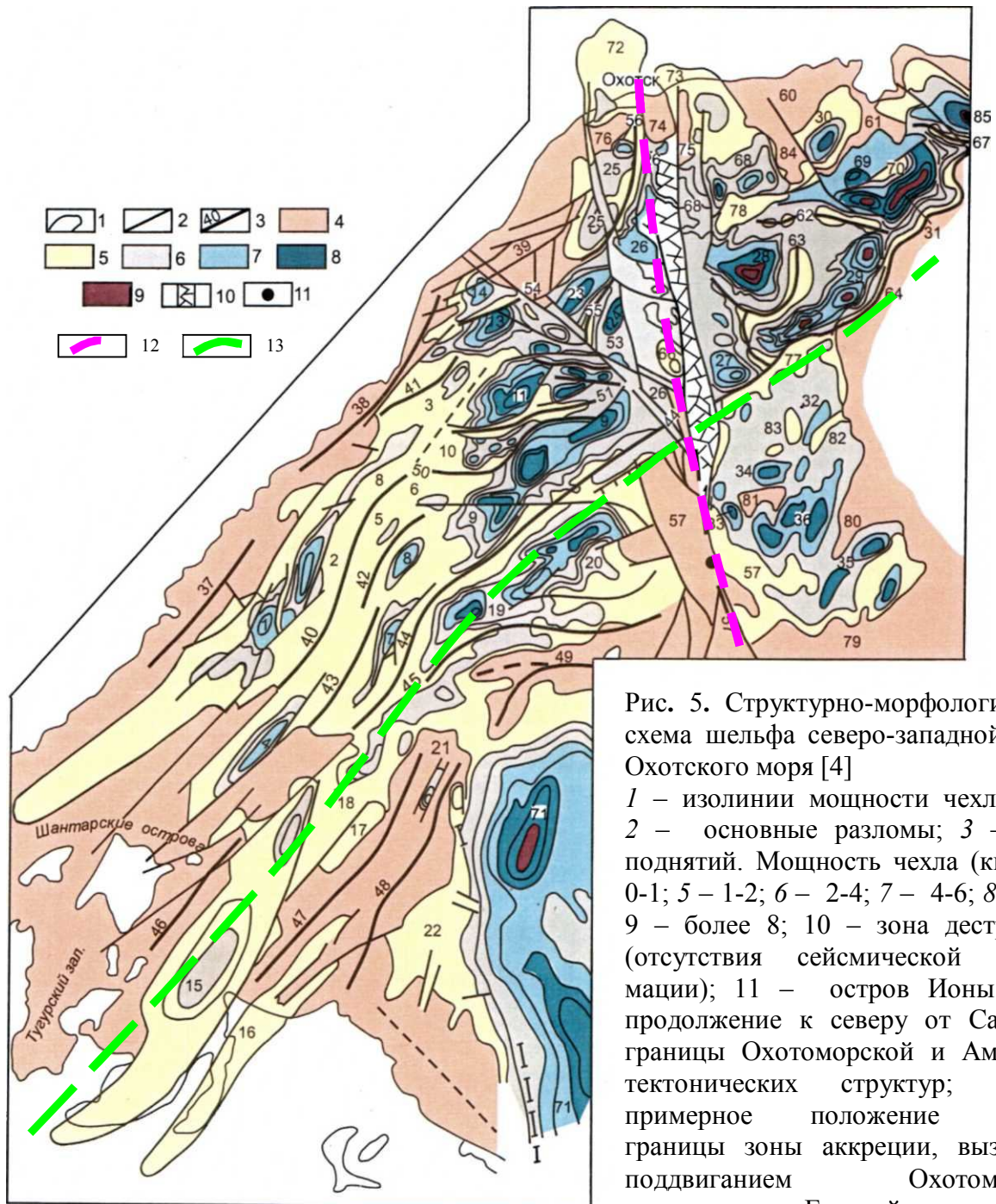


Рис. 5. Структурно-морфологическая схема шельфа северо-западной части Охотского моря [4]

1 – изолинии мощности чехла (км);
 2 – основные разломы; 3 – оси поднятий. Мощность чехла (км): 4 – 0-1; 5 – 1-2; 6 – 2-4; 7 – 4-6; 8 – 6-8; 9 – более 8; 10 – зона деструкции (отсутствия сейсмической информации); 11 – остров Ионы; 12 – продолжение к северу от Сахалина границы Охотоморской и Амурской тектонических структур; 13 – примерное положение южной границы зоны аккреции, вызванное поддвижением Охотоморской структуры под Евразийскую

Северная граница бассейна простирается от Пьягинского трога на востоке до Охотского массива на западе, проходя по структурам Охотско-Чукотского пояса, практически по Алеутско-Магаданскому поясу сейсмичности.

На северном шельфе Охотского моря вдоль побережья прослеживаются Кухтуйский и Магаданский прогибы. Цепочка прогибов протягивается от Пенжинской губы до широты Петропавловской поперечной зоны смятия и занимает узкую полосу акватории шельфа Охотского моря, расположенную между Камчатской и Охотоморской тектоническими структурами.

По простирацию на восток Магаданский прогиб сменяется Пьягинским трогом. Последний завершает широтную систему рифтового опускания северного края Охотоморской бассейна.

Таким образом, эта граница является наименее однозначной из всех границ Охотоморского бассейна. Она представляет широкую размытую полосу не ярко выраженной концентрации землетрясений шириной до 400 км. Протяженность северной границы Охотоморского бассейна составляет около 1000 км.

По заключению Н.А. Богданова и Н.Л. Добрецова [7], вдоль северной границы бассейна процессы субдукции происходили до позднего мела. Во время субдукции на северной границе бассейна формировались аккреционные призмы. В палеоцен-олигоценное время они сменились растяжением, выразившимся формированием системы разломов и рифтов, развитие которых завершилось в раннем миоцене. Смещение блоков в процессе растяжения сопровождалось возникновением сдвиговой составляющей, что определило появление структур, подобных структурам присдвиговых бассейнов.

Южная граница Охотоморского бассейна проходит вдоль оси Курило-Камчатского желоба от о-ва Сарычева и до о-ва Кунашир, южнее Южно-Охотской глубоководной впадины. Последняя рассматривается как структурная часть Охотоморского бассейна, отделенного от Тихоокеанского при формировании зоны субдукции. Возможные модели характера взаимодействия литосферных тектонических структур в Охотском осадочном бассейне представлены в работах (Kiratzi, Papazachos, 1996 г.; Maruyama et al., 1997 г.; КОМEX, 1998–2000 гг.).

Описанная система границ Охотоморского осадочного бассейна соответствует распространенным моделям его образования в результате миграции плиты Кула на север до столкновения с Евразийским континентом. В месте соприкосновения на современной

северной границе Охотоморского бассейна образовались структуры скучивания, на южной части – структуры растяжения, переродившиеся со временем в глубоководную Южно-Охотскую впадину. Западная и восточная границы в такой модели должны иметь сдвиговые компоненты.

Таким образом, понятие "Охотоморский осадочный бассейн" не эквивалентно понятию "Охотское море". В формировании структуры бассейна принимают участие фрагменты соседних тектонических структур. Собственно осадочный бассейн включает тектонически разнородные структуры – собственно плитного строения и соответствующего тектонического режима, рифты, аккреционные образования, сдвиги и образованные при этом структуры pull-apart. Обращаясь к мировому опыту поиска месторождений УВ в морях и океанах, можно заключить, что все типы структур из числа развитых в Охотоморском осадочном бассейне широко распространены в морях и океанах Земли и содержат скопления нефти и газа. Наиболее редко при поисках скоплений УВ в морях и океанах встречается продуктивность зон скучивания, возникающих при столкновениях литосферных плит. Распространенные на севере осадочного бассейна аккреционные образования могут быть сопоставлены с нефтегазоносными коллизионными образованиями северо-восточного побережья Тихого океана – с бассейном залива Кука. Он протягивается вдоль зоны субдукции, маркируемой Алеутской островной дугой, образованной погружением Тихоокеанских структур под структуры Берингова моря. Геодинамическими и палеотектоническими аналогами такого нефтегазоносного бассейна могут быть Магаданский и Пьягинский рифты, также являющиеся последствиями образования аккреционных зон в процессе субдукции. Аналогичная ситуация имеет место в северной части Прикамчатского прогиба, который, очевидно, связан с погружением Тихоокеанских структур под Евразийские.

Особенностью строения Охотоморского осадочного бассейна является отсутствие широко распространенных в Тихом океане, в морях Юго-Восточной Азии, в Атлантическом океане осадков турбидитных потоков, которые с недавнего времени стали называть по форме образующихся осадочных тел фановыми (феновыми) осадками (рис. 6). Для образования таких осадков необходимо накопление на шельфе сравнительно больших масс рыхлых осадков, находящихся в неустойчивом равновесии, которое нарушается по достижении некоей критической массы или вследствие каких-либо резких тектонических движений. Осадки могут переноситься вниз по склону даже при

незначительных уклонах (в первые градусы) на многие километры, а изредка и сотни километров, например на бразильском шельфе Атлантического океана.

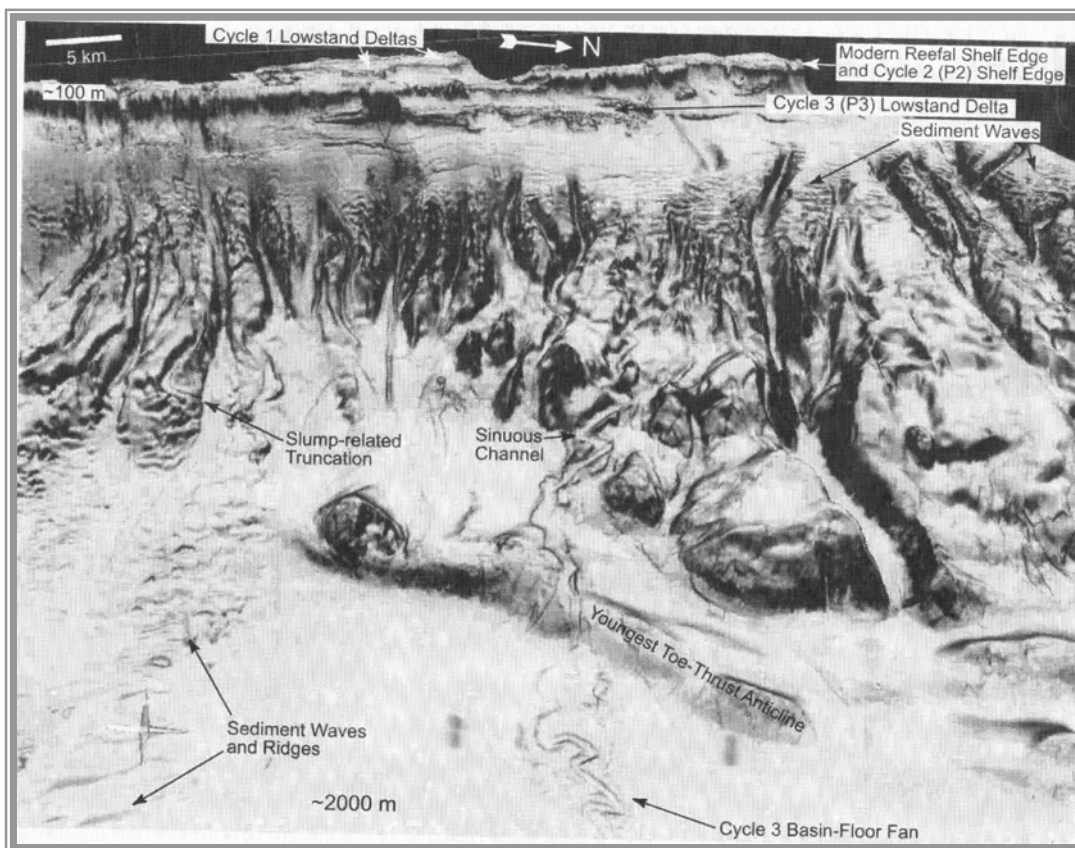


Рис. 6. Квazitрехмерное изображение рельефа шельфа и континентального склона о-ва Калимантан. Четко видна лопастеподобная форма осадков турбидитных потоков, содержащих в этом районе скопления УВ [8]

Такие условия в бассейне Охотского моря возникают на склонах глубоководных Южно-Охотской впадины и впадины Дерюгина, на камчатском склоне Прикамчатского прогиба. Особо благоприятные условия для образования феновых осадков существуют вблизи дельт рек, особенно крупных. В рассматриваемом районе такая ситуация реализована на Северном Сахалине, где продуктивная толща представляет собой осадки дельты Палеоамура.

Можно предположить, что часть осадочного материала, не задержавшаяся в дельте, перенесена далее к востоку. В таком случае она попала на склон глубокого Дерюгинского прогиба и могла соскользнуть далее вниз по склону, образовав на нем своеобразную феновую структуру. Такую же ситуацию можно ожидать на склонах впадины Тинро, где

могут накапливаться осадки Пенжины, и на склонах глубоководной Южно-Охотской впадины. Возможные сочетания геодинамических типов структур приведены в таблице и на рис. 7 (см. Приложение).

ЛИТЕРАТУРА

1. Хаин В.Е., Михайлов А.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1985. 326 с.
2. Злобин Т.К. Строение земной коры Охотского моря и нефтегазоносность ее в северо-восточной (Прикамчатской) части (по сейсмическим данным). Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2002. 97 с.
3. Варнавский В.Г. Геодинамика кайнозойских нефтегазоносных бассейнов активных океанических окраин (на примере Дальневосточного сектора зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану). М.: Наука, 1994. 207 с.
4. Варнавский В.Г. и др. Геология и нефтегазоносность Охотско-Шантарского осадочного бассейна. Владивосток, 2002. С. 30-33. (Осадочные бассейны Востока России; кн.1).
5. Богданов Н.А. Тектоника глубоководных впадин окраинных морей. М.: Недра, 1988. 220 с.
6. Филатова Н.И., Родников А.Г. Охотоморский геотраверс: тектоно-магматическая эволюция кайнозойских структур растяжения в контексте их глубинного строения. // Докл. АН. 2006. Т. 411, №3. С. 360-365.
7. Богданов Н.А., Добрецов Н.Л. Охотское океаническое вулканическое плато // Геология и геофизика. 2002. Т. 43, № 2. С. 101-104.
8. Saller A.H., Njah J.T., Ruzuar A.P., Schneider R. Linked loustand delta to basin-floor fan deposition, offshore Indonesia: An analog for deep-water reservoir systems // Bull. AAPG. 2004. Vol. 88, N 1. P. 21-46.
9. Хаин В.Е., Полякова И.Д. Тыльные зоны активной западно-тихоокеанской окраины – аналог пассивных окраин атлантического типа, их нефтегазоносность // Докл. АН. 2007. Т. 417, № 5. С. 657-661.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Типичные сочетания геодинамических и палеофациальных факторов нефтегазоносности Охотоморского осадочного бассейна

Геодинамические типы структур Охотоморского осадочного бассейна					
Типы отложений	внутриплитные поднятия	глубоководные впадины	шельф	краевые прогибы	аккреционные образования, унаследованные рифтами
морские "плащеобразные" отложения			Шантарский шельф, Охотское вулканическое плато; Магаданский рифт; Магаданский шельф		
отложения дельт			Шельф о-ва Сахалин		
турбидитовые (феновые) отложения		Южно-Охотская, Тинро, Дерюгина		Прикамчатский	
отложения направленных течений				Прикамчатский	Магаданский и Пьягинский рифты
комплекс отложений подводных частей дельт		Дерюгина			

возможные сочетания

маловероятные сочетания

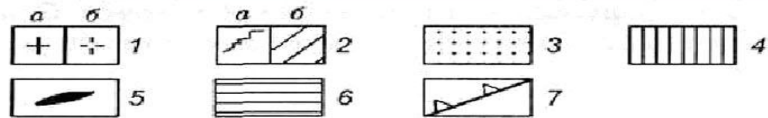
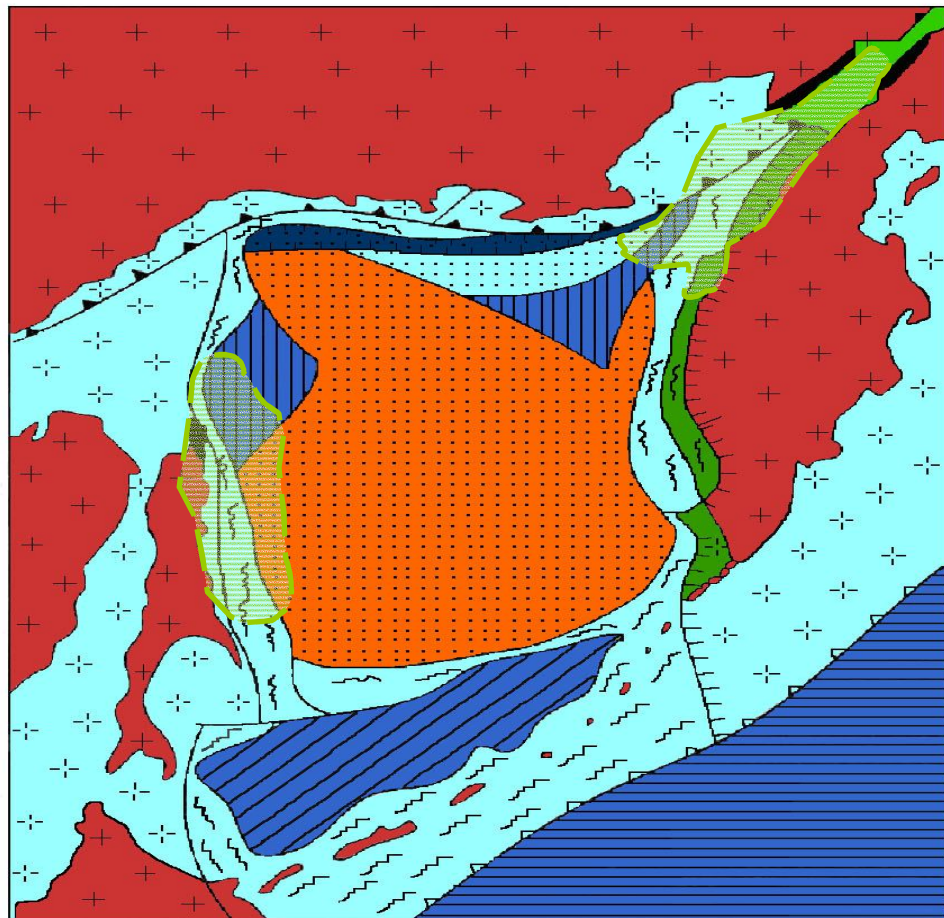


Рис. 7. Основные структуры Охотоморского осадочного бассейна по [7] (упрощенно): 1 — Евразийская континентальная плита: *a* — на суше, *б* — в море; 2 — структура океанической плиты: *a* — в зонах компрессии, *б* — Южно-Охотская впадина океанского типа; 3 — Охотское вулканическое плато; 4 — зоны деструкции океанского плато; 5 — офиолиты; 6 — Тихоокеанская плита; 7 — граница Евразийской и Тихоокеанской плит, зона субдукции

Основные комплексы фаций: 1 2 3 4 5 6 7 8

- 1 — суша;
- 2 — глубоководные осадки тихоокеанской впадины;
- 3 — осадки открытого моря;
- 4 — осадки направленных течений и дельт в краевых прогибах;
- 5 — шельфовые осадки;
- 6 — осадки турбидитов и феновых образований глубоководных внутриплатформенных впадин;
- 7 — осадки направленных течений рифтов;
- 8 — дельты