

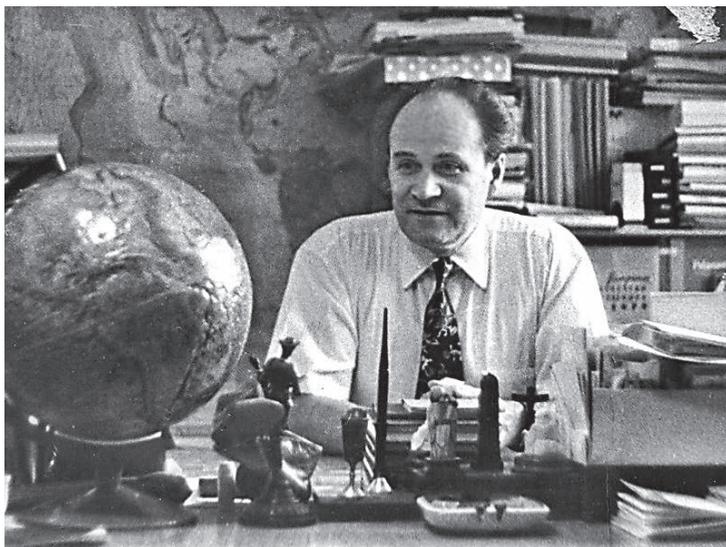


**3.1. ПАЛЕОНТОЛОГИЯ, СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЯ
ДОКЕМБРИЯ И ФАНЕРОЗОЯ СИБИРИ**

*А.В. Каньгин, Н.В. Сенников, Б.Н. Шурыгин, В.С. Волкова,
Д.В. Гражданкин, А.А. Постников*

**СОСТОЯНИЕ ПАЛЕОНТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ДО СОЗДАНИЯ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ АН СССР**

Со времени создания в 1958 г. в составе Института геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР крупного отдела палеонтологии и стратиграфии начался новый этап в палеонтолого-стратиграфическом и палеобиогеографическом изучении Сибири. Необходимость организации в системе академической науки нового центра таких исследований диктовалась в первую очередь потребностью научно-методического обеспечения современной стратиграфической основой геолого-съёмочных и поисково-разведочных работ, но одновременно Сибирский субконтинент с его огромной территорией и разнородным геологическим строением открывал большие возможности для разработки фундаментальных проблем палеонтологии, стратиграфии и палеобиогеографии докембрия и фанерозоя.



Академик Б.С. Соколов



Как отмечал академик Б.С. Соколов, 50–60-е годы были «золотым периодом» в развитии отечественной геологии, когда реализовывалась самая крупномасштабная в мировой практике государственная регионально-геологического изучения всей страны. Программой предусматривалось составление по сплошной сетке кондиционных геологических карт масштаба 1:200 000, опорное бурение для изучения глубинного строения наиболее перспективных платформенных структур и обобщение полученных результатов в виде сводных геологических, тектонических, палеогеографических и других специализированных карт с целью прогноза и создания новых баз для обеспечения нашей страны минерально-сырьевыми ресурсами. Сибирь в этой программе занимала особое место, так как ее территория была изучена очень неравномерно, некоторые районы даже на мелкомасштабных геологических картах оставались «белыми пятнами», и в то же время имелись предпосылки для высокой оценки общего ресурсного потенциала восточной части страны.

После создания в 1946 г. Министерств геологии СССР и РСФСР, в Сибири, как и в других регионах страны, была организована сеть территориальных геологических управлений (на больших слабо изученных территориях, как, например, в Магаданской области с районными подразделениями), которые объединяли стационарные геолого-съёмочные и поисково-разведочные экспедиции. В составе этих управлений, а иногда и крупных экспедиций в обязательном порядке создавались палеонтологические партии или лаборатории. Таким образом обеспечивалось очень быстрое накопление новых материалов по палеонтологии и стратиграфии, но их научное изучение в производственных организациях ограничивалось начальной стадией определения фауны и флоры для датировки картируемых отложений по немногочисленной тогда справочной литературе (главным образом по описаниям фауны и флоры других территорий). Это было серьезным препятствием для точной диагностики огромного разнообразия новых таксонов, которые накапливались в палеонтологических коллекциях.

Требовалось более углубленное изучение и обобщение этих материалов, но в Сибири в то время специальные палеонтологические исследования проводились только в двух научных центрах — в Томске, где в начале XX в. под руководством профессора М.Э. Янишевского при активном участии будущих академиков В.А. Обручева и М.А. Усова в Технологическом институте начала формироваться томская школа палеонтологов и стратиграфов, и в Новосибирске, в Западно-Сибирском филиале Академии наук СССР. Однако основные исследования томской школы были связаны главным образом с изучением палеонтологии и стратиграфии палеозоя западной части Алтае-Саянской области, а палеонтологическая ячейка в Новосибирске специализировалась в основном в области палинологии и палеоальгологии кайнозойских отложений Западно-Сибирской низменности. По другим территориям Сибири целенаправленные палеонтолого-стратиграфические исследования проводились специалистами центральных отраслевых институтов из Ленинграда (ВСЕГЕИ, НИИГА, ВНИГРИ), которые внесли особенно большой вклад в изучение палеозоя Сибирской платформы и частично Алтае-Саянской складчатой области (ВСЕГЕИ), мезозойско-кайнозойских отложений арктических районов (НИИГА). На рубеже 50–60-х годов группой сотрудников академических институтов Москвы (ГИН и ПИН АН СССР) было начато изучение докембрия и нижнего палеозоя Сибирской платформы, а также выполнены первые описания фауны из ордовика некоторых районов Северо-Востока СССР. Но в целом палеонтолого-стратиграфические исследования в

начальный период работ по государственной программе регионально-геологического изучения Сибири проводились разными ведомствами обособленно, что ограничивало возможности систематизации и обобщения быстро нарастающих объемов новых материалов.

ОРГАНИЗАЦИЯ И РАЗВИТИЕ ОТДЕЛА ПАЛЕОНТОЛОГИИ И СТРАТИГРАФИИ. КАДРЫ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ, ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ситуация кардинально изменилась, когда «эпицентр» исследований переместился в Новосибирск в связи с созданием отдела палеонтологии и стратиграфии в Институте геологии и геофизики СО АН СССР и почти одновременно с ним одноименного отдела в СНИИГГиМСе. С первых шагов деятельности между двумя отделами установились прочные творческие связи, которые в дальнейшем были закреплены организационной формой сотрудничества — созданной в 1968 г. Сибирской региональной стратиграфической комиссией (СибРМСК) Межведомственного стратиграфического комитета СССР (с 1991 г. — России). В рамках этой организационной структуры координируются все работы по стратиграфии Сибири, что способствовало объединению специалистов соответствующего профиля из разных академических, отраслевых и производственных учреждений, включая центральные институты, а отдел палеонтологии и стратиграфии ИГиГ СО АН СССР (ныне ИНГГ СО РАН), как один из наиболее крупных и высококвалифицированных коллективов в этой области в нашей стране, приобрел значение главного научно-методического центра таких исследований в Сибири.

Важной предпосылкой для успешного взаимодействия академической науки с производственными и отраслевыми организациями была изначальная установка основателей отдела Б.С. Соколова и В.Н. Сакса на неразрывную связь фундаментальных и прикладных аспектов исследований. Поэтому при формировании отдела основу творческого коллектива составили опытные специалисты, уже известные своими работами по палеонтологии и стратиграфии Сибири. Из Ленинграда были приглашены А.М. Обут (ЛГУ), В.Н. Дубатов (ВНИГРИ), С.А. Стрелков и С.Л. Троицкий (НИИГА), из Москвы — И.Т. Журавлёва (ПИН), С.А. Архипов, В.В. Хоментовский и Л.Н. Репина (ГИН), О.В. Юферев и О.И. Богущ (МГРИ), из Томска — О.А. Бетехтина, Р.Т. Грацианова, Н.П. Кульков, А.В. Розова. Лаборатория палинологии и палеонтологии почти полностью была укомплектована специалистами Западно-Сибирского филиала АН СССР: Т.Ф. Возженникова, Т.Н. Левина, А.Ф. Хлонова, В.И. Ильина, Л.И. Шешегова. Из этого же филиала перешли в институт микропалеонтолог В.И. Гудина и Е.Ф. Иванова. Первая генерация молодых специалистов состояла из выпускников столичных вузов: М.Я. Вотях, А.С. Дагис, А.А. Дагис, Е.А. Ёлкин, А.В. Каньгин, М.С. Якшин из МГУ, В.А. Захаров из ЛГИ, Ю.И. Тесаков из ЛГУ. В 1963 г. из Белоруссии был приглашен А.В. Фурсенко — один из основоположников микропалеонтологии в СССР, организовавший в начале 30-х годов первую в нашей стране лабораторию микрофауны во ВНИГРИ — головном геологическом институте Наркомата нефтяной про-



Чл.-кор. АН СССР В.Н. Сакс



Чл.-кор. АН БССР А.В. Фурсенко

мышленности. В ИГиГ под его руководством также была создана лаборатория микропалеонтологии. Таким образом, уже на старте отдел был укомплектован достаточно квалификационным кадровым составом во главе с ведущими учеными в этой области – членом-корреспондентом АН СССР Б.С. Соколовым (будущим академиком), членом-корреспондентом АН СССР В.Н. Саксом и членом-корреспондентом АН БССР А.В. Фурсенко.

Руководитель отдела Б.С. Соколов в качестве главной методологической основы планируемых исследований определил установку на интегральное использование как геологических, так и биологических методов, исходя из того, что стратиграфия базируется на изучении геологической летописи по двум разным видам «записей» в стратифере Земли — следам геологических и биологических событий.

В практическом плане это означало, что изучение ископаемой фауны и флоры не должно ограничиваться утилитарной целью выявления таксономического состава органических остатков, характеризующих определенные стратоны, используя так называемые «руководящие комплексы» для расчленения и корреляции разрезов. Необходимо изучение фоссилей не только по критериям таксономической классификации, но и их онто- и филогенеза, морфофункциональной эволюции конкретных филумов, палеоэкологии и хорологии сообществ. В геологическом аспекте главной задачей следовало считать реконструкцию условий обитания сообществ организмов с использованием седиментологических и тафономических методов. Синтез таких палеобиологических и геологических данных дает возможность в полной мере реализовать историко-геологический принцип в обосновании стратонов любого ранга, отражающих как общие эволюционные тренды, так и периодичность эволюционных изменений экосистем в целом.

На этой методологической установке определились структура и тематика отдела («триада Б.С. Соколова»):

1) комплектовать кадровый состав таким образом, чтобы без существенных пробелов можно было выявлять все основные группы органических остатков по стратиграфической колонке от протерозоя до четвертичной системы, что позволит изучать историю развития разных групп организмов в максимальном эволюционном диапазоне;

2) исследования должны проводиться на «бассейновой основе», т. е. базироваться на комплексном изучении биот и среды их обитания в конкретных седиментационных бассейнах, но с неперменным использованием сравнительных данных по другим регионам;

3) в соответствии с такими задачами тематика отдела и деление его на лаборатории должны строиться по единой программе и перекрестному принципу: по объектам исследований — крупным стратиграфическим этапам, каждый из которых имеет свою историко-геологическую специфику (докембрий, палеозой, мезозой, кайнозой); а по методам изучения, включая та-

кие специфические группы фоссилий, как микрофауна и микрофитофоссилии, требующие особой лабораторной базы, по «вертикальному» принципу, но с привязкой специалистов этого профиля к тематике параллельных стратиграфических лабораторий.

Эти принципы построения организационной структуры отдела сохранялись при всех последующих структурных преобразованиях как отдельных лабораторий, так и института в целом, и полностью себя оправдали. Сохранение цельности организационной структуры отдела, тематика которого на всех этапах его развития объединялась единой программой, оказалось важным фактором успешной организации коллективных исследований.

В первые же годы экспедиционными исследованиями были охвачены почти все регионы Сибири, в первую очередь наименее изученные, что позволило сразу же включиться в активное регионально-геологическое изучение этих территорий и установить кооперативные связи с местными производственными организациями. Исключением стали два региона — Дальний Восток, где в это время в Дальневосточном геологическом и Биолого-почвенном институтах АН СССР (Владивосток) начали формироваться собственные палеонтолого-стратиграфические подразделения, и Западно-Сибирская низменность, в связи с тем что в Тюмени был организован ЗапСибНИГНИ («отпочковавшийся» от СНИИГГиМСа), где сложился крупный коллектив микропалеонтологов и палинологов, для разработки стратиграфии мезозоя новой нефтегазоносной провинции.

География экспедиционных работ за полувековой период деятельности отдела менялась в связи с постановкой новых задач и изменениями в кадровой расстановке специалистов по территориальным научным и производственным организациям. Главными геологическими полигонами для изучения протерозойских отложений были и остаются до настоящего времени Сибирская платформа и в несколько меньшей степени Алтай-Саянская складчатая область, т. е. регионы наибольшего распространения пород этого возраста. Основные экспедиционные работы по палеозою за все прошедшие годы также были сосредоточены на Сибирской платформе и в Алтай-Саянской складчатой области. В первое десятилетие крупные экспедиционные работы проводились в почти неисследованных районах Верхояно-Чукотской складчатой области (хр. Тас-Хаяхта, Селеняхский кряж, Омулеские горы, Омолонский массив, хр. Сетте-Дабан, хр. Улан-Сис, Чукотский полуостров), в результате чего изучены типовые разрезы и впервые монографически описаны остракоды ордовика, табуляты, строматопороидеи и брахиоподы девона, граптолиты ордовика и силура, фораминиферы и остракоды карбона. Эти палеонтологические материалы в дальнейшем послужили для обоснования первых для указанной территории региональных стратиграфических схем нижнего и среднего палеозоя, принятых на Межведомственном стратиграфическом совещании в Магадане в 1979 г. С середины 70-х годов были начаты работы по изучению палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты по керновому материалу, которые в 90-х годах быстро расширились в связи с потребностями нефтегазопромышленной геологии на этой территории.

Мезозойские и кайнозойские отложения без учета четвертичного покрова наиболее широко распространены на севере Сибири, где они доступны для изучения в естественных обнажениях, а также в осадочном чехле Западно-Сибирского бассейна. Поэтому главными объектами экспедиционных исследований по этому стратиграфическому интервалу изначально являлись



разрезы Арктики и Субарктики (бореального пояса). Эти работы стали естественным продолжением исследований, которые проводились здесь сотрудниками НИИГА, и в первые два десятилетия сбор и обработка материалов осуществлялись совместно с сотрудниками НИИГА и частично ВНИГРИ под общим руководством В.Н. Сакса. Изучение триасовых отложений, кроме северных районов Средней Сибири, в течение многих лет проводилось также на Северо-Востоке СССР, где они представлены более полно.

Полевые работы не ограничивались территорией Сибири. Для сравнительного исследования разрезов других регионов экспедиционные отряды института изучали палеозой на классических разрезах Подолии, Эстонии, а также Казахстана и Средней Азии (обычно в кооперации со специалистами центральных институтов и местных геологических организаций). Результаты сравнительных исследований были опубликованы не только в многочисленных обобщающих статьях, но и в монографиях по некоторым важнейшим группам фауны, имеющим опорное значение для стратиграфических корреляций, палеобиогеографического районирования и палеобиологии: силурийским табулятам Подолии, карбоновым фораминиферам Прибалхашья, девонским табулятам Казахстана, современным и четвертичным фораминиферам Дальневосточных морей СССР, Черного моря и др. В научно-методическом отношении очень важным было участие многих сотрудников в полевых геологических экскурсиях в разных районах нашей страны и за рубежом, где присутствовали ведущие ученые разных специализаций.

Важным показателем масштабности исследований явилось то, что уже в первые полтора десятилетия было ликвидировано отставание Сибири от европейской части страны по степени палеонтологической, стратиграфической и палеобиогеографической изученности, и территория стала одним из важных мировых полигонов для разработки общих проблем в этой области.

Следующий переломный этап относится к началу 90-х годов, когда произошла существенная переориентация палеонтолого-стратиграфических исследований в связи с необходимостью более активного участия академической науки в изучении глубинного строения нефтегазоносных бассейнов Западной и Восточной Сибири. В Институт геологии и геофизики СО АН СССР из СНИИГГиМСа для руководства отделением стратиграфии, литологии, тектоники и осадочных полезных ископаемых был приглашен А.Э. Конторович, вскоре избранный членом-корреспондентом (1990), а затем академиком РАН (1991). По инициативе академиков А.А. Трофимука и А.Э. Конторовича при поддержке руководства СО РАН и института (академиком В.А. Коптюга и Н.Л. Добрецова) было проведено значительное кадровое укрепление и расширение тематики исследований по широкому спектру нефтегазовой геологии, включая стратиграфию. На этот период пришлось кардинальные изменения в экономической ситуации в стране, потребовавшие введения новых форм организации и финансирования прикладных аспектов исследований на основе рыночных механизмов. В то же время из-за кризиса всей геологической отрасли, выразившегося, в частности, в резком сокращении кадров в отраслевых институтах Мингео РСФСР, возник вакуум в обеспечении нефтяной геологии палеонтолого-стратиграфическими исследованиями.

Руководителем отделения А.Э. Конторовичем были предприняты энергичные меры по организации и финансовому обеспечению работ по сбору и обработке материалов бурения на территориях Западно-Сибирской плиты и

Сибирской платформы, накопившихся в огромном количестве и оказавшихся совершенно невостребованными для полноценного палеонтолого-стратиграфического изучения. Эти исследования финансировались главным образом за счет хоздоговоров с заинтересованными производственными организациями, территориальными и нефтегазодобывающими компаниями, что позволило решить сразу несколько важных задач: 1) получить доступ к новейшим материалам (керну поисково-разведочных скважин и геофизическим данным); 2) начать техническое перевооружение (полная компьютеризация, приобретение современных высокоразрешающих микроскопов, оснащение препаративных и т. п.); 3) существенно укрепить кадровый состав отдела палеонтологии и стратиграфии за счет выпускников Новосибирского государственного университета (НГУ).

Следует отметить, что в 90-х годах стала обостряться проблема «плавной» смены поколений из-за дефицита вакансий, хотя со времени создания в 1960 г. НГУ отдел приобрел базовое значение для подготовки там кадров высшей квалификации в области палеонтологии и стратиграфии. В 1964 г. Б.С. Соколовым на геолого-геофизическом факультете была организована кафедра исторической геологии и палеонтологии, которую после его отъезда в Москву в связи с избранием в 1976 г. академиком-секретарем и членом Президиума АН СССР последовательно возглавляли сотрудники отдела В.Н. Сакс, О.В. Юферев, В.А. Захаров и А.В. Каныгин. Почти все преподаватели кафедры были сотрудниками отдела, а курсовые и дипломные работы студентами выполнялись в основном в лабораториях отдела, что обеспечивало раннее вовлечение их в научную работу и «штучную» подготовку специалистов — такая система подготовки научных кадров давала возможность приглашать на освободившиеся вакансии лучших выпускников кафедры. В 70-е годы в разные лаборатории отдела были приняты Н.В. Сеников, Б.Н. Шурыгин, Л.К. Левчук, Н.И. Курушин, Н.К. Бахарев, В.М. Задорожный, А.А. Постников, А.А. Терлеев; в 80-е годы — О.К. Боголепова, А.И. Варламов, А.П. Губанов, С.А. Гуськов, Н.Г. Изох, А.В. Тимохин, И.Г. Тимохина, Б.Л. Никитенко, Н.К. Лебедева, И.В. Коровников, В.А. Маринов; после 1990 г. — О.С. Дзюба, Л.А. Глинских, Б.Б. Кочнев, К.Е. Наговицин, О.Т. Обут, И.В. Хазина и др. Все эти специалисты защитили докторские или кандидатские диссертации и большинство из них продолжают успешно работать в институте.

Однако накопившиеся к середине 90-х годов некоторые диспропорции в кадровом обеспечении отдельных направлений исследований и резкое расширение фронта работ в нефтегазоносных провинциях Сибири потребовали более широкого привлечения молодых специалистов. В настоящее время уже около трети кадрового состава отдела составляют молодые специалисты (включая аспирантов).

Плодотворным стало участие в выполнении крупной Междисциплинарной программы «Поиск» по обобщению геологических, геофизических и геохимических данных по перспективам нефтегазоносности сибирских палеобассейнов. Эти работы были организованы по инициативе академиков А.Э. Конторовича и В.С. Суркова и финансировались непосредственно Министерством геологии РФ. Участие в программе «Поиск» способствовало концентрации специалистов на самых актуальных направлениях исследований и дальнейшему укреплению творческой кооперации специалистов академической и отраслевой науки, в первую очередь Института геологии и гео-



физики (в дальнейшем, после ряда структурных преобразований, — Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН) со СНИИГГиМСом. Результатом совместных работ стало создание серии книг из девяти томов «Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири», не имеющей аналогов в мире по масштабности и детальности обобщений по стратиграфии осадочных палеобассейнов огромной территории с охватом практически максимального геохронологического диапазона от неопротерозоя до четвертичной системы.

Успешное подключение специалистов отдела палеонтологии и стратиграфии к активному изучению стратиграфии и палеогеографии нефтегазоносных бассейнов Сибири было подготовлено предыдущими исследованиями типовых районов распространения соответствующих отложений, доступных для непосредственного описания в естественных обнажениях. Разработанные по этим материалам стратиграфические схемы, а также палеогеографические, палеоэкологические и биофациальные реконструкции стали опорными для более детального, чем прежде, изучения закрытых площадей по керновому материалу с использованием геофизических данных для экстраполяции. Это позволило поднять на качественно новый уровень информационную базу — не только для решения задач прикладной стратиграфии, но и для разработки общих проблем стратиграфической корреляции, в частности повышения точности и детальности методов «глубинной» стратиграфии, а также для обоснования типовых моделей палеогеографической и биофациальной дифференциации палеобассейнов на разных этапах их эволюционного и геодинамического развития уже на более «плотной» сети наблюдений.

В то же время для разработки прикладных и фундаментальных проблем палеонтологии, стратиграфии и палеогеографии по-прежнему остаются актуальными задачи, связанные с изучением эталонных разрезов таких типовых районов, как бореальный пояс Сибири (особенно для мезозоя и кайнозоя), Сибирская платформа и Алтае-Саянская складчатая область (для докембрия и палеозоя). В принятой на ближайшую перспективу программе исследований предусматривается также существенное усиление исследований по арктическим районам Сибири, включая острова Северного Ледовитого океана. В последние годы были проведены первые полевые работы на о. Котельный и на побережье моря Лаптевых.

Таким образом, полевыми исследованиями сотрудников отдела палеонтологии и стратиграфии охвачена практически вся территория Сибири. Несмотря на кризисное положение геологической отрасли страны и связанное с этим сокращение или ликвидацию палеонтолого-стратиграфических исследований почти во всех центральных академических институтах и в особенности в отраслевых научных и производственных организациях, отдел палеонтологии и стратиграфии ИНГГ СО РАН полностью сохранил свою жизнеспособность благодаря планомерной подготовке научной смены, что позволяет поддерживать лидирующее положение отдела в этой области не только в Сибири, но и в стране в целом.

Ставшее традиционным тесное творческое содружество по принципу дополнительности с коллективами из других ведомственных и академических организаций Сибири (СНИИГГиМСа Мингео РФ, Института геологии алмазов и благородных металлов СО РАН в Якутске и Института земной коры СО РАН в Иркутске) позволяет рассчитывать на сохранение прежних темпов и достигнутого уровня исследований в будущем.

**ВКЛАД В РАЗРАБОТКУ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ СТРАТИГРАФИИ
И ОБОСНОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ СТРАТОЭТАЛОНОВ**

Важнейшим научным итогом проведенных исследований стало создание качественно новой биостратиграфической основы для всех видов регионально-геологических работ на территории Сибири — прогнозных, съемочных, поисковых и разведочных. В ней с учетом региональной геологической специфики Сибири и критического пересмотра некоторых канонических концепций нашли наиболее полное воплощение и прошли всестороннюю апробацию на огромном фактическом материале новые принципы и методы глобальной и региональной стратиграфии, которые стали быстро развиваться с 60-х годов XX столетия. Огромная и геологически очень разнородная территория Сибири, значительно превышающая по площади Западную Европу, где сформировались классические принципы стратиграфии, оказалась уникальным геологическим полигоном, позволившим провести коренную ревизию многих устоявшихся теоретических и региональных представлений.

В концептуальном плане центральное место в теории стратиграфии занимает проблема универсальности Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Истоки этой проблемы относятся ко времени формирования МСШ, а также принципов ее обоснования и правил использования для глобальных и региональных геологических корреляций. Эти вопросы являлись главными темами обсуждений на первых восьми сессиях Международного геологического конгресса (1879—1900 гг.), который, как известно, был специально учрежден ведущими геологами того времени для разработки единого интернационального геохроноэталона («геологического хронографа») на основе систематизации и унификации исторически сложившейся в Европе стратиграфической номенклатуры. Международная (или Общая) стратиграфическая шкала, построенная из иерархически соподчиненных стратиграфических подразделений (систем, отделов, ярусов, зон), рассматривалась в качестве материального выражения геологического времени и должна была служить для датировки любых событий геологического прошлого.

Уже тогда возникли острые разногласия по поводу возможности использования канонизированных стратиграфических стандартов Западной Европы, особенно дробных подразделений МСШ — ярусов и зон — на удаленных



Выброска на Анабар, 1980 г.



от типовых местностей территориях. Главными оппонентами концепции единой для всего мира европейской шкалы, которой придавался статус универсального самодостаточного эталона, выступили американские, а также русские геологи (С.Н. Никитин и Ф.Н. Чернышов) — представители регионов, где уже тогда были очевидны неизбежные трудности по идентификации в местных разрезах дробных подразделений «искусственной» шкалы Западной Европы. Воспринимая европейскую шкалу «как искусственную, но необходимую для дальнейшего движения науки систему», С.Н. Никитин и Ф.Н. Чернышов (1889) считали необходимым дополнением к ней классификации «местной» шкалы, построенной не на принципе универсальности единого «геологического хронографа», а на выявлении естественных историко-геологических этапов «в каждой местности», которые с разной степенью достоверности можно сопоставить с «искусственной» общей шкалой. Таким образом, в ходе дискуссий были заложены основы двух главных концепций стратиграфии, которые в дальнейшем получили названия «хроностратиграфическая» и «историко-геологическая». Первую из этих концепций часто называют «западно-европейской», а вторую — «американской», хотя справедливее было бы называть ее по правилу приоритета «русско-американской».

На разных этапах развития стратиграфии противоборство этих концепций то затихало, то снова обострялось в связи с расширением географии геологических исследований и повышением требований к детальности и достоверности стратиграфических корреляций, особенно при составлении сводных карт крупных территорий, когда необходимо унифицировать легенды крупномасштабных карт в единой стратиграфической номенклатуре. С особой остротой дискуссии по этой проблеме возобновились в последнее пятидесятилетие, что нашло отражение в деятельности Международной стратиграфической комиссии, изменениях некоторых базовых положений в изданных в разные годы этого периода «Международных стратиграфических справочниках» и национальных «Стратиграфических кодексах».

В современной истории стратиграфии нашей страны преодоление «синдрома» единой стратиграфической шкалы начинается со времени обобщений огромных новых материалов по азиатской части СССР, когда особенно



Сплав с загрузкой «под завязку». 1981 г.

отчетливо выявились трудности использования европейских ярусных и биозональных стандартов для внутри- и межрегиональных корреляций. Определяющее значение для критического пересмотра концептуальной основы стратиграфии имели результаты палеонтолого-стратиграфического изучения сибирских регионов, которые обнаружили резкие различия биот сибирских и европейских палеобиогеографических провинций.

В первую очередь это выявилось на примере ордовика Сибирской платформы, где разрезы охарактеризованы богатой, но преимущественно эндемичной бентосной фауной. Выделение подразделений ордовика по Британской шкале этой системы, принятой в качестве эталона МСШ, оказалось невозможным из-за отсутствия прямых коррелятивных признаков ярусного и зонального рангов, т. е. сходных по таксономическому составу комплексов фауны. Поэтому впервые в практике регионального геологического изучения территории СССР для ордовика Сибирской платформы была разработана региональная стратиграфическая шкала, подразделения которой по критерию эволюционных этапов развития фауны (т. е. по историко-геологическому принципу) сопоставлялись с Британским стандартом. В качестве региональных эквивалентов ярусов МСШ (по примерному соответствию стратиграфических диапазонов, но не по обязательной синхронности) были выделены горизонты. Впервые в такой же трактовке термин «горизонт» был предложен С.Н. Никитиным (1889) в статье «Следы мелового периода в центральной России». Слово «следы» в данной статье можно трактовать как выражение критического отношения русских геологов того времени к идее универсальности «искусственной» шкалы Западной Европы, абсолютизирующей метод прямых аналогий при сопоставлении разрезов разных регионов.

Региональная стратиграфическая схема ордовика Сибирской платформы, палеонтологическое обоснование которой дано в монографии О.И. Никифоровой и О.Н. Андреевой (1961), стала основополагающей в переориентации методологической основы стратиграфии и способствовала постепенному формированию новой концепции номенклатурной и функциональной



Удачная рыбалка. 1986 г.



независимости трех категорий шкал вместо единой универсальной: общей (или международной), региональной и местной. Новая концепция по существу объединила обе прежние концепции, считавшиеся ранее альтернативными, так как Общая стратиграфическая шкала является хронометрическим выражением геологического времени в глобальном масштабе, а региональные и местные шкалы отражают хронологическую последовательность историко-геологических этапов конкретных седиментационных палеобассейнов и их частей. Такой подход резко расширяет возможности использования быстро накапливающихся данных по разным регионам для корректировки и самой МСШ, поскольку именно при регионально-геологических исследованиях возможно использование самых разнообразных взаимоконтролируемых палеонтологических, литологических, геофизических, изотопно-геохимических и других методов корреляции, в то время как МСШ является синтетическим выражением данных по всем регионам, а не только по типовой местности стратозалонов.

Изменения концептуальных основ стратиграфии в нашей стране и изменения в деятельности Международной стратиграфической комиссии потребовали преодоления устоявшихся стереотипов прежних представлений и потому сопровождались острыми дискуссиями. Первые инструкции и методические указания созданного в 1956 г. Межведомственного стратиграфического комитета СССР предписывали использование в стратиграфических обобщениях и легендах геологических карт номенклатуры МСШ, допуская применение местной и региональной стратиграфических единиц только в качестве вспомогательных и временных, с ориентацией замены их в будущем, при накоплении достаточных данных, подразделениями МСШ. Этот «атавизм» быстро преодолевался по мере накопления опыта регионально-геологических исследований, что нашло частичное отражение уже в первом издании «Стратиграфического кодекса СССР» (1977), но в более современном виде — в двух последующих его изданиях (1992, 2006), а также в «Дополнениях...» к нему (2000).



Остановка в пути. Крайний слева — к.г.-м.н. Ю.Л. Пельман. 1985 г.

Сибирские стратиграфы в первые годы после начала крупномасштабных регионально-геологических обобщений по территории Сибири разделились на два лагеря — «радикалов» и «либералов». Горячие обсуждения проблем стратиграфической классификации, легенд геологических карт, идентификации границ систем происходили на семинарах и совещаниях в обоих головных геологических институтах Сибири — ИГиГ СО АН СССР и СНИИГГиМСе. Большинство таких обсуждений проводилось совместно. Лидеры стратиграфов СНИИГГиМСа (Л.Л. Халфин, Ф.Г. Гулари, В.Е. Савицкий, Ю.В. Тесленко, В.И. Краснов), имевшие к тому времени более богатый опыт изучения территории Сибири, настаивали на радикальной ревизии стратиграфических стандартов и правил их использования, отдавая приоритет региональным стратозатонам. Радикализм этого направления выразился даже в названии программной статьи Ф.Г. Гулари и Л.Л. Халфина «Реформа стратиграфии необходима» (1969), написанной в духе манифеста. Более компромиссную позицию занимали «либералы-западники» во главе с Б.С. Соколовым, считавшие необходимым искать пути совмещения стратиграфических шкал разного ранга, каждая из которых выполняет самостоятельную функцию. Для этого требуется сравнительный анализ и обобщение материалов по палеобассейнам разных континентов и корректировка на их основе общих стратиграфических стандартов, которые должны оставаться главным интегральным показателем хода геологической истории Земли. Б.С. Соколов опубликовал в указанный период большой цикл теоретических статей по проблемам обоснования глобальных и региональных стратозатонов (главным образом на примерах изучения палеозоя и докембрия), которые оказали определяющее влияние на развитие стратиграфии в нашей стране (Соколов, 1960, 1964, 1968, 1974; и др.)

Следует отметить, что целесообразность использования новой концепции, предусматривающей разработку для каждого региона автономной стратиграфической шкалы, не сразу была воспринята с одинаковым пониманием специалистами, занимающимися изучением разновозрастных эратем — наиболее древних (докембрия и палеозоя) и более молодых (мезозоя и кайнозоя). Главной объективной причиной разногласий была разная степень полноты



Салаир, 1965 г. Совместная экспедиция сотрудников ИГиГ СО АН СССР и ВСЕГЕИ.
 Стоят: А.Б. Ивановский, ..., Е.А. Ёлкин, О.И. Никифорова.
 Сидят: ..., Н.Н. Предтеченский, М.А. Ржонсницкая



геологической летописи этих эратем, что лимитировало корреляционный потенциал наиболее дробных подразделений МСШ — ярусов и хронозон. Первоначально ярусные и зональные шкалы были разработаны в середине XIX века А. д'Орбиньи и А. Опелем на примере богато охарактеризованных фауной, особенно аммонитами, разрезов юрских и меловых отложений тетического биогеографического пояса (Франция, Швейцария, Англия). Аммониты, как пелагические организмы, способные к широким расселениям, оказались действительно надежным палеонтологическим индикатором изохронности сопоставляемых отложений, но, как оказалось впоследствии, только в пределах тепловодного климатического пояса. Тем не менее именно эта относительная универсальность ярусных и хронозональных подразделений юрской и меловой систем МСШ долго оставалась оплотом концепции единой универсальной стратиграфической шкалы.

При разработке детальной стратиграфии палеозоя, а затем и докембрия, наоборот, изначально возникли непреодолимые трудности сопоставления далеко разобобщенных разрезов на уровне дробных стратиграфических подразделений, поэтому именно для палеозоя разных регионов пришлось разрабатывать региональные эквиваленты МСШ. Палеозой, таким образом, стал «колыбелью» историко-геологической концепции. Исторические корни этих двух альтернативных концепций нашли отражение в разнице подходов к проблемам региональной стратиграфии Сибири среди специалистов разных эратем — докембрия и палеозоя, с одной стороны, и мезозоя—кайнозоя, с другой. Лидер мезозойско-кайнозойского направления В.Н. Сакс на первых порах считал главной задачей обоснование на территории Сибири ярусов и хронозон как наиболее дробных подразделений по стандартной западно-европейской шкале. Однако по мере накопления и обобщения данных по палеонтологии, детальной стратиграфии и палеобиогеографическому районированию этой территории стала ясна необходимость разработки в дополнение к глобальным стратозеталонам автономных (параллельных) региональных шкал. В результате на основе изучения сибирских разрезов и сравнительного анализа данных по другим регионам под руководством вначале В.Н. Сакса, затем В.А. Захарова были разработаны по разным группам организмов зональные шкалы триаса, юры и мела для всего бореального пояса. Эффективность такого подхода была доказана при обосновании нового поколения региональных стратиграфических схем мезозойского чехла Западно-Сибирской плиты, а также при циркумбореальных корреляциях. Подтверждением этого является и существенная корректировка корреляции юрских отложений Аляски, выполненная на основе указанного подхода главными разработчиками сибирских схем (Б.Н. Шурыгиным и Б.Л. Никитенко) при ознакомлении с материалами в Аляскинском геологическом управлении.

В палеозойской группе идеи разработки хронозон западно-европейской шкалы поддерживались и реализовывались А.М. Обутом и его сотрудниками (Р.Ф. Соболевская, Н.В. Сенников), разработавшими зональные граптолитовые шкалы палеозоя для Сибири, Казахстана и Средней Азии.

Практическим воплощением новой концепции стало создание для всей территории Сибири региональных стратиграфических схем, охвативших почти максимальный геохронологический диапазон, доступный для изучения палеонтолого-стратиграфическими методами, — от неопротерозоя до четвертичного периода. Ведущая роль в этих исследованиях принадлежит сотрудникам отдела палеонтологии и стратиграфии ИГиГ—ИНГГ, особенно в разработке схем нового поколения. Огромная по своим масштабам работа

могла быть выполнена только на основе объединения специалистов разных научных и производственных организаций. Первые полтора десятилетия в них активно участвовали кроме сотрудников научных учреждений Сибири (СНИИГТиМС, ВосСНИИГТиМС, ЗапНИГНИ) сотрудники центральных институтов (ГИН, ПИН АН СССР, ВСЕГЕИ, Севморгео, ВНИГРИ). Концепция автономности стратиграфических шкал разного ранга, получившая всестороннее обоснование и практическую реализацию при изучении Сибирских регионов, имеет фундаментальное значение для дальнейшего развития стратиграфии, что подтверждается и общемировыми тенденциями последних десятилетий.

Сибирский материал послужил основой для дальнейшего глубокого развития историко-геологического принципа в изучении не только фанерозойских, но и докембрийских отложений, особенно неопротерозойских и вендских, которые до начала 60-х годов в Сибири не выделялись. Одним из крупнейших достижений отечественной и мировой геологии явилось обоснование новой предкембрийской системы, переходной к фанерозою, — вендской, отвечающей специфическому этапу формирования осадочного чехла древних платформ и становления многоклеточных животных, не имевших еще скелетных образований, что резко отличает венд как от кембрия, так и от более древней части протерозоя. Венд, впервые выделенный в начале 50-х годов Б.С. Соколовым на Русской платформе как региональное подразделение, после изучения первоклассных сибирских разрезов и сравнительного анализа по всем основным регионам мира приобрел окончательные историко-геологические и палеонтологические доказательства самостоятельной геологической системы и получил международное признание, хотя стратиграфический объем и ранг этого подразделения в общей стратиграфической шкале докембрия остаются предметом дискуссии.

Крупным теоретическим достижением следует считать разработку и апробацию нового принципа типизации глобальных стратиграфических границ на основе выбора «точки глобального стратотипа границы» (GSSP) лимитотипа в разрезе с максимальным корреляционным потенциалом палеонтологических маркеров реперных изохронных уровней. Практическое использование этого принципа непосредственно связано с проблемой реформирования МСШ, начатого в середине 60-х годов в рамках Международной программы геологической корреляции в связи с необходимостью уточнения границы между силурийской и девонской системами рабочей группой Международной стратиграфической комиссии, в которой приняли активное участие советские специалисты во главе с Б.С. Соколовым. Сравнительный анализ данных по разным регионам, в том числе по Салаиру и Подолии, которые изучались сотрудниками института, позволил обосновать в качестве дополнения к суммарной характеристике стратотипа новый критерий для совершенствования МСШ, что открыло возможность ее детализации без существенных нарушений исторически сложившейся стратиграфической номенклатуры.

Принцип сохранения стабильности стратиграфической номенклатуры был закреплен официальными решениями первых сессий Международного геологического конгресса как необходимое условие для выполнения трех главных функций стратиграфии: 1) глобальных корреляций и историко-геологических обобщений на основе единой геохронологической метрики; 2) обеспечения сопоставимости и преемственности всех базовых геологичес-



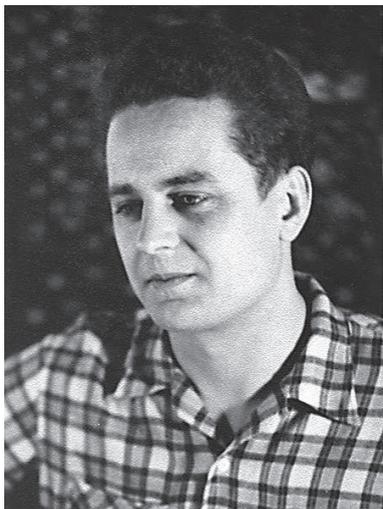
ких карт независимо от их масштаба, территориальных границ и времени составления на основе интернационального и стабильного языка геологической картографии; 3) периодизации геологической истории и хронологической основы для составления календаря глобальных и региональных событий по единым геохронометрическим критериям.

Исследования сотрудников отдела палеонтологии и стратиграфии внесли определяющий вклад в обоснование новой нижней границы (лимитотипа) эмского яруса девонской системы — первого стратоеталона глобального ранга на территории бывшего СССР, официально введенного в МСШ в наше время (после пермской системы и ярусных подразделений карбона, введенных еще в XIX в.). Эта работа также выполнялась по Международной программе геологической корреляции интернациональной рабочей группой, которую с советской стороны возглавлял Е.А. Ёлкин. После сравнительного анализа палеонтолого-стратиграфических данных по всем наиболее детально изученным регионам был выбран типовой разрез Зензильбан на Тянь-Шане (Узбекистан), где выполнено комплексное послышное изучение всех групп фауны и установлен реперный корреляционный уровень («золотой гвоздь»), получивший официальный статус международного стратоеталона. Учитывая мировое значение типового разреза Зензильбан, по инициативе узбекских (А.И. Ким и др.) и новосибирских стратиграфов (Б.С. Соколов, Е.А. Ёлкин и др.) на этой территории впервые в СССР был создан Китабский государственный геологический заповедник палеонтолого-стратиграфической направленности.

Проведенные исследования позволили получить и другие важные научные и практические результаты, имеющие ключевое значение для совершенствования не только местных и региональных шкал, но и мировых стратиграфических стандартов. В первую очередь это относится к проблеме определения границ фанерозойских систем и их крупных подразделений — отделов и ярусов, являющихся наиболее актуальными для мировой стратиграфии. Эталонное значение для всего мира приобрел выработанный на базе детального сравнительного изучения сибирских разрезов принцип биостратиграфического определения границы докембрия и кембрия, создание современной четырехчленной ярусной шкалы

нижнего кембрия, а также существенное уточнение шкалы среднего и верхнего отделов кембрийской системы. Фундаментальный вклад внесен в ревизию границ ордовика и силура, силура и девона, ярусной шкалы девона, ярусной шкалы триаса, границы юры и мела бореального пояса. Все эти крупнейшие достижения утверждены Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР и получили самую высокую оценку Комиссии по стратиграфии Международного союза геологических наук.

Впервые после 1960 г. для разных систем фанерозоя Сибири разработаны общие и автономные зональные шкалы по важнейшим группам органического мира, что позволило резко повысить дробность расчлене-



Е.А. Ёлкин. 1965 г.

ния и точность корреляции осадочных толщ. Зональные шкалы разработаны по трилобитам и археоциатам кембрия; остракодам, брахиоподам, трилобитам и граптолитам ордовика, силура и девона; трилобитам силура и девона; фораминиферам и остракодам девона и карбона; брахиоподам, аммоноидеям и двустворчатым моллюскам, фораминиферам триаса, юры и мела. Впервые для континентальных отложений мезозоя и кайнозоя Сибири, в особенности для меловой системы, разработаны зональные палинostrатиграфические схемы, основанные на выделении палинозон. Эти зоны, как и другие биостратиграфические подразделения, являются для литологически однородных континентальных толщ единственными картируемыми подразделениями.

На сибирских материалах разработана принципиально новая концепция, по которой теперь строится стратиграфия четвертичной системы, как субглобальная — единая для всей Сибири и Дальнего Востока, так и стандартная — международная. Эта концепция базируется на совокупности климато-, био-, магнитостратиграфических методов с независимым радиометрическим обоснованием важнейших стратиграфических границ и подразделений. Для четвертичной биостратиграфии, где методы эволюционной палеонтологии ограничены, предложена в качестве руководящей миграционно-климатическая модель. Она позволила теоретически обосновать и фактически выделить палеогеографические типы комплексов фаун и флор как миграционных последовательностей, обусловленных климатическими изменениями в четвертичном периоде. Этот принципиально новый подход к выделению комплексов ископаемых фаун и флор, дополненный магнито- и радиометрическими данными, позволил впервые точно коррелировать главнейшие события четвертичного периода в Сибири — продолжительность и стадийность ледниковых и межледниковых эпох, климатические циклы, трансгрессии и регрессии моря. В результате повышается детальность и информативность геологических карт для поисков нерудного сырья и стройматериалов, в частности в нефтегазоносном регионе Западной Сибири.

Принципиально важным отличием новой биостратиграфической основы фанерозоя Сибири является то, что в ней нашли отражение впервые выявленные для большинства систем закономерности биофацальной и биогеографической дифференциации фаун и флор как в пределах отдельных седиментационных бассейнов, так и в глобальном масштабе. Закономерности пространственного распространения биот и составляющих их элементов, масштабы и характер их миграций, выявленные на примере археоциат и трилобитов кембрия, остракод и трилобитов ордовика, кораллов и трилобитов силура и девона, граптолитов кембрия, ордовика, силура и нижнего девона, кораллов ордовика, силура и девона, брахиопод силура и девона, фораминифер и остракод девона и карбона, бивальвий верхнего палеозоя, брахиопод триаса, аммонитов и других моллюсков юры и мела, спор и пыльцы растительности юры, мела, палеогена, неогена и четвертичного периода, четвертичных фораминифер, моллюсков и других групп фауны и флоры, позволили не только реконструировать палеогеографические особенности для каждого периода, начиная с венда и кончая четвертым, но и доказать пространственные (географические) ограничения биостратиграфических подразделений разного ранга пределами древних биохорий. Это существенно повысило точность и надежность биостратиграфических корреляций.



РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ МЕТОДОВ СТРАТИГРАФИИ И РОЖДЕНИЕ НОВЫХ НАУЧНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

В истории развития любой научной дисциплины быстрое накопление новых эмпирических данных приводит к ревизии прежних теоретических представлений, которые, в свою очередь, стимулируют развитие новых методов исследований, открывающих возможность зарождению и новых научных направлений на стыках наук. В стратиграфии, как и в других областях геологии, современный период развития наук о Земле (последние 50–60 лет) с полным основанием можно считать временем формирования новых парадигм. Новая стратиграфическая парадигма, или, другими словами, новая методологическая основа стратиграфических исследований, сложилась из трех главных элементов: 1) качественно нового уровня знаний о региональных особенностях строения стратисферы не только континентального, но и океанического секторов Земли, обусловленных палеогеографическими, палеоклиматическими и палеогеодинамическими различиями в процессах осадконакопления и хронологической дифференциации; 2) переориентации стратиграфии с теоретических позиций универсальности канонизированных стратотэталонов глобального ранга на путь признания концепции функциональной и номенклатурной необходимости существования разноранговых стратиграфических шкал (общей, региональной и местной); 3) появления новых методов исследований, в том числе комплексных, широкое использование которых возможно только при изучении цельных седиментационных бассейнов вместо отдельных заранее выбранных стратотэталонов.

При изучении седиментационных палеобассейнов Сибири нашли успешное применение новые методы геохроностратиграфического датирования и корреляции разрезов, основанные на физико-химических свойствах пород: изотопно-геохимические (включая радиологические), магнитостратиграфические, геофизические (главным образом сейсмостратиграфические и каротажные). Естественно, что эти методы, требующие специальной приборной базы или постановки полевых работ с соответствующим оборудованием, применяются как дополнительные к основным биостратиграфическим методам. В то же время совокупное использование физико-химических и биостратиграфических методов дает возможность более точно обосновать реперные корреляционные уровни и обеспечивает более надежную и детальную синхронизацию разнофациальных отложений.

Существенное развитие в проводимых исследованиях получили биостратиграфические и комплексные методы, базирующиеся на совокупности палеобиологических и седиментологических данных. При этом был выполнен большой цикл исследований по палеоэкологии доминирующих групп фауны на примере юрских и меловых отложений Енисей-Хатангского прогиба Сибирской платформы. Реконструированы латеральные ряды катен, отражающие закономерные последовательности ассоциаций фауны на профиле морского дна от прибрежной зоны к открытой, более глубоководной акватории. Эти типовые катены имеют опорное значение для диагностики фациальных обстановок и синхронизации экологически однотипных ассоциаций по керну скважин на закрытых территориях, что позволяет существенно повысить дробность расчленения и надежность детальной корреляции глубоко залегающих отложений, особенно в сочетании с интерпретацией каротажных и сейсмостратиграфических данных. По такой же методике проведена типизация ассоциаций микрофитофоссилий и микрофауны, которые

нашли особенно широкое применение при изучении глубинного строения и построении объемных моделей месторождений углеводородов в осадочном чехле Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Пионерные палеоэкологические исследования проведены по кембрию, ордовика и силуру Сибирской платформы. На Сибирской платформе в раннем палеозое располагался самый крупный на Земле эпиконтинентальный бассейн, уникальность которого определяется доступностью для непосредственного изучения по естественным обнажениям большинства структурно-фациальных зон. Здесь на основе экологической типизации комплексов бентосной фауны оказалось возможным обосновать биофациальное и палеобиогеографическое районирование для палеобассейна в целом.

Детальные исследования по этому направлению выполнены по ордовика и силуру в рамках многолетней Межинститутской программы по «бассейновой стратиграфии». Работы были начаты в 1972 г. под руководством А.В. Каныгина (по ордовика) и Ю.И. Тесакова (по силуру). Основу двух рабочих групп составили специалисты по разным группам фоссилий из отдела палеонтологии и стратиграфии (Т.А. Москаленко, А.В. Розова, С.Н. Розов, О.К. Боголепова, Н.М. Заславская, Л.И. Шешегова, В.Г. Хромых), а также сотрудники СНИИГГиМСа (А.Г. Ядренкина, Т.В. Лопушинская) и ВСЕГЕИ (Н.Н. Предтеченский, А.Я. Бергер, А.А. Высоцкий, Л.Н. Штейн, Г.А. Стукалина). Это был первый в мировой практике опыт объединения большой группы специалистов практически по всем основным группам фауны и микрофоссилий, а также литологии для послойного изучения всех типовых разрезов единого палеобассейна.



Ю.И. Тесаков



А.В. Каныгин

Была разработана методика послойного эколого-тафономического и седиментологического описания разрезов с полным отбором всех групп фоссилий, включая ихнофоссилии (следы жизнедеятельности организмов). Результаты исследований опубликованы в серии монографий и послужили основой для обобщений по структурно-функциональным перестройкам и хронологической дифференциации экосистем в течение ордовикского и силурийского периодов на примере эволюции крупного эпиконтинентального палеобассейна. Работы по этому направлению предвосхищали исследования с использованием экосистемного подхода по Международной программе геологической корреля-



ции в связи с уточнением критериев обоснования глобальных границ стратиграфических систем на примере изучения пограничного интервала силура и девона в разных регионах мира. Термин «экостратиграфия» для обозначения этого направления был предложен А. Мартинссоном в опубликованной в Международном журнале «Lethaea» в 1973 г. традиционной колонке редактора, где была конкретно сформулирована рекомендация Международной стратиграфической комиссии о необходимости увязать выбор таких глобальных стратиграфических границ с этапностью эволюции экосистем.

Принципиально важным дополнением к упомянутому методу описания разрезов стало использование метода палеоэкологической типизации сообществ, т. е. реконструкции на основе синэкологических интерпретаций состава и трофической структуры конкретных биоценозов, приуроченных к разным биономическим зонам. В теоретическом отношении для становления этого направления были важными развиваемые Б.С. Соколовым историко-геологические принципы периодизации геологической истории, воплощенные в стратиграфических шкалах разного масштаба, а также новые идеи в обосновании палеобиологической основы биостратиграфических методов с позиций современной эволюционной теории (С.В. Мейен, В.А. Красилов и др.). Таким образом, в рамках нового направления стратиграфии, за которым закрепилось название «экостратиграфия» и в качестве его синонима «бассейновая стратиграфия», стала формироваться самостоятельная концептуальная и информационная база для интеграции геологических и биологических знаний о развитии органического мира Земли на макроэволюционном уровне и периодизации геологической истории, в суммарном виде выраженной в иерархической структуре МСШ. В терминах «экостратиграфии» и «бассейновой стратиграфии» отражены два взаимосвязанных аспекта исследований по этому направлению. В первом случае приставкой «эко» подчеркивается экосистемный подход к интерпретации истории органического мира, который в локальном масштабе можно назвать палеоэкологическим или палеобиоценотическим. Но в масштабе геологического времени общие тренды эволюции экосистем, как и экосистемные перестройки в связи с геологическими изменениями среды существования биот, могут быть выявлены только в масштабах палеобассейнов, отражающих как эволюционные, так и миграционно-хорологические закономерности развития экосистем. Именно этот «бассейновый» аспект подчеркивается во втором названии.

На совещании «Теория и опыт экостратиграфии» (Таллин, 1982 г.) Б.С. Соколов, определив экостратиграфию как новый стиль исследований в области биостратиграфии, отметил, что советские исследователи оказались наиболее подготовленными к этому благодаря блестящим исследованиям Р.Ф. Геккера и его школы по палеоэкологии древних бассейнов. Палеоэкологические методы, зародившиеся в Ленинградском горном институте, где Р.Ф. Геккер в 1933 г. по предложению академика А.А. Борисяка и будущего академика Д.В. Наливкина начал читать первый в мире курс по палеоэкологии и затем возглавил исследования по этому направлению в Палеонтологическом институте АН СССР в Москве, нашли самое широкое применение в палеонтолого-стратиграфических исследованиях сотрудников отдела палеонтологии и стратиграфии. Наиболее значительные в теоретическом и методическом отношении работы этого цикла были изданы в 1973–1990 гг. под редакцией О.А. Бетехиной и И.Т. Журавлёвой в 10 тематических сборниках под общим названием «Среда и жизнь в геологическом прошлом». В этих



И.Т. Журавлёва

сборниках публиковались статьи не только сотрудников отдела, но и многих ведущих палеонтологов страны, что стимулировало быстрое внедрение палеоэкологических методов в практику палеонтолого-стратиграфических исследований и обеспечило изданию широкую известность не только в нашей стране, но и среди зарубежных специалистов. Из-за кризиса 90-х годов издание прекратилось, но к тому времени палеонтологические методы стали уже непременной составной частью всех биостратиграфических построений и выразились, в частности, в обосновании параллельных зональных шкал в рамках экостратиграфического изучения палеобассейнов Сибири.

В последние годы в России происходят процессы коммерциализации геологической и палеонтологической информации. В этих условиях возможность проведения крупномасштабных коллективных исследований с использованием экостратиграфического подхода можно сохранить только при условии достаточного кадрового обеспечения таких работ в рамках единой программы одного крупного коллектива специалистов в кооперации по принципу «дополнительности» с другими организациями. Именно такая организационная форма доказала свою жизнеспособность в проведенных отделом палеонтологии и стратиграфии исследованиях.

Экостратиграфическое направление плодотворно развивается при изучении мезозойских отложений Сибири, на примере которых выполнены оригинальные методические разработки по палеоэкологическому и катенному анализам, уточнению критериев палеобиогеографического районирования. Исследования по палеоэкологии были начаты в отделе палеонтологии и стратиграфии В.А. Захаровым, который внес большой вклад в развитие идей основоположника палеоэкологии Р.Ф. Геккера и являлся активным участником, а затем и организатором полевых и палеоэкологических сессий, регулярно проводившихся в 60–70-х годах в разных районах страны и ставших хорошей школой для палеонтологов. В дальнейшем это направление стало развиваться представителями более молодого поколения — Б.Н. Шурыгиным, Б.Л. Никитенко и др., которые применяют методы математической статистики в корреляционном, эколого-тафономическом и популяционном анализе.



Эти методы использовались при обосновании впервые разработанных для всех систем мезозоя параллельных биостратиграфических зональных последовательностей, что позволило существенно повысить дробность расчленения и точность корреляции отложений. Такой же комбинаторный принцип построения биоэональных шкал по экологическим разнотипным группам фауны и микрофитофоссилиям используется при разработке нового поколения региональных стратиграфических шкал кембрия, ордовика и силура Сибирской платформы, а также для ордовика, силура и девона Алтае-Саянской складчатой области.

Крупным достижением сибирской стратиграфии следует считать широкую апробацию и дальнейшую разработку климатостратиграфического метода расчленения и корреляции морских и континентальных отложений четвертичного периода. основополагающий вклад в его разработку и практическое применение на территории Сибири внесли специалисты старшего поколения — С.А. Архипов, В.С. Волкова, В.И. Гудина, С.Л. Троицкий, под руководством которых в течение нескольких десятилетий проводились исследования в арктических районах Сибири и на Западно-Сибирской низменности. Метод основывается на выявлении биотических и геологических «сигналов» климатических условий и их изменений. В последнем издании «Стратиграфического кодекса России» (2006) климатостратиграфические подразделения определяются как «совокупности горных пород, признаки которых обусловлены периодическими изменениями климата, зафиксированными в особенностях вещественного состава пород и ассоциаций остатков организмов», т. е. седиментационных и биотических индикаторов климатов геологического прошлого. Метод особенно эффективен при дополнительном использовании изотопно-геохимических датировок и магнитостратиграфических данных. Главными биологическими индикаторами климатических условий в морских отложениях четвертичного периода являются фораминиферы. Они были детально изучены в пределах всего бореального пояса российского сектора Евразии от Баренцева моря до Чукотского полуострова и монографически обобщены по голоценовым и частично по современным фораминиферам Дальневосточных морей и Черного моря (работы А.В. Фурсенко, В.И. Гудиной, Т.С. Троицкой, К.Б. Фурсенко, Л.К. Левчук, С.А. Гуськова). На таком обширном материале была проведена биогеографическая типизация комплексов фораминифер. В частности, в четвертичных отложениях бореального пояса выделены биогеографические типы холодноводных и тепловодных эпох в эволюции Северного Ледовитого океана. Установлено, что в межледниковые эпохи Гольфстрим проникал далеко на восток, вплоть до Карского моря, куда мигрировали теплолюбивые сообщества фораминифер из Северной Атлантики. При похолоданиях климата, наоборот, основу сообществ фораминифер составляли холодолюбивые автохтонные виды. Эта группа морской микрофауны, обычно встречающаяся в разрезах в массовом количестве, является также надежным индикатором морского генезиса отложений, поэтому по данным их изучения по естественным обнажениям и керну многочисленных скважин для каждой ледниковой и межледниковых эпох построены палеогеографические карты, на которых зафиксирована миграция береговой линии Северного Ледовитого океана в зависимости от климатических изменений: смещение на юг в межледниковья и на север в ледниковые эпохи.

При изучении континентальных отложений, выполненном в основном по территории Западно-Сибирской низменности, в качестве главного индикатора климатических изменений использовались спорово-пыльцевые комп-

лексы растений, так как растительность является наиболее чувствительным показателем ландшафтно-климатических изменений. Подробное изучение спорово-пыльцевых комплексов, дополненное данными по распространению некоторых групп фауны (остракод, двустворчатых моллюсков, млекопитающих, главным образом мелкомерных), а также литогенетической интерпретацией стратогенов, радиологическими датировками (в основном для плейстоцена и голоцена) и данными магнитостратиграфии некоторых опорных разрезов, позволило обосновать региональные стратиграфические схемы четвертичных и плейстоценовых отложений Западной, а в последние годы и Восточной Сибири с детальностью, которая была невозможна без использования комплексного климатостратиграфического метода.

На основе использования климатостратиграфического метода за последние десятилетия сформировалась и официально утверждена Международной стратиграфической комиссией особая климатостратиграфическая номенклатура, кардинально отличающаяся по критериям обоснования и хронологическому диапазону от номенклатуры других систем фанерозоя.

Таксономический ранг всех подразделений МСШ четвертичной системы (раздел, звено, ступень) ниже самой элементарной единицы других систем — хронозоны. Геохронологические эквиваленты этих стратиграфических подразделений обозначаются терминами «фаза», «пора», «термохрон—криохрон», т. е. они отвечают иерархически соподчиненным стадиям циклических изменений климата. В региональных климатостратиграфических шкалах четвертичной системы последнего поколения в качестве основной таксономической единицы принят климатолит, который по определению «Стратиграфического кодекса России» (2006) «представляет собой совокупность горных пород, сформировавшихся во время одного климатического полуритма интенсивного похолодания (криомер) или потепления (термомер), проявленного в региональном масштабе. В средних широтах он отвечает ледниковью или межледниковью, в тропическом поясе — влажному (плювиал) или сухому (арид) климату». Геохронологические эквиваленты этих подразделений обозначаются терминами «криохрон» и «термохрон». Климатолит подразделяется на крио- и термостадиалы, отвечающие более кратковременным колебаниям климата в пределах криомера или термомера.

Климатостратиграфические реконструкции стали ретроспективной базой для построения прогнозных сценариев климатических изменений в будущем с использованием метода аналогий, т. е. футурологических экстраполяций выявленных природных трендов и закономерностей циклических изменений климата (без учета антропогенного вклада). При детальном изучении спорово-пыльцевых комплексов из голоценовых отложений Барабинского района Новосибирской области, находящегося на стыке трех ландшафтно-климатических зон (степной, лесостепной и таежной), по доминантным группам спор и пыльцы индикаторных растений удалось выявить 400–500-летний цикл миграционной смены растительных сообществ, свидетельствующих о наиболее кратковременных климатических изменениях. Безусловно, такой вывод нуждается в подтверждении по другим независимым данным, но в целом приведенный пример показывает большие возможности климатостратиграфического метода для геологических реконструкций. Метод уже начинает широко использоваться и в стратиграфии неогена.

В результате широкого использования новейших методов исследований, особенно экостратиграфического, и быстрого накопления информации по истории развития экосистем возникли благоприятные предпосылки для ак-



тивного подключения ведущих палеонтологов отдела палеонтологии и стратиграфии к разработке еще одного направления — геологической истории биосферы.

По мере накопления данных по истории органического мира Земли и современным экосистемам стали выявляться концептуальные и методические различия в построении актуалистических и ретроспективных моделей биосферы. В последние десятилетия накопился огромный новый материал по палеонтологической характеристике всех систем фанерозоя. Но особенно выдающиеся открытия сделаны в области изучения древнейших форм жизни на разных иерархических уровнях, и в первую очередь докембрийской. Сформировалось новое научное направление — палеонтология докембрия, которая расширила геохронологический диапазон наших знаний о жизни на Земле до 2,7 млрд лет с отдельными более древними находками в архее.

Из-за специфики ископаемых следов жизни палеонтологи вынуждены использовать в основном структурно-морфологические методы описания, которые дополняются с определенными допущениями филогенетическими и реже палеоэкологическими интерпретациями. С этих позиций история биосферы в интегральном виде выражается в форме всем известного филогенетического древа, которое представляет собой структурную иерархию морфологически организованной совокупности организмов.

В противоположность традиционному пути, развитие исследований современных экосистем пошло в направлении изучения их функциональных характеристик. Доминирующую роль в этих исследованиях стали выполнять синэкологические методы, которые постепенно трансформировались в эколого-биогеохимические. В центре внимания современных экологических исследований — изучение баланса вещества и энергии в живых системах разного иерархического уровня. Интегральным результатом этих исследований стало создание биогеохимических моделей функционирования экосистем разного типа (морских, пресноводных, наземных, переходных), которые раскрывают экологические механизмы глобального биогеохимического круговорота Земли.

Таким образом, по объективным причинам — принципиальные различия в информационной базе неонтологических и палеонтологических исследований — сформировались две модели биосферы, построенные на разных концептуальных основах: структурологическая (филетическая) модель былых биосфер и динамическая (функциональная) модель современной биосферы. Динамическая модель современной биосферы в концептуальном плане по существу является синтезом идей В.И. Вернадского о роли живых организмов («живого вещества») в геологических процессах и современных представлений об ассимиляции, транзитном переносе и трансформации органических веществ и энергии в экосистемах, разработанных экологами.

Поэтому для развития учения В.И. Вернадского применительно к геологической истории биосферы потребовалось преодоление методологического барьера в использовании актуалистических данных для реконструкции функциональных характеристик былых экосистем. Для этого в дополнение к традиционным методам таксономической систематики и филогенетики использовались методы палеоэкологии и хорологии, что нашло наиболее полное воплощение при развитии экостратиграфического направления исследований.

В разработку теоретических аспектов исследований по геологической истории биосферы основополагающий вклад внес Б.С. Соколов, который

уже при организации отдела палеонтологии и стратиграфии поставил задачу «биологизации» палеонтолого-стратиграфических исследований и большое внимание уделял еще зарождающемуся новому направлению — палеонтологии докембрия. Перспективы и огромное значение палеонтологии докембрия для изучения общих закономерностей развития жизни на Земле в контексте биосферных процессов особенно отчетливо выявились после открытия в позднем докембрии уникальной фауны бесскелетных крупномерных организмов и обоснования Б.С. Соколовым венда как особого историко-геологического этапа в эволюции биосферы. По его образному выражению, венд стал тем «окном», через которое можно более полно рассмотреть всю панораму развития жизни, начиная от древнейших прокариотных сообществ и кончая сложно организованными современными экосистемами.

В отделе была организована группа по изучению палеонтологии и стратиграфии докембрия, преобразованная в дальнейшем в отдельную лабораторию. После избрания Б.С. Соколова академиком-секретарем Отделения геологии, геофизики и геохимии АН СССР и переезда его в Москву им была организована подобная лаборатория (1977 г.) в Палеонтологическом институте АН СССР, с которой установились прочные творческие связи.

Большим событием в развитии этого направления стал организованный Б.С. Соколовым в 1965 г. первый Всесоюзный симпозиум по палеонтологии докембрия и кембрия, на который были приглашены и известные зарубежные специалисты. Работа симпозиума вылилась в подлинный смотр мировых достижений в области изучения остатков древнейшей жизни. К открытию симпозиума была специально подготовлена большая выставка окаменелостей из различных регионов СССР и зарубежных стран, демонстрирующая огромное разнообразие докембрийской высокоорганизованной жизни животных и растений, а также строматолитов, других биоседиментарных образований и докембрийских проблематик. Б.С. Соколов гораздо раньше других оценил сущность нового направления исследований, предвидя чрезвычайную важность ожидаемых результатов для решения целого ряда общенаучных и практических проблем: познания ранних стадий развития органического мира, дальнейшего развития учения о биосфере, создания для докембрия надежной шкалы общих стратиграфических подразделений с обоснованием границы докембрия и кембрия, а также границ венда как планетарного геологического и биохронологического подразделения. Большой вклад в дальнейшее обоснование венда и других подразделений докембрия на материалах изучения сибирских разрезов внесли ученики Б.С. Соколова во главе с В.В. Хоментовским, который свою докторскую диссертацию назвал предельно лаконично — «Венд».

Естественным развитием исследований Б.С. Соколова и его учеников стала разработка проблем по эволюции биосферы. По его инициативе как президента Палеонтологического общества



В.В. Хоментовский. 1965 г.



СССР–России, проблемы, связанные с изучением геологической истории биосферы, обсуждаются на ежегодных сессиях. Теоретические аспекты этих проблем рассматривались во многих докладах и статьях, в частности: «Докембрийская биосфера в свете палеонтологических данных» (1972), «Научная мысль и эволюция биосферы» (1981), «Палеонтология, геология и эволюция биосферы» (1981) и др.

В упомянутых работах ярко выражено геологическое понимание эволюции биосферы как единого системно-целостного и непрерывного процесса в истории Земли. Б.С. Соколов дал новое определение понятию «панбиосфера», которая охватывает все геологическое прошлое и непосредственно связана с современным биосферным процессом. Стратисферу следует рассматривать как прямой продукт развития биосферы, содержащий «наиболее полную запись событий, касающихся как самой Земли, так и Вселенной на протяжении последних 4 млрд лет». Благодаря быстрому накоплению знаний по истории развития органического мира Земли, теоретическим обобщениям накопившихся палеонтолого-стратиграфических данных (Б.С. Соколов и др.), биологическим механизмам глобальных биогеохимических круговоротов (Г.А. Заварзин, М.Е. Виноградов, Р. Маргалеф, М.А. Федонкин и др.), экологическим факторам эволюционного процесса (С.С. Шварц), постепенно начал формироваться единый методологический базис для интеграции биологических, геологических и биогеохимических данных по проблеме происхождения и эволюции биосферы. В последние годы наибольший прогресс достигнут в выявлении кризисных эпох в истории биосферы благодаря широкому использованию метода регистрации таксономического разнообразия. Однако причины и механизмы дестабилизации экосистем невозможно раскрыть без учета общих трендов эволюции климата, биосферы в целом и их изменений на переломных рубежах. Биотические кризисы – это только обратная сторона сопряженных с ними биосферных революций, которые определяют генеральные тренды и циклический характер эволюционных процессов. Биосферные революции наиболее ярко проявились на ранних этапах эволюции экосистем в связи с возникновением ароморфозов – новых морфолого-физиологических типов живых систем с более высоким адаптационным ресурсом, эволюционным потенциалом и диверсификацией экологических специализаций. К таким революционным преобразованиям экосистем в глобальном масштабе можно отнести появление эукариот (возникновение в живых системах бисексуального механизма размножения с неограниченным ресурсом биодиверсификации и эволюционного потенциала), расцвет в венде многоклеточных метазоа с признаками сложного анатомического строения и основными элементами архитектоники организмов фанерозойского типа, раннекембрийский взрыв биоразнообразия (возникновение основных стволов гидробионтов на уровне типов и классов), экологическую революцию в ордовике (трехкратное увеличение биоразнообразия за счет появления новых экологических специализаций, глобализация трофических конвейеров в океаническом секторе биосферы, формирование геологических и биологических предпосылок для заселения суши высокоорганизованными организмами в последующие эпохи).

Мощным стимулом для развития исследований по указанному направлению стала принятая в 2004 г. по инициативе Н.Л. Добрецова крупномасштабная междисциплинарная программа Президиума РАН «Происхождение и эволюция биосферы» с участием ведущих академических институтов геологического, биологического, химического и археологического профиля. В обо-

снование этой программы была опубликована программная статья по результатам обсуждения разных аспектов проблемы на семинарах ведущих ученых разных специализаций в Институте цитологии и генетики СО РАН, на биологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова и на стационаре Института археологии и этнографии СО РАН «Денисова пещера» на Алтае (Добрецов и др., 2001). На начальном этапе программа состояла из двух подпрограмм, которые возглавляли: первую — академики Н.Л. Добрецов и Г.А. Заварзин, вторую — академик Э.М. Галимов и М.Е. Виноградов.

В рамках программы «Происхождение и эволюция биосферы» по научному направлению «Козволюция биологических и геологических процессов» (координаторы А.В. Каныгин, А.Ю. Розанов) наиболее крупные обобщения были выполнены в Палеонтологическом институте РАН и Институте геологии и минералогии СО РАН (Н.Л. Добрецовым), а также в отделе палеонтологии и стратиграфии Института нефти и газа СО РАН (ныне Институт нефтегазовой геологии и геофизики). По проекту «Биологические инновации и критические рубежи в ранней эволюции экосистем (протерозой — ранний палеозой) в связи с глобальными геологическими изменениями среды» (руководитель А.В. Каныгин) с позиций экологической концепции эволюции биосферы (Каныгин, 2001, 2004, 2005) первоначально были проведены инвентаризация и типизация палеонтологических и геологических данных о важнейших экосистемных перестройках в докембрии и палеозое. Показано, что кардинальные биологические инновации в живых системах непосредственно связаны с переломными этапами в оксигенизации геологической среды и сопровождаются пространственной экспансией пионерных таксономических групп (экологических гильдий). В дальнейшем основное внимание было сосредоточено на сравнительном изучении биологических и геологических условий возникновения и диверсификации основных групп гидробионтов в раннем палеозое (кембрии и ордовике).

Ранний палеозой (кембрий, ордовик) — переходный этап между примитивными локально распространенными экосистемами докембрийского типа и зрелыми многоуровневыми экосистемами фанерозойского типа. В кембрийском и ордовикском периодах было два главных революционных события, определивших кардинальные изменения структурно-функциональных и пространственных параметров морских экосистем: 1) возникновение в раннем кембрии основных типов скелетных гидробионтов и взрывной рост биоразнообразия в бентосных сообществах с резким доминированием пастбищных гетеротрофов (трилобитов и червеобразных бесскелетных организмов); 2) в среднем ордовике — взрывная диверсификация бентосных групп фауны с фильтраторным типом питания (замковых брахиопод, иглокожих, мшанок, кораллов, строматопорат, пелеципод) и мелкомерных трофических универсалов (остракод); расцвет в пелагиали новой группы автотрофных организмов (хитинозой), специализированных групп зоопланктона (граптолитов, радиолярий) и нектона с преобладанием хищнического типа питания (наутилоидей, конодонтофорид, агностид); расцвет колониальной формы интеграции организмов как эффективного способа завоевания экологического пространства и использования пищевых ресурсов. Показано, что кардинальная перестройка хронологической и трофической структуры морских экосистем в это время определялась: 1) изменениями в биопродуктивности и пространственном (ярусном) распределении автотрофных звеньев пищевых цепей (расцвет фитопланктона вместо донных цианобактерий), формированием вертикального вектора и сетевой системы трофических конвейеров;



2) появлением и быстрым расцветом новых экологических гильдий в бентиалях и пелагиалях, обеспечивших многообразие специализаций, формирование более сложной системы депонирования, транспортировки и пространственного распределения пищевых ресурсов, доминирование детритных трофических цепей вместо пастбищных.

В качестве главных геологических и биологических предпосылок происхождения пионерных групп гидробионтов рассматриваются: 1) значение опорного каркаса (скелета) как нового адаптационного ресурса (возможность образования многообразных защитных, локомоторных и пищевых приспособлений, а также оптимальной морфофункциональной организации гидробионтов); 2) роль эволюционных эфемеров как предшественников процветающих экологических гильдий; 3) роль трофического фактора видообразования в когерентных (ордовикских) и некогерентных (кембрийских) экосистемах; 4) значение нарастающей оксигенизации среды как главного фактора глобальной экосистемной перестройки и появления новых клад (замена оксифобных организмов более разнообразными оксифильными).

Все эти преобразования привели в начале силурийского периода к глобальной перестройке трофической, таксономической и пространственной структуры морских экосистем, обеспечили глобализацию и интенсификацию биогеохимических круговоротов в пределах океанического сектора биосферы, радикально изменили систему депонирования и пространственное распределение пищевых ресурсов, что определило изменения эволюционной стратегии сообществ в связи с доминированием ценотического фактора во взаимодействиях биотических и абиотических компонентов экосистем (Kanugin, 2007).

Перечисленные изменения в составе и функциональных свойствах экосистем хорошо согласуются с глобальными изменениями геологической среды (оксигенизацией атмосферы и гидросферы, контрастными градиентами изменений жизненного пространства в фотосфере океанов — быстрым сокращением или расширением мелководных эпиконтинентальных морей, климатическими осцилляциями). Показано, что в ордовикском периоде впервые возникли геологические и биологические предпосылки заселения в послеордовикские эпохи континентального сектора биосферы.

Экосистемный подход к изучению осадочных бассейнов, предусматривающий комплексное изучение всех доминирующих групп биот в тесной взаимосвязи с фаціальным анализом, позволил впервые на примере Палеоазиатского океана выявить основные элементы пелагических (конодонты, радиолярии) и бентосных (кремниевые губки) сообществ палеозойских океанов, установить по палеонтологическим данным возраст вулканогенно-кремнисто-терригенных толщ, считавшихся ранее немymi, существенно уточнить диагностику палеогеографических обстановок (включая батиметрию) и геодинамическую позицию структурно-формационных комплексов. Это открыло новые возможности в изучении закономерностей эволюции пелагических биот в палеозойских океанах. Следует отметить, что важнейшим новым элементом современного этапа исследований является изучение ранее не известных или недостаточно изученных групп фауны с использованием химических методов препарирования пород. Выдающаяся роль в развитии этого метода принадлежит Е.А. Ёлкину, который до своей кончины в 2009 г. в целом возглавлял работы по изучению палеозоя складчатых областей. В настоящее время эти исследования активно развиваются на примере Алтае-Саянской складчатой области и Западно-Сибирской геосинеклизы под

руководством Н.В. Сенникова группой палеонтологов (Н.Г. Изох, О.Т. Обут, Н.К. Бахарев, О.А. Родина, И.Г. Тимохина и др.) в тесном содружестве со специалистами по тектонике и геодинамике (М.М. Буслов, В.Д. Ермиков, И.Ю. Сафонова и др.), региональной геологии (С.П. Шокальский, В.А. Зыбин, Т.В. Хлебникова и др.), с участием ведущих зарубежных ученых из Японии, Испании, Франции, Чехии.

ВАЖНЕЙШИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭРАТЕМ СИБИРИ

В настоящем разделе в суммарном виде приведены основные результаты изучения докембрийских и фанерозойских систем Сибири с учетом их эволюционной специфики.

Докембрий

Одним из главных достижений в изучении докембрия Сибири следует считать результаты собственно палеонтологических исследований, которые позволили поставить на принципиально новый уровень биостратиграфию протерозоя и выявить ранее неизвестные закономерности становления и развития докембрийских экосистем. По заключению Б.С. Соколова, палеонтология докембрия с учетом крупного вклада сибирской палеонтолого-стратиграфической школы стала важнейшим направлением в познании ранней истории жизни. Новейшие данные из этой области позволяют выявить новые черты в характере древнейших биосферы и резко расширить стратиграфический диапазон использования палеонтологических, а по существу и палеобиологических методов, распространив их почти на всю геохронологию докембрия, в частности: 1) отодвинуть рубеж первого появления признаков жизни на прокариотном уровне до 3,5–4,0 млрд лет; 2) датировать первое появление эукариот — явление фундаментального значения в развитии всей высокоорганизованной жизни на Земле — рубежом 1,6–1,8 млрд лет; 3) опустить нижнюю границу фанерозоя как зону явной жизни многоклеточных до основания венда (около 675 млн лет), а нижнюю границу криптозооя поместить на рубеже 750 млн лет; 4) пересмотреть естественную периодизацию истории развития флоры и считать криптофитом лишь архей, что свидетельствует о гетерохронии в развитии растительной и животной жизни по крайней мере на докембрийском этапе эволюции; 5) рассматривать вендскую биоту ключевой в ряду докембрийских биот, важных для понимания фанерозойской радиации всего органического мира. Она характеризуется резким расцветом фитопланктона, вендотенидовой флоры лентовидных водорослей (группа *Vendotaenides*) и разнообразных бесскелетных — первых достоверно известных метазоа, представленных уже таксонами ранга типа, но не идентичными фанерозойским типам, а только приближающимся к ним по своей морфологической определенности.

По-новому теперь может определиться и граница кембрия и докембрия. Раньше она представлялась как резкий рубеж между зоном скрытой животной жизни (криптозой) и зоном явной многообразной жизни (фанерозой); основание фанерозоя обычно отождествляется с основанием палеозоя. Сейчас этот рубеж интерпретируется в совершенно новом свете, а вопрос о границе эонов должен решаться в связи с положением вендской системы в геохронологической шкале на той же биологической основе, которая признана быть определяющей при установлении геохронологических границ в палеозое, мезозое и кайнозое, хотя венд и имеет резкую обособленность как от



неопротерозоя, так и от кембрия. В основании нижнего кембрия установлены так называемые «дотрилобитовые» слои (томмотский ярус), характеризующиеся наряду с древнейшими археоциатами многими другими мелкими скелетными организмами, особенно тубулярными формами, впервые появляющимися в самом конце венда.

В связи с возможностью использования новейшей высокоразрешающей микроскопической техники достигнут большой прогресс в изучении микробов неопротерозоя Сибири — одноклеточных прокариот и древнейших эукариот микромиллиметровой размерности (исследования К.Е. Наговицина 2004–2009 гг.). На территории Сибирской платформы выявлены наиболее богатые в мире по таксономическому разнообразию микробиоты протерозоя. Эти работы имеют исключительное значение для установления важнейшего рубежа в эволюции — начала эукаритизации биосферы, т. е. возникновения биологических предпосылок и геологических условий для диверсификации органического мира Земли на основе бисексуального механизма размножения организмов, обеспечивающего многообразие генных сочетаний (вместо их прокариотной редупликации) и изменений геохимического базиса жизни. В этой связи особое значение имеет корреляция переломных событий в эволюции древнейших экосистем (в частности, появление одноклеточных эукариот и затем многоклеточных эукариот, а также изменения динамики их биоразнообразия) с глобальными геологическими перестройками, изменяющими баланс биофильных элементов в экологическом пространстве. Исследования в этом направлении начаты с 2009 г. в рамках специального проекта Междисциплинарной программы РАН «Происхождение биосферы и эволюция био-геосистем» (Н.Л. Добрецов, Д.В. Гражданкин, А.А. Постников, К.Е. Наговицин, А.А. Терлеев). В основу проекта положены новейшие данные и идеи о коэволюции биотических и геологических процессов на ранних этапах развития Земли, систематизированные Н.Л. Добрецовым (Dobrezov, 2005).

Изучение древнейших многоклеточных организмов, одноклеточных микрофоссилий, а также строматолитов (В.Ю. Шенфиль, М.С. Якшин) и первых скелетных проблематик в пограничном интервале кембрия и докембрия (Г.А. Карлова и др.) открыло новую страницу в стратиграфии протерозоя.

Сибирь в настоящее время стала одним из важнейших регионов мира в разработке не только региональных, но и общих проблем стратиграфии протерозоя. Главным результатом начального этапа исследований было обоснование опорных разрезов и корреляции докембрия и кембрия основных структурно-фациальных зон Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Проведено обоснование выделения венда в Сибири и установление его аналогов во многих разрезах мира (Хоментовский, 1976). Дано обоснование выделения в этой системе двух отделов и расчленение верхнего из них на два яруса: эдиакарский и немакит-далдынский. В последнем выделены две зоны: *Anabarites trisulcatus*, *Purella antiqua*. Эти данные по био-стратиграфии венд-кембрийских отложений представляют несомненный интерес для решения проблемы нижней границы кембрия. Важным результатом является также выделение второго общесибирского докембрийского подразделения — байкальского комплекса (Хоментовский и др., 1969, 1972).

Последующие исследования были направлены на разработку новых подходов в практической стратиграфии позднего докембрия и кембрия, на основе которых качественно совершенствуются местные и региональные

стратиграфические схемы, а также серийные легенды государственной геологической съемки. В это время проводилась большая практическая работа по унификации региональных и местных стратиграфических схем, которые были официально утверждены Межведомственным стратиграфическим комитетом СССР.

Важным результатом деятельности отдела палеонтологии и стратиграфии является обоснование биостратиграфической основы расчленения и корреляции докембрийских нефтегазоносных толщ внутренних районов Сибирской платформы (Соколов, Хоментовский, 1980; Хоментовский и др., 1987; и др.), а также Приенисейской части Западно-Сибирской плиты (Конторович и др., 2008, 2009).

Дальнейшее накопление большого фактического материала дало возможность использовать метод бассейновой стратиграфии, который закономерно трансформировался в новый событийный подход к стратиграфии докембрийских отложений позднего докембрия Сибири. В основе данной схемы стратиграфии лежит выделение четырех сибирских подразделений в ранге эратем: учурий, аймчаний, майи и байкалий. Одни из этих подразделений соответствуют по объему эратемам Российской шкалы позднего докембрия, другие существенно отличаются, но коррелируют с подразделениями МСШ, дополняя и корректируя ее, что дает основание для широкой корреляции и способствует уточнению представлений об этапности в неопротерозойской истории развития крупных блоков литосферы.

В связи с фундаментальными открытиями древнейших форм жизни палеонтология докембрия представляет собой передний фронт в науках о Земле и Жизни, поэтому мы сочли целесообразным более подробно рассмотреть важнейшие достижения и новые методы в этой области с учетом проводимых исследований в лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия и кембрия. В последние годы установлено, что мягкотелые организмы приурочены к узкому интервалу геологического времени 575–544 млн лет. В этом переходном интервале выделяются три различающихся между собой по таксономическому составу ассоциации: авалонская, эдиакарская и намская. Установлено, что перечисленные ассоциации отличались обстановками обитания и особенностями палеоэкологии. Поэтому каждая ассоциация может рассматриваться как экотип планетарного масштаба — совокупность особей, приспособленных к конкретным условиям обитания и характеризующихся экологически обусловленными наследуемыми признаками. В результате были выделены три различающихся между собой типа морских сообществ, характеризующихся низкоэнергетическими зонами внешнего шельфа (сообщества авалонского типа), зоны слабого волнения и течений проделты (сообщества эдиакарского типа) и зоны подводных каналов песчаных отмелей (сообщества намского типа).

Одна из загадочных проблем в эволюции жизни — происхождение у организмов скелетных элементов, которые в фанерозое стали одним из важных факторов быстрой диверсификации органического мира. Существует несколько гипотез, объясняющих появление биоминерализации.

Синэкологический подход к решению проблемы появления биоминерализации представляется наиболее привлекательным. Так, М.А. Федонкин высказал предположение, что биоминерализация появилась вследствие удлинения трофических цепей: животные, которые занимали наиболее высокое положение в пищевых цепях, больше всего накапливали в себе карбона-



ты и силикаты, содержащиеся в пище. Также обращает на себя внимание практически синхронное появление в геологической летописи массовых скелетных остатков и биотурбационных осадочных структур в нижнекембрийских отложениях томмотского возраста.

В настоящее время считается, что биотурбация осадка началась в раннем кембрии, начиная с томмотского века. Согласно наиболее распространенной точке зрения, появление биотурбации было вызвано прессом со стороны хищников. Анализ распределения ископаемых следов жизнедеятельности в разрезах верхневендских и нижнекембрийских отложений Оленёкского поднятия Сибири дал совершенно неожиданные результаты. В хатыспытской свите заведомо поздневендского возраста широко распространены извилистые следы с менисковым заполнением *Nenoxites*. Вверх по разрезу свиты наблюдается постепенное усложнение морфологии следов и появляются горизонты с интенсивной биотурбацией осадка, которые переслаиваются с небитурбированными интервалами. С использованием метода ихнотекстурного анализа в ходе полевых работ было установлено несколько типов биотурбации, а также задокументированы мощность битурбированных горизонтов, преобладающая ориентация нор (горизонтальная/вертикальная), фациальная приуроченность следов и зависимость формы и глубины проникновения нор от их диаметра. Обнаруженные ихноценозы в отложениях хатыспытской свиты имеют фундаментальное научное значение, так как показывают, что сложный многоуровневый характер инфауновых сообществ сформировался в вендское время, задолго до появления хищников.

В ходе детальных палеоихнологических исследований с участием сотрудников лаборатории в верхнем венде Восточно-Европейской платформы впервые установлен ранее неизвестный комплекс ископаемых следов жизнедеятельности, наиболее характерными элементами которого являются *Psammichnites*, *Bergaueria* и *Scolithos*. Особого внимания заслуживают ихнофоссилии *Psammichnites*, обнаруженные в нижней части ергинской свиты, слагающей береговые обрывы Зимних Гор в Юго-Восточном Беломорье, в синекаменной подсвите чернокаменной свиты в долине р. Чусовая на Среднем Урале и в нижней подсвите зиганской свиты в долине руч. Каранорт в верховьях р. Аскын на Южном Урале. Во всех случаях следы *Psammichnites* сохранились в виде парных валиков (как в гипо-, так и в эпирельефе), разделенных узкой глубокой синусоидной бороздой, и образовались в результате перераспределения рыхлого осадка билатеральным животным, которое двигалось в горизонтальной плоскости с выставленной наружу трубкой для сбора пищи. Нередко на поверхности песчаниковых прослоев наблюдается пересечение следовых дорожек; при этом предыдущая пара валиков не разрушается, а накладывается на более позднюю следовую дорожку, что свидетельствует в пользу их внутриосадочного происхождения (животное перемещалось в толще осадка). Кроме *Psammichnites* в составе ихноценозов верхнего венда в Юго-Восточном Беломорье, на Среднем и Южном Урале присутствуют сравнительно крупные следы поселения *Bergaueria* и *Astropolichnus*, оставленные свободноживущими полипоидными организмами, и вертикальные норы *Scolithos*, принадлежащие червеобразным организмам. Иными словами, в настоящее время не возникает сомнения, что освоение толщи осадка многоклеточными животными началось в позднем венде.

В отделе палеонтологии и стратиграфии имеется огромный и уникальный задел для изучения уплощенных органостенных макроостатков поздне-

вендского возраста. Во-первых, в составе ископаемой беломорской биоты, которая населяла поздневендский осадочный бассейн Восточно-Европейской платформы с ареалом распространения от Юго-Восточного Беломорья до Южного Урала, была впервые распознана ископаемая экологическая ассоциация миаохенского типа, представленная морфологически разнообразным комплексом углефицированных макроскопических остатков водорослей. Во-вторых, в отложениях хатыспытской свиты Оленёкского поднятия Сибирской платформы обнаружен богатый (как таксономически, так и по частоте встречаемости и массовости) комплекс органостенных макроостатков. До недавнего времени основным источником информации о разнообразии водорослевых биот служили отложения формации Доушаньто (и одновозрастных стратонов) Южного Китая, которые содержат богатую ископаемую макроводорослевую ассоциацию, получившую название «миаохенская биота». Открытие богатой ископаемой водорослевой биоты в верхнем венде Восточно-Европейской и Сибирской платформ впервые показало планетарное распространение позднепротерозойских макрофитов.

Впервые на территории Сибири обнаружено местонахождение с остатками древнейших скелетных организмов *Cloudina* и *Namacalathus*, которое является четвертым в мире местонахождением ассоциации *Cloudina* – *Namacalathus* и первым в мире совместным нахождением «типичных» вендских организмов *Cloudina* и *Namacalathus* и агглютинированных скелетных организмов кембрийского облика (Конторович и др., 2008, 2009). Скелетные остатки обнаружены в разрезе параметрической скважины Восток-3, пробуренной в 2006 г. на востоке Томской области (Западно-Сибирская плита) на глубину 5002 м с детальным отбором керна, в инт. 5002–3870 м, представленном преимущественно карбонатными отложениями. Остатки загадочных организмов *Namacalathus* в скв. Восток-3 отличаются уникальной сохранностью: кроме минерализованных скелетных элементов, на остатках сохранилось органическое вещество, позволяющее реконструировать мягкие ткани и особенности анатомии.

Особенно следует отметить встреченные совместно с *Cloudina* и *Namacalathus* агглютинированные трубчатые скелетные остатки, извлеченные в результате растворения в 3%-м растворе уксусной кислоты. Все извлеченные остатки представляют собой фрагменты трубок – прямые, S- или C-образно изогнутой формы, с гладкой либо поперечно-ребристой (ребристость регулярная, но расстояние между ребрами может варьировать от 0,3 до 0,5 мм) поверхностью, которые достигают 2,5 мм в длину и 0,5 мм в ширину. Остатки напоминают *Platysolenites* sp. и *Spirosolenites* sp. из нижнекембрийских отложений Авалонских террейнов (Англия, Уэльс, Ньюфаундленд, Испания), Североамериканской (Калифорния, Невада) и Восточно-Европейской платформ. Пятисоленитам в настоящее время придается большое значение при установлении кембрийского возраста отложений и обосновании биостратиграфических границ в алюмосиликокластических фациях. Однако в разрезе скв. Восток-3 ископаемые остатки *Cloudina* со всей очевидностью указывают на поздневендский возраст разнообразного комплекса пятисоленит. Следовательно, богатый комплекс пятисоленит не может служить достаточным критерием для отнесения вмещающих его отложений к кембрию. Стратиграфический интервал с высокой частотой встречаемости и разнообразием пятисоленит явно имеет более широкое распространение, чем это предполагалось ранее, и судя по всему охватывает не только нижнекембрийские, но и верхневендские отложения.



Сотрудниками отдела палеонтологии и стратиграфии внесен существенный вклад в изучение адаптивной направленности ранних этапов эволюции мягкотелых организмов в условиях экосистемной перестройки и трансформации среды обитания. До недавнего времени основные усилия исследователей были направлены на расшифровку филогенетической природы вендских мягкотелых макроорганизмов, что позволяло делать фундаментальные выводы о ранних этапах эволюции Metazoa, однако практически не уделялось внимания вопросам экологии первых многоклеточных организмов и тому, как появление макроскопической биоты отразилось на экологической эволюции биосферы и на структуре и функционировании протерозойских экосистем. Материалом для исследований служит палеонтологическая коллекция ископаемых остатков, собранная С.А. Воданюком в 1984–1987 гг. из обнажений хатыспытской свиты Оленёкского поднятия Сибири. Благодаря исключительной насыщенности остатками мягкотелых организмов, отложения хатыспытской свиты получили всемирную известность (первое сообщение о находке ископаемых остатков появилось в 1959 г.), в то время как сами остатки вот уже полвека как остаются практически неизученными. Исключение представляет публикация С.А. Воданюка (1989), в которой приведены простые диагнозы новых видов. В Новосибирске проведена первая ревизия типовой коллекции остатков мягкотелых организмов из хатыспытской свиты. Это исследование остатков мягкотелых организмов по содержанию является геобиологическим: ранние этапы эволюции многоклеточных организмов изучаются как результат взаимодействия эволюционирующих экосистем и переменной окружающей среды. Впервые в истории изучения поздневендских макроскопических организмов органы и структуры, при помощи которых они прикреплялись к субстрату, стали объектом столь пристального тафо-палеоэкологического анализа.

Достигнут существенный прогресс в изучении экологической структуры микробиот в раннем венде, перед тем как биоразнообразие микроорганизмов резко сократилось. На примере ископаемых ассоциаций микрофосфорилей непского горизонта внутренних районов Сибирской платформы разработана модель фациально-экологической зональности микробиоты в раннем венде и показана узкая экологическая специализация фитопланктонных сообществ акантоморфных эукариот, к которым относится ископаемая экологическая ассоциация из нижней части паршинской свиты. Установлено, что богатые и морфологически разнообразные фитопланктонные комплексы характерны для открытых морских обстановок, в то время как изоляция бассейна осадконакопления приводила к уменьшению количества фитопланктона и появлению эндемичных эукариот, как это наблюдается в ископаемой экологической ассоциации из средней части ванаварской свиты (работы К.Е. Наговицына, Б.Б. Кочнева). Этот вывод применим и для палеобиологической интерпретации ископаемых сообществ других изолированных бассейнов. Ископаемые сообщества изолированных бассейнов образуют самостоятельный объект исследований на предмет изучения эволюции адаптивных стратегий и функций древнейших эукариот, однако в силу своей эндемичности не могут быть использованы при глобальных биостратиграфических построениях. Установленная узкая фациальная приуроченность ископаемых фитопланктонных сообществ акантоморфных эукариот позволяет существенно скорректировать методологическую основу разрабатываемой биостратиграфической схемы неопротерозоя: только на примере

экологических ассоциаций открытых морских обстановок можно создать биостратиграфическую основу расчленения и корреляции нижневендских отложений.

Накопленные к настоящему времени данные, несомненно, свидетельствуют о том, что разрезы Северной Евразии (Беломорье, Урал, Сибирская платформа, недавно открытые бурением разрезы приенисейской части Западной Сибири) представляют одну из самых информативных в мире летописей позднего венда и пограничного интервала венда и кембрия. Поэтому на ближайшую перспективу ставятся задачи выявления хронологии важнейших макроэволюционных сдвигов и макроэкологических трансформаций экосистем этого возраста на основе комплексного междисциплинарного изучения указанных разрезов с учетом сравнительных данных по другим регионам, а также теоретической интерпретации полученных результатов. Ожидается, что синтез новой информации позволит обосновать гипотезу о синэкологических механизмах главных макроэволюционных трендов на переломном этапе перехода от докембрийской к раннепалеозойской биосфере.

Палеозой

Палеозойские отложения Сибири, в отличие от докембрийских, имеют более длительную историю изучения, однако к началу 60-х годов прошлого века геологическая изученность этой территории была очень неравномерной. Систематическое изучение Сибирской платформы началось еще во время маршрутных геолого-географических экспедиций во второй половине XIX века. Тогда же были развернуты и первые специальные геологические работы в западной части Алтае-Саянской складчатой области (Горном и Рудном Алтае, Кузбассе, Горной Шории, Салаире) в связи с выявившимся к тому времени важным значением этих районов для горно-рудной промышленности России. Практически неизученными в палеонтолого-стратиграфическом отношении оставались самые восточные районы страны, особенно Верхояно-Чукотская складчатая область. Почти ничего не было известно о стратиграфии палеозойского структурного этажа Западно-Сибирской плиты, погребенного под мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом. Представления о его геологическом строении основывались на экстраполяции структурно-геологических данных по смежным складчатым областям — Алтае-Саянской и Уральской.

Поэтому в первые же годы после создания отдела палеонтологии и стратиграфии исследования были нацелены на детальное изучение опорных разрезов и важнейших групп фауны, особенно мало изученных. На Северо-Востоке страны были открыты и монографически описаны (из разрезов Омuleвских гор и хр. Тас-Хаяктах) девонские брахиоподы (Р.Е. Алексеева) и табуляты (В.Н. Дубатов), а также карбоновые фораминиферы в Омолонском поднятии (О.И. Богущ, О.В. Юферев) и остракоды (Л.С. Бушмина), что позволило впервые палеонтологически обосновать корреляцию этих отложений с другими регионами. В ордовикских отложениях (на Селенняхском кряже, Омuleвских горах, Чукотском полуострове, хр. Сетте-Дабан) открыты остракоды — самая многочисленная группа фауны для этих отложений. По этой группе фауны с использованием данных по сопутствующим группам (брахиоподам, трилобитам, граптолитам) впервые было дано сопоставление ордовика основных структурно-формационных зон всей Верхояно-Чукотской складчатой области. Проведена корреляция их с ордовиком Сибирской платформы и доказана принадлежность ордовикских палеобас-



Л.Н. Репина

сейнов этих двух крупных мегаструктур к единой палеобиогеографической провинции (А.В. Каньгин).

На Сибирской платформе результаты мирового значения получены при изучении кембрийских отложений. С самого начала исследования здесь проводились коллективно: археоциаты изучались И.Т. Журавлёвой, трилобиты — Л.Н. Репиной, водоросли — В.А. Лучининой, мелкораковинная фауна — Н.П. Мешковой. Трилобитов пограничного интервала кембрия и ордовика изучала А.В. Розова. Первоначально в этих работах как стратиграф принимал участие В.В. Хоментовский, который вместе с организованной им группой в дальнейшем сосре-

доточился на изучении докембрийских отложений. Позднее к кембрийской группе присоединился Ю.Л. Пельман, изучавший беззамковых брахиопод и гастропод. Исследования проводились в тесной кооперации с хорошо укомплектованной кембрийской группой специалистов СНИИГГиМСа под руководством В.Е. Савицкого.

Постепенно работы по изучению кембрия распространились и на Алтае-Саянскую складчатую область. Огромные новые материалы легли в основу крупных обобщений. Было дано детальное палеонтологическое обоснование деления кембрия на три отдела, и в том числе нижнего — на ярусы и биостратиграфические зоны по разным группам фауны, наиболее детально по трилобитам и археоциатам. Ярусы кембрийской системы, выделенные первоначально на Сибирской платформе как региональные подразделения Ф.Г. Гурари, уточненные и дополненные детальными палеонтологическими характеристиками, получили мировое признание в качестве глобальных стратозалонов. Такую рекомендацию дала в 1991 г. Международная подкомиссия по кембрийской системе, однако в 1996 г., после смены руководства Международной стратиграфической комиссии, была установлена новая процедура обоснования стратозалонов Международной стратиграфической шкалы, предусматривающая опережающее выделение лимитотипов (вместо стратотипов), т. е. границ подразделений, а не самих стратонов. По этой причине прежние рекомендации по ярусному расчленению кембрия были отменены.

Новый подход к реформированию и уточнению МСШ вывел проблему из стадии обычных научных дискуссий и по существу обострил конкуренцию между стратиграфическими службами разных стран в переделе «собственности стратозалонов», открыв возможность лоббирования интересов корпоративных групп через Международную стратиграфическую комиссию. Тем не менее есть все основания надеяться, что научный подход сможет преодолеть эту «болезнь реформаторства», которая особенно остро проявилась не только при решении проблемы ярусного расчленения кембрия, но и при ревизии Международной стратиграфической шкалы ордовика, где происходит поспешная замена прежнего Британского стандарта новыми стратозалонами, базирующимися на недостаточно ясных палеонтологических критериях и корреляционном потенциале. Одним из признаков возрождения научного подхода можно считать огромное внимание ведущих специа-

листов мира по кембрийской системе к разрезам Сибирской платформы во время организованной в 2008 г. при участии сотрудников отдела палеонтологии и стратиграфии международной экскурсии в бассейне р. Лены по стратотипическим районам выделенных там ярусов. На экскурсии вниманию участников кроме стратотипов ранее выделенных подразделений кембрийской системы был предложен еще один ярус — молодовский, детально охарактеризованный по огромному комплексу трилобитов (И.В. Коровников) и отвечающий как прежним критериям (корреляционному потенциалу стратотипа), так и новым — четким палеонтологическим границам, которые фиксируются широко распространенными видами-индексами (лимитотипами).

Выдающийся вклад внесен в палеонтологическое изучение двух самых массовых групп гидробионтов в кембрийских экосистемах — археоциат и трилобитов. Археоциаты — одна из древнейших скелетных групп фауны, во многом загадочная, но исключительно важная для стратиграфии нижнего кембрия и экосистемной характеристики этого переломного этапа в эволюции биосферы. Безусловным лидером в изучении этой группы фауны в нашей стране и одним из наиболее авторитетных специалистов в мировой палеонтологии была И.Т. Журавлёва. Она начала исследования в Палеонтологическом институте АН СССР, а после переезда в Новосибирск защитила в 1960 г. первую в Академгородке докторскую диссертацию, в которой обобщила с исчерпывающей полнотой практически все накопившиеся к тому времени данные по морфологии, систематике, стратиграфическому и геологическому распространению археоциат в кембрийских отложениях Сибири и Средней Азии. С тех пор труды И.Т. Журавлёвой по археоциатам получили мировое признание. В дальнейшем после детального изучения археоциат из разрезов Сибири и сравнительного анализа данных по другим регионам ее работы приобрели классическое значение для всех специалистов в разных странах. Палеобиологический подход к изучению археоциат совершенно естественно подвел ее к необходимости более широкого сравнительного изучения родственных археоциатам групп организмов — губок, афросальпингоидов, соанитов, рецептакулитов и других не менее загадочных групп организмов, большая часть которых вымерла еще на самых ранних стадиях эволюции, но некоторые (например, губки) дожили до современности.

В соавторстве с Е.И. Мягковой И.Т. Журавлёва опубликовала монографию (1987), в которой дано обоснование совершенно новой системы древнейших примитивных животных, приспособленных к оседлому (прикрепленному к морскому дну) образу жизни с фильтраторным типом питания. Было выделено новое царство организмов *Inferibionta* с двумя подцарствами *Archaeata* (включающим археоциат и другие вымершие группы) и *Porifera* (ископаемые и современные губки). Эта работа внесла выдающийся вклад в систематику органического мира, хотя в полной мере ее значение для развития теории эволюции еще предстоит оценить будущим исследователям.

Археаты были предвестниками бурного развития в последующие за кембрием геологические эпохи прикрепленных форм жизни в морских экосистемах, среди которых доминирующее положение заняли кораллы. Эти каркасостроящие организмы играли определяющую роль в рифообразовании.

С именем И.Т. Журавлёвой связаны новаторские исследования древнейших построек — Сахайской рифогенной системы Сибирской платформы и Андеркенской биогермной гряды ордовикского возраста в Южном Казахстане. Результатом работ стали две коллективные монографии, выполненные под ее руководством. В продолжение этих исследований, с целью устранения



разнобоя и унификации при изучении современных и ископаемых рифов, она разработала справочник «Современные и ископаемые рифы: термины и определения» (1990), который после его выхода в свет стал настольным для палеонтологов и стратиграфов.

Широкое признание получили исследования Л.Н. Репиной по систематике, филогении, эволюции, биостратиграфическому и палеобиогеографическому значению трилобитов кембрия. Ею впервые разработана зональная стратиграфия нижнего кембрия по этой группе, дано обоснование палеобиогеографического районирования раннекембрийских морей. Созданная Л.Н. Репиной совместно с известным американским палеонтологом И. Пальмером система классификации некоторых важнейших групп трилобитов вошла в Международный палеонтологический справочник «Treatise Invertebrate» и таким образом приобрела статус классической систематики.

Крупный вклад в палеонтологическую характеристику пограничного интервала кембрия и ордовика по трилобитам внесла А.В. Розова. Ее основная монография с описанием большого комплекса трилобитов из разрезов северо-западной части Сибирской платформы, анализом их распространения на других территориях и обоснованием границы кембрия и ордовика была переведена на английский язык, что свидетельствует о важности данных по Сибирскому региону для глобальных стратиграфических корреляций.

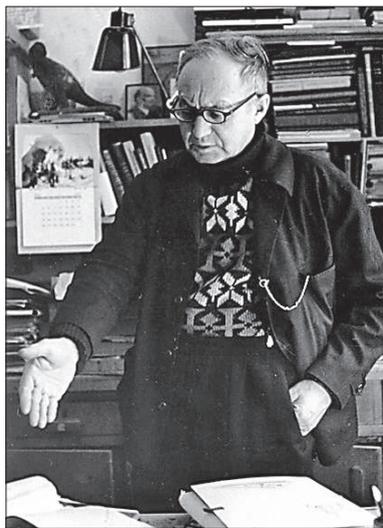
В целом за прошедший период по палеонтологии, стратиграфии, палеобиогеографии кембрия были опубликованы десятки монографий и тематических сборников. Благодаря этим коллективным исследованиям кембрий Сибири приобрел значение одного из главных геологических полигонов для разработки глобальной биостратиграфии этой системы и изучения ранних этапов эволюции экосистем.

Сибирская платформа оказалась исключительно перспективным объектом для установления закономерностей эволюции экосистем в раннем палеозое (кембрии, ордовике, силуре), поскольку на ее территории в это время был крупнейший в мире эпиконтинентальный палеобассейн. В рамках программы экостратиграфического изучения ордовика и силура Сибирской платформы были существенно уточнены и детализированы региональные стратиграфические схемы, проведено биофациальное районирование, впервые разработаны параллельные биозональные шкалы по разным группам фауны, дано обоснование новых методов инфразональной корреляции разрезов. Эти результаты базируются на детальном монографическом изучении разных групп фауны. Табуляты изучались Б.С. Соколовым и Ю.И. Тесаковым, ругозы — А.Б. Ивановским, остракоды — А.В. Каныгиным и Л.С. Базаровой, конодонты — Т.А. Москаленко, строматопороидеи — В.Г. Хромых, моноплакофоры и высшие ракообразные — С.Н. Розовым, хитинозои — Н.М. Заславской, акритархи — Л.И. Шешеговой. Другие группы фауны, а также литология в рамках этой программы исследовались сотрудниками СНИИГГиМСа (А.Г. Ядренкина, Т.В. Лопушинская, О.В. Сычев) и ВСЕГЕИ (Н.Н. Предтеченский, А.А. Высоцкий, А.Я. Бергер, Т.В. Машкова и др.).

Полученный таким образом огромный новый материал по палеонтологии, стратиграфии и биофациям стал основой для обобщений по эволюции морских экосистем на переходном этапе от протерозоя к фанерозою. В развитие этих исследований впервые для ордовика Сибирской платформы построена эвстатическая кривая и дана корреляция переломных биотических и эвстатических событий с Балтоскандией — далеко удаленным в ордовике эпиконтинентальным бассейном из другого климатического пояса. Выводы о

характере палеобиогеографических связей и палеоклиматическом положении Сибирской платформы и Балтоскандинавской части Восточно-Европейской платформы хорошо согласуются с последними версиями палинспастических реконструкций.

Из палеонтологических исследований, кроме отмеченных выше, следует выделить работы создателя советской школы граптолитологов А.М. Обу́та, который изучал граптолиты всех регионов СССР (в отделе эти исследования продолжены его учеником Н.В. Сенниковым в диапазоне от среднего кембрия до нижнего девона); обобщающие работы по табулятам всего палеозоя Б.С. Соколова; по фораминиферам палеозоя, особенно по карбону, — О.И. Богуш и О.В. Юферева (продолжены В.М. Задорожным и И.Г. Тимохиной); по остракодам девона Сибири — Е.Н. Поленовой (продолжена Н.К. Бахаревым); по остракодам карбона разных районов Сибири — Л.С. Бушминой; верхнепалеозойским неморским двустворчатым моллюскам Кузбасса и Ангариды, трилобитам и конодонтам силура и девона — Е.А. Ёлкина (работы по конодонтам продолжены Н.Г. Изох); хитинозоям ордовика и силура Восточно-Европейской и Сибирской платформ и Алтае-Саянской складчатой области — А.М. Обутом (продолжены О.Т. Обут и Н.В. Сенниковым); радиоляриям палеозоя Алтае-Саянской складчатой области — О.Т. Обут; силурийским и девонским рыбам — О.А. Родиной.



А.М. Обут

Палеонтологические работы по таким ранее почти неизвестным или малоизученным группам фауны, как конодонты, радиолярии и хитинозои, с использованием новых методов химического препарирования позволили впервые охарактеризовать таксономический состав и эволюцию пелагиали Палеоазиатского океана и его шельфовых морей. Таким образом, появилась возможность более обоснованных палеогеографических реконструкций и тестирования по пелагическим и бентосным группам микрофоссилий различных геодинамических обстановок. Иллюстрацией этого направления исследований является работа, посвященная эволюции зоны сочленения Палеоазиатского океана с континентом в палеозое, выполненная совместно палеонтологами и специалистами по геодинамике (Sennikov, Obut et al., 2004).

В истории палеогеографических реконструкций палеозойских морских бассейнов Алтае-Саянской складчатой области (АССО) отчетливо фиксируются три периода. Первый (1960–1985 гг.) — накопление геологической информации по фаціальным особенностям строения разрезов и характеру распространения фаунистических сообществ. На его заключительной стадии появились первые публикации по отображению на мелкомасштабных картах-схемах для крупных хроностратиграфических срезов (периодов, реже эпох) «площадей-акваторий» с доминирующим типом осадконакопления — карбонатным, терригенным или смешанным карбонатно-терригенным.

Второй период (1986–1995 гг.) — районирование палеозойских бассейнов АССО с использованием фаціального моделирования. Выявленные закономерные изменения литофаций (как осадочных, так и эффузивно-осадоч-



ных) в сериях разрезов по латеральным фациальным рядам разновозрастных геологических тел, закономерно сменяющим друг друга по глубинам палеобассейнов и удаленности от областей денудации, позволили генерализовать фациальные зоны в три укрупненных мегазоны: внешняя (смежная с сушей), карбонатная платформа и внутренняя. На основе анализа площадного распространения этих мегазон группой под руководством Е.А. Ёлкина были подготовлены палеогеографические карты-схемы сначала для палеозойских бассейнов АССО, затем для палеозойских образований фундамента Западно-Сибирской геосинеклизы. Такие карты-схемы строились по узким временным срезам (век, реже часть века): тремадок, арениг, ашгилл, поздний лландовери, поздний венлок, прага, ранний живет и поздний живет. Проанализировав палеогеографические обстановки по отмеченным срезам, сделаны выводы о том, что: осадконакопление происходило в условиях мелководного шельфа Сибирского континента; Алтае-Салаиро-Кузнецкий бассейн (и его продолжение в фундаменте Западно-Сибирской геосинеклизы) был открытым на запад (в современных координатах) к смежным акваториям; вулканическая деятельность в девоне, возникнув в континентальной части, со временем мигрировала к внешнему краю шельфа.

Третий период (1996–2006 гг.) — открытие на Горном Алтае фрагментов базальтово-кремнисто-терригенных фаунистически охарактеризованных образований ложа Палеоазиатского океана, выявление в палеозойских разрезах новых литофаций (кремнистые, подводно-оползневые и др.), детализация литофаций до микролитофаций и установление закономерностей их сочетаний во времени и пространстве, выявление биомаркеров фациальных и геодинамических обстановок. Построение карт-схем осуществлялось с учетом унаследованности развития ареалов распространения литофаций и биофаций при переходе от одного хроностратиграфического среза к другому. Карты-схемы подготовлены для непрерывного последовательного ряда хроностратиграфических срезов на уровне подъярусов (2–5 млн лет) для ордовика (11 карт) и силура (9 карт) и дискретно по отдельным хроносрезам — для девона (5 карт) и раннего карбона (1 карта). На основе таких детальных карт-схем в пределах АССО и Западно-Сибирской геосинеклизы реконструированы четыре геодинамические обстановки, характеризующие эволюцию Палеоазиатского океана в течение ордовикско-среднедевонского отрезка времени: энсиматическая островодужная ($V-O_3tr$), пассивной окраины (O_1-D_1prg), активной окраины ($D_1ems-D_2gv_1$) и энсиалическая островодужная (конец $D_2gv_2-D_3$).

Накопленный опыт изучения палеозоя Алтае-Саянской складчатой области был использован при изучении по керновому материалу палеозойского этажа Западно-Сибирской плиты. Первые сведения по палеонтологическому обоснованию стратиграфии этой территории систематизированы О.В. Юферевым, О.И. Богуш и В.А. Бочкаревым в 1975 г. (в основном по фараминиферам). В 1976 г. созданная межинститутская рабочая группа по комплексному палеонтолого-стратиграфическому изучению палеозоя ЗСП с участием специалистов ИГиГ, СНИИГиМСа и Новосибирской поисково-разведочной экспедиции начала обработку материалов по Малоичской скважине, которая стала опорной для последующих работ. В дальнейшем исследования распространились на все районы ЗСП. Этот этап завершился разработкой первой региональной стратиграфической схемы палеозоя ЗСП, ставшей основой для дальнейшего планирования и постановки поисково-разведочных работ на нефть и газ в этой нефтегазоносной провинции.



Участники Международного проекта «Ордовикская палеогеография и палеоклимат» на полевой экскурсии на р. Кулюмбе (север Сибирской платформы). 2006 г.

В последний период (с 2006 г.) на основе новых геодинамических идей по истории развития в палеозое фундамента ЗСП, детального изучения Щучьинского выступа палеозоя в зоне сочленения ЗСП и Полярного Урала (Каныгин и др., 2004, 2008), а также обобщения накопленных регионально-геологических данных по структурно-формационным комплексам на смену прежним интерпретациям с позиций геосинклинальной теории стали формироваться новые подходы к изучению геодинамической истории ЗСП. Пока работы находятся в начальной стадии, но в дальнейшем, безусловно, исследования в этом направлении могут существенно повлиять на переоценку потенциала нефтегазоносности и выбор перспективных объектов в Западно-Сибирской провинции.

Мезозой

Одной из главных особенностей палеонтолого-стратиграфических исследований мезозоя Сибири была изначально принятая в отделе палеонтологии и стратиграфии установка лидера этого направления В.Н. Сакса на параллельное комплексное исследование всех основных групп фауны и флоры. Научные идеи, прогнозы, методология и принципы организации научных исследований на основе комплексирования разных методов и данных по разным группам фауны и флоры, которые развивал В.Н. Сакс, не потеряли своего значения до сих пор и продолжают развиваться его учениками и последователями (Шурыгин и др., 2000).

Наиболее важными для стратиграфии группами в мезозое являются моллюски: аммониты, белемниты, двустворчатые, а из микрофауны — фораминиферы и отчасти остракоды. Палеоботанические остатки, как макрофлора, так и микрофлора — споры, пыльца, микроводоросли в стратиграфии считались менее весомыми. Однако в отделе палеонтологии и стратиграфии организационно не отдавалось предпочтения какому-либо из названных палеонтологических объектов. В созданную в первые же годы работы в Сибирь



ском отделении межведомственную группу, объединившую сотрудников ИГиГ СО АН СССР, НИИГА, ВНИГРИ, наряду со специалистами по моллюскам и микрофауне вошли и палинологи. Как известно, микрофоссилии являются основными объектами при определении геологического возраста пород в кернах поисковых и разведочных скважин на нефть и газ. Однако в силу морфологической консервативности они не обеспечивают необходимой детальности заключений о геологическом возрасте пород. Надежность заключений микропалеонтологов значительно возрастает в случае точной датировки их комплексов с помощью совместно встреченных остатков моллюсков, прежде всего аммонитов. Охват подавляющего большинства групп организмов животного и растительного происхождения позволил быстро подойти к широким — субглобальным и глобальным — обобщениям по биохроностратиграфии, палеобиогеографии и палеогеографии (Фанерозой Сибири, 1984).

Уже в 60–70-х годах были опубликованы многочисленные работы коллектива с монографическим описанием всех основных используемых для биостратиграфии групп фоссилий. Крупные монографические обобщения по триасовым, юрским и меловым фаунам и флорам Сибири выполнялись А.С. Дагисом, В.А. Захаровым, С.В. Мелединой, Т.И. Нальняевой, В.И. Ильиной, А.Ф. Хлоновой, Т.Ф. Возженниковой и др. Если ранее доминировали представления о крайней таксономической бедности и однообразии арктической биоты мезозоя, то за прошедшее время представления о таксономическом составе и разнообразии фауны мезозоя Сибири претерпели существенные изменения. В мезозойских толщах были обнаружены остатки разнообразных групп головоногих и двустворчатых моллюсков, скафоподы, брахиоподы, иглокожие, многочисленные следы червей, фораминиферы, остракоды, высшие раки и усконогие раки, микрофитофоссилии и макроостатки флоры, остатки рыб, плезиозавров и ихтиозавров. В последние годы обнаружены и экзотические для мезозоя Северного полушария представители полиплакофор. Установлено, что эндемизм мезозойской биоты Сибири не столь велик, как считалось: на всех уровнях встречаются не имеющие местных корней иммигранты из нижнебореальных и даже тетических морей, которые, уступая автохтонно развивающимся видам и родам в количественной представительности, иногда составляют до 50–70 % родового состава. Продолжающиеся в конце XX и начале XXI века исследования мезозойской биоты Арктики, центральное место в которой занимали сибирские палеобассейны, показали, что флуктуации таксономического разнообразия были вызваны как особенностями эволюции, сопровождавшейся этапами таксоногенеза и направленными иммиграциями, так и изменениями факторов среды под влиянием климата, эвстатических колебаний, палеогеографических перестроек. В эволюции биоты сибирских палеобассейнов в мезозое четко фиксируется периодичность, нашедшая отражение в чередовании периодов роста таксономического разнообразия и усложнения структуры сообществ с периодами падения разнообразия и деструкций сообществ. Периодичность различных состояний мезозойской арктической биоты удовлетворительно коррелирует с флуктуациями климата, которые, в свою очередь, совпадают с динамикой трансгрессивно-регрессивных событий, включая эвстатику.

С поступлением массовых сведений о палеонтологической характеристике мезозойских толщ Сибири стало очевидно, что практически все ярусы мезозоя представлены в разных районах Сибири и на смежных территориях Северо-Востока России. Эти толщи охарактеризованы бореальной ископаемой фауной, которая имеет уникальный таксономический состав, что обу-

словило необходимость разработки специфических региональных зональных биостратиграфических шкал и являлось причиной сложности их корреляции с западно-европейскими стратиграфическими стандартами. Под руководством В.Н. Сакса, а позже В.А. Захарова были разработаны ярусные и зональные шкалы бореального мезозоя, которые не уступают по детальности аналогичным шкалам Западной Европы. Признанным лидером в изучении палеонтологии и стратиграфии триаса Арктики и других регионов был А.С. Дагис.

Стратиграфия бореального мезозоя Сибири с самого начала была основана на зоне как операционной стратиграфической единице. Ориентировка на зону и ярус международной шкалы была настолько значительной, что на каком-то этапе биостратиграфические приоритеты несколько ослабили внимание к литостратиграфии наиболее обеспеченных зональными шкалами юры и неокома. Тем не менее именно приоритетная ориентировка на зону позволила за короткое время (в течение 20 лет) разработать для юрской системы и неокома Сибири аммонитовую шкалу, сопоставимую по детальности с западно-европейской. Благодаря опережающим исследованиям в зональной биостратиграфии Восточной Сибири удалось избежать грубых стратиграфических ошибок на этапе освоения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Как показала практика, вскрываемые скважинами слоистые толщи юры и мела в Западной Сибири включают те же последовательности комплексов фауны и флоры, что на севере Восточной Сибири и в Приполярном Урале. Это повышает значение разработанных параллельных шкал по парастратиграфическим группам фауны и флоры, до сих пор не исчерпавших свой потенциал.

В основу выделения биостратонов положено определение последовательности вертикального распределения специфических комплексов биофоссилий, а также оригинальных особенностей структуры биоты (фиксируются даже при сходных таксономических наборах в количественных соотношениях составляющих таксонов) и неповторимой последовательности перестроек этой структуры во времени. Основными рабочими биостратонами являлись слои с конкретной группой фоссилий и зоны по группе фоссилий, определенные самыми разными способами (филозоны, тейльзоны, эпиболы, комплексные зоны и т. д.). Совокупность биостратиграфических



Слева направо: О.В. Шенфиль, С.В. Меледина, В.А. Казаненков, Т.И. Нальняева, Б.Н. Шурыгин. Крайний Север



зон рассматривается не только как ступени к обоснованию зоны (= хронозоны) в качестве части яруса, но и как операционная биособытийной природы комбинация шкал, используемая непосредственно при биостратиграфическом расчленении, опознавании реперных уровней при расчленении по каротажу, цикло- и сейсмостратиграфическом анализе, при внутри- и межрегиональных корреляциях мезозоя Сибири как в естественных выходах, так и по керну скважин. Естественно, что при этом все разнообразие независимых методов расчленения и корреляции разрезов используется и для взаимного контроля. В операционном плане в разрезах фиксируются не поверхности смены таксономического состава комплексов, а последовательности слоев (толщ), отличающихся по таксономическому составу, по структуре комплексов фоссилий, по закономерности смены комплексов в рекуррирующих фациях. Границы между смежными биостратонами в последовательности всегда имеют тот или иной интервал неопределенности. Зональные шкалы бореального мезозоя можно рассматривать как «биособытийные» шкалы, в которых реперные интервалы охарактеризованы неповторимой последовательностью результатов сочетаний биологических событий разной (независимой друг от друга) природы (филогенетической, хорологической и экосистемной). Именно фиксированная последовательность событий разной (независимой друг от друга) природы имеет, по-видимому, наибольшую вероятность изохронности при опознавании в разных регионах.

На базе сибирских разрезов был разработан бореальный зональный стандарт мезозоя, который предложено использовать для эффективной панбореальной корреляции и оперативного определения геологического возраста мезозойских отложений бореального типа. Выбор и обоснование регионального (в нашем случае — бореального) стандарта являются предметом дискуссий международных рабочих групп: как по поводу создания бореальных зональных шкал по разным группам фауны, так и по поводу указания типового разреза (= стратотипа) бореального стандарта яруса. При этом бореальный стандарт рассматривается обычно лишь как инструмент для решения задач корреляции, не влияющий на номенклатуру ярусов. В качестве бореального стандарта необходимы разрезы, отражающие максимум региональных корреляционных признаков: с наиболее полной характеристикой палеонтологических, литостратиграфических, биостратиграфических, биофациальных, сиквенс-стратиграфических и других особенностей, характерных для отложений бореального типа.

Прямая зональная корреляция бореальных, субтетических и тетических разрезов достигается сопоставлением фрагментов последовательностей зон, характеризующихся значительной общностью комплексов и сохраняющих виды-индексы, и непосредственно отдельных зон. Иллюстрацией могут служить последовательности аммонитовых зон нижнего инда, нижнего оленёка, геттанга, верхнего плинсбаха, нижнего оксфорда, верхнего кимериджа и зон по иноцерамам верхнего сеномана, турона и сантона. Однако значительные стратиграфические интервалы в бореальной зональной шкале мезозоя не имеют прямой корреляции с международным геохронологическим стандартом. Ярким примером служат волжский ярус и бореальный берриас: среди выделенных в пределах этих ярусов 24 зон и подзон по аммонитам имеется лишь один уровень (в основании волжского яруса) прямой корреляции со стратотипами Западной Европы. Значительные трудности возникают при бореально-тетической корреляции рэта, нижнего плинсбаха, верхнего тоара, аалена, байоса и большинства ярусов мела.

Для оценки латеральной протяженности тех или иных биостратонов и возможностей бореально-тетических корреляций было необходимо проведение исследований биогеографического плана. Одно из первых комплексных обобщений такого рода по мезозойским палеобассейнам Арктики, опубликованное коллективом сибирских и ленинградских специалистов под руководством В.Н. Сакса в 1971 г., вызвало интенсификацию палеобиогеографических исследований мезозоя. Они стали неотъемлемой частью всех диссертационных работ и монографических публикаций сибирских специалистов по палеонтологии и стратиграфии мезозоя (Фанерозой Сибири, 1984). Палеогеографические и палеобиогеографические реконструкции бореальных бассейнов мезозоя; восстановление истории заселения их разными группами организмов; выявление соотношения биот бореальной, арктической зон и тепловодных бассейнов; классификация древних бассейнов; воссоздание климатов мезозоя в Северном полушарии Земли и до сих пор занимают видное место в работах специалистов института. Палеобиогеографический анализ позволил отвергнуть принятую в 80-х годах гипотезу о перемещении террейнов из тропических широт Палеоокеании к Восточно-Сибирскому кратону. Наличие таксономически разнообразной фауны преимущественно стеногалинных морских беспозвоночных в окраинных и внутренних кратонных морях поддерживает представления специалистов по геодинамике о постоянном присутствии океана на территории Арктики в течение всего мезозоя, но детальные палеобиогеографические исследования позволили скорректировать реконструируемые контуры океанического бассейна. Комплексирование всех данных для решения задач палеобиогеографии неизбежно привело сибирских специалистов к разработке единых критериев унификации биохорий.

Высшей биогеографической единицей принята надобласть. Установлено, что только синтез ареалогических данных по нектонным, бентосным и планктонным группам позволяет выявить общие биогеографические закономерности и, следовательно, делает более объективным установление палеобиогеографических подразделений, в первую очередь надобластей и областей. При установлении биохории необходимо опираться на определенный хоротип. Хоротипом может быть та часть биохории, в которой наиболее выразительно проявляется ее таксономическая самобытность. Указание времени существования хоротипа (хронотип) также должно быть обеспечено. Обязательным является правило приоритетного названия. Широко применяется правило, по которому ранг выделяемых биохорий зависит от ранга таксономических отличий. Областному рангу отвечают в построениях российских авторов семейственный и подсемейственный ранги эндемичных таксонов; критерием выделения подобластей служат различия главным образом родового уровня. В пределах областей могут выделяться территориально разобщенные сообщества, специфичность которых определяется видовыми (подродовыми, родовыми) различиями, — провинции. При решении вопроса о ранге биохорий необходим анализ истории развития всей биоты в течение длительного времени. Решено придерживаться следующего иерархического ряда главных биогеографических категорий: надобласть (Superrealm), область (Realm), провинция (Province), а промежуточными рассматривать подобласть (Subrealm), подпровинция (Subprovince); термин «регион» (Region) следует оставить для неформального использования. Выделение биохории необходимо сопровождать приведением определенных сведений.



Кроме назначения хоротипа, должно быть указание на первого автора (авторов) названия, предложившего биохорию, первоначальное время, для которого она была установлена, ее территорию; палеонтологическую характеристику; дополнения, которые были внесены во все эти показатели в последующих работах. Первое таким образом унифицированное описание биохорий было составлено именно для мезозойских акваторий Арктики, и в частности Сибири.

Одним из важнейших аспектов исследований мезозойских толщ Сибири и смежных территорий, развиваемых в отделе палеонтологии и стратиграфии, всегда были биофациальные реконструкции. Заложенное в самом начале основателями сибирской школы комплексное изучение ископаемых остатков и литолого-седиментационных характеристик вмещающих их слоев предопределило дальнейшее быстрое развитие в рамках сибирской школы палеоэкологических исследований и разработку методов биофациального анализа. Неравномерность распределения нектобентоса, бентоса и, как выяснилось в последнее время, планктона в северосибирских морях определялась их дифференциацией по биономическим зонам. Биономические зоны располагались, как правило, субпараллельно палеоберегу. Следы их четко фиксируются в разрезах чередованием слоев разнофациального генезиса. В палеобассейнах с хорошо разработанным профилем равновесия бентали уверенно выделяются три-четыре основные биономические зоны, приблизительно соответствующие верхней, средней, нижней сублиторали и псевдоабиссали. В пределах каждой биономозоны обитали во многом специфические ассоциации организмов. Биономозоны и их части выделяются по донным сообществам путем воссоздания палеокатены.

Палеокатенный анализ разработан и применяется как для растительных сообществ, так и для морского бентоса. В последнем случае катена понимается как последовательность донных сообществ на склоне седиментационного бассейна, реконструированных на основе изучения ориктоценозов в естественных выходах или по керну скважины. Именно последнее направление наиболее интенсивно развивалось в отделе палеонтологии и стратиграфии при изучении мезозойских толщ Сибири. Вначале были детально разработаны палеоэкологические классификации макробентоса. Наибольшую экологическую информацию в этой классификации несут трофические группировки: по способам захвата пищи и уровням питания. Важная информация об условиях существования, включая комплексный вывод о глубине обитания, извлекается из других экологических группировок: этологических, гидродинамических, кислородных, термальных, солевых, эдафических. Определялись биономические зоны (в координатах: удаленность от берега — увеличение глубины) преимущественного распространения тех или иных родов. На синэкологическом этапе исследований на основе тафономических характеристик, наблюдений над прижизненными захоронениями, определения автохтонных составляющих ориктоценозов, оценки совместимости толерантности видов единого ориктоценоза к тем или иным факторам реконструировались палеосообщества макробентоса морей Сибири. Совершенно очевидно, что полностью воссоздать естественные палеосообщества бентоса, как и полностью реконструировать пищевые цепи, невозможно в связи с неполнотой палеонтологической летописи. К счастью, большую часть информации о взаимодействии сообщества со средой, особенностях его эволюции и перестройки несет ядро сообщества: его трофическая структура, преобладание в нем тех или иных этологических и эдафических группировок и



В.А. Захаров

динамика их представительности в пространстве и времени. В большинстве случаев при изучении повторяющихся ориктоценозов такие доминировавшие в палеосообществах ассоциации выделяются достаточно отчетливо. Реконструированные сообщества (в широком смысле) макробентоса, ядра которых составляют устойчивые и несущие основную информацию о среде ассоциации двустворок, в латеральном ряду от палеоберега в глубь бассейна представляли звенья (члены) катен бентоса. Дифференциация ассоциаций по биономическим зонам и их закономерное последовательное размещение в соответствующей катене на профиле шельфа контролировались рядом факторов, таких как распределение пищи, температура придонных вод, соленость, гидродинамика, тип и характер грунта, газовый режим придонных вод и т. д. Обычно эти факторы воздействуют на сообщества суммарно.

Анализ пространственной структуры катен и ее эволюции во времени позволяет дать реконструкцию профиля дна конкретного бассейна и в совокупности с другими критериями провести калибровку его глубин. Один из наиболее важных вопросов, который решается путем анализа катены, — определение степени уклона дна. Определено, что каждому палеобассейну были свойственны катены с определенным набором звеньев (сообществ разных биономических зон), число которых, как и характер экотонов, в условиях нормально падающего профиля равновесия дна контролировалось его уклоном. Каждое сообщество занимало свое место в катене и граничило со строго определенным сообществом. На этой основе можно было сформулировать представление о полной катене, т. е. о такой последовательности, в которой представлено все разнообразие донных сообществ, известных для определенного профиля дна конкретного бассейна. При изменении рельефа дна происходит смещение катены, выражающееся в редуцировании ассоциации исчезнувшей биономической зоны. Иногда происходит наложение друг на друга соседних сообществ (телескопирование), при этом в ядро вновь сформированного сообщества могут войти доминанты обеих совмещенных ассоциаций. Таким образом, топологическая структура катены (полная или неполная последовательность ассоциаций) и ее неоднородности на площади



хорошо описывают изменение глубины по мере удаления от палеоберега, т. е. рельеф дна палеобассейна в зоне расположения катены. Сравнительно-топологический анализ сообществ бентоса позволил оценить различие тектонического режима разных районов и связанные с ним изменения рельефа дна палеобассейнов мезозойских бассейнов Сибири. В результате анализа донных сообществ на площади их распространения в пределах конкретных бассейнов реконструированы катены бентоса для веков, их отдельных частей, иногда фаз мезозоя. Наиболее детально в этом отношении изучены палеоморя севера Средней Сибири, в которых для мезозоя достоверно устанавливаются обычно три биономические зоны (со стороны Сибирской суши): мелководная, умеренно глубоководная и относительно глубоководная. Выделенные на основе комплексного анализа биотических и абиотических данных эти три крупные седиментационно-биономические зоны примерно соответствуют условиям верхней (до 25–50 м), средней (до 80–100 м) и нижней (до 200 м) сублиторали.

После разработки основ катенного анализа и построения в 80-е годы XX века первых моделей распределения биономических зон в мезозойских сибирских морях совершенствование этих реконструкций, использование их для анализа латерального распределения микрофауны, микрофитофоссилий и других групп продолжается и донныне. Эти разработки успешно применены для детальных фациальных реконструкций других регионов Арктики, в том числе зарубежных (Шурыгин, 2005; и др.).

Успешно развиваются с помощью коллег из других организаций палеомагнитные исследования, дающие выход не только в стратиграфии мезозоя, но и в палеогеографии и палеогеодинамике. Еще в начале 60-х годов В.Н. Сакс совместно с коллегами из Москвы, Ленинграда, а позднее и из Новосибирска активно приступил к палеотемпературным исследованиям по карбонатному веществу ростров белемнитов. Использование геохимических методов при изучении биогенного вещества продолжало поддерживаться при исследо-



Д.г.-м.н. В.С. Волкова (в центре) с геологами НТГУ на ключевом разрезе плиоцена на правом берегу р. Иртыш

вании мезозоя и в 70-е годы, когда в отделе палеонтологии и стратиграфии были предприняты попытки определить биогеохимическими методами абсолютные значения палеосолености по соотношению элементов и типы фаций по содержанию палеопротеинов. Новый всплеск интереса к таким исследованиям наблюдается в настоящее время в связи с развитием методов и аппаратной базы для исследования изотопов углерода, кислорода, стронция и т. п. Таким образом, заложенные одним из основателей сибирской школы палеонтологов В.Н. Саксом междисциплинарные исследования мезозоя находят продолжение и развитие в трудах его учеников и последователей в отделе палеонтологии и стратиграфии Института нефтегазовой геологии и геофизики, унаследованном от Института геологии и геофизики СО АН СССР.

Кайнозой

Выдающийся вклад внесен сотрудниками Института геологии и геофизики в изучение кайнозоя Сибири, особенно четвертичного периода. Безусловным лидером этого направления был член-корреспондент АН СССР В.Н. Сакс, который начал свои исследования в сибирском секторе Арктики в 1933 г. в составе экспедиций горно-геологического управления Главсевморпути. Пионерные исследования четвертичных отложений были проведены на Алазейском плоскогорье, Таймырской низменности, в северо-восточной части Западной Сибири. Они обобщены в капитальной монографии «Четвертичный период Советской Арктики», изданной в 1948 г. и переизданной в существенно дополненном виде в 1953 г. Эти труды стали настольными книгами для геологов-съемщиков и заложили основы стратиграфии четвертичной системы всего Сибирского субконтинента. С классических работ В.Н. Сакса на материалах этой территории началось развитие климато-стратиграфической концепции, основанной на чередовании ледниковых и межледниковых эпох, следы которых проявились и в континентальных, и в морских отложениях. Так еще в ленинградский период начала складываться школа В.Н. Сакса, которая получила всестороннее развитие в Институте геологии и геофизики в Новосибирске, куда он переехал в 1958 г. после избрания членом-корреспондентом АН СССР.

Следом за В.Н. Саксом по его приглашению из Ленинграда в Новосибирск перебралась большая группа специалистов по изучению кайнозойских отложений — С.А. Стрелков, С.Л. Троицкий, А.П. Пуминов, И.А. Волков, В.С. Волкова (из НИИГА и ВСЕГЕИ), из Москвы — С.А. Архипов (из ГИНА АН СССР), выпускница МГУ С.В. Сухорукова. Позднее к ним присоединились воспитанники Ленинградского университета О.В. Кашменская, З.И. Хворостова, С.Ф. Биске, Ю.П. Баранова, имевшие уже большой опыт исследовательской работы. Постепенно в институте сформировался крупнейший в СССР научно-методический центр по изучению кайнозойской, в первую очередь четвертичной, истории Сибири и прилегающих областей — огромного сегмента Земли. Исследования проводились широким фронтом с использованием как традиционных, так и новейших методов — палинологических, микропалеонтологических, литологических, геоморфологических, радиологических, магнитостратиграфических, климато-стратиграфических. В лаборатории микропалеонтологии под руководством А.В. Фурсенко большой группой специалистов (В.И. Гудиной, К.Б. Фурсенко, Т.С. Троицкой, затем выпускниками НГУ Л.К. Левчук, С.А. Гуськовым, аспирантами лаборатории микропалеонтологии) изучались фораминиферы окраинных морей СССР (Охотского, Японского, Черного, Баренцева, лагуны Буссе на Сахалине) как



актуалистической основы для реконструкции палеогеографических обстановок и одновременно в больших объемах проводилось изучение комплексов фораминифер из четвертичных отложений морского генезиса из разных районов севера Сибири и европейской части СССР — от Чукотского полуострова до Печорской низменности и Кольского полуострова. Особенно детально изучались типовые разрезы в низовьях Енисея и Оби, а также керновый материал геолого-съёмочных партий Западной Сибири.

Континентальными отложениями занимались в основном палеонтологи лаборатории палинологии и палеоальгологии (Т.Ф. Возженникова, В.С. Волкова, М.Я. Вотах, Т.Н. Левина, Н.В. Халфина). Широко использовались также литогенетические методы диагностики пород для оконтуривания зон морских трансгрессий, ледниковой, приледниковой и внеледниковой зон Западной Сибири (И.И. Задкова, С.В. Сухорукова, Е.П. Акульшина, И.Д. Зольников). Важным дополнением к этим исследованиям служили данные радиоуглеродных датировок, которые выполнялись в лаборатории геохронологии под руководством Л.В. Фирсова (Л.А. Орлова, Ю.Н. Лебедев и др.), а также результаты палеомагнитных исследований, начатые А.Н. Поспеловой и продолженные затем З.Н. Гнибиденко. В рамках всего Сибирского региона работы координировались созданной в 1964 г. В.Н. Саксом Сибирской секцией Комиссии по изучению четвертичного периода при АН СССР.

Среди наиболее важных результатов изучения кайнозойских отложений Сибири и прилегающих регионов следует отметить следующие. Разработаны детальные региональные стратиграфические схемы четвертичных отложений Сибири (последняя версия по Западной Сибири официально утверждена МСК в 2001 г., а по Восточной Сибири — в 2009 г.). Всесторонне теоретически обоснован (Троицкий, 1982; и др.) и прошел практическую апробацию климато-стратиграфический метод, позволивший установить детальную хронологию ландшафтно-климатических изменений на территории Западной Сибири, доказать множественность покровных оледенений, масштабы трансгрессивно-регрессивных циклов, миграционные волны морских сообществ микрофауны в Северном Ледовитом океане и растительных комплексов на суше в связи с глобальными климатическими изменениями (С.А. Архипов, В.С. Волкова, В.И. Гудина, С.А. Гуськов и др.), выявить эпохи и условия лессо- и почвообразования (И.А. Волков, В.С. Зыкина), установить индикаторные характеристики палеоклиматических и палеоэкологических обстановок на суше и в морской среде четвертичного периода по спорово-пыльцевым комплексам и микрофитопланктону (В.С. Волкова, И.А. Кулькова и др.), по фораминиферам (А.В. Фурсенко, В.И. Гудина и др.), по двустворчатым моллюскам (В.С. Зыкин).

С исследованиями геологии четвертичной системы связано геоморфологическое направление, которое в 60–70-е годы получило наибольшее развитие в институте под руководством А.Л. Яншина и В.Н. Сакса. На основе разработанной большим авторским коллективом концепции геоморфологических формаций (В.А. Николаев, В.В. Вдовин, Л.К. Зятькова, О.В. Кашменская и др.) было опубликовано уникальное 15-томное обобщение «История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока», удостоенное Государственной премии СССР. Накопленный к середине 70-х годов опыт изучения четвертичной истории, палеогеографии и рельефа Сибири стал научной основой для критического пересмотра предложенного при поддержке Правительства СССР грандиозного, но малообоснованного с геологических и

экономических позиций грандиозного проекта переброски части стока рек Сибири в Среднюю Азию. Под руководством В.Н. Сакса был создан научный Совет по этой проблеме при Президиуме СО АН СССР и лаборатория водных проблем в Институте геологии и геофизики (которая в дальнейшем перешла во вновь созданный в Барнауле Институт водных проблем). Исследования института и деятельность Совета по проблеме перераспределения водных ресурсов Сибири не только способствовали приостановке запланированных работ по проектированию канала Западная Сибирь–Средняя Азия, но и стали примером важного значения научной экспертизы народно-хозяйственных проектов, связанных с крупномасштабным вмешательством человека в исторически сложившиеся природные процессы.

Работы по изучению четвертичного периода Сибири достигли апогея в 70-е годы. После этого в связи с изменениями приоритетов исследований, структурными перестройками в институте и сменой научных поколений произошло существенное сокращение тематики исследований (по палинологии, микропалеонтологии, литологии); некоторые направления исчерпали себя или трансформировались (геоморфология, неотектоника), но созданный за годы расцвета научный задел получил широкое применение на практике, а наиболее актуальные направления продолжают развиваться уже новым поколением исследователей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Однажды на заседании ученого совета Института геологии и геофизики Б.С. Соколов сформулировал неожиданные, но, как оказалось, дальновидные тезисы для обеспечения жизнеспособности и перспективы развития любого научно-исследовательского института геологического профиля. Необходимыми его составляющими должны быть: 1) наличие достаточно полной научной библиотеки, 2) музея для хранения научных коллекций и 3) преемственности развития научных школ.

В институте эти три компонента под руководством его отцов-основателей (А.А. Трофимука, В.С. Соболева, А.Л. Яншина, Б.С. Соколова, Ю.А. Косыгина, Э.Э. Фотиади и их соратников) были реализованы в полной мере. Институт располагает, вероятно, наиболее полной среди геологических учреждений России научной библиотекой. Следует отметить, что в формировании ее фонда по палеонтолого-стратиграфической тематике активное участие приняли «первозванные» сотрудники отдела, которые во время длительных специальных командировок сделали через ЛАФОКИ в библиотеках Москвы и Ленинграда фотокопии почти всех важнейших монографий, включая издания XIX века. В дальнейшем этот фонд пополнялся в значительной мере за счет межбиблиотечного и индивидуального обмена публикациями. Этому способствовали большой интерес к трудам института со стороны отечественных и зарубежных специалистов и высокая научная продуктивность, выраженная в большом количестве не только журнальных публикаций, но и в издании собственных трудов института в виде монографий и тематических сборников.

При институте был создан геологический музей с двумя подразделениями — минералогическим и палеонтологическим, получивший статус Центрального геологического музея Сибири. За прошедшие годы в палеонтологическом отделе музея для сравнительного изучения коллекций работали сотни специалистов из нашей страны и других стран, что стало важным фактором международной интеграции проводимых исследований.



Международное признание получила палеонтолого-стратиграфическая школа, созданная Б.С. Соколовым, В.Н. Саксом, А.В. Фурсенко и впитавшая в себя достижения ленинградской (Горный институт, университет), московской (МГУ, ГИН, ПИН, МГРИ) и томской школ. Главным стержнем исследований этой школы стало развитие экосистемного направления, по которому отдел палеонтологии и стратиграфии занимает лидирующее положение в мире. Унаследованность развития школы обеспечивается созданной системой подготовки научной смены через взаимодействие кафедры исторической геологии и палеонтологии геолого-геофизического факультета Новосибирского университета и лабораторий отдела, где будущие специалисты под руководством сотрудников уже с третьего курса включаются в научные исследования при выполнении курсовых и дипломных работ.

За время существования отдела палеонтологии и стратиграфии его сотрудниками опубликовано более 300 книг и тысячи статей. Важнейшие из них приведены в списке литературы.