

ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДИАТОМИТА НА КРАЙНЕМ СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ

В. Я. Евзеров

Учреждение Российской академии наук Геологический институт Кольского научного центра
Российской академии наук, г. Апатиты Мурманской области

Поступила в редакцию 18 марта 2011 г.

Аннотация. Предложена новая классификация месторождений сапропелей. Охарактеризованы условия формирования месторождений диатомитов Мурманской области. Выявлены поисковые признаки этих месторождений и оценены перспективы их обнаружения.

Ключевые слова: сапропель, модель формирования диатомита, месторождения диатомита, перспективы обнаружения новых месторождений, северо-запад России.

Abstract. A new classification of sapropel (gyttja) deposits is proposed. Formation conditions of diatomite deposits in Murmansk region are characterized. Indicators of these deposits have been elucidated and the prospects for their discovery have been evaluated.

Key words: sapropel (gyttja), model of diatomite formation, diatomite deposits, prospects for the discovery of new deposits, north-west of Russia

Введение

В качестве крайнего северо-запада России мы рассматриваем территорию Мурманской области. В её пределах обнаружено несколько десятков месторождений диатомита, сформировавшихся в голоцене. Некоторые из них до недавнего времени активно разрабатывались. Расшифровка условий формирования диатомитов, их смесей с другими видами сапропелей на протяжении голоцена является целью настоящей статьи. Эта цель имеет и научное и прикладное значение, поскольку, во-первых, условия накопления диатомита и прочих сапропелей до конца не выяснены и, во-вторых, реконструкция этих условий позволит разработать поисковые признаки не только месторождений диатомита, но и других видов сапропелей, которые тоже являются полезными ископаемыми (удобрения, кормовые добавки, лечебные грязи и др.).

Место диатомита в семействе сапропелей

В научной литературе и в производственных отчетах иногда диатомиты и сапропели (гиттии) рассматриваются как самостоятельные природные образования. Вместе с тем в авторитетных справочных изданиях [1, 2] к сапропелям относятся органоминеральные осадки озер, включая диатомиты, содержащие более 15 % органического материала. Граница эта, конечно же, условная, но принята она по вполне резонным причинам. Во-первых, при таком содержании органики осадки

становятся непохожими на подстилающие их пески, глины или мергели, и, во-вторых, указанная граница содержания органического вещества отвечает периодам радикальной смены условий существования водоёмов, например, смене влажных климатических периодов засушливыми [3]. Наиболее современная классификация месторождений сапропелей предложена А.А. Гонцовым [4]. В ней выделены три генетических типа: биогенный, кластогенный и смешанный. Каждый из них включает по два класса. В биогенном типе к органическому классу отнесены пять видов: протококковый, цианофицевый, смешанно-водорослевый, торфянистый и зоогеново-водорослевый и к кремнистому классу – один вид – диатомовый. Кластогенный тип подразделен на органо-силикатный класс с четырьмя видами: органо-песчаным, диатомово-песчаным, органо-глинистым и диатомово-глинистым и силикатный класс с видами песчаным и глинистым. В смешанном типе карбонатный класс содержит три вида: органо-известковистый, глинисто-известковистый и известковистый, а железистый класс – органо-железистый, известково-железистый, лимонитовый и сульфидный виды. Приведенная классификация нуждается в модернизации. Прежде всего, генетическим типом являются озерные отложения, а не принадлежащие к этому типу сапропели. И далее. Выделив виды сапропелей, следующие ступени иерархической лестницы в соответствии с классификациями органического мира рациональнее именовать родами и семейством. Наконец,

без ущерба для содержания классификации можно несколько сократить количество видов. Вместе с тем есть необходимость выделения осадков диатомово-углеродистого вида, поскольку в природе широко распространены смеси створок диатомовых водорослей с прочими органическими

остатками в различных соотношениях. Углеродистый в данном контексте, отражая состав осадков всех видов, принадлежащих к органогенному роду, кроме диатомового, заменяет их перечисление. Авторский вариант классификации приведен на рис. 1.

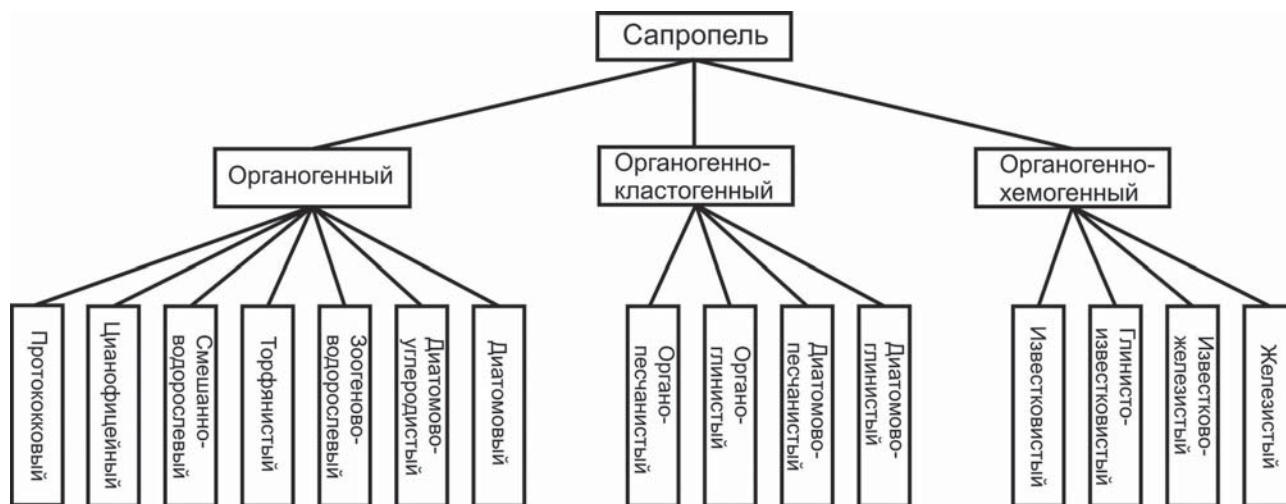


Рис. 1. Классификация месторождений сапропелей

Как видим, в обеих классификациях диатомит является всего лишь одним из многих видов сапропелей и еще в двух видах образует смеси с терригенным материалом. Согласно Геологическому словарю [5], диатомит представляет собой землисто-рыхлую или сцементированную кремнистую (опаловую) порода, состоящую более чем на 50 % из панцирей диатомей и содержащую до 70–98 % растворимого кремнезема. Он обладает большой пористостью, малым объемным весом, адсорбционными и теплоизоляционными свойствами. Диатомит находит применение в качестве наполнителя в резиновой, бумажной и пищевой промышленности, а также в производстве строительных материалов. Более подробные сведения о возможных сферах применения сапропелей и о требованиях промышленности к качеству сырья имеются в работах [4, 6]. Судя по положению диатомита в классификации сапропелей, для его формирования нужны специфические условия.

Условия формирования диатомита

Общие сведения. Наличие превосходных обобщающих работ, посвященных поведению SiO_2 и органического углерода в зоне гипергенеза [7–10], значительно облегчает расшифровку условий, в которых формируются диатомиты и прочие сапропели. Определенно установлено следующее. Кремнезем в водах транзитных артерий и конечных водоёмов стока содержится в количествах недоста-

точных для его химического осаждения. Накопленный в донных осадках кремнезем образуется посредством его биологического извлечения фитопланктоном – диатомовыми водорослями в пресноводных водоёмах или радиоляриями в водоёмах морских, преимущественно в высоких широтах. Наличие биогенных элементов (N, P, Fe, Mn, SiO_2 и др.) в воде безусловно имеет значение для развития фитопланктона. Однако диатомиты формируются и в олиготрофных, и в мезотрофных, и в эвтрофных водоёмах. Об этом свидетельствует, например, изучение залежи межледникового диатомита в районе Люнебургской пустоши примерно в 50 км южнее Гамбурга [11]. Только в предельно олиготрофных озерах диатомит не образуется. Совершенно обязательным для его накопления является присутствие кремнезема в воде. Низкая температура воды благоприятствует массовому росту диатомей и одновременно тормозит развитие бактерий. В сложении диатомита принимают участие многочисленные виды диатомовых водорослей как планктонных, так нередко и бентосных. Вода озера должна быть достаточно прозрачной, чтобы осуществлялся фотосинтез, и мало подвижной в местах накопления диатомита, поскольку вследствие малого размера створок диатомовых водорослей их отложение имеет место в тех же условиях, что и тонких алевритовых частиц. Для образования диатомита необходим также малый принос терригенного материала в водоём [7–9]. Н.М. Страхов [9]

справедливо отметил, что за биологическими причинами концентрирования SiO_2 в высоких широтах, по крайней мере, отчасти, стоит и физико-химическая основа: возрастание растворимости SiO_2 по мере увеличения температуры вод. Предполагается, что высокий уровень окислительных условий освобождает диатомовые отложения от органических разбавителей [10]. Растворимость кислорода уменьшается по мере увеличения температуры [12]. При полном покое водных масс озера проникновение в них кислорода за счет диффузии осуществляется очень медленно. В димиктических озерах, циркуляция в которых имеет место дважды в год весной и осенью, кислород поставляется в глубокие слои озера более холодными и плотными поверхностными водами.

Что касается органического вещества, то по заключению Н.М. Страхова с соавторами [9, 13] лишь весьма мелководные бассейны способны получать много неразложенного органического вещества из планктона, количество которого умень-

шается по мере увеличения глубины водоёма. При глубине озера более 10 м фитопланктон поступает на дно практически полностью разложенным. Однако это заключение справедливо только при условии содержания в воде кислорода в количестве достаточном для разложения органики и регулярном его поступлении. Помимо планктона органическое вещество в конечные водоёмы стока поставляют водные артерии.

Реализация условий на северо-западе России. Большое количество выпадающих осадков и малое испарение определили хорошо развитую гидрографическую сеть и значительное количество озёр в регионе (рис. 2), который по насыщенности озерами на единицу площади речных водосборов в два с половиной раза превосходит Карелию, классическую область озёр [14]. В геологическом отношении крайний северо-запад России представляет собой часть Балтийского щита. В его пределах широко распространены кристаллические силикатные породы, и очень небольшие площади заняты

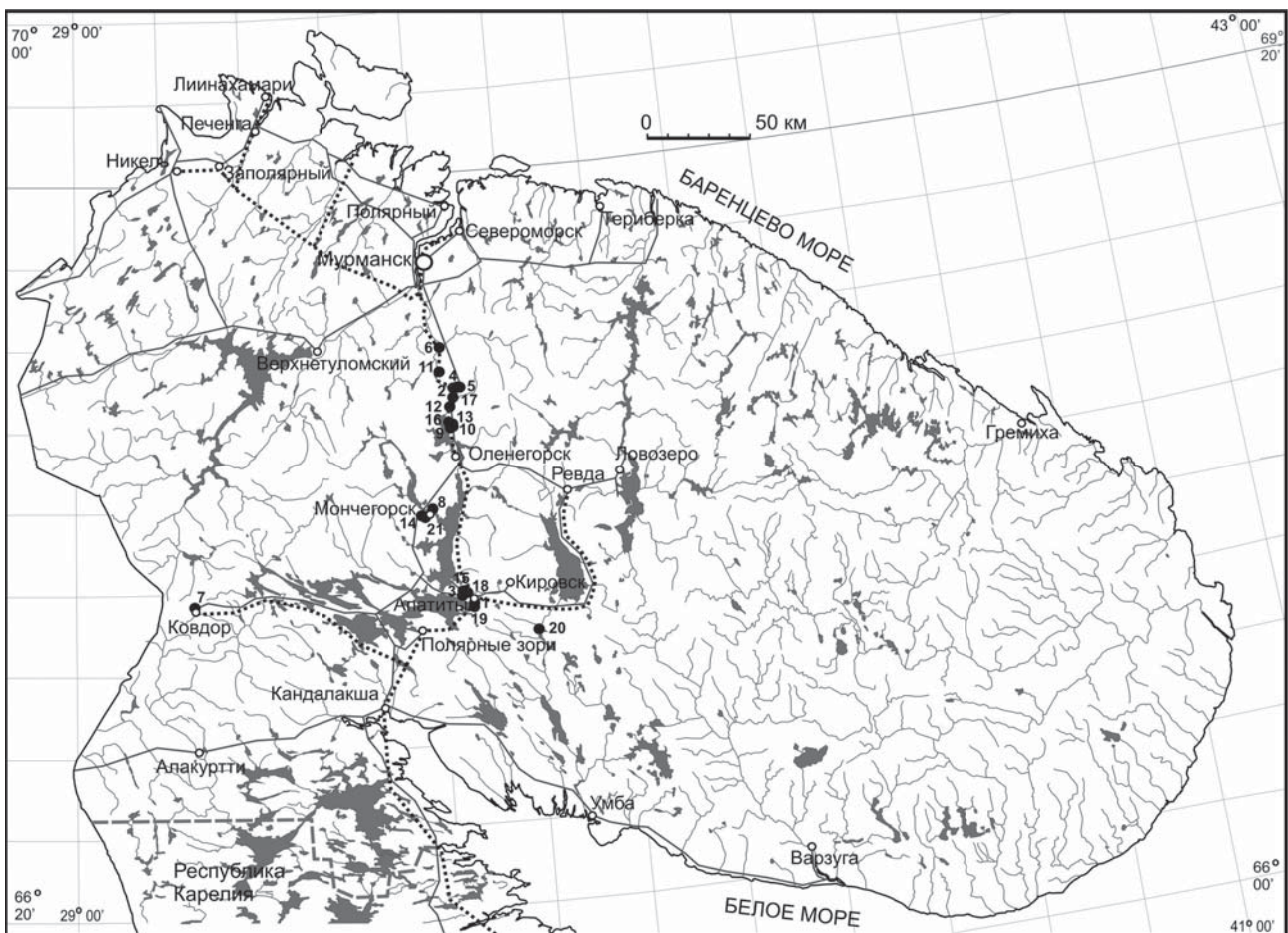


Рис. 2. Схема гидрографической сети Мурманской области. Пунктиром показаны железные дороги, сплошной линией – основные шоссейные дороги, черными кружками с номерами – разведанные месторождения диатомита, точные адреса которых под теми же номерами приведены в подписи к рис. 4

породами карбонатными. Перекрывающие их рыхлые образования, преимущественно четвертичного возраста, по составу незначительно отличаются от состава подстилающих и близлежащих коренных пород. На протяжении всех межледниковий и межстадиалов, в том числе и интересующего нас голоцена, в Кольском регионе как кристаллические, так и рыхлые породы изменялись под влиянием в основном морозного и физико-химического выветривания. В гораздо меньшей степени проявлялось выветривание химическое, ограничиваясь разложением наиболее неустойчивых минералов. Этот процесс отчетливо проявился в пределах массивов щелочных пород – Хибинских и Ловозерских тундр. Там образовавшиеся при выветривании нефелина и содалита оксиды кремния и алюминия перемещаются либо гравитационными водами, либо трещинными и грунтовыми водами. В первом случае происходит, например, цементация ледниковых отложений аллофаном, опалом и, возможно, гиббситом, а во втором – имеет место цементация пролювиальных, флювиогляциальных и современных дельтовых отложений в отдельных участках, тяготеющих к руслам действовавших или действующих водотоков [15]. Опал и аллофан образуются и непосредственно на коренных породах [16, 17]. Во всех приведенных примерах имеет место насыщение воды SiO_2 по двум причинам. Для трещинных вод в массивах щелочных пород характерны сравнительно высокие значения pH, при которых растворимость SiO_2 весьма значительна [18], тогда как pH поверхностных вод и, соответственно, растворимость SiO_2 существенно ниже.

При смешении трещинных вод с поверхностными водами происходит снижение pH, что и приводит к химическому осаждению SiO_2 . Что же касается выпадения опала и аллофана из гравитационных вод, то оно, вероятно, обязано испарению. Как следует из изложенного, насыщенная SiO_2 вода перемещалась на небольшие расстояния. В целом же ручьи и реки Ловозерского и Хибинского щелочных массивов являются транзитными каналами, доставляющими SiO_2 и другие элементы в конечные водоёмы стока, поскольку все элементы в их водах присутствует в количествах далёких от насыщения.

Наиболее глубоко состав силикатных кристаллических пород практически повсеместно изменялся и изменяется в процессе почвообразования. В регионе развиты, главным образом, Al-Fe-гумусовые подзолы, сформировавшиеся на песчаных породах разного происхождения. Направление и интенсивность почвообразовательных процессов определяют гумусовые кислоты, представляющие собой совокупность гуминовых и фульвокислот в различных соотношениях [19].

В подзолистом горизонте почв происходит гидролиз всех темноцветных минералов, сохраняются только кварц и полевые шпаты. Вынос из почвы элементов внутрпочвенным гравитационным потоком влаги зависит от интенсивности ее промачивания, то есть от количества воды, проходящей через почвенную толщу, и концентрации в ней элементов. Сведения о выносе из почвы элементов, обнаруженных в лизиметрических водах, приведены в таблице.

Таблица

Вынос элементов из почвы по [20]

Почва	Содержание элементов в лизиметрических водах, мг/л								pH
	Si	Al	Ca	Mg	N аммонийн.	N нитратный	C орг.	S	
Слабо окультуренная	3,2–4,7	0,8–1,5	24–71	9–41	0,4–0,19	1–69	5–24	32–109	6,6–6,8
Хорошо окультуренная	3,4–6,9	1,2–1,8	29–121	8–56	0,03–0,28	1–107	8–23	18–107	6,3–6,7

Примечание. В таблице приведены пределы колебаний средних содержаний элементов и pH за 5 месяцев (май, июнь, август, сентябрь, октябрь) 1974 г. и 4 месяца (май, июнь, сентябрь, октябрь) 1975 г.

Анализ таблицы показывает, что присутствие растений существенно снижает вынос большинства элементов. Особенно сильно это проявляется в отношении элементов – биофилов (азота, калия, кальция и магния), концентрация которых в лизиметрических водах в большой степени зависит от наличия или отсутствия растений.

В. Н. Переверзевым [20] установлено экспериментально, что вынос азота (нитратная форма), кальция, серы, магния, калия, натрия за год достигает десятков и сотен килограммов с 1 гектара, тогда как вынос кремния составляет 3–29 кг/га, алюминия – 1–6 кг/га, а аммонийного азота – всего лишь 0–0,3 кг/га. Низкой миграционной способностью обладают также фосфор и железо, вынос ко-

торых из почвы за год составляет значительно меньше 1 кг/га. Наиболее интенсивный вынос элементов из почвы наблюдается ранней весной. Летом он сокращается как в связи с уменьшением увлажнения почвы, так и вследствие поглощения биофильных элементов растительностью, а осенью снова возрастает в связи с увеличением количества атмосферных осадков.

Перечисленные элементы при формировании почв, как правило, попадают в грунтовые воды, причем в количествах существенно меньших их растворимости. Свидетельством этого является отсутствие хемогенных осадков практически всех элементов и в путях миграции и в конечных водоёмах стока. Единственным исключением является кальций, скопления которого в виде озерного мергеля, образовавшегося путем химической садки CaCO_3 , обнаружены в озерах, расположенных в области распространения карбонатных пород, например, в районе Известкового завода к югу от Хибин [21]. Следует отметить, что интенсивность выноса органики и минеральных окислов из почв зависит от характера ландшафта. Наибольшая она в северотаежном ландшафте, ослабевает в лесотундровом и тундровом ландшафтах и становится совсем слабой в горном ландшафте [22].

Суммируя изложенное, можно заключить, что гидрохимическая обстановка в рассматриваемом регионе благоприятна для образования скоплений диатомовых водорослей в озерных водоёмах.

Месторождения диатомита, возраст и модель образования

Общие сведения о проявлениях и месторождениях. Первые сведения о диатомитах региона получены в 1930-1932 гг. Кольской экспедицией АН СССР, организованной Геоморфологическим институтом под руководством А.А. Григорьева. Отрядами Н.В. Полонского и С.Ф. Егорова было обнаружено 95 проявлений диатомита [23]. Подводя предварительные итоги работ, А.А. Григорьев констатировал, что водоёмы, содержащие диатомиты, обычно отличаются большой прозрачностью воды, наличием некоторого количества свободной углекислоты в агрессивном состоянии, незначительным содержанием свободного кальция, обилием растворенной в воде кремнекислоты и растворимых соединений фосфора в районе выходов щелочных массивов [24]. Сотрудники Кольской экспедиции установили также, что благоприятными для накопления диатомита являются озерные ванны с многочисленными более или менее замкнутыми бух-

тами, защищенными от течений. Детальные микроскопические исследования позволили В.С. Порецкому с соавторами [25] выделить два типа диатомитов. В типе I доминируют представители родов *Fragilaria* и *Melosira (Aulacoseira)*, обитающие в толще воды и в зарослях прибрежной растительности. Тип II образуют диатомеи родов *Anotoeoneis*, *Frustulia*, *Tabellaria*, *Eunotia*, среди которых преобладают бентические виды, встречающиеся в обрастаниях макрофитов, на влажных камнях и на дне водоёмов.

Позднее часть из проявлений диатомита была разведана. В отчётном балансе запасов на I января 1972 г. в Мурманской области числится 20 месторождений диатомита, одно из которых объединяет два вполне самостоятельных месторождения (см. примечание к рис. 3), с суммарными балансовыми запасами категорий А + В + С₁ 20070 тыс. м³, категории С₂ 13044 тыс. м³ и забалансовыми запасами в 686 тыс. м³ [26]. Расположение 21 разведанного месторождения показано на рис. 2. Как видим, практически все месторождения расположены в непосредственной близости к железной дороге или к шоссейным дорогам, и огромные пространства региона остались не охваченными поисковыми работами. Правда в разные годы опойсковано еще 14 мелких проявлений с оценкой запасов диатомита по категориям С₁ и С₂. Запасы по трем из них, составившие от 254 до 449 тыс. м³, в 1933 г. были приняты территориальной комиссией по запасам.

В объяснительной записке к обзорной карте месторождений строительных материалов Мурманской области масштаба 1 : 1 000 000 [26] содержатся сведения о мощностях залежей диатомитов, отраженных на рис. 3. Кроме того, в ней приведены данные о мощностях толщи воды над каждой из залежей. В совокупности эти материалы позволяют примерно оценить глубины озер, в которых сформировались месторождения. Приближенные расчеты показывают, что глубины шести озер составляли около 4 м, десяти – от 7 до 11 м и трех достигали 12–14 м.

Диатомиты обычно залегают на песчано-гравийно-галечных и песчаных отложениях, реже глинах. В месторождениях 1 и 18 под диатомитами, помимо терригенных осадков, обнаружены торфяно-илистые отложения или торф, а в месторождении 13 – сапрпель (в терминологии принятой в справочных руководствах это органогенные отложения, отличные от диатомита). Толщи диатомита перекрыты водой или торфом и в сыром виде содержат от 52,29 до 93,1 % SiO_2 [26].

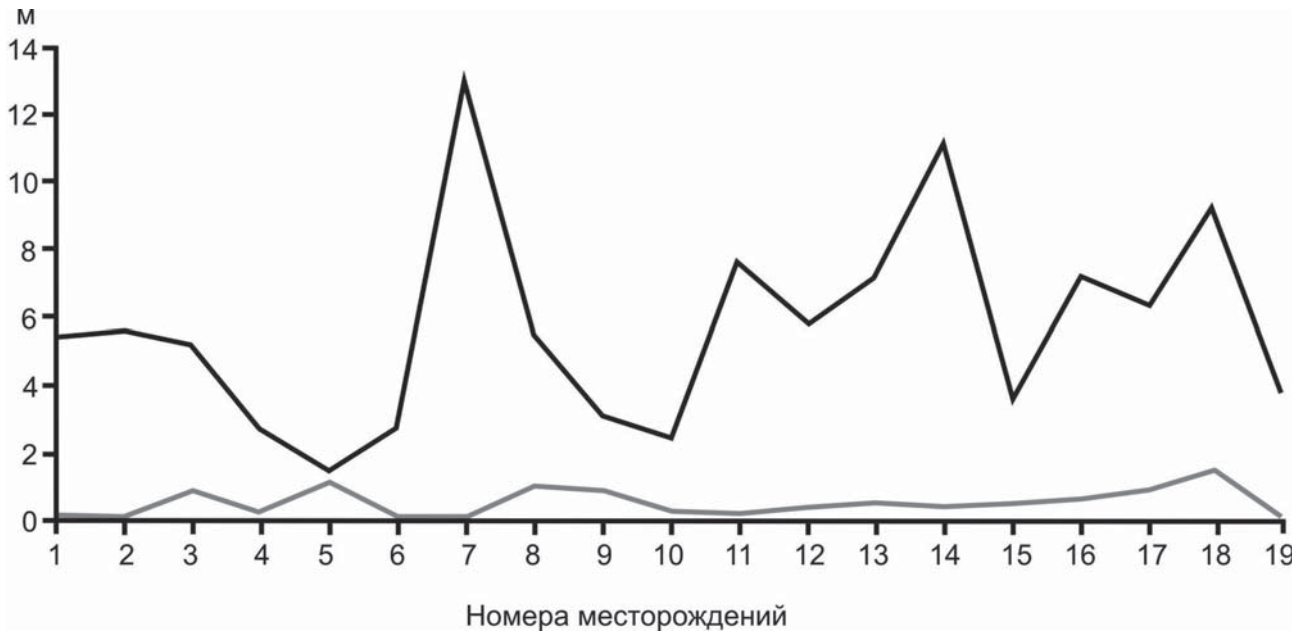


Рис. 3. Максимальная (черное) и минимальная (серое) мощности залежей диатомита, разведанных в Мурманской области. Месторождения: 1 – залив Тик-губа в 2 км к югу от ж.-д. станции Апатиты; 2 – оз. Малое Пулозеро в 200 м от ж.-д. станции Тайбола; 3 – оз. Безымянное 700 м от берега оз. Имандра, в 10 км от ж.-д. станции Апатиты; 4 – оз. Безымянное I, 2 км к востоку от ж.-д. станции Тайбола; 5 – оз. Безымянное II, 2 км к востоку от ж.-д. станции Тайбола; 6 – оз. Кицкое, 3 км от ж.-д. станции Лопарская; 7 – оз. Ковдор, 2 км к северо-западу от ж.-д. станции Ковдор; 8 – оз. Лумболка, у г. Мончегорска; 9 – оз. Масельское I, в 1 км на север от ж.-д. станции Лапландия; 10 – оз. Масельское II, в 1–2 км на север-северо-восток от ж.-д. станции Лапландия; 11 – Мурдозеро, южнее ж.-д. станции Кица; 12 – оз. Собачье II в 0,5 км к северо-востоку от ж.-д. станции Пулозеро; 13 – оз. Спинное, примерно в 1,5 км на север от ж.-д. станции Лапландия; 14 – оз. Травяное в 1 км к северо-западу от оз. Ньюдозеро; 15 – оз. Щучье 1 в 5 км к северо-западу от ж.-д. станции Апатиты; 16 – оз. Щучье 2 в 5 км к северо-западу от ж.-д. станции Лапландия; 17 – оз. Пулозеро, от ж.-д. станции Пулозеро до ж.-д. станции Тайбола; 18 – юго-восточная часть губы Белой озера Сейд-озеро, в 4–4,5 км к северо-западу от ж.-д. станции Апатиты; 19 – Тик-озеро в 6 км к югу от ж.-д. станции Апатиты.

Примечание. Месторождения 4 и 5 в [26] фигурируют как одно месторождение. По месторождениям озер Котельного в 2 км к западу от Известкового завода и Ньюдозера у города Мончегорска (№ 20 и 21 на рис. 2) имеются данные только о средних мощностях залежей диатомита [26]

Возраст и модель образования месторождений. Выше мы отмечали, что наиболее глубоко состав силикатных кристаллических пород практически повсеместно изменялся и изменяется в процессе почвообразования, который обеспечивает поступление подавляющей массы биофильных элементов в конечные водоёмы стока. Этот процесс начинается с появлением растительности, вследствие чего представляет интерес рассмотрение материалов по освобождению региона от материкового льда и началу накопления органики в донных осадках озер.

Ледниковый покров, оккупировавший в последний раз территорию исследований, на северо-восточном фланге достиг максимального распространения 16–17 тыс. лет назад [27]. Деградация

ледника протекала в условиях циклических вариаций климата разного ранга продолжительностью от 500 до 2000 лет, включающих сравнительно быстрое потепление и последующее постепенное или ступенчатое похолодание. В периоды межстадиальных потеплений на рассматриваемой территории происходило отчленение от основного массива льда огромных периферических областей ледникового покрова. В течение этих же периодов край динамически активного льда при благоприятных геоморфологических условиях контактировал с возникавшими или уже существовавшими в это время приледниковыми водными бассейнами. У крутого ледяного берега этих водоёмов накапливались мощных толщ флювиогляциальных осадков. Во время последующих стадиальных похолоданий

ледник, наступая, в той или иной степени деформировал гряды насыпных краевых образований и на пределе распространения образовывал главным образом гряды напорных краевых морен. За период деградации поздневалдайского ледникового покрова сформировалось три пояса краевых образований: I, II и III. Каждый из них состоит из

внутренней и внешней полос, представленных, соответственно, грядами напорно-насыпных и напорных морен. Их расположение показано на рис. 4. На нем, кроме того, изображены друмлины, флюты, ледниковая штриховка, фиксирующие направления движения ледяных масс, и краевой пояс IV, образовавшийся при наступлении ледни-

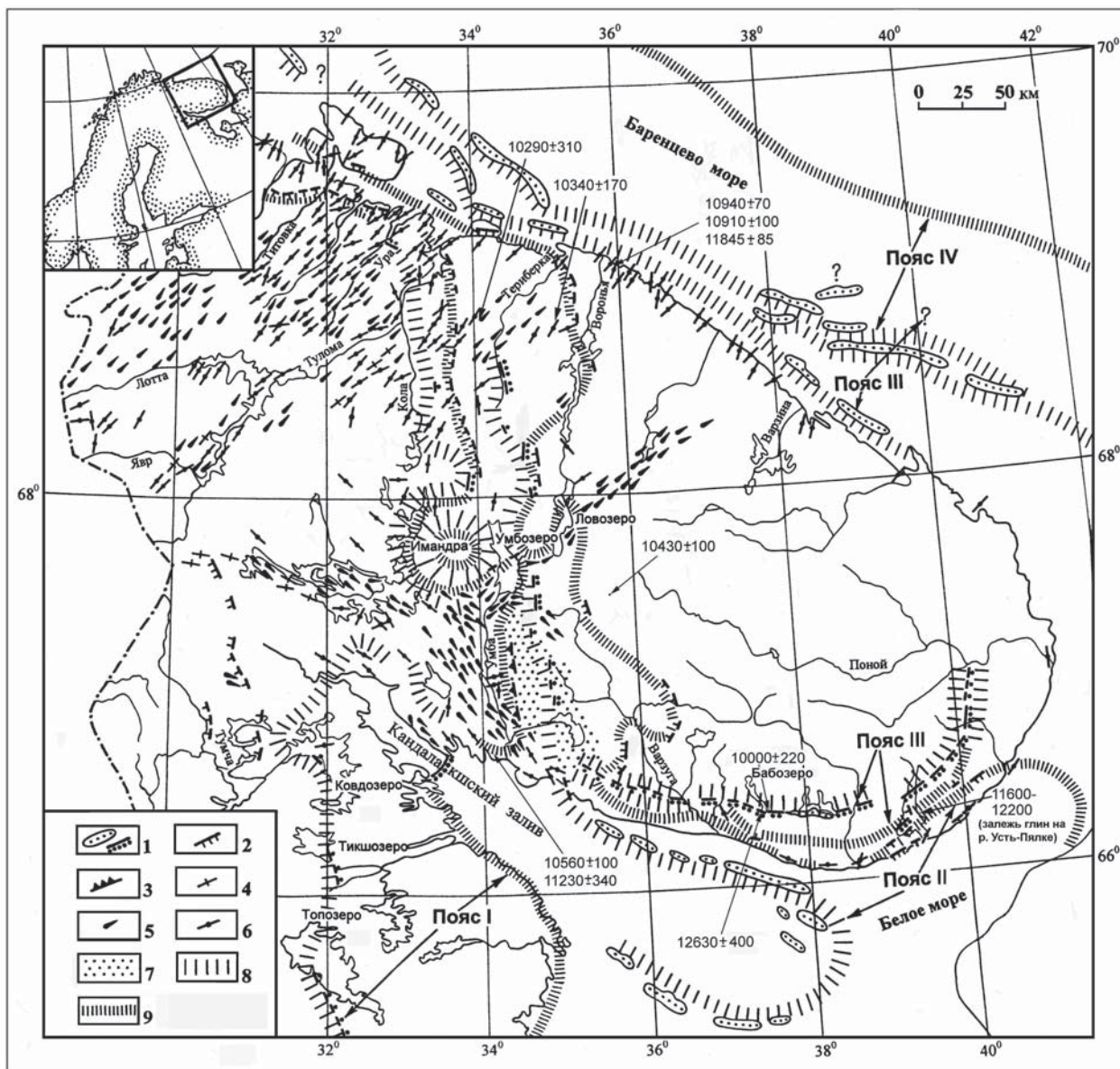


Рис. 4. Схема распространения ледниковых образований Кольского региона. Гряды: 1 – краевые и межлопастные напорно-насыпные морены; 2 – напорные морены. 3 – маргинальный уступ; 4 – флютинг; 5 – друмлины; 6 – ледниковые шрамы; 7 – островная возвышенность; 8 – положение края ледника (или отдельной лопасти) при формировании насыпных конечно-моренных гряд внутренней полосы маргинального пояса в период межстадиального потепления; 9 – то же при образовании напорных конечно-моренных гряд внешней полосы маргинального пояса в период стадийного похолодания.

В центральной части схемы замкнутые контуры, отражающие положение края льда в различные этапы эволюции ледника (условные обозначения 8 и 9), приурочены к Хибинскому (на западе) и Ловозерскому горным массивам. Схема составлена по материалам В. Рамсея [28], А.А. Полканова [29], М.А. Лавровой [30], А.А. Никонова [31], В.Я. Евзерова, Ю.Г. Самойловича [32]. Она модернизирована с учетом результатов полевых работ 1999 г. в сравнении с вариантом схемы, приведенной в статье [27]

ка. Формирование краевого пояса III происходило, вероятно, на протяжении потепления, имевшего место 16 100–14 700 лет до настоящего времени (н. в.), и последующего похолодания в интервале от ~14 700 до 13 400–12 900 лет до н. в. Образование маргинальных поясов II и I отвечает климатическим ритмам бёллинг (около 13 000 лет до н. в.) – средний дриас (около 12 500 лет до н. в.) и аллерёд (примерно 11 800–11 000 лет до н. в.) – поздний дриас (~11 000–10 000 лет до н. в.) [27]. В заключительный этап деградации поздневалдайского ледяного щита (конец позднего дриаса – начало бореала) монолитное тело ледника было расчленено протяженными морскими заливами, и постепенно лед растаял. Его таяние продолжалось ~ 1,5 тыс. лет.

Судя по датировкам, приведенным на рис. 4, раньше всего органика начала накапливаться на дне озер в пределах III краевого пояса и предфронтальной области краевого пояса II: наверняка в аллерёде, а возможно, и в бёллинге. На территории, заключенной между внешними полосами гряд краевых поясов I и II, отложение органики на дне озер началось в конце аллерёда и в позднем дриасе. Появление здесь растительности в позднем дриасе подтверждено результатами палинологического изучения озерных осадков [33]. Необходимо отметить, что вследствие сурового климата, имевшего место в регионе во время деградации ледника, массивы мертвого льда стаивали в течение очень длительного времени. Достаточно сравнить между собой датировки осадков в оз. Бабозере (12630 ± 400 лет) и соседнем небольшом озере (10000 ± 220 лет).

Все разведанные месторождения диатомита расположены на территории распространения ледникового покрова в позднем дриасе. В её пределах органика могла начать накапливаться в озерах только в конце позднего дриаса – голоцене. Комплексное изучение залежей диатомита выполнено на месторождениях озеро Травяное [34] и озеро Ковдор [35]. Первое из них расположено в непосредственной близости к внешней гряде краевого пояса I, сформировавшейся в позднем дриасе. Вследствие этого его формирование началось уже в конце позднего дриаса. Второе из упомянутых месторождений находится на 100 с лишним километров западнее, внутри некогда существовавшей ледниковой области, на значительном удалении от края позднедриасового ледникового покрова. Естественно, начало его образования относится к более позднему времени: бореальному периоду.

Нельзя исключить возможность обнаружения месторождений диатомита, формирование которых началось и ранее позднего дриаса. На эту мысль наводят результаты изучения диатомитов в озере Сейдозеро, расположенном внутри Ловозерского горного массива. Здесь на глубине порядка 6 м от дна озера установлены кремнистые осадки пребореального периода, тогда как мощность илов в озере превышает 10 м [33, 36].

Приведенные в статье материалы позволяют подойти к созданию рабочей модели формирования диатомитов. Очевидно, что накопление створок диатомей не лимитируется глубиной озера. Как было показано выше, диатомиты образуются в озерах глубиной от 4 до 14 м, и вряд ли глубина в 14 м является предельной. Часть факторов благоприятствует формированию практически всех органических осадков озер. Это, прежде всего, прозрачность воды, присутствие в воде элементов – биофилов и спокойные условия осадконакопления, исключающие или сводящие до минимума принос обломочного материала. Препятствует образованию всех без исключения сапропелей обильное поступление в водоём песчаных, алевроитовых или глинистых частиц.

Для развития диатомовых водорослей вода должна обязательно содержать кремниевую кислоту, поскольку именно она аккумулируется в створках диатомей. Растворимость SiO₂ уменьшается по мере снижения температуры, вследствие чего холодноводные озера предпочтительнее тепловодных для образования диатомитов. И все-таки этого недостаточно для того, чтобы понять, каким образом происходит обособление диатомитов от прочих органических осадков озер. Необходим какой-то фактор, позволяющий в значительной мере освободиться от органических остатков конкурирующих организмов. Если учесть, что органические остатки всех видов, кроме диатомового, диатомово-песчаного и диатомово-глинистого (см. рис. 1), состоят почти наполовину из органического углерода, становится очевидным, что таким фактором может быть только достаточно высокое и постоянно пополняемое содержание кислорода в воде. Кислород «сжигает» органику, оставляя нетронутыми створки диатомей, которые, как известно, состоят из аморфного кремнезема. Благоприятные условия для насыщения воды кислородом создаются в водных потоках в связи с динамикой водной среды и в связи с обычно более низкой, чем в озерах, температурой воды в них. Поэтому, формирование диатомитов наиболее успешно должно

происходить в проточных озерах. Речь, конечно, не идет об озеровидных расширениях русел рек с их активной гидродинамикой. Озеро, с одной стороны, должно хорошо «вентилироваться», а с другой, иметь обширные участки со спокойной гидродинамикой, в пределах которых могли бы накапливаться панцири диатомовых водорослей, соизмеримые с алевритовыми обломочными частицами. Сапропели со сравнительно низкими содержаниями створок диатомей, встречающиеся в основании залежей диатомитов, видимо, отвечают начальному этапу становления гидросети. Влияние проточности озера на степень обогащения сапропелей створками диатомей подчеркивает Н.В. Кордэ [3]. По её данным при усилении проточности озера в сапропелях возрастает содержание кремневых створок диатомей. Л.Л. Россолимо [10] также считает, что высокое содержание кислорода в придонных слоях играет важнейшую роль в образовании диатомитов. Условия для накопления других видов сапропелей создаются в бессточных озерах, воды которых должны быть обеднены кислородом.

Перспективы обнаружения новых месторождений

Зональность озерного осадко- и рудонакопления рассматривалась в работах многих исследователей. Их анализ в совокупности с привлечением собственных материалов позволил Л.Е. Штеренбергу [37] составить схему, воспроизведенную с небольшим изменением и дополнением на рис. 5. Анализ схемы показывает, что усиленное или ослабленное кремненакопление (формирование диатомитов) приурочено к территории Балтийского щита, сложенного, как известно, кристаллическими силикатными породами. Прочие же виды сапропелей образуются на территории развития осадочных пород Русской плиты.

Действительно, в пределах всего Балтийского щита почвообразующие процессы способствуют поступлению в воды озер кремнекислоты и элементов биофилов, необходимых для активного развития популяций диатомовых водорослей. Однако, как отмечалось, обособление и концентрирование створок диатомей с образованием диатомитов возможно только при насыщении воды кислородом и слабой гидродинамике среды осадкообразования. Такие условия соблюдаются не только в Мурманской области, но и в Карелии, то есть на всей территории Балтийского щита. Площади более или менее компактного распространения месторождений диатомитов в Карелии показаны на

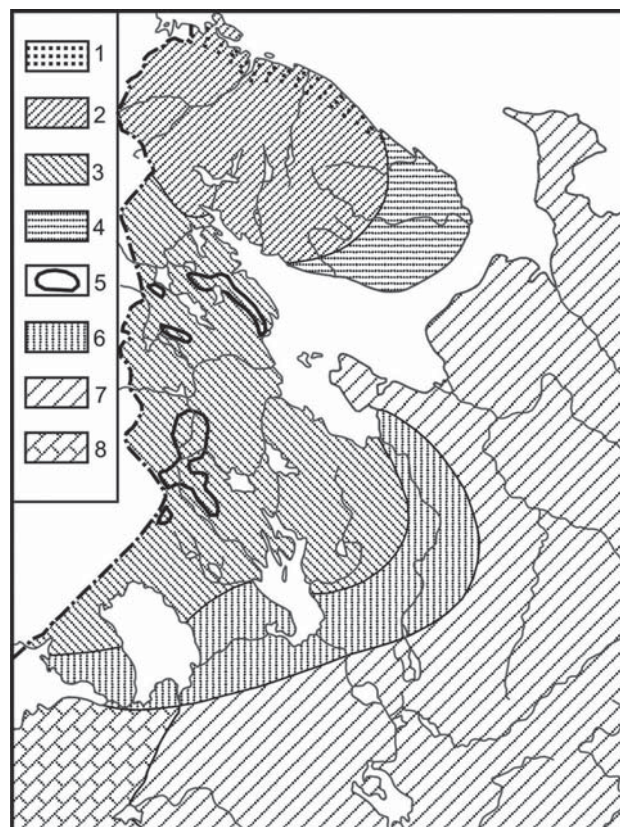


Рис. 5. Зональность озерного осадко- и рудонакопления на территории европейской части СССР по [37] с небольшим упрощением и дополнением. Балтийский щит: 1 – накопление терригенно-обломочного материала; 2 – усиленное кремненакопление (> 25 % SiO₂ аморфн.); 3 – ослабленное кремненакопление (< 25 % SiO₂ аморфн.); 4 – ослабленное кремненакопление и развитие торфянистых сапропелей; 5 – площади распространения месторождений диатомита в Карелии по И.Н. Демидову и Т.С. Шелеховой [38]. Русская плита: 6 – область развития торфянисто-водорослевых сапропелей и озерно-болотных железомарганцевых руд; 7 – торфянистые и водорослевые сапропели и болотные железистые руды; 8 – сапропели и частично карбонатно-терригенные осадки

рис. 5. В пределах Карелии прогнозные ресурсы диатомитов, несмотря на недостаточную изученность озер, оценены в 300 млн. м³ [38]. Это позволяет говорить о достаточной условности границы между кольской и карельской провинциями распространения месторождений диатомитов. Как отмечалось, по насыщенности озерами на единицу площади речных водосборов Мурманская область в два с половиной раза превосходит Карелию. Естественно, прогнозные ресурсы диатомитов области должны значительно превышать таковые Карелии. Выделение Л. Е. Штеренбергом восточной

части Кольского полуострова как области ослабленного кремненакопления нуждается в дополнительном обосновании. Действительно, значительная часть её заболочена, но вместе с тем на этой территории расположены и достаточно обширные проточные озера, донные осадки которых не изучены.

В Мурманской области при проведении поисковых работ могут быть обнаружены новые месторождения как диатомитов, так и других видов сапропелей. Поиски диатомитов целесообразно вести в широких котловинах проточных озер, воды которых насыщены кислородом, а широкие озерные ванны предполагают наличие обширных придонных участков с замедленным перемещением вод. Как показали исследования сотрудников Кольской экспедиции в 1930–1932 гг., благоприятны для поисков диатомитов также заливы крупных озер, в которые впадают ручьи или реки. Остальные виды сапропелей, пригодные для использования в сельском хозяйстве и медицине, целесообразно искать в бессточных озерах, воды которых должны быть обеднены кислородом.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 10-05-00651-а

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологический словарь. – М.: Недра, 1973. – Т. 2. – С. 198.
2. Горная энциклопедия. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – Т. 4. – С. 450.
3. Кордэ Н. В. Биостратиграфия и типология русских сапропелей / Н. В. Кордэ. – М.: Изд. АН СССР, 1960. – 220 с.
4. Гонцов А. А. Минеральное сырьё. Сапропели / А. А. Гонцов. – М.: Геоинформмарк, 1997. – 22 с.
5. Геологический словарь. – М.: Недра, 1973. – Т. 1. – С. 227.
6. Дистанов У. Г. Кремнистые породы СССР / У. Г. Дистанов (отв. ред.). – Казань: Татарское книжное издательство, 1976. – 411 с.
7. Наливкин Д. В. Учение о фациях / Д. В. Наливкин. – М.–Л.: Изд. АН СССР. – 1956. – Т. 2. – 393 с.
8. Страхов Н. М. К теории гумидного осадкообразования / Н. М. Страхов // Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. геол. – 1960. – Т. 35, вып. 3. – С. 14–50.
9. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т. II. Закономерности состава и размещения гумидных отложений / Н. М. Страхов. – М.: Изд. АН СССР, 1962. – 574 с.
10. Россолимо Л. Л. Озерное накопление кремния и его типологическое значение / Л. Л. Россолимо. – М.: Наука, 1971. – 103 с.
11. Behre K.-E. Pollen- und diatomeenanalytische Untersuchungen an letztinterglacialen Kieselgur lagern der Lüneburger Heide (Schwindebeck und Grevenhof im oberen Lühetal) / K.-E. Behre // Flora oder allgemeine botanische Zeitung. – 1962. – Bd. 152. – H. S. – S. 325–370.
12. Хатчинсон Д. Лимнология / Д. Хатчинсон. – М.: Прогресс, 1969. – 592 с.
13. Страхов Н. М. Образование осадков в современных водоёмах / Н. М. Страхов [и др.]. – М.: Изд. АН СССР, 1954. – 791 с.
14. Богданов В. В. Характер распределения и насыщенность озерами речных бассейнов Мурманского гидрографического района / В. В. Богданов // Изв. ВГО. – 1964. – Т. 96, вып. 5. – С. 423–427.
15. Арманд А. Д. О некоторых континентальных отложениях Кольского полуострова и вторичных изменениях в их строении / А. Д. Арманд, В. Я. Евзеров // Рельеф и геологическое строение осадочного покрова Кольского полуострова. – М.–Л.: Наука, 1964. – С. 87–110.
16. Власов К. А. Ловозерский щелочной массив / К. А. Власов, М. В. Кузьменко, Е. М. Еськова. – М.: Изд. АН СССР, 1959. – 623 с.
17. Яковенчук В. Н. Минералы Хибинского массива / В. Н. Яковенчук [и др.]. – М.: Земля, 1999. – 326 с.
18. Okamoto G. Properties of silica in water / G. Okamoto, T. Okura, Goto K // Geochimica et Cosmochimica Acta. – 1957. – V. 12, № 1/2. – P. 123–132.
19. Переверзев В. Н. Лесные почвы Кольского полуострова / В. Н. Переверзев. – М.: Наука, 2004. – 232 с.
20. Переверзев В. Н. Культурное почвообразование на Крайнем Севере / В. Н. Переверзев. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1993. – 156 с.
21. Арманд А. Д. Развитие рельефа Хибин и прихивинской равнины / А. Д. Арманд. – Апатиты, 1964. – 244 с. – Деп. в ВИНТИ, № 32–64.
22. Велювецкая И. И. Ландшафтная структура озерных районов Кольского полуострова / И. И. Велювецкая // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. – Л.: Наука, 1974. – Ч. 1. – С. 21–49.
23. Полонский Н. В. Материалы к вопросу о географическом распространении диатомитовых отложений на Кольском полуострове / Н. В. Полонский // Тр. геоморфол. ин-та [Кольский диатомитовый сборник]. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – Вып. 8. – С. 35–53.
24. Григорьев А. А. Пути и некоторые предварительные результаты изучения Кольских диатомитов / А. А. Григорьев // Тр. геоморфол. ин-та. [Кольский диатомитовый сборник]. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – Вып. 8. – С. 7–15.
25. Порецкий В. С. Диатомовые Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом кольских диатомитов / В. С. Порецкий, А. П. Жузе, В. С. Шешукова // Тр. геоморфол. ин-та [Кольский диатомитовый сборник]. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – Вып. 8. – С. 95–210.
26. Романишко Л. С. Объяснительная записка к обзорной карте месторождений строительных материалов Мурманской области масштаба 1 : 1 000 000 / Л. С. Романишко [и др.]. – М., 1973. – 214 с.

27. Евзеров В. Я. Пояса краевых ледниковых образований Кольского региона / В. Я. Евзеров, С. Б. Николаева // Геоморфология. – 2000. – № 1. – С. 61–73.

28. Ramsay W. Uber die Geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartarzeit / W. Ramsay // Fennia. – 1898. – Vol. 16, № 1. – 151 s.

29. Полканов А. А. Очерк четвертичной геологии северо-западной части Кольского полуострова / А. А. Полканов // Тр. Советской секции Международной ассоциации по изучению четвертичного периода (INQUA), 1937. – Вып. 3. – С. 63–80.

30. Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова / М. А. Лаврова. – М. – Л. : Изд. АН СССР, 1960. – 233 с.

31. Никонов А. А. Развитие рельефа и палеогеография антропогена на западе Кольского полуострова / А. А. Никонов. – Л. : Изд. АН СССР, 1964. – 181 с.

32. Евзеров В. Я. Реконструкция северо-восточной краевой области скандинавского ледникового покрова в поздневалдайское время / В. Я. Евзеров, Ю. Г. Самойлович // Геоморфология. – 1998. – № 4. – С. 65–70.

33. Малясова Е. С. Пыльца и споры из донных осадков центральной части Кольского полуострова и некоторые вопросы палеогеографии голоцена этой территории / Е. С. Малясова, Е. М. Ельчанинова, Е. М. Вишнев-

ская // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. – Л. : Наука, 1974. – Ч. 1. – С. 244–269.

34. Малясова Е. С. Условия формирования и возраст диатомитов месторождения «Травяное» (Кольский полуостров) / Е. С. Малясова, Р. Н. Джиноридзе // Природа и хозяйство Севера. – Петрозаводск : Карелия, 1977. – Вып. 6. – С. 48–57.

35. Евзеров В. Я. Начальный этап формирования диатомита в оз. Ковдор (юго-западная часть Мурманской области) / В. Я. Евзеров, Л. Я. Каган, Р. М. Лебедева // История озер в СССР : тезисы докладов VI Всесоюзного совещания. – Таллин, 1983. – Т. II. – С. 47–48.

36. Яковлева Л. В. Донные отложения озер Кольского полуострова / Л. В. Яковлева // Озера различных ландшафтов Кольского полуострова. – Л. : Наука, 1974. – Ч. 1. – С. 195–243.

37. Штеренберг Л. Е. Основные черты осадконакопления и диагенеза в озерах северной гумидной зоны / Л. Е. Штеренберг // Процессы континентального литогенеза. – М. : Наука, 1980. – С. 167–185.

38. Демидов И. Н. Диатомиты Карелии (особенности формирования, распространения, перспективы использования) / И. Н. Демидов, Т. С. Шелехова. – Петрозаводск : Карельский НЦ РАН, 2006. – 89 с.

Геологический институт Кольского НЦ РАН
В. Я. Евзеров, доктор геолого-минералогических наук
Тел. 8 (81555) 74427
yevzerov@geoksc.apatity.ru

Geological Institute of the Kola Science Center of RAS
V. Ya. Yevzerov, Doctor of Geology and Mineralogy Science
Tel. 8 (81555) 74427
yevzerov@geoksc.apatity.ru