

РАЗВОЗЖАЕВА Елена Петровна

**СТРОЕНИЕ СРЕДНЕАМУРСКОГО ОСАДОЧНОГО
БАССЕЙНА
(по сейсморазведочным данным)**

Специальность:

25.00.10 – геофизика, геофизические методы поисков
полезных ископаемых

25.00.01 – общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск – 2010

Работа выполнена в Институте тектоники и геофизики им.Ю.А.Косыгина
Дальневосточного отделения Российской Академии наук

Научные руководители:

доктор геолого-минералогических наук
Кириллова Галина Леонтьевна,
кандидат геолого-минералогических наук
Бормотов Владимир Александрович

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук
Исаев Валерий Иванович
Томский политехнический университет (г.Томск)
доктор геолого-минералогических наук
Геннадий Феодосьевич Уфимцев
Институт земной коры СО РАН

Ведущая организация: ФГУП «Дальгеофизика», г.Хабаровск

Защита состоится « » _____ 2010 г. в ____ час.

На заседании диссертационного совета Д003.022.02 при
Институте земной коры СО РАН, в конференц-зале.

Адрес: 664033, г.Иркутск, ул.Лермонтова,128

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИЗК СО РАН.

Отзывы направлять ученому секретарю диссертационного совета.

Автореферат разослан « » _____ 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат геол.-минер. наук

Меньшагин Ю.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность: Изучение осадочных бассейнов относится к числу приоритетных задач геологии последних десятилетий. Интерес к ним обусловлен не только поисками полезных ископаемых (прежде всего углеводородного сырья). В их строении содержится наиболее полная информация о последовательности геологических событий прошлого [Осадочные бассейны..., 2004]. Особое место при изучении осадочных бассейнов принадлежит сейсмическим методам, среди которых основным является метод отраженных волн в модификации общей глубинной точки (МОВ ОГТ). На начальных этапах основной задачей сейсморазведки было построение структурных схем отражающих горизонтов и выявление локальных антиклинальных структур. В последние десятилетия большое внимание уделяется сейсмостратиграфическому направлению, позволяющему на основе временных сейсмических разрезов решать задачи не только стратиграфии, но и тектоники, фациального и структурного анализа.

В Среднеамурском осадочном бассейне (САОБ), одном из перспективных объектов Хабаровского края на углеводородное (УВ) сырье, сейсморазведочные работы МОВ ОГТ были проведены в 80-90-х годах Дальневосточной геофизической экспедицией ПГО «Сахалингеология» и ПГО «Иркутскгеофизика». Необходимость обобщения проведенных в пределах САОБ в разные годы сейсморазведочных работ назрела давно как с целью уточнения его строения на основе сейсмостратиграфического анализа, так и в связи с оценкой перспектив нефтегазоносности. В Китае в грабенах крупнейшей системы сдвигов Тан-Лу, на продолжении которой располагается САОБ, уже открыты месторождения газа и нефти. В грабене Танюань, ближайшем к российской границе, выявлено четыре газовых месторождения и одно нефтепроявление. Мировая практика показывает, что континентальные рифтогенные структуры, лежащие в основании многих осадочных бассейнов, весьма перспективны в отношении УВ. К настоящему времени для них разработаны модели осадконакопления, выявлены общие черты строения и типичные сейсмофации, разработана континентальная секвенсстратиграфия.

Цель работы: Обобщение результатов сейсморазведочных работ, проведенных в пределах САОБ, с целью изучения его строения на основе сейсмостратиграфического анализа с использованием современных представлений о континентальных рифтогенных структурах для оценки перспектив нефтегазоносности САОБ.

Основные задачи исследований:

1. Создание сейсмогеологической модели САОБ, включающее:
 - 1.1. анализ геолого-геофизических материалов по осадочным комплексам, вскрытым глубокими скважинами;
 - 1.2. увязка сейсмических и скважинных данных;

- 1.3. плотностной и скоростной анализ.
2. Изучение основных грабеновых структур:
 - 2.1. сеймостратиграфический анализ временных разрезов;
 - 2.2. корреляция опорного горизонта (подшвы грабенов);
 - 2.3. построение глубинных разрезов, схем и карт изопахит осадочного выполнения грабенов.
3. Сейсмофациальный анализ осадочных отложений кайнозойских грабенов.
4. Сравнительный анализ грабенов САОБ и структур Восточного Китая.

Основные защищаемые положения:

1. Структура САОБ описывается тремя сеймостратиграфическими единицами первого порядка, соответствующими рангу сейсмозтажа (СЭ). Позднемезозойский сейсмозтаж (СЭ-III) отвечает складчатому основанию бассейна, палеоген-неогеновый (СЭ-II) и позднемиоцен-четвертичный (СЭ-I) сейсмозтажи составляют его осадочный чехол. Сеймостратиграфические единицы второго порядка, выделяемые внутри сейсмозтажей, соответствуют свитам или подсвитам и относятся к рангу сейсмокомплекса (СК).
2. Морфология, внутреннее строение и вулканогенно-осадочное заполнение кайнозойских грабенов свидетельствуют о единой сдвига-раздвиговой природе их формирования.
3. Сейсмофациальным анализом осадочного выполнения кайнозойских грабенов обосновано выделение сейсмофаций конусов выноса, прибрежного мелководья, дельт, относительно глубоких и мелких озер – потенциально перспективных для генерации и аккумуляции углеводородов.

Личный вклад и фактический материал: Фактическим материалом послужили производственные отчеты по сейсморазведочным работам. Являясь одним из соавторов нескольких отчетов, принимала участие в обработке и интерпретации сейсморазведочных материалов и комплексной интерпретации геофизических исследований. Выполнена собственная интерпретация сейсмических материалов, критически проработаны и использованы результаты производственных работ. Собрана и проанализирована геолого-геофизическая информация по всем структурным и картировочным скважинам, гравиметрическим и магнитометрическим работам, геологические и глубинные исследования. Проработан материал по Северо-восточному Китаю, как опубликованный, так и полученный в результате российско-китайских проектов по изучению пограничных структур.

Научная новизна: Впервые сделано обобщение всех сейсморазведочных материалов по САОБ с учетом современных представлений о рифтогенных структурах, проведен сейсмофациальный анализ кайнозойских грабенов и сравнительный - с грабеном Танюань системы Тан-Лу.

Практическая значимость: Проведенные исследования позволили выделить в пределах изученных структур объекты для дальнейшего изучения и постановки нефтегазопроисловых работ в САОБ. Наиболее перспективными

объектами являются Переяславский, Бирофельдский, Кафэнский и Норменский грабены.

Апробация работы и публикации: Результаты проведенных исследований докладывались на IV, V и VI Косыгинских чтениях, проводимых ИТиГ ДВО РАН в 2003, 2006 и 2009 годах и опубликованы в соответствующих сборниках. Материалы по теме опубликованы в различных сборниках, выпускаемых по результатам совещаний и конференций, в Томске (2002г.), Магадане (2003, 2005гг.), Москве (2005г.). Опубликована статья в журнале «Тихоокеанская геология» (2007г.) на русском и английском языках. По результатам работ сделаны доклады на международных конференциях в Москве (РГГРУ, 2007г.), КНР (Чанчунь, 2008г.), в Биробиджане (Кульдур, 2008г.), на ученом совете ИТиГ ДВО РАН. Наиболее полно результаты исследований изложены в монографии по САОБ (2009г.).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и содержит 100 страниц текста, 50 рисунков и четыре таблицы. Список литературы включает 92 источника.

Благодарности: Автор глубоко признателен научным руководителям зав.лабораторией тектоники осадочных бассейнов д.г.-м.н. Г.Л.Кирилловой, предложившей тему исследований и оказывавшей постоянную поддержку и помощь, к.г.-м.н. В.А.Бормотову – за консультации по сейсмике. Автор благодарен отв. исполнителю производственных отчетов С.Г.Чернышу, с которым была связана совместной работой, коллегам по ИТиГ: д.г.-м.н. В.Г.Варнавскому и к.г.-м.н. В.В.Крапивенцевой за консультации, С.А.Медведевой, А.Н.Пересторонину, В.Е.Кузнецову, к.г.-м.н. А.А. Степашко и к.э.н. В.И.Усикову – за плодотворные обсуждения и дискуссии, соавтору статей к.г.-м.н. Т.В.Меркуловой - за сотрудничество и всему инженерному составу лаборатории за помощь в оформительской и вспомогательной работе.

Особую признательность автор выражает директору ИТиГ А.Н.Диденко за постоянное внимание, способствовавшее скорейшему завершению работы.

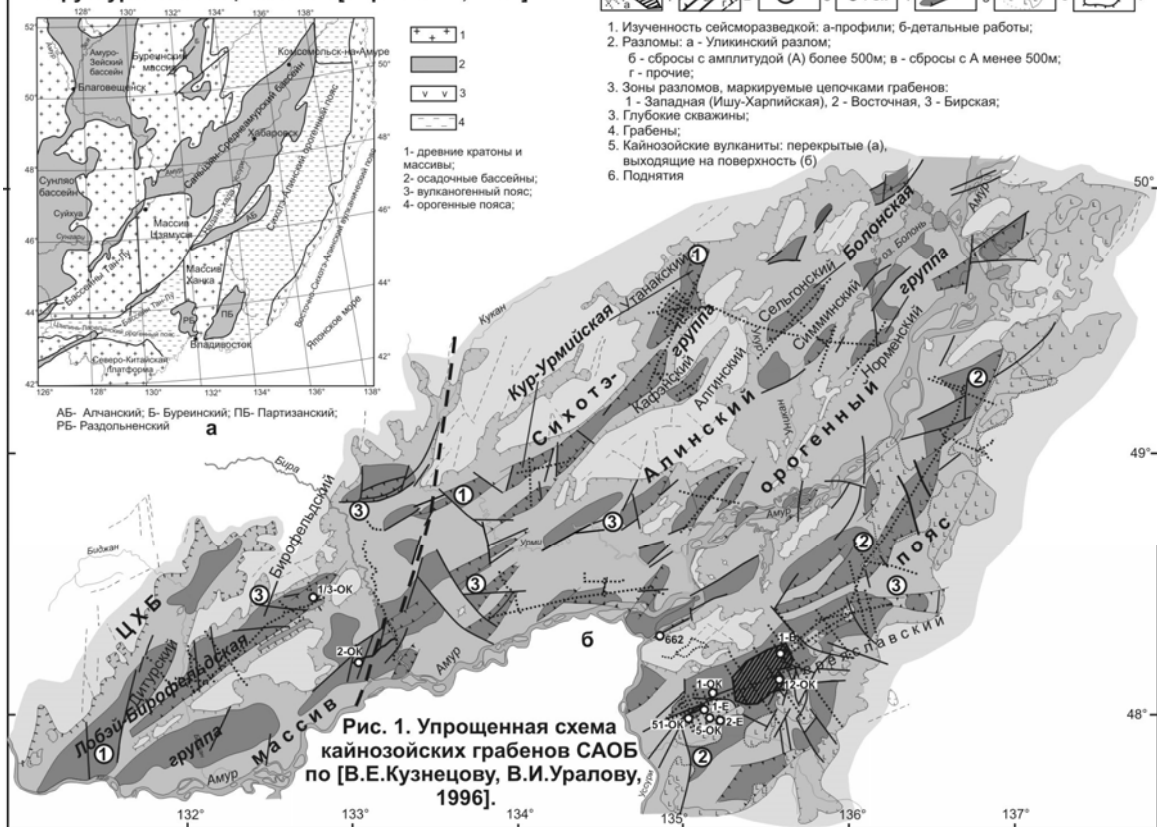
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Краткая геолого-геофизическая характеристика Среднеамурского осадочного бассейна

САОБ расположен на границе Цзямусы-Ханкайско-Буреинского (ЦХБ) массива с его окраинными палеозойскими и мезозойскими прогибами и позднемезозойского Сихотэ-Алинского (С-А) орогенного пояса [Среднеамурский..., 2009] (рис.1а). На современном этапе он представляет собой систему грабенов и горстов, перекрытых маломощным чехлом (рис.1б). Бассейн входит в состав Восточно-Азиатского грабенового пояса по [Варнавский, Малышев, 1986] и находится на продолжении системы сдвигов

Тан-Лу [Кириллова, 2008]. Геодинамическая эволюция САОБ рассмотрена в работах [Натальин, Черныш, 1992, Кириллова, 2005, Среднеамурский..., 2009].

Структурная позиция САОБ [Кириллова, 2005]



Контуры грабенов четко проявлены в гравитационном поле отрицательными локальными аномалиями. Карты Δg масштаба 1:200000 послужили основой для составления нескольких структурных схем САОБ: [Белогуб, 1964, Рейнлиб, 1988, Кузнецов, Уралов, 1996г.]. Последняя из них построена с учетом региональных сейсморазведочных работ (рис.16). Сейсморазведочные работы МОВ ОГТ (1983-1998гг.) были сконцентрированы преимущественно в самом крупном Переяславском грабене (ПГ), где проведены региональные и детальные работы. Следующими по степени изученности являются Бирофельдский грабен (БГ) и Кур-Урмийская группа грабенов. В основном же грабены пересечены двумя-тремя сейсморазведочными профилями. Часть грабенов не изучена сейсморазведкой. Осадочный комплекс заполнения грабенов исследован преимущественно в пределах бурогольных месторождений по неглубоким скважинам, вскрывшим, в основном, неогеновый разрез [Варнавский, 1971]. Более погруженные горизонты (до 1400 м) вскрыты единичными опорно-картировочными (ОК) и структурно-параметрическими скважинами в ПГ и БГ. Кайнозойский осадочный разрез расчленен на чернореченскую ($P_2-P_3^1$) свиту, разделенную на нижнюю безугольную и верхнюю угленосную подсвиты, бирофельдскую (P_3^2), ушумунскую ($P_3^2-N_1^{1-2}$) с нижней угленосной и верхней безугольной подсвитами, головинскую (N_1^{2-3}) и приамурскую (N_2) свиты [Варнавский, 1971; Решения..., 1994 и др.].

Докайнозойские образования САОБ изучены преимущественно по выходам их в обрамлении бассейна и на внутренних поднятиях. Образования С-А орогенного пояса, занимающие основную площадь, представляют собой юрско-меловую аккреционную призму [Наталин, Алексеенко, 1986, и др.] и постаккреционные верхнеальб-верхнемеловые вулканогенно-осадочные и магматические образования [Среднеамурский..., 2009].

Бассейну соответствует региональный максимум поля силы тяжести. Положительная гравитационная аномалия обусловлена сокращенной мощностью земной коры под САОБ (до 30 км по сравнению с 36-40 км в обрамлении) и верхней мантии до 70-80 км [Малышев и др., 2001, Геодинамика..., 2006]. Геомагнитное поле САОБ спокойное, преимущественно положительное. Высокая интенсивность поля ΔT характерна для краевых частей, особенно восточного борта, где широко распространены вулканиты. В гравитационном и магнитном полях довольно четко проявлены разломы. Выделяются системы разломов северо-восточной – наиболее широко распространенной в регионе, меридиональной, субширотной и северо-западной ориентировок [Среднеамурский..., 2009].

Глубинное строение С-А орогенного пояса по данным ГСЗ и МОВЗ [Потапьев, 1976, Бормотов и др., 1979] довольно уверенно различается в западной и восточной частях. Западная часть, которую занимает САОБ, характеризуется повышенной расслоенностью средней части земной коры, насыщенностью глубинными разломами по сравнению с восточной частью, представленной С-А поднятием. Южная часть бассейна является в настоящее время тектонически активной. Сейсмоактивность связана ее с северо-восточной и субширотной системами разломов [Среднеамурский..., 2009].

Глава 2. Сейсмогеологическая модель Среднеамурского осадочного бассейна

Слабая изученность глубоким бурением, значительная латеральная изменчивость обусловили разнообразие сейсмогеологических моделей, применяемых для интерпретации сейсмических данных в производственных отчетах и последующих исследованиях. Геолого-геофизический материал по трем скважинам, пробуренным после проведения сейсморазведочных работ, не был учтен на начальных этапах интерпретации. Кроме того, уточнялись и корректировались стратиграфические привязки вскрытых отложений [Кириллова и др., 1996]. Уточнялась стратиграфия осадочных отложений, выходящих на поверхность [ГГК..., 2008]. Поэтому основной проблемой, которую необходимо было решить для корректной интерпретации сейсмических материалов, это выбор сейсмогеологической модели, основанной в первую очередь на увязке поля отраженных волн с геологическими разрезами, вскрытыми глубокими скважинами.

В САОБ имеется пять скважин глубиной более одного км, четыре из которых пробурены в ПГ и одна – в БГ (рис.1б). Для увязки верхних отражающих горизонтов в других грабенах использованы наиболее глубокие углепоисковые скважины. Также анализировались скоростные характеристики, полученные при обработке сейсмических материалов, результаты сейсмогравитационного моделирования. По каждой скважине построены литологические колонки по керну, при отсутствии керна - по электрокаротажу, графики изменения физических свойств с глубиной, прежде всего скорости, вычисленной по сейсмо- и акустическому каротажу, и плотности, измеренной по керну. По литолого-фациальным признакам и возрасту, определенному по фауне и спорово-пыльцевым комплексам, установлена принадлежность вскрытых скважинами отложений к свитам, изученным на поверхности. Границы свит уточнялись по физическим параметрам.

По скважинам 1-В и 2-Е выделяются три осадочных толщи, различающиеся своими физическими свойствами:

палеоген-неогеновая - с низкими значениями кажущегося удельного сопротивления, скорости и плотности;

предположительно палеоценовая градиентная (переходная) – с высоким градиентом изменения физических свойств с глубиной, небольшой мощности;

меловая – с относительно высокими значениями физических параметров.

В скв.1-Е вскрыты две толщи с резко различными физическими параметрами: палеоген-неогеновая и меловая, причем последняя представлена преимущественно андезибазальтами и их туфами. Скважины 1-ОК и 1/3-ОК вскрыли только палеоген-неогеновый разрез.

Отложения верхней и градиентной толщ относятся к континентальному осадочному комплексу заполнения грабенов. На временных разрезах сеймопрофилей любых направлений палеоген-неогеновый осадочный комплекс

уверенно распознается, выражен многочисленными субгоризонтальными и слабонаклонными отражающими границами и наиболее благоприятен для изучения сейсморазведкой МОГТ. Для континентальных условий характерна частая смена обстановок осадконакопления, поэтому прослеживание и увязка отражающих горизонтов (ОГ) по площади затруднена. Это связано также с довольно развитой разломной тектоникой, параллельностью отражающих горизонтов, свидетельствующих о преимущественно согласном залегании осадочных отложений. Одним из критериев проведения границ явилось наличие ярких, выдержанных отражений, соответствующих, перерывам в седиментации. Прослеженные отражающие горизонты увязаны с границами свит и подсвит.

Волновое поле нижнего мелового осадочного комплекса имеет более сложное строение. Из 3-х профилей, проходящих через скв.1-В, только на продольном профиле этот осадочный комплекс выражен достаточно уверенно в волновом поле. На профиле северо-западного направления (см. рис.2г) этому комплексу соответствуют пакеты крутонаклонных отражений различной ориентировки, подчеркивающих его складчатую структуру и сжатие в этом направлении, что подтверждается геологическими исследованиями юрско-мелового осадочного комплекса, выходящего на поверхность [Наталин, Алексеенко, 1989]. На профиле, проходящем через скв.1-Е, меловая толща выглядит как акустический фундамент с высокоамплитудной границей в кровле, осложненной дифрагированными волнами. В волновом поле профиля, проходящего через скв.2-Е, меловые отложения выражены фрагментарно прослеживаемыми низкоамплитудными рефлекторами. Таким образом, структуру позднемезозойского осадочного комплекса проследить не всегда представляется возможным. Меловой комплекс в скважинах представлен аккреционной ассикаевской (скв.1-В, 2-Е), и постаккреционными эффузивно-осадочной алчанской (скв.1-Е) и стрельниковской (скв.1-В) свитами нижнего (апт-альб) мела [Среднеамурский..., 2009]. Достоверно установленных верхнемеловых отложений скважинами не вскрыто. Предполагается, что постаккреционные свиты менее деформированы, чем складчато-надвиговые отложения аккреционного комплекса, но на поперечном разрезе, проходящем через скв.1-В, и по физическим свойствам стрельниковская свита слабо отличается от нижележащей ассикаевской. Она имеет даже более крутые углы наклона слоистости по скв.1-В, что обусловило ее повышенную пластовую скорость по сравнению с ассикаевской свитой. Поэтому на данном этапе изученности постаккреционные и аккреционные осадочные образования отнесены к одному сейсмостратиграфическому подразделению.

Вышеописанные комплексы перекрыты позднемиоцен-четвертичными эффузивно-осадочными отложениями, которые в волновом поле выражены, когда их мощность превышает 300м (рис.2д). При меньших мощностях они находятся выше зоны полезной сейсмической информации. Несмотря на небольшую мощность, эти отложения представляют собой самостоятельный

осадочный комплекс, сформировавшийся и продолжающий формироваться на этапе общего погружения САОБ.

Согласно схеме расчленения осадочного разреза, принятой в [Шлезингер, 1998, Осадочные..., 2004], сейсмокомплексы, отличающиеся степенью деформированности, структурными планами, следует относить к рангу, соответствующему сейсмостратиграфическому (СЭ). Таким образом, сейсмостратиграфические единицы I порядка в САОБ представлены: меловым (позднемезозойским) СЭ-III, палеоген-неогеновым СЭ-II и позднемiocен-четвертичным СЭ-I. Сейсмостратиграфические единицы II порядка, выделяемые внутри СЭ, относятся к рангу сейсмокомплекса (СК) и соответствуют свитам или подсвитам. Граница между СЭ-I и СЭ-III – четкая, высокоамплитудная, между СЭ-I и СЭ-II часто бывает невыразительная, но наблюдается смещение депоцентров, что хорошо видно в северо-восточной части ПГ (рис.2д). Граница между СЭ-II и СЭ-III может быть резкой, осложненной дифрагированными волнами при присутствии вулканитов или многофазной, часто высокоамплитудной - при наличии переходной толщи. Опорными границами являются ОГ-0, отвечающий подошве СЭ-I, и ОГ, соответствующий подошве грабенов и разделяющий СЭ-II и СЭ-III.

Тектоническая модель включает складчатый комплекс, характеризующийся нерегулярным волновым полем, и осадочный чехол. К складчатому комплексу следует отнести позднемезозойский СЭ-III, а к осадочному чехлу – кайнозойские: СЭ-II, соответствующий осадочному заполнению грабенов, и СЭ-I – осадочный комплекс общего погружения САОБ.

Анализ плотности по скважинам показал большой разброс значений, который не объясняется только составом пород. Плотности пород в скважинах юго-западной части ПГ в целом выше, чем плотности на тех же глубинах в скважинах центральной части ПГ и в БГ. По параметру плотности породы здесь при современной глубине в один км уже находятся в главной зоне нефтеобразования. Анализ скорости ОГТ по площади показал, что низкие значения скорости наблюдаются там, где распространены относительно мощные миоцен-четвертичные отложения и большая мощность осадочного чехла грабенов. Повышенные с поверхности значения скорости, как и плотности, обусловлены, вероятно, постседиментационным поднятием и размывом верхних низкоскоростных слоев, что подтверждается на временных разрезах довольно часто наблюдаемым их изгибанием и срезанием.

Глава 3. Строение кайнозойских грабенов

Сейсмостратиграфический анализ временных разрезов показал, что все изученные сейсморазведкой структуры представляют собой полуграбены с крутым, сбросовым юго-восточным бортом и пологим северо-западным (рис.2б-д). Депоцентр, что очень важно для оценки мощности осадков, смещен в сторону этого сброса. Практически все грабены вытянуты в северо-восточном направлении (рис.1б). Морфология полуграбена является отличительной чертой

рифтогенной структуры [Rosendahl, 1987; Frostick & Steel, 1993 и др.]. Единичный рифт имеет длину, значительно превышающую его ширину, состоит из отдельных асимметричных прогибов - сегментов, разделенных между собой относительно приподнятыми участками с сокращенной мощностью осадков вплоть до выхода пород основания на поверхность, которые называются трансферными зонами или зонами аккомодации [Morley et al.; 1990, Тевелев, 2003, и др.]. Подобное строение характерно для ПГ, БГ и Кур-Урмийской группы грабенов.

В настоящее время разработаны различные модели осадконакопления [Обстановки осадконакопления..., 1990; Стэнли, Линдман, 1992; Frostick & Steel, 1993 и др.], описаны сейсмofации для континентальных асимметричных рифтогенных структур [Юань и др., 1985; Yang et al.; 1999, Liu et al.; 2002]. Выделяют 5 этапов в развитии рифтогенной впадины [Варнавский, Малышев, 1986; Luo et al., 1998; Седых, 2008 и др.]. Для каждого этапа характерны свои обстановки осадконакопления, которые нашли свое отражение в распределении осадочных фаций по вертикали. Для 1 этапа (нижней части разреза) характерны грубообломочные отложения конусов выноса и речных систем. В САОБ это период накопления нижней подсвиты чернореченской свиты. На 2 и 4 этапах развиты фации мелководных озер. В краевых частях на этих этапах характерны болотные обстановки, в результате которых формируются угольные пласты. На пологом борту могут накапливаться угленосные горизонты значительной мощности. Для САОБ – это время накопления угленосных верхней подсвиты чернореченской свиты и нижней – ушумунской. Тонкозернистые отложения глубоководного озера наблюдаются в средней части разреза и характеризуют 3 этап некомпенсированного погружения – бирофельдская свита в САОБ. Для самой верхней части (5 этап) осадочного разреза, характерно наличие грубообломочных аллювиальных отложений, соответствующих этапу затухания рифта, инверсии - верхняя подсвита ушумунской свиты в САОБ. На этом этапе создаются благоприятные условия для образования структурных ловушек. Нефтегазоматеринскими породами в таких бассейнах считаются отложения древних озерных систем. Дельтовые отложения обладают хорошими коллекторскими свойствами. Расположение в непосредственной близости материнских пород и коллекторов, наличие стратиграфических и структурных ловушек делает такие бассейны очень перспективными в отношении УВ.

Применение моделей, разработанных для рифтогенных структур, послужило основой при изучении строения основных грабенов.

Переяславский грабен вытянут в северо-восточном направлении более чем на 125 км при ширине 15-30 км [Развозжаева, 2003]. В юго-западной и центральной частях, где проведены детальные работы, построены карты изопакит осадочного выполнения, построена структурная схема всего грабена с использованием данных региональных работ, гравиметрических и магнитометрических материалов (рис.2а).

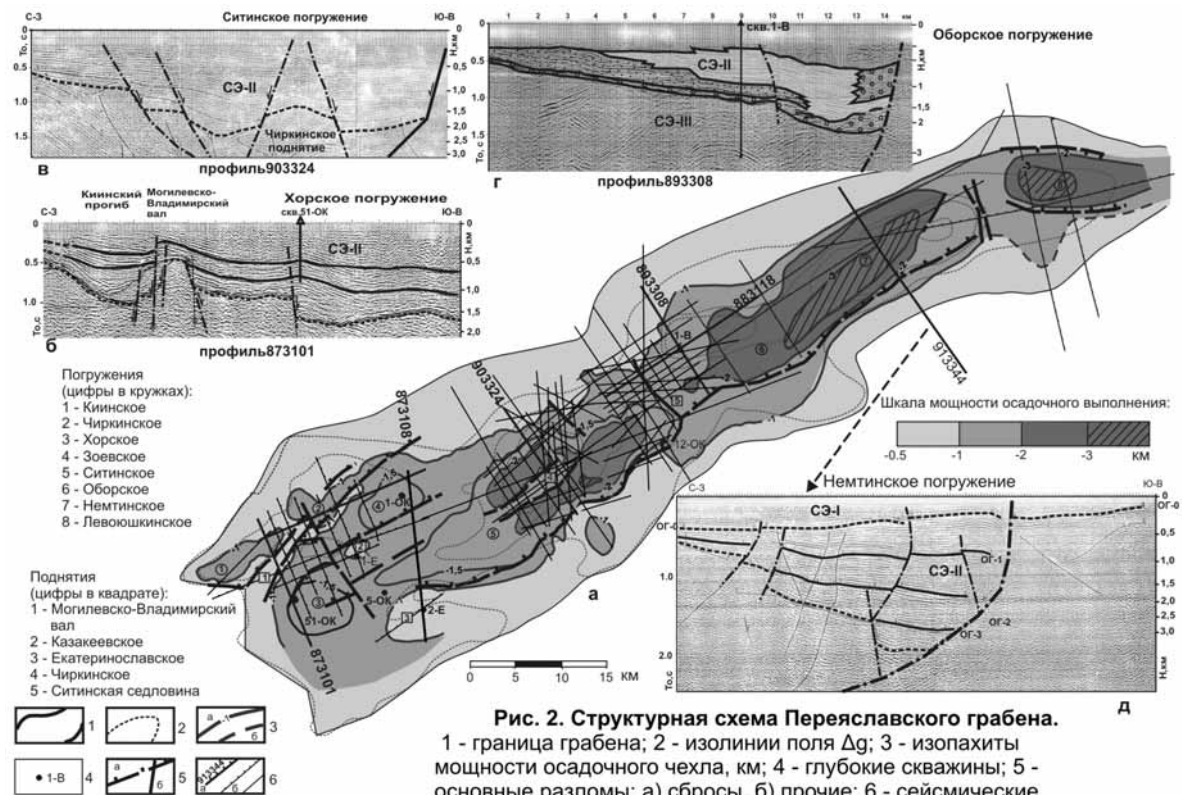


Рис. 2. Структурная схема Переяславского грабена.
 1 - граница грабена; 2 - изолинии поля Δg ; 3 - изопохиты мощности осадочного чехла, км; 4 - глубокие скважины; 5 - основные разломы: а) сбросы, б) прочие; 6 - сейсмические профили: а - приведенные на рисунке или упоминаемые в тексте, б - остальные.

Наиболее сложное строение в юго-западной части ПГ, где наблюдается чередование погружений и поднятий, прогибов и валов, как вкрест, так и по простиранию грабена. Мощность осадочного комплекса составляет в некоторых погружениях около 2000м. Здесь пробурено большинство относительно глубоких скважин, вскрывших осадочные отложения на глубину 600-1200 м. В 2-х скважинах (51-ОК,1-ОК) обнаружены прямые признаки нефти. Структурная позиция скв.51-ОК благоприятна – локальная антиклинальная структура в зоне разлома Хорского погружения (рис.2б). Скважины 1-Е и 2-Е пробурены на поднятиях, но тектоническая природа их различна. Валообразное поднятие Казакеевское, на котором находится скв. 1-Е, связано с докайнозойскими вулканогенными образованиями.

В северо-восточном направлении строение ПГ упрощается, грабен сужается, а мощность осадочного чехла увеличивается. Центральная часть ПГ состоит из последовательно расположенных Ситинского и Оборского прогибов. Разломная тектоника центральной части рассмотрена в работе [Наталин, Черныш,1992]. *Ситинское погружение* (рис.2а,в) – один из перспективных объектов на углеводороды (УВ). Мощность кайнозойского сейсмокомплекса в депоцентре достигает 3000м. Оно разделено продольным Чиркинским поднятием на две зоны. По аналогии с грабеном Танюань в Китае, в центральной зоне которого локализуются газовые месторождения, Чиркинское поднятие относится к первоочередным объектам для поисков УВ. На краю Ситинского погружения пробурена скв.12-ОК, где по газовому каротажу зафиксирован интервал с аномальным УВ эффектом [Варнавский,1971]. Ситинское и Оборское погружения разделены относительно приподнятой зоной - Ситинской седловиной, которая при прочих благоприятных условиях также может служить местом локализации УВ. В центральной части ПГ в волновом поле фрагментарно прослеживается позднемезозойский сейсмостаз СЭ-III.

Оборское погружение, Немтинский и Лёвоюшкинский прогибы изучены только региональными профилями. Мощность осадков предполагается более 3км. Здесь фиксируются самые низкие скорости, обусловленные относительно мощными отложениями СЭ-I и СЭ-II (рис.2д). Грабен становится еще уже, продольных поднятий нет, прогибы разделены только поперечными трансферными зонами. Простирание грабена в северо-восточной части меняется на восток-северо-восточное, а последнего Лёвоюшкинского прогиба - на субширотное. Вероятно, это связано с влиянием субширотной Бирской системы разломов. Учитывая, что в северо-восточной части ПГ предполагается самая большая мощность осадочного чехла, необходимо детальное изучение ее для оценки нефтегазового потенциала.

Бирофельдский грабен изучен редкими сейсмопрофилями (рис.1б) [Калашникова и др., 1999; Маргулис, 2000г.; Развозжаева, Меркулова, 2006]. Внутреннее строение грабена осложнено прогибами и поднятиями, расположенными линейно. В северо-восточной части, включающей Ушумунский и Бирский прогибы, волновое поле относительно уверенно интерпретируется. В пределах осадочного чехла выделено 5 ОГ, разделяющих 5

СК. Стратиграфическая привязка сделана по скв. 1/3-ОК, вскрывшей около 1400м осадочного разреза. Мощность всего осадочного выполнения грабена предположительно составляет в депоцентре 3 км. В районе Димитровского поднятия, разделяющего эти прогибы, по электроразведочным данным фиксируется аномалия поляризуемости, предположительно связанная с залежью УВ. По результатам газогеохимической съемки по снегу здесь также наблюдается аномалия [Развозжаева и др., 2005, Среднеамурский ..., 2009]. На данном этапе изученности этот район является наиболее перспективным объектом. Лобэй-Бирофельдская группа грабенов расположена на продолжении группы нефтегазоносных грабенов И-Шу системы Тан-Лу. Это безусловно повышает перспективы юго-западной части САОБ, но в целом для оценки грабенов на УВ имеющихся данных явно недостаточно.

В северной части САОБ региональными сейсмическими работами исследовано 6 грабенов (рис.1б). Строение грабенов рассматривалось в работах [Наталин, Черныш, 1992, Развозжаева, 2009]. Все изученные грабены имеют небольшие размеры. Ширина их не более 10км, а длина, в среднем, 20-30км. Соотношение сторон в пропорции 3:1 является типичным для присдвиговых структур [Тевелев, 2003]. Характерна асимметричность грабенов не только вкрест, но и по простиранию, что связано, вероятно, с дугообразной формой грабенообразующего разлома. В Болонской группе наблюдается четкая листрическая форма разломов. *Норменский грабен* - самый глубокий из изученных грабенов САОБ. Мощность осадочных отложений в нем предполагается до 5 км. Он расположен в зоне глубинного разлома, выявленного методом ГСЗ.

Северные грабены Кур-Урмийской группы относятся к Ишу-Харпийской сдвиговой зоне (рис.1б). *Кафэнский грабен* интересен присутствием СК, возможно, более древнего, например, аналога альб-сеноманских грабенов, расположенных северо-западнее САОБ, залегающего конформно с вышележащим палеоген-неогеновым СЭ-II. Общая мощность осадочных отложений составляет около 4 км. В непосредственной близости от основного сброса наблюдается антиклинальный перегиб. Он является характерным структурным элементом, присутствует и в других грабенах, например в ПГ (рис.2д) и может быть благоприятным местом локализации УВ залежей.

Расположение грабенов САОБ по площади подчиняется определенной закономерности. В северо-западной и юго-восточной краевых зонах полуграбены образуют цепочки, которыми отмечено положение северо-восточных разломных бортов САОБ (рис.1б). Наличие участков с трансенсивным и транспрессивным режимами, что морфологически выражается в соседстве впадин и поднятий, указывает на сдвиговую составляющую разломов [Прокопьев, 2004, Чамов, 2008 и др.]. Таким образом, грабены САОБ представляют собой присдвиговые структуры. По данным [Осадочные..., 2004, и др.] сдвиговая компонента преобладает на ранних стадиях рифтогенеза. Растяжение в северо-западном направлении, указывает на

правосторонний сдвиг. Хорошо выражена система левосторонних сдвигов широтного направления клавишным расположением грабенов и частичным изменением их ориентировок от северо-восточной до субширотной (рис.16). Движения по разломам сопровождались вулканизмом, особенно широко проявленным на начальном и конечном этапах (моадийская и острогорская толщи [Среднеамурский..., 2009]). Сокращенная мощность земной коры, ее повышенная расслоенность, пониженная скорость в подкоровом слое в краевых частях также указывают на рифтогенный характер образования САОБ.

Глава 4 Сейсмофациальный анализ континентальных отложений кайнозойских грабенов

Результаты сейсмофациального анализа освещены в статье [Меркулова, Развозжаева, 2007]. Основываясь на моделях строения озерно-аллювиальных бассейнов, можно выделить 4 основных типа обстановок осадконакопления: крутого склона, пологого склона, дельты и озера [Юань и др., 1985; Luo et al, 1998]. Каждой из этих обстановок соответствуют несколько видов сейсмофациальных единиц. Для крутых склонов, как правило, характерны грубообломочные породы конусов выноса и дельт. Сейсмофации, соответствующие этим осадочным телам, разделяются по форме на ромбические и холмистые. Иногда в непосредственной близости от основного сброса наблюдается зона отсутствия отражений, имеющая форму ромба, треугольника, и др. Хаотическая внутренняя структура ромбической сейсмофации отражает грубообломочный характер отложений, не способных сформировать отражающую границу. По направлению к депоцентру бассейна хаотичная картина сменяется на сейсмическую фацию с параллельной или субпараллельной внутренней структурой. *Сейсмофация холмистой формы* в зависимости от углов наклона подразделяется на сейсмофацию «*крутого холма*» и «*пологого холма*». Внутренние границы также в большинстве случаев отсутствуют. Характерно, что верхняя граница достаточно четко выражена. Нижняя граница может быть и неясной, а по форме прямой, выпуклой или вогнутой. При расположении сейсмопрофиля вкrest простирания конуса выноса или дельты обе границы выпуклые. Сейсмофация крутохолмистой формы обычно соответствует обвальным отложениям.

Для пологого склона характерны отложения озерного мелководья, дельты, озерной и аллювиальной равнины. Эти отложения могут образовывать сейсмофации пологохолмистой формы, «*зубчатого*» *покрова* или *параллельных отражений с налеганием*. Первые две сейсмофации характерны для аллювиальных грубообломочных пород. Амплитуда верхней границы высокая, частота низкая, внутренние отражения прерывистые субпараллельные или отсутствуют. Сейсмофация параллельных отражений с налеганием характеризует озерное побережье.

Сейсмические отражения клиновидной формы характерны для дельт. В зависимости от угла наклона различают *крутонаклонные* и *пологонаклонные*, а

также *черепицеобразные клиновидные формы* сейсмофаций. Первая сейсмофация развита на крутом склоне. Ее особенностью является большая мощность и при этом малая площадь распространения. Для второй характерна большая площадь распространения. Для поздних периодов заполнения бассейна, когда озера широкие мелководные, реки, формирующие дельту, равнинные характерна черепицеобразная сейсмофация.

Глинистые пласты большой мощности соответствуют глубоководным озерам, существовавшим длительный период времени. Сейсмическая фация, отражающая эту обстановку, выражена низкоамплитудными непрерывными параллельными границами. Переслаивание песчано-глинистых отложений, обычно свидетельствующее об обмелении озера, выражено высокоамплитудными параллельными отражениями. Озерная фация занимает наибольшую площадь в бассейне. Линзовидные тела внутри озерных отложений могут быть сложены турбидитами. Они отличаются от врезанных речных русел своим местоположением внутри озерных отложений.

Литолого-фациальный анализ кайнозойских отложений САОБ был сделан, в основном, для верхней неогеновой части разреза [Варнавский, 1971]. Проведенные региональные и детальные сейсморазведочные работы, увязанные с разрезами глубоких скважин позволили провести сейсмофациальный анализ всего осадочного разреза ПГ. Был построен генерализованный литолого-фациальный разрез через скв. 2-Е, 1-Е, 5-ОК, 1-ОК и 1-В, который сравнивался с волновым полем сеймопрофилей 873108 и 883308 (рис.2) [Развозжаева, Меркулова, 2007]. Выявлены клиноформные, линзовидные, холмистые сейсмофации, самыми распространенными являются озерные сейсмофации, что подтверждается данными по скв.5-ОК, 1-Е, 1-ОК, 1-В (рис.2в). В скв.5-ОК вскрыты преимущественно глинистые отложения неглубокого озера, но в низах разреза описаны темноцветные глины возможно глубоководного генезиса, что важно, поскольку темноцветные глины – потенциально нефтегазоматеринские породы. Сква.1-Е на глубинах 480-487 м и 901-912 м вскрыты слои с высоким содержанием Сорг. (2-3%), что также характеризует эти интервалы как нефтегазоматеринские.

В Норменском грабене озерные сейсмофации и холмистые сейсмофации конусов выноса имеют самую большую мощность. Для Утанакского грабена характерно развитие мощных тел конусов выноса в зоне основного разлома.

Наиболее важным прикладным значением сейсмофациального анализа является выявление локальных песчаных тел, которые могут служить резервуарами для УВ. По [Liu et al, 2002] большинство ловушек в полуграбенах сосредоточено в отложениях конусов выноса зоны главного разлома. Это антиклинальные, линзовидные ловушки, структуры выклинивания. Наибольшее количество ловушек формируется в период трансгрессии и регрессии озера. Для грабенов САОБ это верхняя подсвита чернореченской свиты и нижняя подсвита ушумунской. Локальные структуры, примыкающей к основному разлому наблюдаются в северо-восточной части ПГ (рис.2д), БГ, Кафэнском, Утанакском

и Алгинском грабенах. Кроме зон основного разлома наиболее вероятным местом расположения ловушек являются трансферные зоны в рифтогенных структурах Китая, Северного моря, Восточноафриканских рифтовых систем [Morley et al, 1990, Wang et al, 1998 и др.]. В ПГ выявлены клиновидные и линзовидные структуры в зонах поднятий в наиболее изученных юго-западной и центральной частях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа геолого-геофизических материалов по осадочным комплексам, вскрытым глубокими скважинами, увязки сейсмических и скважинных данных, плотностного и скоростного анализа построена сейсмогеологическая модель САОБ. В строении бассейна принимают участие три сеймостратиграфические единицы I порядка. Верхний сейсмостаж СЭ-I мощностью не более 500м соответствует верхнемиоцен-четвертичному осадочному комплексу этапа общего погружения бассейна. Палеоген-неогеновому этапу формирования грабенов САОБ отвечает СЭ-II. Позднемезозойским вулканогенно-осадочным образованиям складчатого основания соответствует СЭ-III, наблюдаемый в основании некоторых грабенов. На заключительном этапе формирования грабенов происходили инверсионные движения, выразившиеся в подъеме, изгибании и размыве осадочных слоев, что косвенно подтверждается результатами плотностного и скоростного анализа.

Сеймостратиграфический анализ временных разрезов показал, что кайнозойские грабены САОБ представляют собой асимметричные структуры с крутым сбросовым юго-восточным бортом и пологим северо-западным. Крупные грабены осложнены прогибами и поднятиями более высоких порядков. Морфология внутреннее строение и вулканогенно-осадочное заполнение грабенов свидетельствуют о том, что они образовались в результате рифтогенеза, выразившегося в сдвиго-раздвиговых движениях по разломам северо-восточного и широтного направлений. Глубинные критерии, такие как пониженная мощность земной коры и литосферы, наличие глубинных сквозькоровых разломов, расслоенность средней части земной коры, пониженная скорость в подкоровом слое в краевых частях подтверждают рифтогенный характер образования САОБ.

В результате сейсмofациального анализа выявлены сейсмofации, соответствующие отложениям глубоководного и мелководного озера, конусов выноса и дельт – потенциально перспективных для генерации и аккумуляции УВ. В зоне основного разлома, в трансферных зонах Переяславского, Бирофельдского, Кафэнского и других грабенов выявлены локальные структуры, которые могут быть местом локализации УВ.

Сравнительный анализ грабенов САОБ со структурами Восточного Китая, преимущественно с грабеном Танюань, входящем в систему сдвигов Тан-Лу, проводился на всех этапах исследований и показал их аналогичное строение. Мощность отложений в грабене Танюань достигает 5-6 км. В САОБ есть

структуры мощность осадочного чехла которых достигает 4-5 км. Это Норменский и Кафэнский грабены, рекомендуемые для детального изучения.

Список публикаций по теме диссертации:

1. Меркулова Т.В., Развозжаева Е.П. Анализ фаций в кайнозойских грабенах Среднеамурского осадочного бассейна методами сейсмо- и электроразведки // Тихоокеанская геология, 2007, том 26, №4. С.34-52.
2. Развозжаева Е.П. Результаты геолого-геофизических исследований скважины 1-В (Среднеамурский осадочный бассейн) // Геофизика, геодинамика, палеоэкология Сибири. Томск, 2002.
3. Развозжаева Е.П. Строение Переяславского грабена - самой крупной структуры Среднеамурского осадочного бассейна, по данным сейсморазведки и бурения // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии. IV Косыгинские чтения. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, Хабаровск. 2003. С. 108-120.
4. Развозжаева Е.П., Кириллова Г.Л., Климовская Т.В.. Строение и эволюция Переяславского грабена Среднеамурского осадочного бассейна по данным бурения и сейсморазведки // Геодинамика, магматизм и минерагения континентальных окраин севера Пацифики. Материалы Всероссийского совещания, посвященные 90-летию академика Н.А.Шило (XII годичное собрание Северо-восточного отделения ВМО). Том 2. Магадан, 2003. С.73-77
5. Развозжаева Е.П., Кириллова Г.Л., Рапопорт В.П. Газоносности кайнозойских грабенов Среднеамурского осадочного бассейна по результатам газогеохимической съемки снежного покрова // Наука Северо-востока России – начало века. Материалы Всероссийской научной конференции посвященной памяти академика К.В. Симакова и в честь его 70-летия (памяти академика К.В.Симакова: 70-тилетие). Магадан, 2005. С.201-205
6. Развозжаева Е.П., Меркулова Т.В. Строение Бирофельдского и Дитурского рифтогенных грабенов (Среднеамурский осадочный бассейн) по электро- и сейсморазведочным данным // Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: V Косыгинские чтения. Материалы конференции 24-27 января 2006, г. Хабаровск, 2006. / Ред. С.М.Родионов. Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, 2006. С. 251-255.
7. Развозжаева Е.П. Сейсмофациальный анализ кайнозойских грабенов Среднеамурского осадочного бассейна // VIII Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». РГТРУ 10-13 апреля 2007 года. Доклады. 2 том. Москва, 2007. С.222-224.
8. Развозжаева Е.П. Сравнительный анализ грабенов Танюань и Бирофельдского Итун-Иланской ветви системы разломов Тан-Лу // Современные проблемы регионального развития: материалы II междунар. науч. конф. Биробиджан-Кульдур, 06-09 октября 2008 г./ Под ред.Е.А.Фрисмана. Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2008. С.81-82.
9. Развозжаева Е.П. Особенности строения северных грабенов Среднеамурского осадочного бассейна // Тектоника и глубинное строение Востока Азии. VI Косыгинские чтения: доклады всероссийской конференции, 20-23 января 2009, г.Хабаровск: ИТиГ им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН, 2009. С. 347-350.
10. Развозжаева Е.П. Сейсмические исследования в СОБ // Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы /отв. ред. Г.Л. Кириллова. – Владивосток: ДВО РАН, 2009.- 424 с. (Серия «Осадочные бассейны Востока России» /гл. ред. А.И. Ханчук; т. 3).
11. Развозжаева Е.П. Газогеохимические исследования // Среднеамурский осадочный бассейн: геологическое строение, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы /отв. ред. Г.Л. Кириллова. – Владивосток: ДВО РАН, 2009.- 424 с. (Серия «Осадочные бассейны Востока России» /гл. ред. А.И. Ханчук; т. 3).

Лицензия ПД № 150054 от 28.12.2001
Подписано к печати 17.12.2009 г. Формат 60x84
Печать офсетная. Печ. листов 1
Тираж 100 экз. Заказ 168
Офсетно-ротопринтный цех ИВЭП ДВО РАН
680000 г.Хабаровск, ул. Ким-Ю-Чена, 65