

ЗАНИН АНДРЕЙ МИХАЙЛОВИЧ

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ
ЮРСКО-МЕЛОВЫХ
СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ
СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Специальность 04.00.01 - Общая и региональная геология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Санкт-Петербург
1995

Работа выполнена во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте (ВСЕГЕИ) имени А.П.Карпинского

Научный руководитель - доктор геолого-минералогических наук, профессор П.С.Воронов

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук Е.С.Кутейников,
кандидат геолого-минералогических наук А.И.Трухалев.


Ведущее предприятие - Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт (ВНИГРИ).

Защита диссертации состоится "25" декабря 1995 года на заседании диссертационного Совета К 063.15.07 при Санкт-Петербургском государственном горном институте им. Г.В.Плеханова по адресу: 199026, СПб, В-26, 21 линия, дом 2, ауд. 3506
в 15³⁰

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского государственного горного института им. Г.В.Плеханова.

Автореферат разослан "23" ноября 1995 г.

Ученый секретарь
диссертационного Совета
кандидат геолого-минералогических наук,
доцент


В.В.Аркадьев

ВВЕДЕНИЕ

Седиментационные бассейны, формирование депрессионных структур которых - один из главных тектонических процессов, протекающих в земной коре, служат основными источниками информации об особенностях геологической истории регионов. Особая роль принадлежит седиментационным бассейнам платформ и в особенности бассейнам их краевых частей. Запечатлевшие собой смену геологических процессов и будучи структурно слабо искаженными последующими деформациями, они являются превосходными объектами для воссоздания эволюции не только самих платформ, но и сопряженных складчатых систем.

Объектом исследования автора являются юрско-меловые седиментационные бассейны Сибирской платформы и генетически с ними связанные депрессионные структуры.

Актуальность работы. Вопросам тектоники мезозойских депрессий Сибирской платформы посвящено много работ, из которых наиболее всеобъемлющей является монография К.В. Боголепова "Мезозойская тектоника Сибири". Однако большинство их датируется второй половиной шестидесятых годов - временем синтеза данных, полученных в результате широко проводимых в то и предшествующее десятилетие геолого-съёмочных работ масштаба 1:200000. К настоящему моменту накопилась новая геолого-геофизическая информация, рассеянная в многочисленных работах, посвященных тем или иным проблемам геологии юрско-меловых отложений Сибирской платформы. В связи с этим, а также имея в виду смещение интересов исследователей в сторону приоритета горизонтальных движений в ходе геологической истории, стало актуальным адекватное современным фактам и воззрениям изучение парагенезов одновременно существовавших морфоструктур, открывающее широкие возможности для познания закономерностей эволюции земной коры. Кроме того с юрско-меловыми седиментационными бассейнами Сибирской платформы связаны основные перспективы востока Сибири на углеводородное сырье.

Цель и задачи исследования. Основная цель исследования заключалась в анализе, в том числе количественном, истории развития тектонических форм юрско-меловых седиментационных бассейнов

Сибирской платформы. В соответствии с этим решались следующие задачи:

- рассмотрение эффективности и условий применения методов историко-тектонических исследований;
- анализ структурной и вещественной характеристик юрско-мелового мегакомплекса Сибирской платформы, проведение тектонической периодизации его становления;
- построение палеотектонической модели развития юрско-мелового мегакомплекса и статистическая оценка ее вероятности;
- восстановление эволюции и тектонических обстановок формирования депрессионных структур юрско-меловых бассейнов платформы и выявление основных закономерностей их развития;
- оценка соотношения горизонтальной и вертикальной составляющих тектонических движений при формировании юрско-меловых бассейнов платформы;
- оценка контрастности вертикальных тектонических движений и унаследованности тектонических форм на основе статистического анализа данных по Енисей-Алданской области краевых седиментационных бассейнов, их математическая классификация и типизация.

Фактический материал. Работа является результатом исследований автора по вопросам средне-позднемезозойской тектоники территории России, выполненных в рамках НИР ВСЕГЕИ. В ее основу положена геолого-геофизическая информация, полученная производственными и научными организациями ("Ленанефтегазгеология", "Енисейнефтегазгеология", "Якутскгеология", "Красноярскгеология", СНИИГГМС, ВАГТ, ВНИГРИ и др.). При выполнении работы были также проанализированы многочисленные литературные источники по теории и методам геологических реконструкций.

Защищаемые положения.

- Метод анализа мощностей в платформенных условиях является, на сегодняшний день, наиболее эффективным инструментом выявления особенностей развития тектонических форм седиментационных бассейнов, качественной и количественной оценок режимов вертикальных тектонических движений.

- Становление юрско-мелового мегакомплекса Сибирской платформы, охватывающего Енисей-Хатангский, Анабаро-Алданский, Канско-Вилуйский и Южно-Якутский структурно-формационные комплексы, отвечает ранне-среднеюрскому и позднеюрско-позднемеловому этапам, разделенным фазой ослабления тектонической активности.

- Природа, механизм и время формирования депрессионных структур, пространственно и генетически связанных с юрско-меловыми седиментационными бассейнами, прошедшими в своем развитии стадии юности, зрелости и старости, различны в разных регионах Сибирской платформы и отражают горизонтальную неоднородность литосферы и протекающих в ней процессов.

- Развитие тектонических форм юрско-меловых седиментационных бассейнов носит явно выраженный унаследованный характер.

- Лено-Анабарский прогиб является элементом иерархически организованной системы отрицательных структур востока Сибирской платформы, образующих единую юрско-меловую область краевых депрессий, в которой Лено-Хатангская и Вилюйско-Алданская зоны характеризуются структурно-тектоническим подобием, Предверхоянский прогиб отвечает в юрско-меловом структурном плане лишь структуре Ленского прогиба, а Алданский прогиб и Вилюйская впадина составляют целостную структуру Вилюйской гемисинеклизы.

Научная новизна. Построенная на основе современной базы данных по структуре и веществу юрско-мелового осадочного мегакомплекса Сибирской платформы, работа содержит оригинальные палеотектонические реконструкции для ранне-среднеюрского, позднеюрского, ранне- и позднемелового срезов и их синтез в виде истории развития седиментационных бассейнов. Впервые составлена серия палеотектонических карт Сибирской платформы в изопактах масштаба 1:5000000, обоснована схема тектонической периодизации становления мегакомплекса, количественно оценены контрастность и унаследованность вертикальных тектонических движений, проведена математическая классификация тектонических форм Енисей-Алданской области краевых седиментационных бассейнов.

Практическая значимость. Результаты исследований дают возможность понять закономерности распространения и формирования залежей полезных ископаемых, значительные группы которых непосредственно связаны с седиментационными бассейнами и развитием их тектонических форм. Установленные особенности регионального структуроформирования открывают путь для более эффективного поиска локальных структур разных типов.

Введение количественных методов в историко-тектонические исследования позволяет наглядно и обоснованно сопоставить выявленные на качественном уровне закономерности, с наибольшей отдачей провести анализ мощностей, получить более полную информа-

цию об особенностях тектонического развития, верифицировать палеотектонические карты в изопактах и объективно сравнивать конкурирующие гипотезы.

Апробация работы. Материалы и основные выводы изложены в подготовленных к печати четырех палеотектонических картах масштаба 1:5000000 (ранняя - средняя юра, поздняя юра, ранний мел, поздний мел) и объяснительной записке. По теме диссертации опубликовано 4 работы. Материалы исследований положены в основу 12 макетов структурно-фациальных карт мезозоя Сибирской платформы масштаба 1:5000000, построенных автором для "Палеогеографического Атласа Северной Евразии и сопредельных акваторий на палинспастической основе", составляемого в Институте тектоники литосферных плит (объединение "Аэрогеология").

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения общим объемом 135 страниц машинописного текста, содержит 26 рисунков и 5 таблиц. В списке литературы 266 наименований.

Работа выполнена во ВСЕГЕИ под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора П.С.Воронова.

Автор благодарит В.И.Драгунова, В.В.Старченко, Т.Я.Вавилову и А.К.Худолея за конструктивные замечания и помощь при работе над диссертацией.

1. МЕТОДЫ ИСТОРИКО-ТЕКТОНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ

1.1. Методы геологического моделирования

Метод анализа мощностей и фаций, предложенный впервые Н.С.Шатским, был наиболее детально разработан В.В.Белоусовым. Его современная версия, позволяющая более широко внедрить системный подход при палеореконструкциях, принадлежит В.Е.Хайну. Несмотря на множественность возражений метод прочно вошел в обиход геологов и оправдал себя в качестве историко-тектонического. Его идея положена в основу объемного метода и метода обратной разгрузки.

Метод базируется на системно-модельных принципах ограничения и закрепления отдельных параметров, основная функциональная нагрузка среди которых ложится на системы данных о мощностях и

ациях. При этом необходимо иметь в виду, что фациальная система данных сама по себе мало эффективна при собственно тектоническом анализе и не может ничего дать в отношении количественной оценки тектонических движений: ее ключевая роль заключается в возможности взаимоувязать и описать систему палеотектонических моделей. Мощностные же характеристики выступают в качестве параметра, дающего возможность количественного описания вертикальных перемещений на уровне формализованных систем графического, физического и математического моделирования, выделения и классификации тектонических структур, а также воссоздания особенностей развития их геометрии, поскольку задача такой реконструкции состоит в установлении и прослеживании от одного этапа к другому пространственного положения кровли/подосвы, определяемого изменением мощности толщи, выбранной для анализа, в целом вне зависимости от вещественного выполнения.

Объемный метод, разработанный А.Б.Роновым, по кругу задач и алгоритму их решения является, в принципе, наиболее перспективным и информативным инструментом реконструкции геологической истории крупных геоструктур Земли. Однако состояние метода, не вносящего существенных элементов новизны в процесс воссоздания истории развития собственно седиментационных бассейнов, в сравнении с методом анализа мощностей и фаций, очевидно, следует оценить лишь как продолжающуюся отработку общей методики палеотектонического анализа.

Метод обратной разгрузки (backstripping) компании Shell направлен на выявление и количественную оценку активного погружения, соответствующего собственному движению субстрата и являющемуся показателем, прямо связанным с механизмом формирования бассейнов. Определение остаточного погружения выполняется с помощью последовательного снятия нагрузки осадочных образований в порядке обратном их захоронению.

Сильная зависимость кривых погружения от привходящих гипотез о механизме погружения и жесткость требований, предъявляемых к датировке отложений, существенно ограничивают использование метода. В условиях существующих баз данных его реализация в плоскостном варианте весьма проблематична, если вообще возможна.

Палинспастические методы, рассматривающие горизонтальные составляющие тектонических напряжений в качестве основной структурообразующей силы, ориентированы на реконструкцию геоди-

намических обстановок путем восстановления горизонтальных перемещений и взаимодействий разномасштабных блоков литосферы. Практическое выполнение палинспастического моделирования существенно ограничивается относительно слабым проявлением информации о горизонтальных перемещениях, а зачастую и невозможностью выявить параметры времени, места и интенсивности горизонтальных деформаций.

1.2. Методы графического моделирования

Их основная цель заключается в построении графических моделей, служащих, с одной стороны, для визуализации и иллюстрации результатов параллельных методов моделирования, а с другой, самостоятельным инструментом исследования.

Самым прямым и доступным методом передачи ретроинформации, позволяющим оценивать метрические параметры геологического и, в том числе, тектонического палеопространства, а также обеспечивающим исследование в шкале отношений, является построение серии карт мощностей в изопакхитах, где средняя информативность каждой точки пропорциональна изменчивости мощности, т.е. ее дисперсии. Будучи по существу знаковой моделью метода тектонического анализа мощностей, такие карты являются на сегодня основным графическим документом получения и отображения данных по эволюции вертикальной составляющей движений.

1.3. Методы физического моделирования

Направленные на выявление тех или иных физических закономерностей формирования осадочных бассейнов, методы физического моделирования, к сожалению, не позволяют, в силу ограниченной применимости принципа актуализма, неполноты фактического описания геометрических, физических, динамических и функциональных характеристик, воспроизвести прошлые состояния объекта.

1.4. Методы математического моделирования

Полностью подчиненные сформулированным качественным представлениям о связях между элементами геологической модели эти методы, при их оперативности и сравнительной легкости проведе-

ния количественного анализа, уступают методам геологического моделирования в исследовании существенных деталей, теряющихся в получаемых численных характеристиках. Тем не менее, представление материала, осуществляемое средствами языка математики и логики, весьма полезно не столько в смысле доказательства или подтверждения геологических гипотез, сколько при критическом исследовании явления и проникновении в его сущность.

Таким образом, метод тектонического анализа мощностей, в совокупности с фациальным анализом, остается эффективным и, пожалуй, важнейшим средством историко-тектонических исследований осадочных бассейнов. По существу он является единственным практически реализуемым в их границах инструментом качественной и количественной оценки режима вертикальных движений - одного из главнейших критериев типизации и классификации тектонических тел. Однако следует признать, что даже в идеальном случае (отсутствие размывов, точное знание глубин осадконакопления и т.п.) данный метод не позволяет получить однозначный ответ на вопросы, стоящие перед ретроспективными исследованиями.

2. ЮРСКО-МЕЛОВОЙ ОСАДОЧНЫЙ МЕГАКОМПЛЕКС СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Общее цельное представление о структуре мегакомплекса и его вещественном составе получено благодаря работам И.П.Атласова, К.В.Боголепова, П.С.Воронова, М.К.Калинко, Н.С.Малича, К.И. Микуленко, М.М.Одинцова, Ю.Е.Погребницкого, З.З.Ронкиной, В.П.Сакса, Т.Н.Спижарского, Н.А.Сягаева, Н.Н.Тазихина и др.

Анализ структурных и вещественных характеристик мегакомплекса показал, что он сформирован Енисей-Хатангским, Анабаро-Алданским, Канско-Вилуйским и Южно-Якутским структурно-формационными комплексами, характеризующимися своеобразным составом отложений и особенностями слагаемых ими тектонических тел.

Современные отрицательные структуры мегакомплекса (рис.1), пространственно и генетически связанные с юрско-меловыми седиментационными бассейнами, объединяются в первом приближении по морфоструктурным признакам в Енисей-Алданский и Алдано-Ангарский структурные ансамбли.

Енисей-Алданский ансамбль - единая морфосистема крупных от-



Рис.1

Условные обозначения к схеме распространения юрско-мелового осадочного мегакомплекса Сибирской платформы.

1-8 - мегакомплексы: 1 - юрско-меловой; 2-5 - мегакомплексы основания: 2 - дорифейский (фундамент), 3 - рифейский, 4 - вендскосреднемезозойский, 5 - верхнепалеозойско-триасовый; 6,7 - мегакомплексы обрамления Сибирской платформы: 6 - складчатые, 7 - плитные; 8 - Охотско-Чукотский вулканогенно-осадочный мегакомплекс; 9-13 - дизъюнктивные нарушения: 9-11 - поздне триасово-раннепалеогеновые разломы: 9 - разломы, вдоль которых наблюдается изменение толщины литосферы: а - крутопадающие, б - наклонные; 10 - надвиги, взбросы, фронтальные части шарьяжей: а - вскрытые, б - погребенные; 11 - нерасчлененные: а - вскрытые, б - погребенные; 12, 13 - допоздне триасовые разломы: 12 - фундамента Сибирской платформы; 13 - мегакомплексов обрамления; 14 - изолинии мощностей юрско-мелового мегакомплекса (км); 15 - контуры районов статистического анализа данных; 16 - местоположение палеотектонических профилей.

Структуры

Енисей-Алданский структурный ансамбль

Енисей-Хатангский структурный комплекс.

I - Енисей-Хатангский региональный прогиб с Усть-Енисейским (I') и Хатангским (I'') сегментами: 1 - Пясинская полувпадина, 2 - Янгодо-Горбитский выступ, 3,4 - Центрально-Таймырский мегапрогиб с Агапским (3) и Туровским (4) прогибами, 5 - Малохетский вал, 6 - Рассохинский мегавал, 7 - Балахнинский мегавал, 8 - Боганидо-Жданихинский мегапрогиб, 9 - Боганидский порог, 10 - Каменский выступ. II - Анабаро-Хатангская седловина: 12 - Киряко-Тасский структурный мыс, 13 - Тигяно-Анабарский вал, 14 - Анабарский порог.

Анабаро-Алданский структурный комплекс.

III - Лено-Анабарский региональный прогиб: 15-17 - Анабаро-Оленекский прогиб с Юелинской (15), Буолкалахской (16) и Таймыльской (17) впадинами, 18 - Нижнеленская впадина, 19 - Атырканский порог. IV - Предверхоанский краевой прогиб с Ленской (IV') и Алданской (IV'') ветвями: 20 - Булунская впадина, 21-22 - Менгкере́нский мегапрогиб с Джарджанской (21) и Собо-

польской (22) впадинами, 23 - Китчанское поперечное поднятие, 24 - Линденская впадина, 25 - Лунгхино-Келинская впадина, 26 - Томпонская впадина. V - Вилъюйская синеклиза с Северо-Вилъюйской (V') и Южно-Вилъюйской (V'') впадинами: 27 - Малыкай-Логлорская зона антиклиналей, 28 - Хапчагайский мегавал, 29 - Южно-Хапчагайский мегапрогиб, 30 - зона Кемпендйских дислокаций, 31 - Ботуобинский вал (Мурбайская зона поднятий).

Алдано-Ангарский структурный ансамбль

Канско-Вилъюйский структурный комплекс.

VI - Ангаро-Вилъюйская группа эрозионно-тектонических впадин. VII - Абанско-Мурская система отрицательных структур: 32 - Тасеевская впадина, 33 - Абанская впадина, 34 - Мурская впадина. VIII - Присаяно-Прибайкальский предгорный прогиб: 35 - Куйтуминская впадина, 36 - Иркутская впадина. **Южно-Якутский структурный комплекс.** IX - Южно-Якутский предгорный прогиб: 37 - Усунская впадина, 38 - Ытымджинская впадина, 39 - Токинская впадина.

Основные разломы, влиявшие на формирование юрско-меловых осадочных бассейнов (цифры в кружках): 1 - Енисей-Хатангский (Рассохинско-Балахнинский), 2 - Западно-Верхоянский, 3 - Южно-Алданский, 4 - Прибайкальский, 5 - Восточно-Саянский, 6 - Енисейский, 7 - СевероСибирский, 8 - Анабарский, 9 - Ангаро-Вилъюйский, 10 - Вилъюйско-Алданский, 11 - Байкало-Таймырский, 12 - Уджинский.

рицательных структур северного и восточного флангов Сибирской платформы (Енисей-Алданская область), развивавшихся на протяжении всего юрско-мелового времени, характеризуется общей унаследованностью тектонических движений и тектонического плана предшествующей эпохи. Различие природы региональных тектонических форм, входящих в состав структурного ансамбля, обуславливает его расчленение на Енисей-Хатангский и Анабаро-Алданский структурные комплексы, обособляющиеся по Анабаро-Хатангской седловине. Енисей-Хатангский структурный комплекс выделен в границах одноименного регионального прогиба, а Анабаро-Алданский объединяет тесно связанные Лено-Анабарскую, Предверхоанскую и Вилюйскую депрессионные структуры.

Алдано-Ангарский структурный ансамбль представляет собой группу разобщенных в современном срезе и разнотипных в тектоническом отношении структур южной и юго-восточной частей платформы. Характерными чертами входящих в состав ансамбля структур, уступающих по длительности своего развития тектоническим формам Енисей-Алданского ансамбля, являются их дисконформность и наложенность. По особенностям строения и развития здесь выделяются Канско-Вилюйский структурный комплекс с Ангаро-Вилюйской, Абанско-Мурской, Присаяно-Прибайкальской группами отрицательных структур, а также Южно-Якутский структурный комплекс одноименной группы депрессий.

В вещественном аспекте юрско-меловой мегакомплекс представляет собой сложную ассоциацию существенно континентальных формаций с достаточно отчетливой закономерностью пространственной организации, проявляющейся в изменении вертикальных рядов формаций по латерали. В Енисей-Хатангском прогибе мегакомплекс имеет трехчленное строение: терригенные морские формации геттанг-валанжина сменяются мезомиктовой угленосной формацией готерив-сеномана, которая в свою очередь перекрыта терригенными морскими формациями турон-маастрихта. Отложения мегакомплекса, выполняющие Лено-Анабарскую, Предверхоанскую и Вилюйскую депрессии Анабаро-Алданского структурного комплекса, формируют двучленный вертикальный ряд формаций. Представленный в низах преимущественно терригенными морскими, а в верхах терригенными угленосными лимническими формациями, он характеризуется изменениями их соотношений по латерали: угленосные континентальные отложения доминируют в южных разрезах, а морские - в северных.

На юге платформы мегакомплекс сложен ассоциациями континентальных терригенных и угленосных формаций, различающихся характером цикличности и стратиграфическим объемом своих разрезов на западе (Канско-Вилуйский вещественный комплекс) и востоке (Южно-Якутский вещественный комплекс).

3. ФОРМИРОВАНИЕ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Исходя из закономерности смены парагенезов вертикальных серий формаций и дисперсионного анализа мощностей юрско-меловых отложений краевых седиментационных бассейнов могут быть выделены ранне-среднеюрский и позднеюрско-позднемеловой общерегиональные этапы становления юрско-мелового мегакомплекса, объединяющие разнообразие обстановок формирования осадочных бассейнов и отвечающие времени существования определенных режимов тектонических движений. Ранне-среднеюрский этап, сравнительно однородный по контрастности тектонических движений, соответствует периоду тектонического погружения зон седиментации, весьма интенсивного в ранней юре и значительно менее активного в среднеюрское время. Позднеюрско-позднемеловой этап, отвечая в целом общему устойчивому воздыманию территории платформы, характеризуется контрастными раннемеловыми тектоническими движениями с их явно выраженной трехуровневой дифференциацией по формирующимся депрессионным структурам, стабилизацией и затуханием тектонической активности в позднем мелу. Этапы отделяются друг от друга позднеюрской фазой ослабления тектонической активности.

3.1. Графическое моделирование эволюции бассейнов

Оно осуществлено построением серии палеотектонических карт масштаба 1:5000000 в изопактах для ранне-среднеюрского, позднеюрского, раннемелового и позднемелового времени.

Однако эти карты не отражают, в силу их составления по стратиграфическим интервалам, соотношенным с геохронологической шкалой, индивидуальность и этапность развития каждого взятого отдельно бассейна, его депрессионной структуры, но обеспечивают, прежде всего, исследование всей седиментационной системы; а

невозможность их проверки на уровне наблюдений требует оценки степени достоверности моделирования, позволяющей сравнивать конкурирующие выводы и имеющей поэтому принципиальное значение.

Такая оценка заключалась в проверке т.н. нулевой гипотезы ($H_0 : \delta_1^2 = \delta_2^2$) о равенстве выборочных дисперсий ряда наблюдаемых мощностей и ряда численных данных о моделируемых мощностях, против множества альтернатив ($H_1 : \delta_1^2 \neq \delta_2^2$).

Проведенные исследования показали, что в 95% доверительном интервале нет никаких оснований говорить о несоответствии построенных автором карт мощностей в изопахитах реальности.

3.2. История развития юрско-меловых седиментационных бассейнов Сибирской платформы

Воссоздаваемая по условиям и особенностям проявления тектонических и сопряженных с ними седиментационных процессов история бассейнов генетически связана с общерегиональными этапами формирования юрско-мелового мегакомплекса, отражающими наиболее общие закономерности эволюции земной коры Сибирской платформы и прилегающих областей.

3.2.1. Ранняя - средняя юра.

В это время происходит становление системы юрско-меловых седиментационных бассейнов Сибирской платформы, разделяющихся по характеру унаследованного развития на две группы. К первой (Енисей-Алданской) группе, локализуемой вдоль северной и восточной границ платформы, относятся бассейны, унаследованные в отношении знака и общего тектонического плана развития. Вторая (Ангара-Алданская) группа представлена тектоническими новообразованиями ("несогласные" бассейны), сосредоточенными в южной части платформы. Осадочные образования повсеместно сложены терригенными толщами трансгрессивного, инундационного и регрессивного типов.

Ранняя юра. Сравнительно спокойная тектоническая обстановка конца триасового периода, зафиксированная корами выветривания и поверхностями выравнивания, сменилась в начале юрского периода значительной активизацией дифференцированных тектонических движений. Довольно резкое и практически одновременное усиление

нисходящих движений привело к формированию раннеюрской системы бассейнов, включающей Енисей-Хатангскую, Анабаро-Хатангскую, Лено-Анабарскую, Лено-Алданскую, Ангари-Вилюйскую, Абанско-Мурскую, Присяно-Прибайкальскую, Южно-Якутскую региональные депрессионные структуры.

Средняя юра. Определенная стабилизация режимов вертикальных тектонических движений, наметившаяся в конце ранней юры, обусловила существенное сокращение площади устойчивой седиментации, отступившей к периферии платформы, в области наиболее активного формирования отрицательных структур. Унаследовано сохранялось распределение основных фациальных типов осадков морского ряда на севере и востоке, континентального - на юге платформы.

3.2.2. Поздняя юра - поздний мел

На фоне общего поднятия платформы продолжалось интенсивное формирование краевых депрессий Енисей-Алданской области. С этим временем связана перестройка их структурного плана, в значительной мере обусловленная сменой ранне-среднеюрских обстановок растяжения на обстановки сжатия и сдвига. Осадконакопление отличалось прежде всего широким развитием терригенных формаций регрессивного и эмерсивного типов.

Поздняя юра ознаменовалась снижением контрастности вертикальных движений, инверсией режима тангенциальных напряжений вдоль северо-восточного фланга платформы, заложением современного структурного плана краевых депрессий и началом общерегиональной континентализации условий осадконакопления. Система позднеюрских седиментационных бассейнов в связи с отмиранием части депрессионных структур южной части платформы была менее обширна, чем ранне-среднеюрская, и включала в себя краевые бассейны Енисей-Алданской области, автономно развивавшийся Южно-Якутский бассейн, а так же остаточные отрицательные структуры Абанско-Мурского района.

Ранний мел. Отличительной особенностью раннемелового структуроформирования явилось резкое усиление активности унаследованных с поздней юры вертикальных и горизонтальных тектонических движений. Этому времени соответствовала окончательная индивидуализация депрессий Енисей-Алданской области. Завершилась наметившаяся в позднеюрское время смена палеогеографических ус-

ловий седиментации. Ранний мел был явно выраженным геократическим периодом развития; аккумуляровавшиеся терригенные платформенные комплексы относятся к регрессивному и эмерсивному типам.

Поздний мел. Развитие системы седиментационных бассейнов в эту эпоху характеризовалось затуханием сравнительно "вялых" структуроформирующих движений, консервацией юрско-мелового структурного плана и осадконакоплением в условиях высокого стояния платформы преимущественно континентальных формаций.

4. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ ЮРСКО-МЕЛОВЫХ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ

В развитии юрско-меловых седиментационных бассейнов Сибирской платформы, в значительной степени predetermined древними унаследованными элементами и в первую очередь зонами глубинных разломов, различаются стадии юности, зрелости и старости.

Стадия юности, приходящаяся на раннюю юру, характеризовалась активными нисходящими движениями, расширением области седиментации и формированием в условиях дефицита обломочного материала трансгрессивных серий осадков, не компенсировавших возникавший тектонический рельеф. Эта начальная стадия, отличавшаяся в Енисей-Алданской и Южно-Якутской областях обрушением доюрского цоколя по системе сбросов, а на юго-западе - его короблением, проявилась на фоне соответственно растягивающих и скалывающих региональных напряжений.

С тоара в пределах большей части бассейнов началось прогрессивное ослабление прогибания, ознаменовавшее собой начало стадии зрелости, различавшейся своей длительностью в различных бассейнах. Наименьшая ее продолжительность была присуща бассейнам юго-запада платформы, где стадия полностью совпадала с тоарским веком, а в бассейнах растяжения севера и северо-востока платформы она напротив растянулась вплоть до поздней юры включительно. Стадия ознаменовалась стабилизацией тектонических движений, замещением разломов бортовых частей бассейнов флексурами и в целом уравниванием тектонического рельефа осадконакоплением. Структура формировавшихся осадочных толщ инундационного и регрессивного типов существенным образом зависела от эвстатических колебаний уровня моря.

Начало, продолжительность и характер проявления стадии старости седиментационных бассейнов в различных районах были неодинаковыми. Прекращение прогибания и начавшийся общий подъем территории привели в средней юре к распаду единой аккумулятивной системы юго-запада платформы, а затем к последовательному замыканию Ангаро-Вилуйского, Присаяно-Прибайкальского и Абанско-Мурского бассейнов. Аналогично, но уже в раннем мелу, выродился и Южно-Якутский бассейн. Иначе протекала эта стадия на территории Енисей-Алданской области, в общем отвечавшая здесь интервалу от поздней юры (волжский век) до позднего мела включительно. Напряжения сжатия, сменившие растягивающие усилия стадии юности, инициировали усиление вертикальных тектонических движений, максимум контрастности которых приходился на готерив-баррем. На фоне обособления региональных депрессионных структур происходил интенсивный рост осложнявших их новообразований более низкого ранга. В приверхоянских частях бассейнов сформировались напряженные складчато-надвиговые и кулисообразно построенные зоны. Юрско-меловой структурный план Енисей-Алданской области приобрел окончательный облик, фоссилизированный в конце позднего мела. Седиментогенез стадии старости характеризовался накоплением (при постепенном сокращении площади аккумуляции) все более и более грубозернистых толщ.

Оценивая в целом тектоническое развитие юрско-меловых седиментационных бассейнов следует отметить его эволюционность, унаследованность тектонических движений, с которой тесно связана унаследованность развития тектонических форм. Однако чисто качественное выявление этого факта путем последовательного сопоставления серии палеотектонических карт, дающее достаточно отчетливое представление о направленности исторического процесса, его переломных моментах, не позволяет установить существенность или несущественность изменений и (или) сходимости структурных планов во времени. Поэтому полезно обратиться к количественным критериям оценки степени перестройки - унаследованности, удобной мерой которой может служить коэффициент линейной корреляции, где в качестве независимых переменных используются данные о мощностях.

4.1. Оценка унаследованности развития тектонических форм юрско-меловых седиментационных бассейнов Енисей-Алданской области методом корреляционного анализа

Для оценки унаследованности развития юрско-меловых региональных тектонических форм Енисей-Алданской области рассчитаны множественный (r_c) и попарный (r_n) коэффициенты корреляции. Первый, полученный путем последовательного сопоставления разновозрастных палеоструктурных поверхностей с ранне-среднеюрской, рассматривается как показатель сквозной унаследованности, отражающей тесные наследственные связи с наиболее древними структурными формами и тектоническими вертикальными движениями. Второй характеризует структуру унаследованного развития, выявляемую путем последовательно-попарного сопоставления палеопланов.

Результаты оценки степени перестройки-унаследованности свидетельствуют о доминировавшем в пределах области унаследованном юрско-меловом развитии (преобладающее большинство значений коэффициентов корреляции статистически значимо и близко к уровню 0,5) с явной тенденцией уменьшения степени сквозной унаследованности со временем, что обусловлено появлением новых структурных элементов, постепенно затушевывающих прежние. Выборочные коэффициенты корреляции $r_n[K_1, I_3]$ и $r_c[K_2, I_{1-2}]$ для Анабаро-Хатангской седловины и $r_c[K_2, I_{1-2}]$ Лено-Анабарского прогиба, истинное значение которых равно нулю, свидетельствуют о полной перестройке геотектонических планов этих структур в раннем и позднем мелу соответственно. Но если в Анабаро-Хатангской седловине процесс, очевидно, был одноактным, то в пределах Лено-Анабарского прогиба он отличался более или менее постепенной сменой геотектонических планов на протяжении всего юрско-мелового развития.

Судя по характеру поведения множественного коэффициента корреляции, заложение современного структурного плана, начавшееся в поздней юре, сопровождалось в Анабаро-Алданской зоне оживлением допозднеюрского геотектонического плана, а в Енисей-Хатангском прогибе и Анабаро-Хатангской седловине наоборот его сглаживанием. Окончательное оформление юрско-мелового структурного плана Енисей-Алданской области - поздний мел: значения r_n свидетельствуют о практически полном отсутствии в это время но-

вообразований, а взаимоотношение корреляционных статистик ($r_c < r_n$) отражает высокую степень его стабильности.

По структуре унаследованного развития в пределах области отчетливо вычлениаются две группы региональных депрессионных структур. Для первой, представленной Енисей-Хатангской, Лено-Анабарской, Вилуйской и Алданской структурами, характерна позднелеринская инверсия части осложнявших их локальных структур ($r_n[I_3, I_{1-2}] < 0,5$) при сохранении региональных геотектонических планов. Во второй группе, включающей Анабаро-Хатангскую и Ленскую структуры, перестроенные процессы датируются ранним мелом.

4.2. Математическая классификация

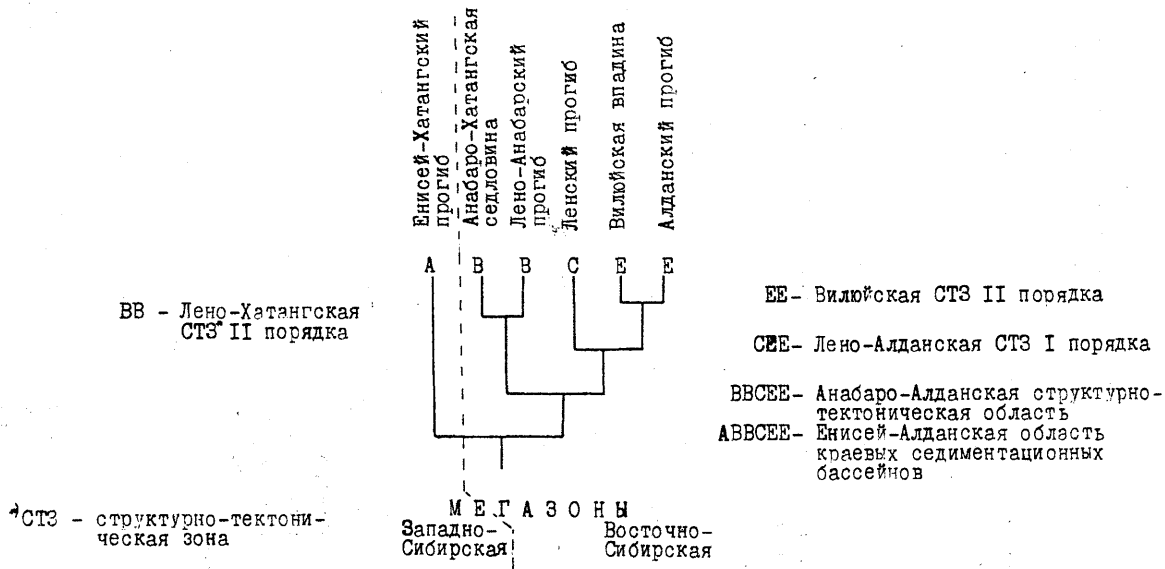
юрско-меловых тектонических форм Енисей-Алданской области

Математическая классификация осуществлена на ЭВМ методом кластерного анализа с использованием программы Statgraphics версии 3. В качестве главных компонент классификации приняты коэффициенты множественной и попарной корреляции, выборочные дисперсии мощностей и их совместное множество. Анализ выполнен для Енисей-Хатангской, Анабаро-Хатангской, Лено-Анабарской, Ленской, Вилуйской и Алданской структур Енисей-Алданской области краевых бассейнов платформы путем последовательного выделения 2, 3 и 4 классов (кластеров) этих структур и их последующего группирования по признакам унаследованного "сквозного" и "последовательного" развития, контрастности вертикальных тектонических движений, а также по признаку совместного вклада указанных факторов в развитие тектонических форм.

В целом взаимно дополняющие друг друга результаты группирования по указанным основаниям позволяют, вкупе с геолого-геофизическими данными, говорить о следующем (рис. 2).

- Енисей-Алданская область отчетливо делится на Западно- и Восточно-Сибирскую мегазоны, фактической структурной границей между которыми следует считать субмеридиональные разломы восточной центриклинали Енисей-Хатангского прогиба. Неопределенность принадлежности Анабаро-Хатангской седловины, входящей в одну группу то с Енисей-Хатангским прогибом, то с Лено-Анабарским прогибом, связана с тем, что она является пограничной структурой, в строении которой отразилось развитие сопряженных с ней депрессий.

Рис.2. "Древо" иерархической соподчиненности юрско-меловых тектонических тел Енисей-Алданской области краевых седиментационных бассейнов



- Восточно-Сибирская мегазона характеризуется целостной и иерархически соподчиненной системой региональных тектонических тел, что позволяет решить вопрос о структурно-тектонической принадлежности Лено-Анабарского прогиба к ряду предверхоанских структур.

- Наиболее близкими в структурно-тектоническом аспекте являются Анабаро-Хатангская и Лено-Анабарская, Вилуйская и Алданская структуры. Выявляемая статистически и историко-геологически тесная взаимосвязь Вилуйской и Алданской структур (позволяющая рассматривать их в качестве элементов единой Вилуйской гемисинеклизы), характер рельефа кристаллического основания, довольно резкое ограничение Ленского прогиба на широте устья Вилуя, а также практически отсутствующая структурная связь Ленского и Алданского прогибов, не дают оснований для выделения, по крайней мере в юрско-меловом структурном плане, Предверхоанского прогиба в его традиционном объеме.

- Лено-Хатангская структурно-тектоническая зона с Анабаро-Хатангской и Лено-Анабарской структурами и Вилуйская структурно-тектоническая зона с Вилуйской и Алданской структурами выделяются как статистически взаимозаменяемые объекты, что объясняется наличием сходных признаков внешнего и внутреннего порядка, возникших в идентичных обстановках формирования тектонических тел, и в определенном смысле говорит об их однотипности.

Приведенные результаты статистического анализа достаточно формальны. Многие детали, устанавливаемые по структурным и вещественным признакам, не находят отражения в полученных осредненных характеристиках. Но это - цена применения количественных методов. Можно только надеяться, что по мере накопления все большего числа метрических данных будут появляться все более и более приближенные к действительности решения, а включение в орбиту статистических исследований вещественной компоненты определено даст наиболее полное знание по затронутым проблемам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Не являясь доминирующим в историческом аспекте, юрско-меловое развитие тем не менее отражает важный момент эволюции земной коры Сибирской платформы, ознаменовавшийся существенными структурно-тектоническими преобразованиями, запечатленными в

системе юрско-меловых седиментационных бассейнов, основные элементы которых хорошо сохранились в современном эрозионном сре-зе.

Проведенные автором историко-тектонические исследования, базирующиеся в основном на методе тектонического анализа мощностей, позволяют сделать следующие общие выводы.

- Становление рассматриваемых седиментационных бассейнов характеризуется стадийно-унаследованным развитием, историко-генетически связанным с ранне-среднеюрским и позднеюрско-поздне-меловым общерегиональными этапами формирования юрско-мелового мегакомплекса, отражающими процесс эволюции земной коры Сибирской платформы и прилегающих складчатых сооружений.

- В строении и эволюции системы седиментационных бассейнов отражается субмеридиональная и субширотная латеральная неоднородность земной коры платформы и процессов, протекающих в литосфере.

- Наряду с вертикальными тектоническими движениями в формировании структурных планов седиментационных бассейнов принимали участие и горизонтальные движения, но их воздействие, выразившееся, в первую очередь, в образовании (по периферии платформы) надвигов и связанных с ними складок, значительно уступало вертикальным движениям. Однако в аспекте инициации вертикального тектогенеза краевых частей платформы, роль горизонтальных напряжений и обусловленных ими движений была, по всей видимости, определяющей.

- Расположение бассейнов платформы, сложившееся в первой половине юрского периода, подчинено субширотному и субмеридиональному направлениям. Последние отражают господствующую ориентировку древних, длительно развивавшихся разломов, разграничивающих блоки земной коры. Через систему этих разломов, являющихся наиболее консервативными структурными элементами, депрессионные структуры юрско-меловых осадочных бассейнов подчинены гетерогенной структуре основания, а констатируемая качественно и подтверждаемая методами статистического анализа унаследованность развития их тектонических форм является лишь частным случаем более общей унаследованности блокового строения коры.

Полученные результаты по определенному жестко очерченному кругу проблем, касающихся преимущественно геометрии осадочных бассейнов, могут служить основой для последующих исследований,

конечным результатом которых будет не решение отдельных специфических задач, но расширение знаний о процессах, происходящих внутри Земли.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Вещественно-морфологический принцип тектонического районирования // Принципы и методы тектонического анализа. Труды ВСЕГЕИ, Нов. серия, 1982, т.304, с.93-101. Соавторы: Драгунов В.И., Бельтнев Е.Б., Дубинский А.Я. и др.

2. Методологические аспекты количественной оценки режима вертикальных тектонических движений // деп. в ВИНТИ 29.12.93, N3220-B93, 21 с.

3. Основные закономерности тектонического развития юга Сибири в мезозое // Геодинамика, структура и металлогения складчатых сооружений юга Сибири. Новосибирск, 1991, с.190-191. Соавторы: Кириков Д.А., Чистяков Д.Н.

4. Оценка унаследованного развития юрско-меловой Енисей-Алданской области Сибирской платформы методом статистического анализа // Геология и геофизика, 1994, N 12, с.37-43.