

СЕДИМЕНТОЛОГИЯ

КЛЮЧ К ПРОШЛОМУ ЗЕМЛИ

А. Ю. ПОПОВ, Л. Г. ВАКУЛЕНКО

Обнажение древней осадочной толщи, подвергающееся разрушению. Север Восточной Сибири, п-ов Нордвик. Фото В. Маринова



Что, если бы можно было перенестись в прошлое на десятки миллионов лет и, как в кино, наблюдать за изменениями на лике Земли... Как древнее море постепенно расступается перед тянущимися к небу горами, а те под действием ветров, дождей, тепла и холода разрушаются, и речные потоки уносят слагающие их породы далеко-далеко... Изначально бурные, реки успокаиваются, и вот уже их воды неспешно текут в сторону моря. Речная долина постоянно меняется, меняется и окружающая ее растительность, появляются и исчезают озера, болотные топи... Достигнув цели, река передает морю свою ношу: из осадочного материала образуется широкий конус дельты. Рядом на побережье появляются тихие лагуны с песчаными пляжами. Но море опять наступает... Круг замкнулся, чтобы со временем повториться вновь и вновь



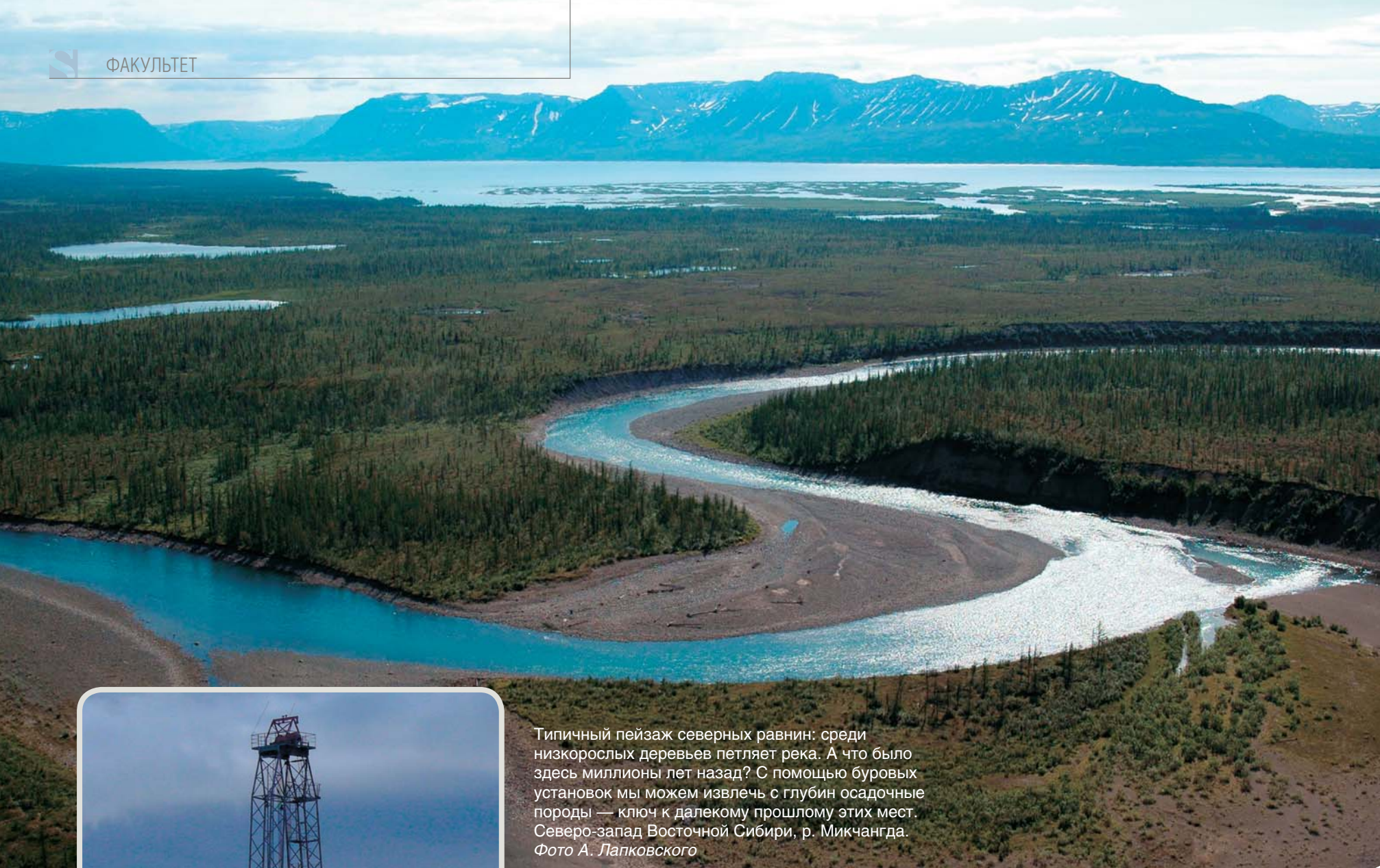
ПОПОВ Алексей Юрьевич — научный сотрудник лаборатории седиментологии Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск). Научные интересы: изучение юрских терригенных отложений Западно-Сибирского осадочного бассейна. Автор и соавтор 15 научных работ



ВАКУЛЕНКО Людмила Галерьевна — кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории седиментологии Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН (Новосибирск). Автор и соавтор 78 научных работ



Галька, бывшая некогда частью гор, отложилась вблизи их подножия. Восточные Саяны, р. Уда. Фото А. Вишневого



Типичный пейзаж северных равнин: среди низкорослых деревьев петляет река. А что было здесь миллионы лет назад? С помощью буровых установок мы можем извлечь с глубин осадочные породы — ключ к далекому прошлому этих мест. Северо-запад Восточной Сибири, р. Микчангда. Фото А. Лапковского



В прошлое нельзя возвратиться, и картины смены условий окружающей среды на нашей планете так и остались бы тайной, если бы не сохранились на природном «носителе информации» — осадочном материале, несомом водными потоками. Миллиметр за миллиметром, год за годом, столетие за столетием накапливаются разнообразные частички, ранее слагавшие горные кряжи и речные долины. Сегодня осадочные породы на поверхности Земли слагают километровые толщи и распространены практически повсеместно.

Изучением осадочных систем занимается особый раздел геологии — седиментология. *Sediment* в переводе с английского означает «осадок». Специалисты-седи-

ментологи способны, как книгу, читать зашифрованную в толще осадка летопись прошлых событий и воссоздавать картину произошедших на поверхности планеты изменений. Работа эта не так проста, как может показаться на первый взгляд, и требует не только воображения, но немалых знаний и комплексного подхода.

Так как же протекает сам процесс «чтения» осадочной летописи? Чтобы узнать это, отправимся по следам группы специалистов из лаборатории седиментологии Института нефтегазовой геологии и геофизики им. акад. А. А. Трофимука СО РАН, занимающихся обработкой кернового материала из юрских отложений Западно-Сибирского седиментационного бассейна.

Седиментология — раздел геологии, изучающий состав, строение, механизмы возникновения и закономерности пространственного размещения осадочных пород

Коробки с керном, аккуратно разложенные в определенном порядке по полкам крупного кернохранилища, тщательно задокументированы



Все начинается с керна

... Мы находимся посреди лесотундры где-то в центральном районе Западной Сибири. Неподалеку катит свои воды Обь, а вокруг типичный пейзаж северных равнин: низкорослые деревья, множество озер и заросших топей. Но это сейчас, а как выглядел этот край в юрское время, или 150 млн лет назад? Чтобы выяснить это, нужно проникнуть на глубину порядка 2 км, ведь именно такой толщины осадочный слой отложился здесь с тех времен.

Добраться до таких глубин можно с помощью буровых скважин. Поднятую в процессе бурения породу называют *керном*, он-то и станет основным объектом



Работа седиментолога начинается с керна

нашего исследования. Аккуратно разложенный по коробкам керн доставляют в кернохранилище, где и происходит обычно первая встреча седиментологов с посланцем из прошлого. В отличие от выходящих на поверхность древних пород, где все слои отложений полностью обнажены и доступны для специалиста, керновый материал представляет узкие, зачастую прерывистые фрагменты осадочной толщи. Однако приходится быть благодарным и этим, несущим в себе бесценную информацию, образцам.

Итак, вереница ящиков с интересующими нас *керновыми интервалами* выстроена, можно приступать к работе. На начальном этапе проводится так называемое макроскопическое описание керна, с отбором образцов

для различных анализов, позволяющих больше узнать о природе отложений. Шаг за шагом, ящик за ящиком мы продвигаемся вверх по разрезу, разбивая его на все более дробные составляющие, которые характеризуются специфическим набором признаков — *серии, пачки, слои и слойки*. Все особенности состава и внешнего вида встреченных пород тщательно документируются.

Уже на начальном этапе работы с керном хороший специалист способен в общих чертах представить, какие условия господствовали на планете во времена образования того или иного слоя. Описав, сфотографировав и отобрав образцы для дальнейшего изучения, группа возвращается в институт, чтобы продолжить работу с помощью различных методов, в том числе микро-

б — Озерная обстановка: серые глинистые отложения с частыми слойками и линзочками более крупнозернистого материала

а — Начальный этап развития речного потока: крупнозернистый песчаник с крупными обломками углефицированной растительности и галькой различных пород



Крупнозернистый материал

1cm

1cm

в — Краины морского побережья: волнистое переслаивание пород различной зернистости с множеством следов жизнедеятельности донных организмов

В керне встречаются различные типы пород, по внешнему виду которых можно оценить условия их образования. Например, в этом керне в серии относительно мощных по толщине пачек пород заметно постепенное уменьшение зернистости материала. Крупнозернистый песчаник с крупными обломками углефицированной растительности и глинистой галькой (а) сменяется более мелкозернистыми породами, которые уступают место глинистым отложениям, переходящим в уголь. Эта характерная для речных осадков картина отражает несколько этапов жизни потока, с периодическим заболачиванием и зарастанием территории. Следующая пачка, сложенная преимущественно глинистыми породами (б), сформировалась в неглубоком озере с ритмичным накоплением осадков. А в следующих разнозернистых породах видно множество ходов обитателей морского дна и остатки раковин (в)

Следы жизнедеятельности

Песчаный материал со множеством следов жизнедеятельности организмов, подчеркнутых глинистой породой

Следы жизнедеятельности

Следы жизнедеятельности

Отпечатки древней растительности

Отложения, нарушенные крупными вертикальными и мелкими горизонтальными следами жизнедеятельности

Следы жизнедеятельности

Окаменевшие раковины древних головоногих моллюсков — аммонитов

Размер, состав и форма слагающих осадочную породу обломков, а также характер скрепляющего их материала могут многое рассказать опытному взгляду, к тому же вооруженному современной исследовательской техникой

скопического. При большом увеличении открывается множество нюансов, скрытых от невооруженного глаза. О многом может рассказать размер, состав и форма слагающих породу обломков, характер скрепляющего их материала, а также вторичные изменения, произошедшие с породой под действием меняющейся температуры и давления.

Размер частиц, слагающих породу, определяет ее название: от крупнозернистых *гравелитов* и *песчаников* до мелкозернистых *алевролитов* и тонкозернистых *аргиллитов*. Информацию об источниках сноса осадочного материала несет в себе состав обломков, которые могут быть представлены как отдельными зернами минералов, так и фрагментами различных пород, подвергшихся разрушению. Информацию о пути, пройденном частичками разрушенных пород, — расстоянии и характере переноса — может дать их форма. Например, округлость обломков указывает на долгий путь, тогда как угловатость и выступающие края говорят о близости источника сноса.

Очень тонкозернистые глинистые породы, малоинформативные даже при микроскопическом изучении, исследуются другими методами. Так, рентгенографический анализ таких пород позволяет определить их минеральный состав, а микроэлементный — дает представление о солености водного бассейна, где происходило осадконакопление, и окислительно-восстановительных условиях среды.

Как мозаичную картину...

На следующем этапе специалист приступает к более детальному изучению текстурных особенностей выделенных ранее элементов разреза. Для этого он использует фотографии и записи, сделанные в кернохранилище, результаты инструментального исследования образцов, а также проводит поиск и анализ всех опубликованных в научной литературе сведений по интересующей теме.

В процессе аналитического исследования определяется природа, механизмы и обстоятельства образования отдельных тонких слойков, более крупных слоев и сложной ими пачки в целом.

Особый интерес представляют следы жизнедеятель-

ности различных организмов, нередко встречающиеся в осадочных отложениях. Ведь различные виды донных животных, зарывающихся в грунт или ползающих по его поверхности, жили при определенных и вполне благоприятных для них условиях. Знания о среде обитания этих представителей древней фауны помогают исследователям составить представление о существовавших в то время режимах активности водной среды, т. е. скорости, турбулентности и прочих гидродинамических свойствах потока, а также других особенностях водоема. Такой *ихнофациальный анализ* наряду с данными палеонтологических исследований, имеющих дело с найденными в отложениях ископаемыми, — хорошее подспорье при комплексном седиментологическом изучении пород.

Разобравшись с механизмами формирования отдельных слойков, слоев, пачек, серий и сгруппировав их в отдельные ассоциации, можно приступать к следующему этапу, одному из самых творческих, требующему от специалиста широких и глубоких знаний. Нужно определить, в каких же все-таки природных условиях образовались исследуемые осадки и как эти условия менялись с течением времени.

Комплекс отложений, сформировавшийся в обстановках осадконакопления с характерными особенностями среды, ученые называют *фациями*, а метод их разностороннего изучения — *фациальным*, или *седиментологическим анализом*. Цель подобного анализа — построить полную картину смены фациальных ассоциаций пород по вертикали и по латерали. И здесь мы сталкиваемся с определенными трудностями.

Дело в том, что расстояние между пробуренными скважинами, из которых был поднят изучаемый керн, зачастую достаточно велико. Поэтому проследить смену отдельных фаций на изучаемой территории бывает трудно.

На помощь приходят данные геофизических исследований: как правило, на исследуемом участке бывают скважины, керн из которых по каким-то причинам не был извлечен, но где проводилось изучение толщи пород геофизическими методами. Результаты таких исследований в виде каротажных диаграмм, отражающих изменение характеристик отложений по глубине, позволяют получить своеобразный портрет пород, что помогает достроить общую картину.

Изучение следов жизнедеятельности древних организмов, встречающихся в осадочных отложениях, наряду с палеонтологическими находками помогают ученым в реконструкции природных условий, существовавших на Земле в далеком прошлом

Горизонт, пласт

323	5	10	15	20	НКТВ: 2,5	5	7,5	10
425	25	50	75	100	500 мм	1	12	16
PS: 31	63	94	123	152	20	40	60	80
КА: 75	150	225	300	375	мсм/м			

Каротаж

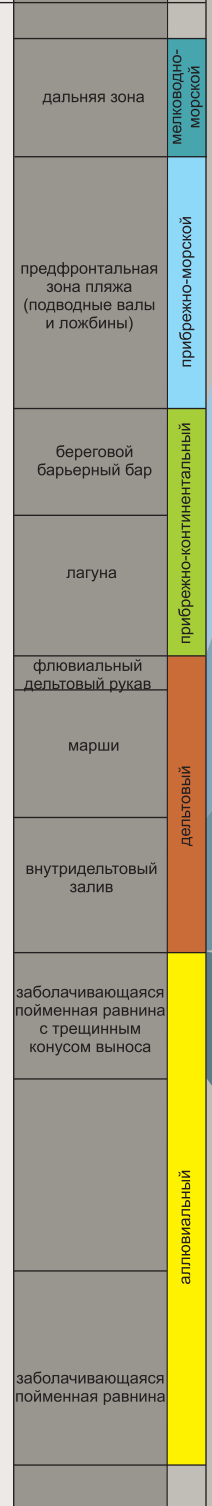
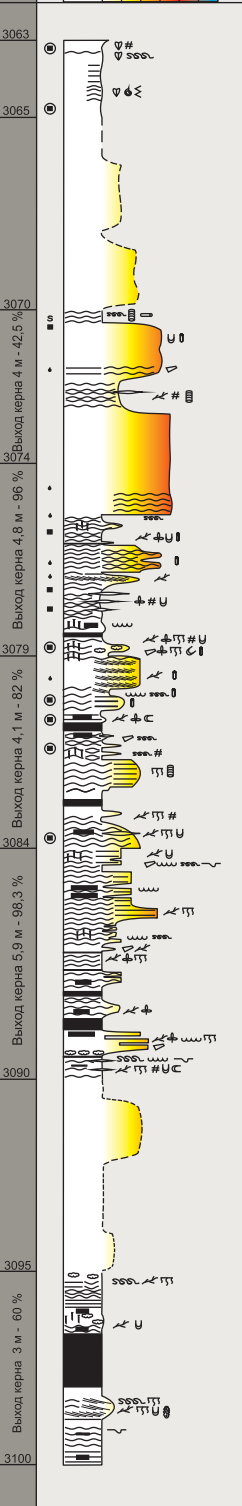
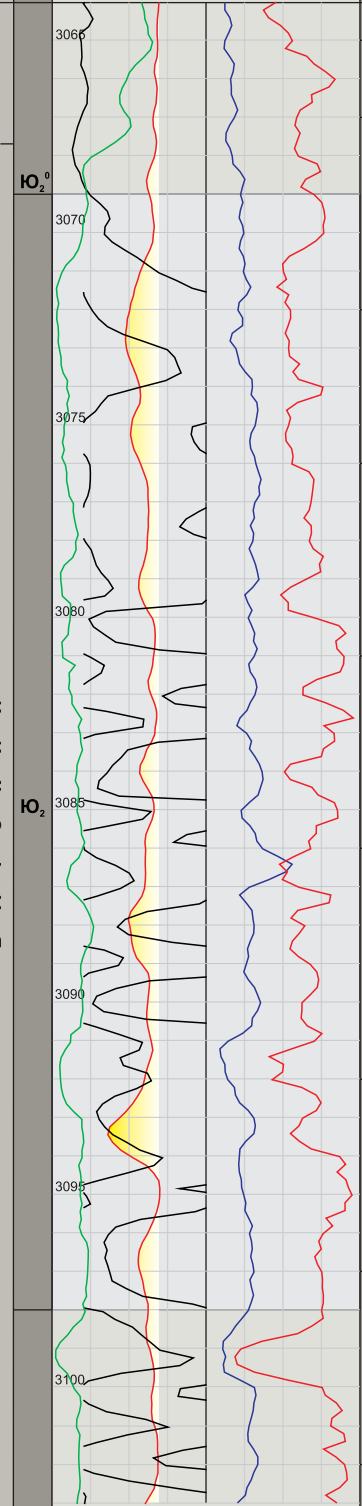
Интервал отбора, м

Седиментационный разрез

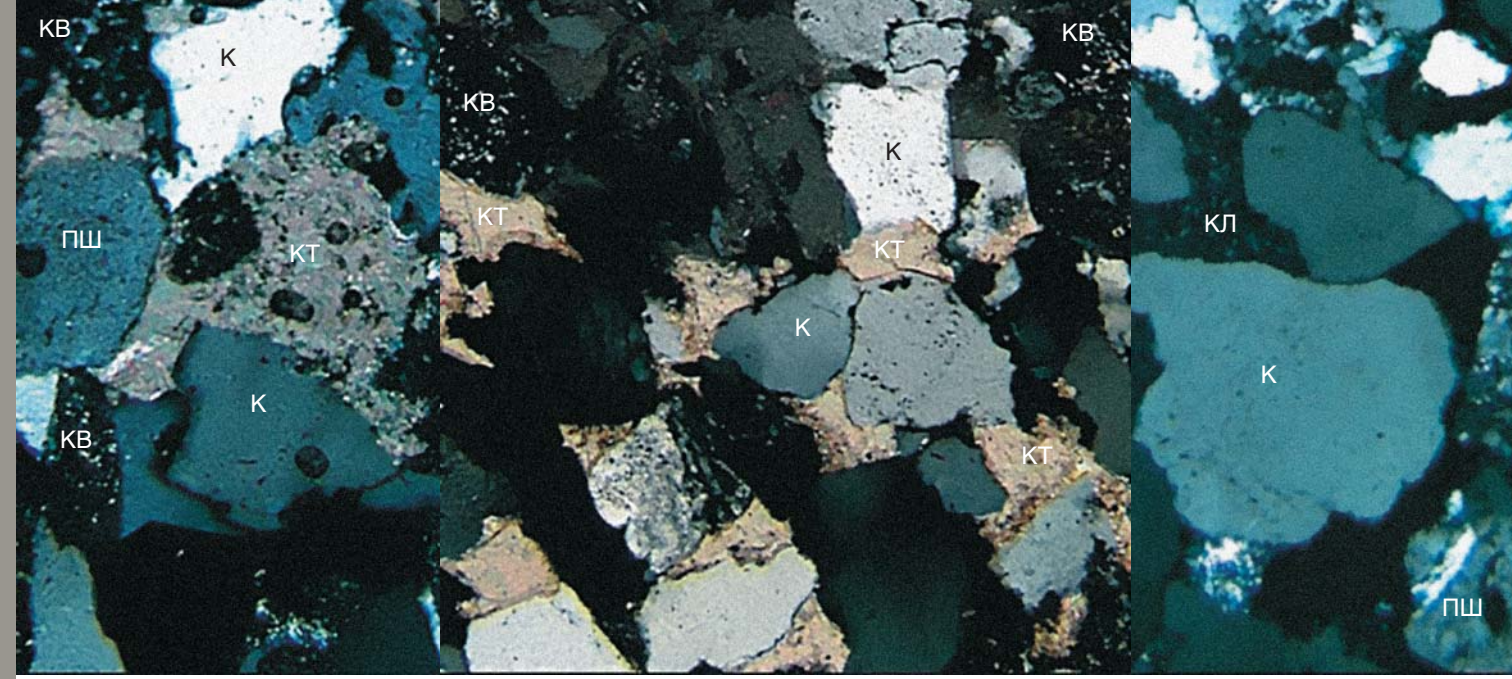
Алеврит
Алев-Песчаник
Песчаник
Гравелист

Обстановки, субобстановки

Генетические комплексы



Седиментационная модель фрагмента осадочной толщи. Чтобы составить такую модель, ученым потребовалось несколько месяцев. Зато теперь они могут построить карты древних обстановок осадконакопления, т. е. воссоздать условия формирования осадочных отложений



Так выглядит обычный песчаник через специальный световой фильтр при увеличении под микроскопом в 200 раз. Видны зерна различных минералов (кварц — К, полевоы шпат — ПШ) и обломки пород (кварцит — КВ) характерных оттенков и формы, скрепленные цементом (кальцит — КТ, каолинит — КЛ)

Зачем это нужно?

Работа постепенно близится к завершению... Чтобы поставить точку в наших палеогеографических реконструкциях, воспользуемся результатами специалистов-геологов, занимающихся тектоническими исследованиями в нашем ареале. Получив информацию о том, на каких участках в древности поверхность поднималась, а на каких опускалась, можно составить общее представление о палеорельефе и наметить основные пути, по которым происходила миграция осадочного материала.

Наглядным представлением результатов успешно завершённой работы седиментологов является итоговая карта или серия карт, отражающих палеогеографические условия, существовавшие на период формирования отложений. И теперь любой желающий, взглянув на карту, может практически воочию увидеть картины далекого прошлого. Мы все-таки сумели заглянуть в «память» планеты сквозь миллионы лет!

Но столько усилий и времени было затрачено вовсе не из простого любопытства: жизнь полученных результатов только начинается. Став частью других исследований, они будут способствовать решению как некоторых фундаментальных вопросов науки, так и практических задач.

В нашем случае построенные карты будут использованы для выявления наиболее благоприятных для накопления залежей нефти или газа геологических тел. В каждой из выделенных фаций происходило формирование отложений с характерными признаками. Некоторые из таких отложений, как, например, песча-

ники речных русел, способны вмещать мигрирующие в толще пород углеводороды, тогда как другие, такие как тонкозернистые морские глины, наоборот, являются непроницаемым барьером.

Вот так данные о смене древних ландшафтов будут способствовать более эффективному поиску новых месторождений углеводородного сырья, столь необходимого сегодня человечеству. Ну, а наша группа... Седиментологи отправляются исследовать новый район, чтоб прочитать в каменной летописи еще одну страницу.

Литература:
Алексеев В.П. Литологические этюды. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. — 149 с.
Обстановки осадконакопления и фации. В 2 т. (Под ред. Х. Рединга). — М.: Мир, 1990.
Рейнек Г.-Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. — М.: Недра, 1981. — 440 с.
Рухин Л.Б. Основы литологии. — Л.: Гостоптехиздат, 1961. — 671 с.
Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. — М.: Недра, 1989. — 294 с.

В публикации использованы фотографии П. Яна