

ВЕДУЩИЕ НАУЧНЫЕ ШКОЛЫ

В Институте сложились и успешно работают пять научных школ: академиков А.Э. Конторовича, М.И. Эпова, С.В. Гольдина, чл.-корр. РАН А.В. Каныгина, д.г.-м.н. С.Л. Шварцева, которые входят в число ведущих научных школ России.

Ведущая научная школа академика А.Э. Конторовича

В 2006 г. коллектив научной школы академика А.Э. Конторовича проводил научно-исследовательские работы по теме «Системные исследования фундаментальных проблем размещения ресурсов нефти и газа в земной коре и их использования человечеством» (НШ-1011.2006.5).

Описание выполненных работ:

Разработана новая схема стратиграфии палеозойских комплексов фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы; сформирован комплекс сейсмогеологических критериев локального прогноза нефтегазоносности зоны контакта палеозойских и мезозойских отложений Западной Сибири. Проведены исследования геохимии байкальской нефти и показана ее генетическая связь с комплексом кайнозойских осадков Байкала.

Создана математическая модель, которая позволяет описать механизм формирования скоплений углеводородов, распределение которых по массе описывается усеченным распределением Парето из дисперсно рассеянных битумоидов.

Разработана программа формирования нефтегазового комплекса Восточной Сибири и Республики Саха (Якутия).

Ведущая научная школа академика М.И. Эпова

В 2006 г. коллектив научной школы академика М.И. Эпова проводил научно-исследовательские работы по теме «Электродинамические процессы в геологических средах при решении задач разведочной, промысловой и инженерной геофизики» (НШ-9498.2006.5).

Описание выполненных работ:

Созданы средства математического моделирования переменных электромагнитных полей в анизотропных средах с частотной дисперсией электрофизических характеристик горных пород. Получены оценки эффектов влияния постоянного тока на прохождение упругих волн и монохроматические электромагнитные отклики во флюидонасыщенных горных породах.

Наземная геоэлектрика:

Изучены частотная дисперсия электропроводности, роль низкочастотных токов смещения и диэлектрической проницаемости, макроанизотропии при возбуждении среды индуктивными и гальваническими источниками. Будет построена геоэлектрическая модель криолитозоны с учетом частотной дисперсии удельного электрического сопротивления и/или диэлектрической проницаемости. Создана система проектирования, обработки и интерпретации оптимальной совокупности токовых зондирующих импульсов, направленная на повышение пространственной разрешающей способности геоэлектрики и ее чувствительности к характеристикам вызванной поляризации и магнитной вязкости горных пород. Изучена трехмерная структура Баргузинской депрессии, Тункинского рифта, Селенгинской и Гусиноозерской впадин; в основном расшифрована структура Приольхонского региона, характеризующегося широким спектром разномасштабных геологических объектов. Разрабо-

тан методический комплекс для исследования подповерхностной части разреза, направленный на диагностику состояния инженерных городских сетей, подземных сооружений для выявления зон обводнения, подтопления и промышленных загрязнений. Это позволит выполнять экологический мониторинг территорий, находящихся под интенсивным техногенным воздействием.

Промысловая геоэлектрика:

Созданы теоретико-методические основы комплексной интерпретации совокупности данных электро-электромагнитного каротажа, геолого-техно-логических исследований и технологических характеристик бурения в вертикальных и субгоризонтальных скважинах на основе единой модели, характеризующейся набором электрофизических и гидрофизических параметров. Полученные результаты позволят повысить достоверность и точность определения фильтрационно-емкостных характеристик нефтенасыщенных коллекторов и обеспечить определение оптимальных режимов бурения и геонавигационного обеспечения. Разработана методика построения литофациальной модели песчаных тел на основе петрофизической модели электропроводности, адаптированная к алгоритмам численного моделирования электромагнитного поля. Создан и опробован физико-математический инструментальный для количественной литофациальной интерпретации данных электромагнитного каротажа с использованием петрофизической модели электропроводности.

Ведущая научная школа академика С.В. Гольдина

В 2006 г. коллектив научной школы академика С.В. Гольдина проводил научно-исследовательские работы по теме «Геофизические процессы в блочных и гетерогенных средах» (НШ-2750.2006.5).

Описание выполненных работ:

Впервые построена теория, которая позволяет объяснить изменение механизмов землетрясений в северной части Индо-Евразийской коллизии, в частности в Алтае-Саянской области. Показано, что наблюдаемые механизмы землетрясений определяются существованием областей стесненного, умеренно-стесненного и нестесненного регионального сжатия, а также областей деформационной тени, в свою очередь, определяемые реологически-блочной структурой земной коры. Показано также, что ориентация плоскостей разрыва (сместителей) определяется тем, как современное напряженное состояние «ложится» на сложившееся пластическое течение. Совместный анализ данных GPS и сейсмологических данных выявил высокую вероятность того, что при реализации многих землетрясений (в частности Чуйского) велика иницирующая роль изгибных деформации. Полученные результаты легли в основу модели Чуйского землетрясения, для которой проведен первый численный эксперимент. Построен и исследован алгоритм решения обратной задачи по оценке параметров сейсмического разрыва по записям на ближних станциях. Подготовлена к экспериментам лабораторная установка, моделирующая консолидированную пористую среду с контролируемым содержанием пузырьков газа.

Ведущая научная школа чл.-корр. РАН А.В. Каныгина

В 2006 г. коллектив научной школы чл.-корр. РАН А.В. Каныгина проводил научно-исследовательские работы по теме «Главные тренды и периодические процессы в эволюции морских экосистем как критерии для обоснования стратотало-

нов и палеобиогеографического районирования (на основе изучения протерозойских и фанерозойских палеобассейнов Сибири) (НШ-628.2006.5).

Описание выполненных работ:

Исследования, как и прежде, проводились по следующим основным направлениям:

- эволюция экосистем в палеобассейнах разного геодинамического типа (эпиконтинентальных, океанических, переходных);
- экосистемное обоснование стратиграфических шкал и стратоэталонов регионального и субглобального рангов;
- выявление закономерностей хорологической дифференциации экологически разнотипных сообществ фауны и флоры как индикаторов палеобиогеографических и палеогеодинамических обстановок;
- обоснование нового поколения региональных стратиграфических схем;
- разработка детальной стратиграфической основы прогнозных и поисково-разведочных работ в нефтегазоносных бассейнах Сибири.

Концептуальной основой проводимых исследований является экосистемный подход к интерпретации геологической истории биосферы, на новых идеях «универсального эволюционизма» (Моисеев и др., 1996; Кайтун, 2000; Заварзин и др., 2004; Каныгин, 2001, 2005 и др.), т.е. на представлении об эволюции как процессе изменений взаимодействий между биотой и геологической средой. В практическом плане такой подход реализуется путем комплексного палеонтологического и седиментологического изучения осадочных бассейнов с целью реконструкции доминирующих (эдафических) элементов биот и условий их обитания, выявления эволюционных трендов и периодичности экосистемных перестроек. Основными типовыми объектами этих исследований являются: 1) протерозойские комплексы Сибирской платформы (СП) и Алтае-Саянской складчатой области (АССО), специфика которых заключается в их контрастной формационной и геодинамической гетерогенности; 2) палеозойские образования АССО и складчатого основания Западно-Сибирской геосинеклизы (т.е. Палеоазиатского океана и его переходных прикратонных окраин); 3) палеозойские отложения эпиконтинентального палеобассейна Сибирской платформы; 4) мезозойские и кайнозойские отложения бореального пояса Западной и Восточной Сибири (эпикратонные осадочные палеобассейны).

Таким образом, исследования проводятся в максимально широком эволюционном диапазоне от протерозоя до голоцена по единой комплексной программе силами 4 специализированных палеонтолого-стратиграфических лабораторий в тесной кооперации с другими лабораториями ИНГГ (лабораторией седиментологии, лабораторией органической геохимии, аналитическим центром).

Среди наиболее важных результатов отчетного года можно выделить следующие:

Обобщение всех мировых данных по таксономическому составу, динамике изменений разнообразия, палеобиологическим интерпретациям и биостратонии прокариотных и эвкариотных биот в протерозое и обоснования стратоэталонов рифея. Наиболее значительные новые палеонтологические данные по микропалеонтологической характеристике и обоснованию реперных корреляционных уровней регионального и субглобального рангов получены по подразделениям верхнего рифея – керпылия и байкалия, в которых (на Сибирской платформе) выявлены самые богатые в мире микробиоты. Это позволило существенно уточнить корреляцию лито-

стратиграфических подразделений верхнего рифея разных структурно-формационных зон Сибирской платформы и стратотипического района Урала. Полученные результаты имеют важное значение не только для характеристики древнейших экосистем на этапе становления эукариотной биосферы (при переходе от восстановительной среды к окислительной) и палеонтологического обоснования региональных и глобальных стратотипов протерозоя, но и для создания более надежной стратиграфической основы прогнозных и поисково-разведочных работ в уникальной докембрийской нефтегазоносной провинции Сибирской платформы, где в настоящее время резко увеличиваются темпы и объемы поисково-разведочных работ в связи с перспективами выхода России в ближайшие годы на Тихоокеанско-Азиатский топливно-энергетический рынок за счет ресурсов углеводородов Восточной Сибири.

На основе инвентаризации, ревизии и обобщения данных по таксономическому составу биот, стратиграфическому и биомическому распространению доминирующих групп кембрия и ордовика эпиконтинентального бассейна Сибирской платформы проведена экологическая типизация и уточнена геохронологическая идентификация трилобитов, замковых и беззамковых брахиопод, конодонтофорид, мшанок, криноидей, наутилоидей, кораллов и остракод. Установлены принципиальные различия кембрийских и ордовикских экосистем, которые в интегрированном виде выражаются в том, что в ордовике в связи с массовым расцветом новых экологических гильдий, представленных в основном фильтраторами, кардинально изменилась пространственная структура и скорость биогеохимических круговоротов за счет изменения системы циркуляции органического вещества: в кембрии из-за депонирования ОВ в осадке (основная пищевая база илоедных организмов – трилобитов и др.) биогеохимический цикл был полузамкнутым, в ордовике главным депо ОВ становится сама живая биота (удлинение и интенсификация трофических конвейеров по вертикали и латерали). В кембрии резко выражено доминирование пастбищных гетеротрофов при подчиненной роли малочисленных фильтраторных метазойных гидробионтов. Появление и быстрое вымирание «экзотических» форм жизни (эволюционных эфемеров) интерпретируется как свидетельство крупномасштабных градиентов изменений геологической среды, что хорошо согласуется с контрастными осцилляциями в соотношениях легких и тяжелых изотопов главных биофильных элементов (O, C, S) в кембрии. Массовое появление в ордовике новых экологических гильдий – эволюционных долгожителей с резко выраженным доминированием фильтраторных оксифильных организмов (кораллов, мшанок, криноидей и др.), заселение пелагиали специализированными группами зоопланктона и nekтона (граптолитами, радиоляриями, конодонтофоридами), появление крупномерных хищников (наутилоидей, бесчелюстных рыбообразных), формирование глобального трофического конвейера в пределах пелагиали и мелководной батиали. Боковыми стрелками показаны эволюционные ответвления некоторых групп морских гидробионтов в пресноводные биотопы в послеордовикское время (девон-карбон). Таким образом, экосистемные перестройки в раннем палеозое имели исключительно важные для будущего развития биосферы эволюционные последствия:

1) старт когерентной эволюции в морских экосистемах (ведущая роль ценотического фактора в эволюционной стратегии организмов);

2) возникновение биологических и геологических предпосылок для заселения эукариотными сообществами континентов (появление новых групп гидробионтов с перспективными адаптивными возможностями, дальнейшая оксигенизация атмосферы и гидросферы, начальный этап формирования устойчивого озонового экрана);

3) в связи со сменой доминирующего типа питания (детритоядного на фильтраторное) в гетерогенных звеньях ордовикских экосистем, вызванное кардинальными изменениями в пространственном распределении, концентрации и трансформации пищевых ресурсов, кардинальные изменения в биогеохимической циркуляции биофильных элементов (смена преимущественно седиментационной системы депонирования ОВ биотической, т.е. в трофических цепях, резкое ослабление геохимического барьера между автотрофным и гетеротрофным ярусами экосистем в виде донных осадков, ускорение биогеохимических циклов).

Получены принципиально новые данные по характеристике кембрийских, ордовикских и девонских бентосных и пелагических биот Палеоазиатского океана и его шельфовых окраин (АССО), что позволило существенно уточнить палеонтологическое обоснование стратиграфии контрастных полифациальных комплексов, в которых их первоначальные пространственно-временные соотношения изменены аккреционными процессами, что является серьезным препятствием для обоснования непротиворечивых палеогеографических и геодинамических реконструкций. Особенно важное значение для биоэкологической стратиграфии имеют новые данные по двум ключевым для стратиграфии палеозоя группам планктонной и нектонной фауны – радиоляриям и конодонтофоридам. В совокупности с богатыми комплексами бентосной фауны (остракодами, трилобитами, брахиоподами и др.) эти данные позволили впервые достаточно детально и достоверно обосновать корреляцию полифациальных комплексов девона и установить этапность проявлений вулканизма в одном из важнейших горно-рудных районов Алтая и уточнить региональную стратиграфическую схему девона всей западной части АССО.

Важнейшим обобщающим результатом по мезозою можно считать разработку детальной схемы структурно-фациального районирования юры Западной Сибири для узких стратиграфических интервалов и детальной региональной стратиграфической схемы юрских отложений этой территории нового поколения. Главной методической особенностью региональных стратиграфических схем мезозоя нового поколения является экосистемный подход к обоснованию биостратонов, который выражается в интеграции данных по фациальной дифференциации и этапности развития разных групп макро- и микрофауны, обоснования и сопоставления системы параллельных биоэкологических шкал по принципу дополнительности показан пример одной из биоэкологических шкал по диноцистам, спорам и пыльце).

На основе обобщения новейших данных по эволюции юрских экосистем в бореальных палеобассейнах выявлены важнейшие этапы экосистемных перестроек (включая два типа биотических кризисов) и их связь с переломными глобальными геологическими событиями, которые рассматриваются как важнейшие геохронологические реперы для бореально-тетических корреляций.

Все новые данные по стратиграфии и палеогеографии мезозойских отложений Сибири имеют первостепенное практическое значение, особенно по юре Западной Сибири, в связи с тем что юрский этаж в настоящее время приобретает первосте-

пенное значение для наращивания ресурсной базы нефтедобывающей промышленности России в целом.

Существенные уточнения внесены в реконструкции палеогеографической истории Западной Сибири в четвертичном периоде, которая уже на протяжении многих десятилетий является предметом острых дискуссий. В частности, многими авторитетными исследователями отвергается существование каргинского морского межледникового бассейна и в связи с этим масштабность и периодичность проявлений материковых оледенений на этой территории. Проанализированные методом AMS комплексы фораминифер (типичной морской микрофауны) из многочисленных разрезов севера Западной Сибири позволили установить радиоуглеродные даты и не только подтвердить существование каргинского морского межледникового бассейна, но и достаточно точно его оконтурить, что хорошо совпадает с седиментологическими и геоморфологическими данными. Эти данные приобретают особое практическое значение в связи с тем, что в последние годы стала выявляться связь ледниковых нагрузок с зонами локализации углеводородов в осадочном чехле. Исследования в этом направлении находятся в начальной стадии, но имеют хорошую перспективу для теории и практики поисково-разведочных работ на углеводороды.

Ведущая научная школа д.г.-м.н. С.Л. Шварцева

В 2006 г. коллектив научной школы д.г.-м.н. С.Л. Шварцева «Сибирская гидрогеохимическая школа» проводил научно-исследовательские работы по теме «Геохимия подземных вод и механизмы формирования их состава» (НШ-9542.2006.5).

Описание выполненных работ:

Обобщены теоретические разработки по проблеме «Геологическая эволюция и самоорганизация системы вода-порода». Начато издание 5-ти томной монографии, первый том которой уже издан (2005), второй подготовлен к печати.

Уже в этих двух томах обоснованы многие новые научные положения, имеющие принципиальное значение для развития современной геологии в целом. Вот только некоторые из них:

- Новым фактическим материалом, собранным по всему миру, включая термальные воды, подтверждена ранее высказанная идея о том, что система вода-порода носит равновесно-неравновесный характер. Последнее можно продемонстрировать хотя бы следующим графиком. Равновесие достигается только при $T > 350$ °C и то не со всеми минералами.
- Одно из следствий равновесно-неравновесного состояния системы вода-порода заключается в том, что она на разных этапах своего развития образует строго определенные минеральные парагенезисы, которые также строго ассоциируют с соответствующими геохимическими типами подземных вод, классификация которых также разработана.
- Соответственно, можно говорить о разных типах взаимодействиях воды с горными породами. Только применительно к зоне гипергенеза нами выделены следующие типы взаимодействий: 1) латеритное, 2) сиаллитное, 3) бисиаллитное, 4) содовое, 5) солеобразующее (со многими подтипами).
- Главнейшим фактором, который контролирует тип взаимодействия в системе вода-порода, является время взаимодействия. Но время измерить трудно, поэтому нужны другие критерии. Косвенно время взаимодействия отражает ин-

тенсивность водообмена. Оказалось, что водообмен, наряду с биологической продуктивностью ландшафта, выступает интегрированным фактором, который четко контролирует стадию взаимодействия воды с горными породами.

- Взаимодействие воды с одними и теми же алюмосиликатами, но при разных водообменах, приводит к образованию разных вторичных продуктов. Это принципиально важное положение, которое во многом меняет наши представления о развитии геохимических процессов.
- Система вода-порода заряжена на образование строго определенного вторичного минерального комплекса, который она производит до тех пор, пока существует соответствующий тип водообмена. В этом случае система, как заведенная машина, непрерывно формирует соответствующий вторичный минеральный комплекс и ассоциирующий с ним геохимический тип воды, например, содовые воды и лессы, кислые Fe-Al воды и латериты и т.д. Формирующиеся в этих условиях продукты (твердые и жидкие), хотя и медленно, но растут в объеме и захватывают все новые и новые пространства. Такие системы существуют геологически долго и к создаваемым ими условиям приспособляются формы жизни, включая и биопродуктивность, и направленность разложения органического вещества, и многие другие биогенные процессы и явления.