

УДК 551.242 : 73/76 (571.63)

И.В.КЕМКИН

Аккреционная тектоника — новое направление регионально-геологических исследований переходной зоны континент–океан (на примере Сихотэ-Алиня)

Дан исторический обзор представлений о геологическом строении и геодинамической эволюции российской части переходной зоны от Евро-азиатского континента к Тихому океану, кратко охарактеризованы достижения последних лет, способствовавшие становлению нового научного направления регионально-геологических исследований в зоне активного взаимодействия литосферных плит.

Ключевые слова: тихоокеанская окраина Азии, литосферные плиты, субдукция, аккреция, аккреционная тектоника.

Accretionary tectonics – the new direction of regional-geological researches of the continent–ocean transitional zone (by the example of the Sikhote-Alin area). I.V.KEMKIN (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

In the paper the historical review of performances about the geological structure and geodynamic evolution of the Russian part of transitive zone from the Euroasian continent to the Pacific Ocean is given, and the achievements of last years are briefly characterized which promoted the establishment of a new scientific direction of regional-geological researches in a zone of active interaction of lithospheric plates.

Key words: Pacific margin of Asia, lithospheric plates, subduction, accretion, accretionary tectonics.

Тихоокеанская окраина Азии, включающая Дальний Восток России, является уникальным геологическим объектом как в плане геологических процессов (магматизм, тектоника, седиментогенез и литогенез), определяющих строение верхней оболочки Земли, так и металлогенических построений (выяснение закономерностей происхождения, образования и размещения природных скоплений минеральных полезных ископаемых). Уникальность региона обусловлена в первую очередь расположением его в переходной зоне от континента к океану, где и в настоящее время активно протекают экзогенные и эндогенные процессы: вулканическая и сейсмическая деятельность, перемещения блоков земной коры и связанные с ними пликативные и дизъюнктивные деформации горных пород, формирование мощных толщ осадочных отложений и др.

В этом регионе сконцентрированы крупнейшие месторождения и рудопроявления золота, серебра, платины, олова, вольфрама, железа, меди и многих других видов полезных ископаемых. При этом количественное и качественное разнообразие месторождений и рудопроявлений обусловлено не столько большой площадью территории переходной зоны, сколько широким (как в возрастном, так и в генетическом отношении) диапазоном комплексов горных пород (океанические и континентальные магматические, метаморфические и осадочные образования от архея до кайнозоя).

КЕМКИН Игорь Владимирович – доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: kemkin@fegi.ru

Для выяснения условий образования и размещения рудных месторождений, металлогенических обобщений и прогнозирования перспектив на полезные ископаемые необходима полноценная информация о геологическом строении региона и его геодинамической эволюции, основанная на регионально-геологических и тектонических исследованиях. С 1960 г. в Дальневосточном геологическом институте (ДВГИ) ДВНЦ АН СССР проводятся работы по созданию кондиционной регионально-геологической основы для металлогенического районирования и анализа локализации рудных месторождений. До середины 1980-х годов эти исследования базировались главным образом на основе геосинклинальной теории развития земной коры, суть которой заключалась в следующем.

В условиях тектонического растяжения в земной коре закладываются прогибы. Этот процесс сопровождается подводными вулканическими излияниями, накоплением глубоководных терригенных и кремнистых отложений. В результате вулканической деятельности появляются разрозненные поднятия, структура прогиба усложняется, а за счет размыва поднятий, сложенных основными вулканитами, формируются граувакковые песчаники. Появляются рифовые постройки, карбонатные толщи, распределение фаций становится более сложным, а вулканизм – более дифференцированным. Наконец поднятия разрастаются, в них внедряются гранитные интрузивы (более легкие, чем базальтовые породы), что приводит к «всплыванию» поднятий. Таким образом, происходит своеобразная инверсия прогибов, и все отложения сминаются в складки. На месте геосинклинали возникает горное поднятие, перед фронтом которого растут передовые прогибы, заполняемые молассами (грубообломочными продуктами разрушения гор). Кроме того, в прогибах развивается наземный вулканизм, поставляющий продукты среднего и кислого состава – андезиты, дациты, риолиты. В дальнейшем горно-складчатое сооружение размывается, так как темп поднятий падает, и ороген превращается в пенепленизированную равнину (платформу). Такова общая идея геосинклинального цикла развития.

Представления о стадийно-поступальном геосинклинальном развитии Азиатско-Тихоокеанской переходной зоны в разных вариантах разрабатывались такими крупными учеными, как Н.П.Васильковский, А.М.Смирнов, В.И.Шульдинир, Г.С.Гнибиденко. Так, Н.П.Васильковский считал, что формирование структуры Тихоокеанской окраины Азии осуществлялось в ходе геосинклинального преобразования океанического ложа в складчато-метаморфические структуры коры континента [1, 2]. Согласно его воззрениям, процесс поступательно-необратимого преобразования океанической коры начинался с возникновения и роста в пределах геосинклиналей вулканических островов (островных дуг) в результате активного известково-щелочного (андезитового) вулканизма на поверхности и гранитоидного магматизма на глубине, которые он называл «ядрами роста». По мере разрастания островов и насыщения их гранитным материалом происходило воздымание данного участка и преобразование его в складчато-орогенную систему, а геосинклинальный прогиб смещался мористее, где процесс «континентализации» океанической коры повторялся.

В отличие от Н.П.Васильковского А.М.Смирнов полагал, что формирование переходной Азиатско-Тихоокеанской зоны происходило вследствие деструкции и «океанизации» Северо-Азиатского кратона [18, 19]. В его представлении геосинклинали закладывались на континентальной коре, что приводило к распаду суперконтинентов на отдельные блоки. В частности, он допускал существование единого раннедокембрийского Сино-Сибирского континента, который распался на Сино-Корейский и Сибирский кратоны в результате деструкции и заложения Монголо-Охотской геосинклинали, превратившейся позднее в одноименный складчатый пояс.

В соответствии с существовавшими в 1960-х годах представлениями о развитии Тихоокеанской окраины Азии, строение ее складчатых областей воспринималось как чередование антиклинорных и синклинорных структур, сложенных мощным комплексом вулканогенно-кремнисто-терригенных отложений, которые включались в целый ряд

последовательно залегающих свит. Например, в зоне так называемого Главного антиклинория Сихотэ-Алиня (Сихотэ-Алинская складчатая область) выделялось семь последовательных свит (тудовакская, эльдовакская, маляновская, самаркинская, удековская, себучарская и ариаднинская) суммарной мощностью свыше 15 000 м [4]. А в зоне так называемого Главного синклинория Сихотэ-Алиня насчитывалось пять свит (колумбинская, журавлевская, ключевская, уктурская и лужкинская) также суммарной мощностью около 15 000 м.

В конце 1960–начале 1970-х годов в ходе крупномасштабного геологического картирования территории Сихотэ-Алинской складчатой области были выявлены и возведены в ранг самостоятельной категории геологических образований специфические осадочные отложения хаотического сложения, которые вначале именовались как «конседиментационные тектониты» и «гидротектониты» [11, 15, 16], а позднее «олистостромы» [12]. Эти образования представляют собой достаточно мощные (до 200–400 м) горизонты среди терригенных отложений, характеризующиеся наличием хаотически расположенного глыбового материала, заключенного в алевро-псаммитовую или алевро-аргиллитовую массу. Открытие и последующее изучение олистостром стало, по сути, поворотным моментом в формировании современных представлений о геологическом строении российской части Тихоокеанской окраины Азии и ее развитии во времени.

Во-первых, этому способствовало повсеместное установление в районах развития олистостромовых толщ несоответствия возраста терригенных пород (матрикса олистостром) и заключенных в этих породах глыб и обломков. Возраст стратиграфических подразделений (свит) обосновывался по остаткам фауны. Оказалось, что терригенные толщи намного моложе, чем кремни, известняки, кремнисто-глинистые образования, а также магматические породы (базальты, габброиды, ультрамафиты и др.), содержащиеся в первых в виде разновеликих фрагментов. Эти факты послужили основанием для ревизии прежних стратиграфических схем и разработки других, которые по мере появления новых уточненных возрастных данных также корректировались. Например, для уже упомянутого выше так называемого Главного антиклинория Сихотэ-Алиня региональные стратиграфические схемы палеозоя и мезозоя пересматривались как минимум четыре раза [5, 10, 13, 17].

Во-вторых, в ходе исследований природы олистостром, состава, генезиса и источников олистолитов (т.е. глыб и обломков), особенностей строения олистостромовых толщ и механизма олистострообразования [6–9 и др.] получены новые оригинальные данные, позволившие коренным образом пересмотреть геологическое строение Сихотэ-Алиня и историю его геологического развития. В частности, было установлено, что кремни, слагающие глыбы и обломки, а также разновеликие пластины (олистоплаки) в терригенном матриксе представляют собой типичные планктоногенные (биогенные) отложения, лишенные терригенной примеси. При незначительной мощности (до 100 м) их возрастной интервал охватывает диапазон 70–100 млн лет. Низкая скорость седиментации (около 1–1,5 мм в 1000 лет), а также их тесная связь с океаническими толеитами, образовавшимися в срединно-океанических хребтах, указывают на то, что они накапливались в пелагической (центральной, максимально удаленной от терригенных источников) части палеоокеана с глубинами ниже уровня карбонатной компенсации (3 000 м). Глыбы и обломки известняков в большинстве являются типичными рифогенными породами, и по совокупности характерных признаков (исключительная химическая чистота, отсутствие терригенной примеси, тесная ассоциация с высокотитанистыми щелочными базальтами типа «горячих точек», наличие «холодного» контакта между известняками и базальтами, а также базальных слоев с обломками базальтов в подошве известняков и др.) были сопоставлены с фрагментами палеогайотов [21, 24], что также указывает на их океаническое происхождение. Кроме того, было обосновано, что присутствующие среди олистостромовых образований обломки и пластины среднепалеозойских базальтов, габброидов и ультраосновных пород представляют собой тектонически разобщенные

фрагменты единой офиолитовой ассоциации [21], т.е. последовательный комплекс пород, слагающих разрез океанической коры.

Накопленные к концу 1980-х годов данные об олистостромах дали основание А.И.Ханчуку и И.В.Кемкину [21, 22] сделать нетрадиционное заключение, что чередование в едином разрезе палеоокеанических образований и окраинноконтинентальных терригенных отложений является результатом существенного горизонтального перемещения первых и их тектонического совмещения с последними в ходе субдукции океанической литосферы и частичной аккреции фрагментов ее осадочного чехла. Новизна подхода заключалась в том, что строение некоторых выделенных ранее структурно-формационных зон Сихотэ-Алиня (Главный и Прибрежный антиклинории) представляет собой не нормальную или нарушенную в результате покровных и чешуйчато-надвиговых дислокаций единую палеозойско-мезозойскую стратиграфическую последовательность геосинклинального типа, а есть результат аккреционных процессов. Соответственно, комплексы карбонатно-кремнисто-терригенных отложений с горизонтами хаотических образований, слагающих значительную часть Сихотэ-Алинской складчатой области, были отнесены авторами к фрагментам (или, в терминологии концепции тектоники литосферных плит, террейнам) древних аккреционных призм. Таким образом, конец 1980-х годов знаменует собой новый этап в развитии представлений о строении зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану и эволюции ее главных структур, в основе которых лежат главные положения аккреционной тектоники. Важным итогом работ конца 1980-х годов можно считать идентификацию террейнов древних аккреционных призм как основных региональных структур Сихотэ-Алиня.

Аккреционные призмы – это сложнодислоцированные тектоно-седиментационные комплексы, образующиеся в основании континентальных и островодужных склонов в результате последовательного причленения разрозненных фрагментов осадочного чехла и положительных морфоструктур океанической литосферы в ходе ее субдукции. Формирование призм сопровождается счешуиванием субдуцирующихся осадков желоба (*offscraping*), а также подслаиванием (*underplating*) и дуплексированием (*duplexing*) океанических пород, поэтому они характеризуются сложным чешуйчато-поддвиговым строением и представлены многократным чередованием тектонических пластин и блоков, сложенных океаническими (пелагическими и гемипелагическими отложениями и фрагментами подводных гор), окраинноокеаническими (песчано-сланцевыми толщами) и меланжевыми (хаотическими) образованиями. Термин «аккреционная призма» напрямую связан со словом аккреция (англ. – *accretion*, от лат. *accretio* – приращение, прибавление, прирост), которое в широком смысле означает увеличение размеров неорганических тел за счет присоединения с внешней стороны новых частиц вещества из окружающего пространства. В тектонике аккреция понимается как приращение континентальных масс под действием природных сил [20] или масс земной коры в целом в результате присоединения одних ее блоков к другим [14].

Представления об аккреции осадков чехла океанической плиты были развиты в середине 1970-х годов (в связи с интенсификацией морских геологических исследований) на основании интерпретации результатов сейсмических данных и бурения внутренних склонов глубоководных желобов, а также прямых наблюдений в тех немногочисленных районах, где аккреционная призма поднята выше уровня океана. К последним относятся острова Барбадос в Малой Антильской дуге, Ментавай в Зондской дуге и Мидлтон в Алеутской дуге [25]. В ходе многочисленных морских экспедиций при исследовании глубоководных желобов накоплен огромный оригинальный материал по строению современных аккреционных призм, наиболее детально изученными из которых являются призмы островных дуг Барбадос, Каскадия, Алеутская и Нанкай. В частности, было установлено, что основание внутренних склонов желобов сложено наклоненными в сторону дуги (от желоба) клиновидными пачками слоев, ограниченных тектоническими поверхностями.

Внутри пачек слои осадочных пород интенсивно смяты в асимметричные опрокинутые складки с наклоном осевых плоскостей в направлении желоба. В тех местах, где фрагменты современных аккреционных призм выведены на дневную поверхность (см. выше), видно, что они сложены сильно деформированными терригенными толщами и хаотическими образованиями (олистостромами и меланжем), чередующимися с пластинами основных, ультраосновных пород и пелагических осадков.

Дальнейшие исследования строения и формирования современных аккреционных призм явились, по всей видимости, отправной точкой одного из важных в настоящее время научных направлений геотектоники – аккреционной тектоники. На сегодняшний день нет строгого определения термина «аккреционная тектоника», но, учитывая значение терминов «аккреция» и «тектоника», можно заключить, что она изучает строение, деформации и развитие земной коры, обусловленные перемещениями отдельных геоблоков, сопровождающимися аккреционными процессами. Исходя из этого аккреционная тектоника может применяться при изучении как океанической (роста океанической литосферы), так и континентальной (роста и увеличения мощности коры континентов) аккреции. Как известно, рост океанической коры осуществляется главным образом в срединно-океанических хребтах за счет раздвига океанической литосферы, подъема и кристаллизации магмы, а также незначительно – в пределах «горячих точек», таких как Гавайи, Исландия и др., и не характеризуется многообразием тектонических процессов (хотя знания наши в этом вопросе пока недостаточны). Напротив, континентальная аккреция обеспечивается целым рядом тектонических процессов, как то: коллизия, субдукция, обдукция, формирование аккреционных призм и сопутствующих им магматических, метаморфических и осадочных процессов. В этой связи область применения аккреционной тектоники не ограничивается только вопросами происхождения, формирования и строения аккреционных призм. Применительно к участкам с континентальным типом земной коры аккреционную тектонику можно определить как раздел геотектоники, изучающий структурно-вещественные комплексы и процессы формирования континентальной литосферы, обусловленные континентальной аккрецией, и их эволюцию во времени. Основу такого изучения составляет террейновый анализ – выделение и геодинамическая типизация террейнов, который включает установление и определение характера границ террейнов, выяснение геодинамической обстановки их формирования и истории геологического развития, определение времени вхождения в структуру континента и ряд других аспектов.

Используя методику террейнового анализа, в 1990-х годах в структурах складчатых областей Тихоокеанской окраины Азии установлено широкое развитие террейнов древних разновозрастных аккреционных призм. Последние, как было выявлено в ходе морских геологических исследований 1970–1980-х годов, являются индикаторами конкретного геодинамического режима на конвергентных границах литосферных плит, а именно субдукции океанической литосферы. Анализ данных по возрасту и распространению древних призм недвусмысленно свидетельствует о том, что формирование структуры переходной зоны от Азиатского континента к Тихому океану, равно как и имевшие здесь место тектонические и магматические процессы, были обусловлены в основном активным взаимодействием континентальной (Палеоазиатской) и океанической (Палеотихоокеанской) литосферных плит. В результате этого взаимодействия в течение мезозоя и кайнозоя к восточной окраине Палеоазиатского континента, включавшего в себя к середине мезозоя Сибирский и Сино-Корейский кратоны и Буря-Цзямусы-Ханкайский континентальный блок, были аккреированы (причленены) фрагменты древних пассивных континентальных окраин, вулканических островных и окраинно-континентальных дуг, задуговых и преддуговых бассейнов, океанических плато, аккреционных призм, а также турбидитовых бассейнов трансформных окраин. Геодинамический режим активной окраины, господствовавший вдоль восточного края Палеоазиатского континента в мезо-кайнозойское время, обусловил специфику его геологического строения, которое в настоящее время большинством

геологов интерпретируется как коллаж генетически разнородных и разновозрастных террейнов, облекающих с востока древние кристаллические массивы [3]. На основе террейнового анализа стали возможными воссоздание геодинамической эволюции и расшифровка истории геологического развития восточной окраины Азии в течение мезозоя и раннего кайнозоя. В частности, для япономорского сектора Тихоокеанской окраины Азии выделено несколько этапов, соответствующих обстановке пассивной окраины (доюрский период), активной окраины андийского типа в сочетании с трансформной окраиной (ранняя–поздняя юра), трансформной окраины в сочетании с активной окраиной андийского типа (титон–ранний готерив), трансформной окраины в сочетании с активной окраиной японского типа (готерив–альб) и активной окраины андийского типа (сеноман–палеоцен) [23]. На этом фоне смены геодинамических режимов основными структурообразующими процессами в рассматриваемом регионе были аккреция к окраине Палеоазиатского континента фрагментов океанической литосферы в ходе субдукции Палеотихоокеанской плиты вдоль конвергентной границы и последующая деформация аккреционных призм в условиях трансформной окраины.

Таким образом, исследования сотрудников ДВГИ ДВО РАН позволили обосновать теорию, что сложная гетерогенная структура переходной от Азиатского континента к Тихому океану зоны является результатом активного взаимодействия литосферных плит. Естественно, что в отдельные периоды вся совокупность геологических процессов, включая образование осадочных, магматических и метаморфических комплексов, тектонические деформации, формирование рудных месторождений, сейсмическая активность и др., во многом определялась характером этого взаимодействия, реализующегося в различных геодинамических режимах (фронтальная либо косая субдукция или трансформное скольжение друг относительно друга). Другими словами, мезозойская и кайнозойская геодинамическая история Восточной Азии является результатом чередования надсубдукционных и трансформных континентальных окраин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильковский Н.П. Особенности строения и геологическая история североазиатской ветви Тихоокеанского пояса // Геология зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1968. С. 9-57.
2. Васильковский Н.П. Палеогеология Северо-Востока Азии. М.: Наука, 1984. 176 с.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / под ред А.И.Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. Кн. 1. 1572 с. + цв. карта.
4. Геология СССР. Т. 32. Приморский край. Ч. 1. М.: Недра, 1969. 690 с.
5. Голозубов В.В., Мельников Н.Г. Тектоника геосинклинальных комплексов Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1986. 126 с.
6. Кемкин И.В. Мезозойские олистостромовые комплексы Сихотэ-Алиня // Тихоокеанская окраина Азии. Т. 1. Геология. М.: Наука, 1989. С. 133-139.
7. Кемкин И.В. Олистостромы в аккреционных комплексах Южного Сихотэ-Алиня: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / ДВГИ ДВО АН СССР. Владивосток: Изд-во ПУГМС, 1989. 23 с.
8. Кемкин И.В. Олистостромы и их роль в седиментационных процессах прошлого // Древние климаты и осадконакопление в Юго-Восточной Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 127-132.
9. Кемкин И.В. Отложения континентальных склонов и их подножий // Эволюция геологических процессов Дальнего Востока. Владивосток, 1987. С. 78-92.
10. Мазарович А.О. Тектоническое развитие Южного Приморья в палеозое и раннем мезозое. М.: Наука, 1985. 103 с.
11. Мельников Н.Г. Конседиментационные тектониты Южного Сихотэ-Алиня // Информ. сб. ПГУ. Владивосток, 1971. № 7. С. 59-60.
12. Мельников Н.Г., Голозубов В.В. Олистостромовые толщи и конседиментационные тектонические покровы в Сихотэ-Алине // Геотектоника. 1980. № 4. С. 95-106.
13. Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. Геология Приморского края. Ч. 1. Стратиграфия. Препр. Владивосток, 1987. 66 с.
14. Пейве А.В., Книппер А.Л., Марков М.С. и др. Формирование структуры земной коры континентов // Закономерности формирования структуры континентов в неогене. М.: Наука, 1986. С. 5-15.
15. Размахнин Ю.Н. Конседиментационные тектониты в палеозойских формациях Сихотэ-Алиня // Сов. геология. 1963. № 11. С. 116-121.

16. Размахнин Ю.Н. О происхождении Сихотэ-Алинских гидротектонитов // Информ. сб. ПГУ. Владивосток, 1971. № 7. С. 61-66.
17. Силантьев В.Н. История геологического развития Южного Сихотэ-Алия в позднем палеозое: автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / ВСЕГЕИ. Л., 1964. 25 с.
18. Смирнов А.М. Активизированные зоны сочленения Сибирской и Китайской платформ и некоторые закономерности процесса активизации // Активизированные зоны земной коры, новейшие тектонические движения и сейсмичность. М.: Наука, 1964. С. 199-209.
19. Смирнов А.М. Сочленение Китайской платформы с Тихоокеанским складчатым поясом. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 159 с.
20. Толковый словарь английских геологических терминов. Т. 1. М.: Мир, 1977. 588 с.
21. Ханчук А.И., Панченко И.В., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Сихотэ-Алия и Сахалина в позднем палеозое и мезозое. Препр. Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. 56 с.
22. Ханчук А.И., Кемкин И.В., Панченко И.В. Геодинамическая эволюция юга Дальнего Востока в среднем палеозое–раннем мезозое // Тихоокеан. окраина Азии. Т. 1. Геология. М.: Наука, 1989. С. 218-255.
23. Ханчук А.И., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция Япономорского региона в мезозое // Вестн. ДВО РАН. 2003. № 6. С. 94-108.
24. Ханчук А.И., Никитина А.П., Панченко И.В. и др. Палеозойские и мезозойские гайоты Сихотэ-Алия и Сахалина // Докл. АН СССР. 1989. Т. 307, № 1. С. 186-190.
25. Karig D.E., Sharman F.G. Subduction and accretion in the trenches // Geol. Soc. Am. Bull. 1975. Vol. 86. P. 377-389.

Новые книги

Авченко О.В., Чудненко К.В., Александров И.А. Основы физико-химического моделирования минеральных систем.

М.: Наука, 2009. – 229 с. – ISBN 978-5-02-036966-5 (в пер.). – ISBN 978-5-02-036966-5.

*Дальневосточный геологический институт ДВО РАН
690022, Владивосток, просп. 100-летия Владивостока, 159
Fax: (4232)31-78-47. E-mail: office@fegi.ru*

Монография представляет собой первую попытку рассмотрения метода минимизации термодинамических потенциалов с позиций решения проблем петрологии метаморфических горных пород. На основе этого метода принципиально возможно моделирование многокомпонентных и многофазных метаморфогенных мегасистем с определением параметров условий их образования и оценкой величин химических потенциалов всех породообразующих компонентов, что является дальнейшим развитием физико-химического метода анализа минеральных парагенезисов. Рассмотрены модели твердых минеральных растворов для основных породообразующих минералов, с помощью которых решаются обратные задачи в формулировке выпуклого программирования. Приведены примеры моделирования реальных минеральных ассоциаций в метаморфических породах, образованных в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций.

Для геологов, а также студентов, аспирантов.