

толуола под воздействием воды (на примере диатремы Inspired Mounds, Dead Dog): C_7H_8 ($d^{13}C = -20.2$) + $14H_2O = 7CO_2$ ($d^{13}C = -20.7$) + $18H_2$.

Литература

1. Арешев Е. Г. Нефтегазоносные бассейны тихоокеанского подвижного пояса. М.: АВАНТИ, 2004. 287 с. 2. Конторович А. Э., Вышемирский В. С. Неравномерность нефтеобразования в истории Земли, как результат циклического развития земной коры // ДАН. 1997. Т. 356, № 6. С. 794—797. 3. Маракушев А. А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. М.: Наука, 1999. 253 с. 4. Маракушев А. А., Маракушев С. А. РТ-фашии простых, углеводородных и органических веществ

системы С-Н-О // ДАН. 2006. Т. 406, № 4. С. 521—527. 5. Милановский Е. Е. Геопульсация в эволюции Земли // Планета Земля: Энциклопедический справочник. Т. «Тектоника и геодинамика». СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2004. 652 с. 6. Недра России. В2, Т. 1. Полезные ископаемые. СПб.; М., 2001. 549 с. 7. Пуцаровский Ю. М. Строение, энергетика и тектоника мантии Земли // Вестник РАН. 2005. Т. 75, № 12. С. 1115—1122. 8. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Элементы-примеси в черных сланцах. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. 304 с. 9. Юдович Я. Э. Карельский изотопный феномен: неразгаданная тайна // Вестник Института геологии Коми НЦ УРО РАН. 2006. № 2. С. 9—12. 10. Юдович Я. Э. Пай-Хойский геохимический феномен: дыхание

мантии? // Вестник Института геологии Коми НЦ УРО РАН. 2006. № 4. С. 8—13. 11. Cruse A. M., Seewald J. S. Chemistry of low-molecular weight hydrocarbons in hydrothermal fluids from Middle Valley, northern Juan de Fuca Ridge // Geochim. Cosmochim. Acta, 2006. V. 70. P. 2073—2092. 12. McCollom T. M., Seewald J. S. Carbon isotope composition of organic compounds produced by abiotic synthesis under hydrothermal conditions // Earth Planet. Sci, 2006. V. 243. P. 74—84. 13. Potter J., Rankin A. H., Treloar P. J. Abiogenic Fischer-Tropsch synthesis of hydrocarbons in alkaline igneous rocks; fluid inclusions, textural and isotopic evidence from Lovozero complex, N. W. Russia // Litos, 2004. V. 75. P. 311—330.



ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ КРУПНОСТЬ ОБЛОМОЧНЫХ ЗЕРЕН И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ АЛМАЗОНОСНОЙ РОССЫПИ ИЧЕТ-Ю И МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРНОКУРКА

К. з.-м. н. Э. С. Щербаков* К. з.-м. н. Ю. В. Глухов К. з.-м. н. С. В. Лыуров
 glukhov@geo.komisc.ru lyurov@geo.komisc.ru

Для терригенных пород весьма характерно разделение минералов по величине зерен, их удельному весу и другим физическим характеристикам. Поэтому в терригенных отложениях могут одновременно накапливаться как легкие, так и тяжелые минералы. Наиболее отчетливо концентрация тяжелых минералов в осадке проявляется в зрелых песчаных толщах, в связи с чем В. Рубей [12] ввел понятие гидравлического эквивалента минералов. Согласно этим представлениям, зерна минералов с большей плотностью обладают меньшими размерами и, наоборот, меньшая плотность минералов определяет больший размер его зерен [2]. В советской и русскоязычной литературе укрепилось понятие гидравлическая крупность, т. е. скорость свободного падения частиц минерала в воде [6] или в тяжелой жидкости [4]. Гидравлическая крупность обломочного зерна определяется его плотностью, размерами, формой и характером поверхности.

Б. М. Осовецкий [4] детально исследовал процессы осаждения тяжелых минералов аллювия и показал, что важ-

нейшим из них является сортировка минералов по гидравлической крупности зерен. Этот процесс объединяет ряд явлений, среди которых, в интересах понимания данной статьи, мы выделяем следующие:

1. В аллювии многих рек тяжелые минералы метаморфического происхождения (эпидот, цоизит, гранаты, ставролит, кианит, силлиманит, а также лейкоксен) характеризуются повышенными размерами зерен и относительно низкой их плотностью. Напротив, акцессорные минералы магматических пород (циркон, рутил, монацит, ильменит) имеют небольшие размеры и высокую плотность.

2. Сортировка минералов по гидравлической крупности в речных песках не достигает того уровня, который отме-

тили И. Ф. Кошкарлов и Ю. А. Полканов [4, с. 41] в прибрежно-морских песках, где гидравлическая эквивалентность возможна между зернами разных минералов.

3. При длительном переносе (или переотложении) механически слабоустойчивых минералов, в том числе и эпидота, их минеральные частицы уменьшаются до 0.1 мм, после чего их размеры остаются постоянными, а минералы с высокой физико-механической устойчивостью (циркон, ильменит и др.) практически не испытывают истирания.

В нижнесреднедевонских кварцевых песчаниках западного склона Северного Урала, происхождение которых установлено на основании анализа структурно-текстурных и фаунистических характеристик, минералами, превышающими

Гидравлическая крупность минералов в воде, см / сек

Минерал	Гранулометрический класс, мм		
	0.1—0.16	0.16—0.2	0.2—0.25
Силлиманит	2.04	2.64	3.4
Кианит	2.22	2.60	3.1
Ставролит	2.41	2.63	3.6
Лейкоксен	2.5 ± 0.2	3.5 = 0.3	4.2 = 0.4
Ильменит	3.40	4.0	4.8
Циркон	3.40	4.4	5.50

* Коми государственный педагогический институт, Сыктывкар

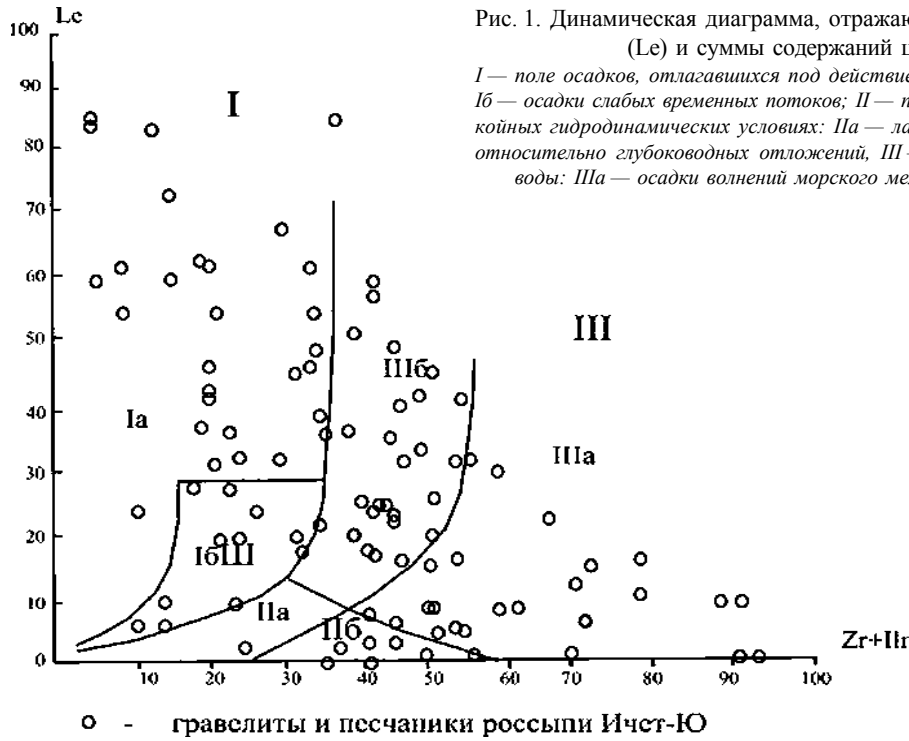


Рис. 1. Динамическая диаграмма, отражающая распределение содержаний лейкоксена (Lc) и суммы содержаний циркона (Zr) и ильменита (Ilr)

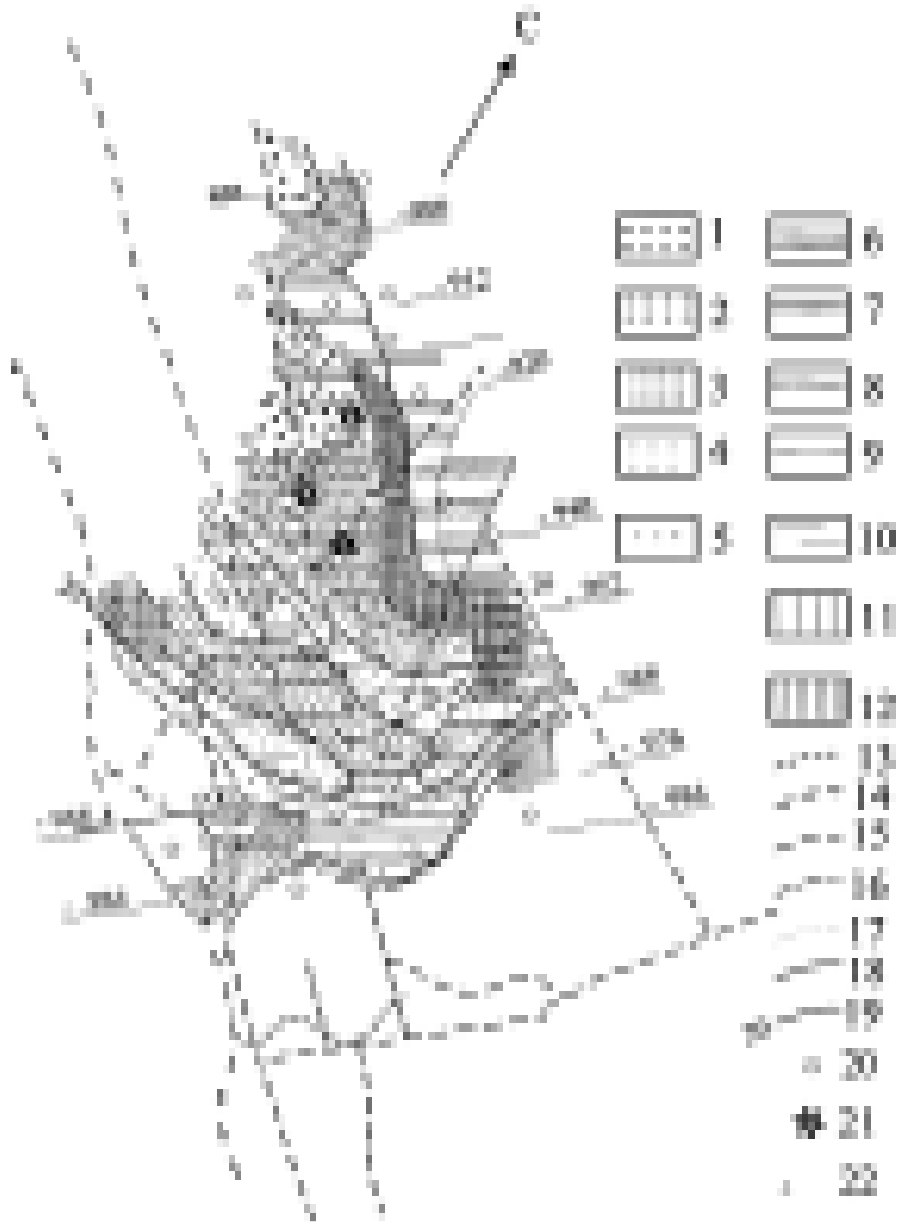
I — поле осадков, отлагавшихся под действием направленного потока: Ia — русловые осадки, Ib — осадки слабых временных потоков; II — поле осадков, образовавшихся в относительно спокойных гидродинамических условиях: IIa — лагунные осадки, IIb — осадки морских течений и относительно глубоководных отложений, III — поле осадков интенсивных движений морской воды: IIIa — осадки волнений морского мелководья, IIIb — баровые и дельтовые осадки

пятипроцентное содержание тяжелой фракции, являются лейкоксен и циркон. Распределение этих и других минералов по гидравлической крупности зерен происходило в зависимости от динамики водной среды, т. е. соответствовало условиям седиментации [8]. При этом оказалось, что лейкоксен преобладает в средне- и крупнозернистых песчаниках отложений русловых потоков, а циркон — в хорошо сортированных мелкозернистых песчаниках прибрежного мелководья. На основе этих наблюдений была построена динамическая диаграмма, по оси абсцисс которой откладывались процентные содержания циркона, а по оси ординат — лейкоксена. Диаграмма была проверена на алмазных отложениях Южного и Среднего Тимана [9, 10]. При этом для получения объективной информации оказалось необходимым объединить в одну группу циркон и ильменит, гидравлическая крупность которых различается несущественно (см. таблицу).

С помощью упомянутой диаграммы (рис. 1) удалось показать, что тело полиминеральной алмазносной палеороссыпи Ичет-Ю на Среднем Тимане состоит из нескольких конусов выноса, оконтуренных изоконцентрацией лейкоксена 20%. На участке Золотой Камень восточный край конуса выноса размыт и вдоль него протянулась полоса баров, в которых концентрации ильменита и циркона в тяжелой фракции достигают 48 и 80% соответственно (рис. 2). На нем видно, что лейкоксен доминирует в отложениях конуса

Рис. 2. Карта распространения минералов в пробах первого уровня (приплотиковых) уч. Золотой Камень

1 — 13 градации минералов тяжелой фракции, %: 1 — 5 — лейкоксена: 1 — более 40 — 84, 2 — от 30 до 40, 3 — от 20 до 30, 4 — от 10 до 20, 5 — от 0 до 10; 6 — 10 — циркона: 6 — от 40 до 84, 7 — от 30 до 40, 8 — от 20 до 30, 9 — от 10 до 20, 10 — от 0 до 10; 11 — 12 — ильменита: 11 — от 25 до 48, 12 — от 10 до 48; 13 — нижняя граница малоручейской свиты; 14 — надвиги; 15 — разломы; 16 — 18 — границы распространения минералов: 16 — циркона, 17 — ильменита, 18 — лейкоксена; 19 — изоконцентрация 20% лейкоксена; 20 — скважины; 21 — места находок алмазов; 22 — разведочная линия



выноса, а в зоне баров ближе к берегу преобладает ильменит, тогда как циркон концентрируется несколько мористее. В южной части зоны баров полоса циркона в виде струи прорывает полосу ильменита и проникает в срединную часть россыпного поля. Находки алмазов приурочены к зоне перемыва конуса выноса между самим конусом и полосой баров. С перемывом конуса выноса связаны наиболее крупные алмазы на участке Ичет-Ю—юго-западный [11].

С целью проверки возможности применения диаграммы в дальнейших исследованиях мы обратились к материалам минералогических анализов проб из терригенных отложений сысольской свиты средней юры юго-западного Притиманья и Печерского седиментационного бассейна, а также из аллювиальных отложений рек Сысолы и Лузы. Минералогическая особенность этих отложений состоит в том, что в них доля лейкоксена составляет первые проценты, а значительная часть

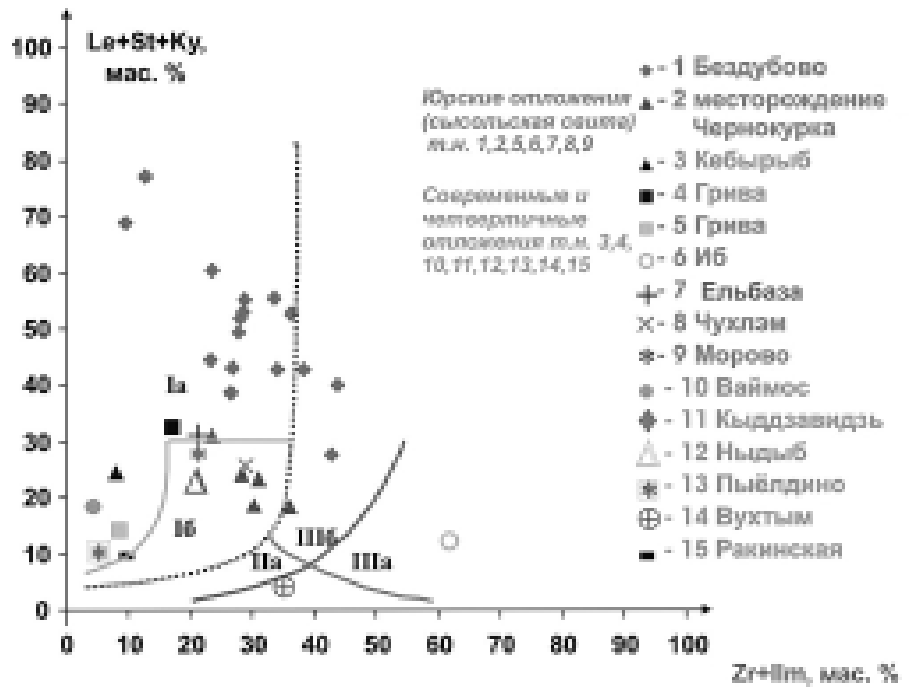


Рис. 3. Динамическая диаграмма псефитовых и псаммитовых отложений сысольской свиты и четвертичных осадков. Обозначение фигуративных полей такое же, как на рис. 1. Le + St + Ky — суммарное содержание лейкоксена, ставролита и кианита; Zr + Ilm — суммарное содержание циркона и ильменита

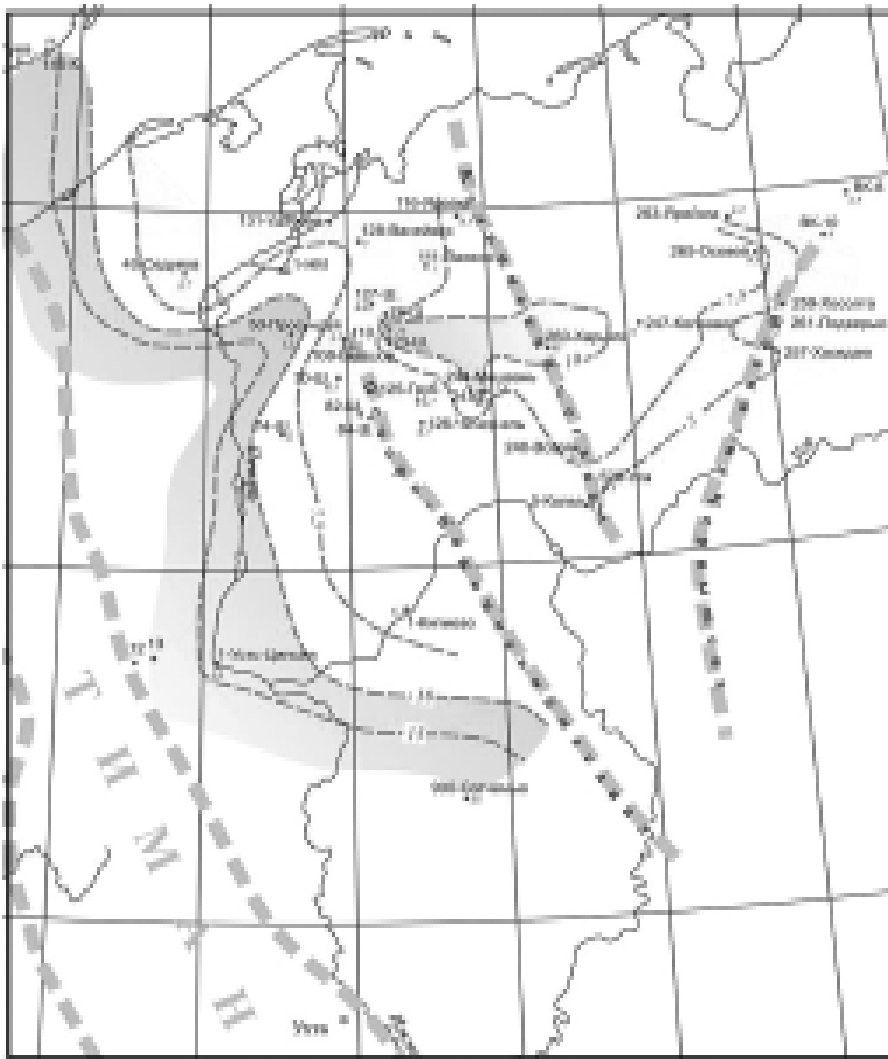


Рис. 4. Карта-схема содержаний (мас. %) лейкоксена в тяжелой фракции келловейских отложений Печорского СБ (осредненные данные)

тяжелой фракции приходится на ставролит и кианит. Во всех пробах кроме самого основания свиты присутствует эпидот, который составляет около 20 мас. %. Эпидот исключается из обсуждения как минерал с низкой физико-механической устойчивостью.

В основании свиты (район Бездубово) залегают золотоносные пески с линзовидными слоями гравийников и галечников, рассматриваемые по совокупности признаков как отложения временных потоков. Их перекрывают пески с хорошо выраженной s-образной или диагональной косой слоистостью. Такие отложения прослежены регионально. В тяжелой фракции юрских отложений наряду с лейкоксеном, ильменитом и цирконом присутствуют и нередко преобладают кианит и ставролит. Разделив минералы на две группы по их плотности больше или меньше 4 г/см³ и поместив данные на диаграмму (рис. 3), мы получили следующую картину: фигуративные точки образовали совокупность в пределах поля направленных водных потоков на суше, кроме одного образца из разреза ИБ, пески которого имеют явно мелководное морское происхождение. Псефиты и пески золотоносного россыпного проявления Бездубово занимают верхнюю часть поля направленных потоков, тогда как мелкозернистые стекольные пески месторождения Чернокурка, распре-

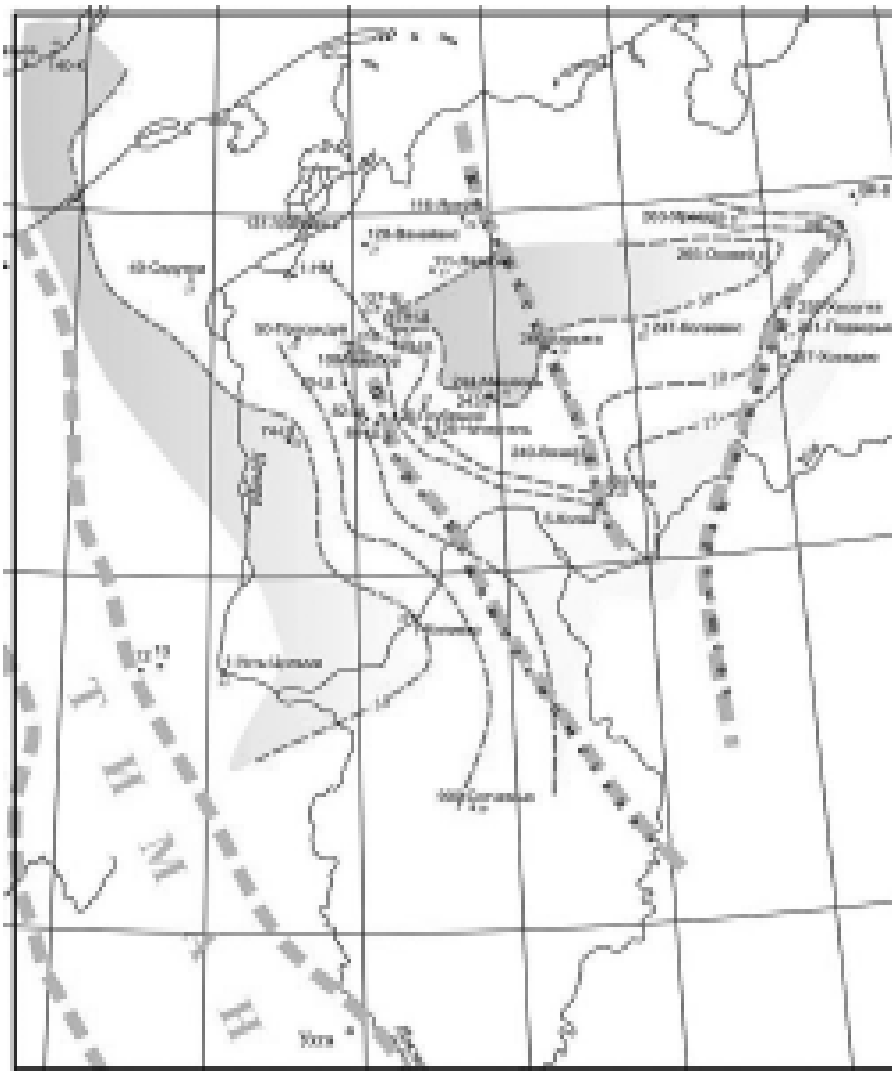


Рис. 5. Карта-схема содержаний (мас. %) ильменита в тяжелой фракции келловейских отложений Печорского СБ (осредненные данные)

делились в поле слабых временных потоков. Практически совместное расположение точек стекловых песков месторождения Чернокурка, а также разрезов Ель-База, Чулхэм и Морово, вырисовывает перспективы поисков песков в Сысольской впадине. Аллювиальные отложение рек Сысолы и Лузы охарактеризованы пробами из отложений поймы, первой и второй надпойменных террас [1]. Гранулометрически они представлены мелкозернистыми песками и алевритами. Практически все точки этих проб на диаграмме расположились в полях временных и русловых водных потоков. Здесь в полной мере проявился эффект унаследования состава размываемых юрских отложений и осадения материала в условиях потоков.

В северной части Тимано-Печорского седиментационного бассейна келловейский ярус представлен морскими глинами и только по периферии бассейна распространены песчаники и более грубообломочные образования олиго-

миктового состава [5]. В тяжелой фракции этих отложений часто преобладает эпидот, в связи с чем малые содержания рассмотренных выше минералов (см. таблицу) не позволяют воспользоваться динамической диаграммой. Распределение минералов по гидравлической крупности можно проследить на картах-схемах келловейских отложений Печорского седиментационного бассейна (рис. 4—6), на которых видно, что на территорию западнее Колвинского мегавала материал поступал с запада, т. е. с Тимана. Изоконцентраты минералов в общем протягиваются вдоль восточного склона Тимана, демонстрируя постепенное уменьшение содержаний минералов в направлении с запада на восток. Однако лейкоксен, ильменит и циркон образуют индивидуальные обширные языки. Например, язык высоких концентраций лейкоксена наблюдается западнее скв. 50-Просундуй. Повышенные содержания ильменита прослеживаются в направлении скв. 1-Усть-Цильма — 1-Кипиево, а

максимальные (5 мас. %) и высокие (4 мас. %) содержания циркона трассируются по линии скв. 74-Шапкина, 50-Просундуй и 128-Ванейвис. На рис. 6 видно, что максимальные содержания лейкоксена, ильменита и циркона сменяют друг друга с запада на восток по мере удаления от берега (скв. 40-Седуха и скв. 140-Колгуев). Южнее скв. 50-Просундуй полоса циркона пересекает изоконцентраты ильменита. Параллельно цирконовой полосе трассируются максимальные содержания граната (скв. 70-Ш и 79-Ш). По-видимому, в этом направлении проходило донное течение, вызывавшее перемыв осадков, сопровождавшийся природным шлихованием минералов.

Переплетение изоконцентрат лейкоксена, ильменита, циркона и гранатов, распространенных по контуру скв. 260-Харьяга, 243- и 244-Мишвань, 111-Лаявож, связано с уменьшением размеров зерен и их гидравлической крупности при накоплении глинистых осадков на глубинах около 100 м и более.

Таким образом, распределение устойчивых акцессорных минералов в терригенных отложениях контролировалось гидравлической крупностью обломочных зерен. Минералы с плотностью менее 4 г/см^3 концентрировались в континентальных осадках или вблизи берегов водоемов. Затем в направлении нарастания глубин накапливались минералы плотностью более 4 г/см^3 , причем, ближе к берегу аккумуляровались ильменит, а мористее него — циркон. Алмазы в россыпи Ичет-Ю концентрировались при перемыве водами бассейна языков конусов выноса на фоне некоторого повышения содержания циркона и ильменита. Это, по-видимому, было обусловлено свойствами кристаллов алмазов, благодаря которым «... выпадение алмаза из водного потока должно осуществляться со скоростью, близкой минералам с удельным весом $4-4.5$ » [7, стр. 139]. Кроме того, алмазы, известные из россыпи Ичет-Ю, представлены гранулометрическими классами от $-8 + 4 \text{ мм}$ до $-2 + 1 \text{ мм}$ [3]. Т. е. кристаллы алмазов и их обломки крупнее индивидов сопутствующих им минералов, и, следовательно, повышение концентраций алмазов вместе с более тяжелыми минералами выглядит вполне естественно.

Формирование кварцевых песков месторождения Чернокурка происходило в условиях деятельности слабых временных потоков, отложения которых

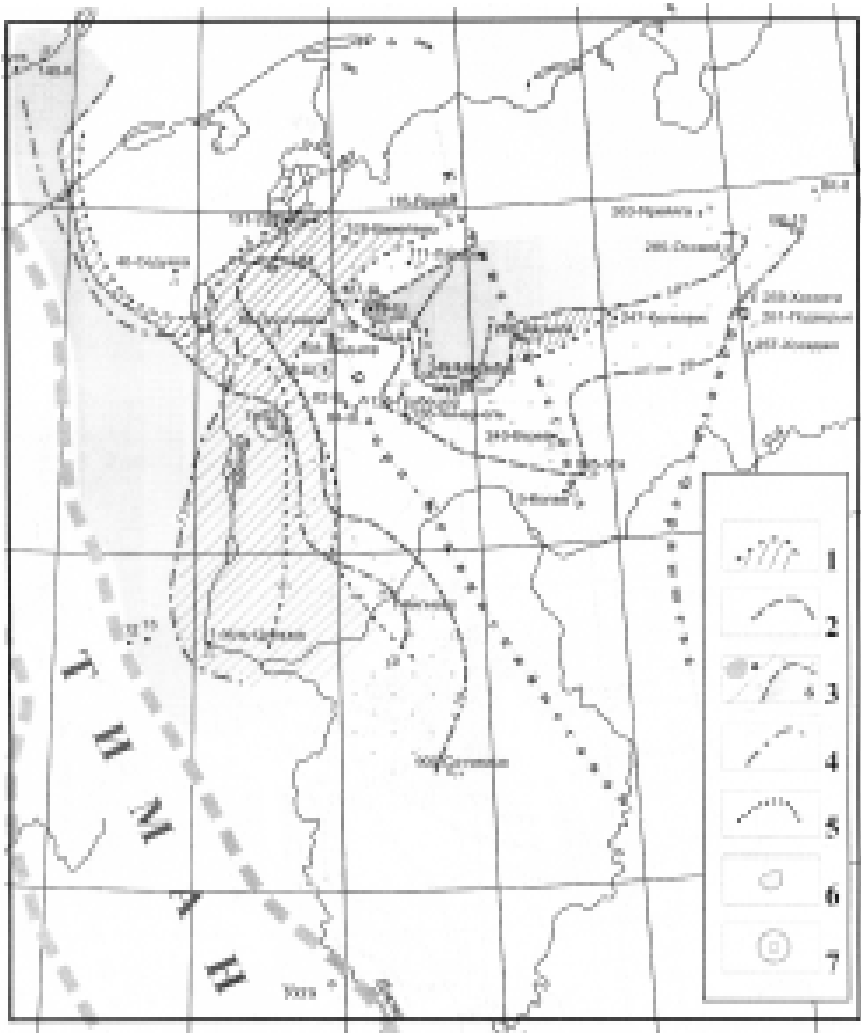


Рис. 6. Карта-схема распределения максимальных содержаний (мас. %) аллотигенных минералов в тяжелой фракции келловейских отложений Печорского СБ (осредненные данные)

1—5 — изоконцентраты минералов: 1 — циркона, 2 — ильменита, 4 — лейкоксена, 5 — граната; 6 — скважина с максимальным содержанием граната, 7 — скважина с максимальным содержанием циркона, 3 — скважина (а) и площади (б) с максимальным содержанием ильменита

мано-Печорский седиментационный бассейн (объяснительная записка к «Атласу геологических карт», 2000 / Отв. ред. З. В. Ларионова, В. И. Богатский). Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2002. 122 с. **6.** Шило Н. А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1981. 383 с. **7.** Разумихин Н. В. Гидравлическая крупность алмаза и его основных спутников // Вестник ЛГУ, 1958. № 6. С. 132—140. **8.** Щербаков Э. С. Терригенный девон западного склона севера Урала. Л.: Наука, 1977. 159 с. **9.** Щербаков Э. С., Плякин А. М., Битков П. П. Условия образования среднедевонских алмазоносных отложений Тимана // Алмазы и алмазоносность Тимано-Уральского региона: Материалы Всерос. совещ. Сыктывкар: Геопринт, 2001. С. 39—40. **10.** Щербаков Э. С., Плякин А. М., Битков П. П. Река, дельта или море. О природе полиминеральной россыпи Ичет-Ю // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар: Геопринт, 2001. № 5. С. 15—17. **11.** Щербаков Э. С., Плякин А. М., Шаметко В. Г., Битков П. П. Россыпная алмазоносность терригенных отложений Тимана // Геология алмазов — настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. С. 382—386. **12.** Rubey W. W. The size distribution of heavy minerals within a water-laid sandstone // J. Sediment. Petrology, 1933. Vol. 3. P. 3—29.

содержали небольшое количество рассмотренных выше минералов тяжелой фракции.

Процесс дифференциации устойчивых аксессуарных минералов при образовании высокозрелых толщ можно отразить на динамической диаграмме. Дифференциацию тех же минералов в олигомиктовых толщах можно показать с помощью схем максимальных содержаний этих минералов. Такие схемы могут быть использованы и при прогнозировании терригенных коллекторов углеводородов.

Литература

1. Глухов Ю. В., Лютоев В. П., Филипов В. Н. и др. Золото аллювиальных отложений юга Республики Коми // Сыктывкарский минералогический сборник. Сыктывкар, 2002. № 32. С. 104—116. (Тр. Ин-та геологии Коми науч. центра УрО Российской АН. Вып. 110).
2. Гриффитс Дж. Научные методы исследования осадочных пород. М.: Мир, 1971. 420 с.
3. Дудар В. А. Россыпи Среднего Тимана // Руды и металлы, 1996. № 4. С. 80—90.
4. Осовецкий Б. М. Тяжелая фракция аллювия. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1986. 259 с.
5. Ти-

От всей души поздравляем вас, известных геологов-исследователей нашей республики

На двоих 70 лет
и один внук!

с 35-летием работы
в Институте геологии
и с внуком Илюшей!



Мы ценим не только
ваш огромный труд,
но и вклад в развитие
потенциала производи-
тельных сил страны.