КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

И. Н. Демидов

Т. С. Шелехова

ДИАТОМИТЫ КАРЕЛИИ
(ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

Петрозаводск 2006

УДК. [551.312+553.578]:551.794 (470.22)

Демидов И.Н., Шелехова Т.С. Диатомиты Карелии (особенности формирования, распространения, перспективы использования). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2006, 89 с. (+ 1вкл.), рис. 21. табл. 14. Библ. 74.

Ключевые слова: Донные озерные отложения, полезные ископаемые, диатомиты, Карелия, голоцен.

Диатомиты Карелии – осадочные горные породы озерного происхождения, голоценового возраста, более чем на 50% состоят из кремнистых раковин микроскопических водорослей – диатомей. Как правило, залегают они на дне небольших озер, их средняя мощность составляет 3-4 м, максимальная – 6-8 м. Мощные толщи кварц-полевошпатовых песков водно-ледникового генезиса являются основным поставщиком в малые озера Карелии растворенной кремнекислоты, необходимой для формирования диатомитов. С другой стороны развитые на песках поверхностно-подзолистые бедные гумусом почвы, поставляют в водоемы незначительное количество гуминовых кислот и органики, тормозящих развитие диатомей.

Химический состав и физические свойства диатомитов Карелии зависят от видового состава породообразующих диатомей, условий осадконакопления, определяемых геолого-геоморфологическими и климатическими факторами. После обогащения – обжига карельские диатомиты не уступают лучшим сортам кольских диатомитов, которые считались лучшими в СССР для производства фильтровальных порошков и наполнителей для различных отраслей промышленности. Необогащенные диатомиты, возможно, использовать в качестве удобрений, мелиорантов почв, технических адсорбентов.

В настоящее время в Карелии известно 126 месторождений и местопроявлений диатомитов (SiO_2 > 50%) и диатомовых сапропелей (SiO_2 35-49%) с прогнозными ресурсами более 300 миллионов кубических метров в естественном состоянии.

Книга предназначена геологам широкого профиля, гидробиологам, палеогеографам и технологам.

Рецензент: *кандидат геолого-минералогических наук* **Г.Ц.Лак**

ISBN 5-9274-0271-2

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ: ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ ДИАТОМИТОВ, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИИ И ПРИМЕНЕНИИ

Диатомиты, являясь осадочными образованиями морского или озерного генезиса, палеоген-неогенового или четвертичного возраста, более чем на 50% состоят из кремнистых, опаловых раковин микроскопических водорослей – диатомей и, вместе с опоками, трепелами и спонголитами, относятся к опал-кристобалитовым породам. Опал-кристобалитовые породы представляют собой равномерную природную смесь породообразующих компонентов – опалового или опал-кристобалитового кремнезема, глинистого и обломочного материала, а для диатомитов четвертичного возраста и органического вещества. Под термином опаловый понимается реакционно-активный кремнезем (растворимый в слабых щелочах), имеющий в диатомитах биогенную природу. Опал-кристобалитовый кремнезем представляет собой непрерывный ряд переходов от рентгеноаморфного опала через метастабильную фазу опал-кристобалита к неупорядоченному кристобалиту и далее к α-кристобалиту и α-кварцу (Дистанов, 1998).

В зависимости от возраста, происхождения и условий осадконакопления диатомиты характеризуются различным составом породообразующих диатомей, количеством минеральных и органических примесей, а соответственно и различными химическим составом, физико-механическими свойствами, особенностями обогащения и областями применения.

Основными условиями для формирования залежей диатомитов является повышенное содержание в воде растворенной кремнекислоты, необходимой для строительства опаловых раковин диатомовых водорослей, достаточное для их питания количество фосфатов или нитратов, не значительный привнос минеральных и органических примесей, ухудшающих экологию диатомей и качество формируемых диатомитов, а также отсутствие сильных течений и волнений.

Пористость диатомитов достигает 75%, удельная поверхность 50-100 кв.м. на грамм осадка, содержание раковин 600 млн. $см^3$, объемный вес 1–0.25 $г/см^3$. Благодаря кремнистому и тонкодисперсному составу (средний размер раковин породообразующих диатомей составляет 10–30 микрон), большой удельной поверхности, диатомиты обладают отличными теплоизоляционными, адсорбционными, абразивными и связующими свойствами, являются огнеупорными и кислотоустойчивыми. Это позволяет использовать их в десятках отраслей строительной, химической, металлургической, пищевой, медицинской промышленности и сельского хозяйства. Цена тонны высокосортного диатомита на мировом рынке в конце 20-го века превышала 500$ (Дистанов,1998).

По данным У.Г. Дистанова (1998) в странах СНГ разведано около 230 месторождений опал-кристобалитовых пород с запасами 3.1 млрд. тонн (доля запасов по категории С2 = 40%), из которых 540 млн. тонн приходится на диатомиты. Основные запасы и прогнозные ресурсы диатомитов и других опал-кристобалитовых пород сосредоточены в пределах Поволжской, Зауральской, Центрально-Европейской субпровинций. Закавказье и Кольский полуостров богаты месторождениями диатомитов высокого качества. Из 22 освоенных в СНГ месторождений опал-кристобалитовых пород 7 приходится на диатомиты. Мировая добыча диатомитов в 1993-94 годах составляла 1.5 млн. т., в 1994 г. в США было добыто 596 тысяч тонн, а в странах СНГ в 1995 г – 350 тысяч тонн диатомитов. В странах бывшего СССР около 85% диатомитов используется в промышленности строительных материалов и 15% для получения фильтровальных порошков. В США. 72% диатомитов используется для получения фильтровальных порошков и 14% в качестве наполнителей (Дистанов, 1998).

В петрографо-генетической классификации опал-кристобалитовых пород выделяются морской (платформенный и геосинклинальный) и озерный (районов послеледниковых ландшафтов и районов вулканических ландшафтов) генетические типы диатомитов (Дистанов,1998, (Рис.1). Диатомиты морских платформенных бассейнов палеоген-неогенового возраста выявлены в Поволжье (Инзенское, Атемарское и др.) и Зауралье (Ирбитское). Залегают они в виде выдержанных по простиранию пластов мощностью до 80 м среди опок и песчаных пород. В лучшем из российских месторождений – Инзенском (Ульяновская область), мощность диатомита достигает 60м. Объемная масса его составляет 0.65-0.7$г/см^3$, пористость 50-60%. Состав диатомита следующий: опаловых раковин диатомей –75.5%, глинистого материала – 22%, обломочного – 2.5%. Диатомиты пригодны для производства высококачественных теплоизоляционных изделий, инертных гидрофильных порошков, применяемых для получения не слеживающихся удобрений, фильтровальных порошков и наполнителей среднего качества. Менее качественные диатомиты аналогичного генезиса известны на Украине. За рубежом подобные месторождения распространены в Северной Америке (в том числе и уникальное месторождение Ломпок в Калифорнии), Западной Европе, Северной Африке (Дистанов, 1976, 1984).

Рис.1. **Схема распределения кремнистых осадков в современных и древних озерах (Жузе, 1966).**

1 – область современных кремнистых осадков, 2 – кремнистые осадки горных озер, 3 – диатомиты межледникового возраста, 4 – диатомиты плиоценового и миоценового возраста

Месторождения озерных диатомитов, как правило, небольшие, объемом до 1.5-2.0 редко 5-6 млн.м^3. Большая группа месторождений озерных диатомитов выявлена на Кольском полуострове (Кольский диатомовый…, 1934). Залежи их линзообразные, гнездообразные, выполняют дно современных небольших озер, заливов, торфяников. Мощность редко превышает 5 м, однако качество диатомитов весьма высокое. Так объемная масса диатомитов Масельского (Лапландского) месторождения в сухом состоянии составляет 0.3-0.4 г/ см$_3$, а содержание SiO_2 в прокаленном образце достигает 93.1%. Облагороженные диатомовые порошки с Кольского полуострова, применяемые в качестве фильтров и носителей, относятся к числу лучших на территории бывшего СССР. Повышенная, до 80%, влажность и высокое, до 30%, содержание органики, снижают промышленную ценность озерных диатомитов, вследствие повышения себестоимости при их добыче и обогащении (Дистанов, 1976, 1998, Кольский диатомовый…, 1934).

Хотя практически во всей литературе, посвященной диатомитам, Карелия вместе с Кольским полуостровом указывается как весьма перспективный район для их распространения и добычи, подавляющее число известных месторождений находится на территории Мурманской области, где известно более 30 месторождений с суммарными запасами по категории С1 более 27 миллионов куб. метров и десятки местопроявлений диатомитов. На территории Карелии было известно только три промышленных месторождения с суммарными запасами 2 млн. м^3 (Дистанов, 1976). Следует отметить, что в отличие от Кольского полуострова, где в связи с добычей и обогащением диатомита в 60-е годы была проведена дополнительная разведка диатомитов, в Карелии их изучение и поиски практически прекратились в 30-е годы. Только в 2000-2001 годах Институтом геологии Карельского НЦ РАН были проведены целенаправленные поиски диатомитов, в ходе которых было выявлено более 100 месторождений и местопроявлений диатомитов и диатомовых сапропелей.

Диатомиты Карелии являются озерными голоценовыми образованиями. Залегают они обычно на дне озер и болот на глубине 2 –7 метров. Мощность диатомитов в среднем составляет 2-4 м, местами достигает 8 м. Содержание SiO_2 в естественном состоянии колеблется в пределах 50–95%. Проведенные в 30-е годы технологические испытания карельских диатомитов подтвердили их высокое качество, аналогичное первосортному датскому диатомиту, импортировавшемуся в СССР в 30-е годы (Марков, 1933, Варданянц, 1936).

Имеющиеся данные по условиям формирования диатомитов, геолого-геоморфологическому строению региона, его гидрогеологическим и гидрологическим особенностям, а так же палеогеографии поздне- и послеледниковья позволяют прогнозировать запасы диатомитов на дне озер и болот Карелии в сотни миллионов $м^3$ (при естественной влажности около 75–80%).

Глава 1

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИАТОМИТОВ КАРЕЛИИ

Первые находки диатомита в Северной Карелии и прилегающих областях Мурманской области относятся к началу 1930-х годов (Рантман, 1930ф., Шмидт, 1931ф., Дымский,1933а,б, Марков, 1933, Порецкий и др., 1934). В 1934 г. Ленинградским геолого-гидро-геодезическим трестом проводились поисковые работы на диатомит в 10-ти километровой полосе, прилегающей к Кировской (ныне Октябрьской) железной дороге от станции Кемь до станции Кандалакша. Было выявлено несколько промышленных месторождений и много местопроявлений диатомитов с суммарными запасами по категории С1 5 090 000 $м^3$ (Варданянц, 1936), в том числе на территории Карелии месторождения Ряпукс-озеро (1 400 000 $м^3$), Вайвас-озеро (577 000 $м^3$) и Ламбина Амбарная (161 000 $м^3$). Так же были проведены исследования вещественного состава и технологических свойств диатомитов, подтвердившие их высокое качество. Позднее на востоке Лоухского р-на было обнаружено месторождение Кяппельское (р-он пос. Тунгозеро) с запасами около 600 000 $м^3$ (Борисов, 1952). Изучался состав породообразующих диатомей этих месторождений (Жузе и др., 1966). В 1949 году при проведении геолого-съемочных работ были открыты Койтайокское и Луовенйокское месторождения на западе Суоярвского района в западной Карелии (Государственная …, 1983). Следует отметить, что в этих месторождениях диатомит был обнаружен выше современного уровня водоемов, на древних озерных и речных террасах. По Б.Ф. Землякову (1936) проявления диатомитов известны около д. Авдеевское Пудожского района, в западных частях Линдозера и Поросозера, в Лоухском районе у оз. Черное, Кривое, в Сегежском районе у оз. Вязовец и у дер. Уссуна. П.А. Борисов (1952) отмечает так же проявления диатомитов в отложениях древних озерных террас в западной Карелии в верхнем и нижнем бассейне рек Суна и Сойма, на северном берегу оз. Чудозеро, у села Реболы. Отмечены месторождения (местопроявления?) диатомитов в р-оне Уросозера (Геология СССР…, 1960) и в бассейне Водлозера на территории Архангельской области, непосредственно у границ Карелии — Монастырское и Волошовское (Геология СССР…., 1965). Поиски диатомитов, проводимые Бородинской лимнологической станцией на Онежско-Ладожском перешейке в 30-е годы не увенчались успехом (Экман, 1995). В 1992 г. при поиске сапропелей было открыто Муезерское месторождение диатомитов (Демидов, 1995, Шелехова, 1997). В 1995 г. выходит в свет монография Е.И.Синькевича и И.М.Экмана «Донные отложения восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита», где собраны и проанализированы имевшиеся в то время данные по донным осадкам – сапропелям, диатомитам и гаже – озерной извести Республики Карелия. В 2000-2001 годах по заданию Комитета по природным ресурсам и Министерства экономики Республики Карелия Институтом геологии Карельского научного центра РАН проводились научные исследования по проекту «Диатомиты Карелии: особенности формирования, размещения, перспективы использования», основные результаты которых и вошли в настоящую книгу. В ходе работ по проекту было выявлено более 100 местопроявлений диатомитов и диатомовых сапропелей (Демидов, Шелехова, 1999, 2002).

Видовой состав диатомовых водорослей изучался для палеогеографических и палеоэкологических целей в Онежском и Ладожском озерах (Давыдова, 1976, Давыдова и др. 1998а,б), в северном Прионежье (Saarnisto et al, 1995, Шелехова и др. 2005, Филимонова, Шелехова, 2005), в районе г. Беломорска (Grönlund et al.,1995), Восточном Приладожье (Лак, 1976, 1980) и других районах Карелии (Шелехова, 1997, Демидов, Шелехова, 1999, 2002).

Глава 2

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАРЕЛИИ В АСПЕКТЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

Формирование залежей диатомитов определяется комплексом климатических и геолого-геоморфологических факторов, влияющих на гидрохимию и гидрологию водоемов и, соответственно, на приоритетное развитие тех или иных видов диатомовых водорослей, условия осадконакопления их опаловых раковин и сохранения толщ от последующего размыва. В связи с этим представляется обоснованным дать краткую характеристику климатических условий и геолого-геоморфологического строения Карелии.

2.1. Климат, почвы и растительность региона

Территория Республики Карелия имеет площадь 172000 кв. км и располагается на северо-западе Европейской части Российской Федерации между 61º и 67º северной широты. Климат её умеренно континентальный, с чертами морского, и в значительной степени определяется сильным влиянием Атлантического океана и Белого моря, а также геоморфологическими условиями территории. Среднегодовые температуры на севере республики отрицательные (-0,5ºС), на юге – положительные (+2.6ºС). Средние июльские температуры воздуха составляют на севере Карелии + 14ºС, на юге +16ºС, средние температуры февраля – 14ºС на севере и – 10ºС на юге. Среднее годовое количество осадков колеблется от 450-550 мм на севере до 600-750 мм на юге (Карельская АССР, 1956).

В летний период, который длится от 2,5 месяцев на севере Республики до 3,5 месяцев на юге, территория получает столько же солнечного тепла на единицу площади, сколько и умеренные районы Европейской части России. Этому способствует большая продолжительность дня (до 20 часов) и относительно высокое стояние солнца над горизонтом при сравнительно небольшой облачности (Карельская АССР, 1956).

Активный вегетационный период продолжается от 70 дней на севере до 100 дней на юге республики. Общая же продолжительность вегетационного периода (т.е. количество дней с температурой выше +5ºС составляет от 125 дней на севере (Гридино), до 156 дней на юге (Петрозаводск, Олонец).

В вышеописанных климатических условиях преобладают подзоло-образовательные почвенные процессы. Химическое и органическое выветривание приводит к распаду минеральных частиц на составляющие окислы. Однако, при низких окружающих температурах, ни один из коллоидов не свертывается в почве и все они удаляются из неё атмосферными водами. В почве остаются нерастворимый при низких температурах кварц и часть аморфного кремнезема, которые накапливаются в элювиальном горизонте, придавая ему светло-серую, как у золы, окраску. В зависимости от химического и гранулярного состава материнских пород подзолообразовательные процессы идут с различной интенсивностью, что оказывает влияние на поступление аморфного кремнезема и гуминовых кислот в водоемы, формирование химического состав воды и, соответственно, приоритетное развитие тех или иных водных организмов (см. ниже). В целом на моренных супесях и суглинках развиты подзолы иллювиально-гумусовые и иллювиально-железисто-гумусовые в сочетании с болотными торфяными. На хорошо дренируемых песчаных и песчано-гравийных отложениях преобладают подзолы железистые, поверхностно-подзолистые и подзолистые иллювиально-алюмо-железистые почвы. На переувлажненных моренах, песках, глинах развиты подзолы и подзолистые контактно-глеевые, поверхностно-глееватые в сочетании с торфяными и торфяно-глеевыми почвами и различные болотные почвы (Иванова, 1976, Атлас…, 1989, Бахмет и Морозова, 2003).

В настоящее время территория Карелии относится к зонам северной и средней тайги с преобладающим развитием сосновых и сосново-еловых лишайниковых и зеленомошных лесов**.** При естественном отпаде (полигон в заповеднике «Кивач») в почву ежегодно поступает 29.8 кг/га азота и 37 кг/ га зольных элементов, включающих 3.7 кг/га кремния, 2.9 кг/ га фосфора (Путеводитель…, 1974**).** При незначительном количестве фосфора в докембрийских и четвертичных образованиях Карелии, биогенный фосфор, вероятно, играет значительную роль в развитии диатомовых водорослей.

Таким образом, в условиях прохладного климата, со средним количеством атмосферных осадков, длительным летним солнцестоянием, во многих водоемах Карелии существуют благоприятные для развития диатомей условия – высокая прозрачность и небольшая температура воды, достаточная освещенность. В условиях подзолообразовательного процесса часть ухудшающих качество диатомитов гидратов железа и алюминия накапливается в иллювиальном горизонте почв и не попадает в водоемы. В то же время, часть аморфного кремнезема в растворенном виде поступает в озерно-речную сеть. Необходимые для жизнедеятельности диатомей нитраты в основном поступают с атмосферными осадками, а соединения фосфора – из почвенных горизонтов.

2.2. Рельеф территории и классификация строения озерных котловин Карелии

Карелия является областью широкого развития древних денудационных поверхностей выравнивания, в значительной степени уничтоживших горные складчатые сооружения докембрия. Вертикальные движения блоков земной коры по древним и омоложенным разломам привели к деформации древних поверхностей выравнивания и дифференциации их фрагментов по высоте, которая колеблется от 0-50м над уровнем моря на равнинах, прилегающих к крупным бассейнам (Белое море, озера Ладожское и Онежское), до 250-500 м на возвышенностях западной, южной и восточной Карелии. Под влиянием тектонических движений возникли главные морфоструктуры Карелии, определившие основные закономерности современного рельефа. При этом древние структурные элементы кристаллического фундамента, в той или иной мере омоложенные новейшими движениями, предопределили размещение и ориентировку положительных и отрицательных форм денудационно-тектонического рельефа, мощность и генезис четвертичных отложений, особенности строения озерно-речной сети (Лукашов, 2003).

Скальные образования докембрия перекрываются прерывистым чехлом четвертичных отложений, среди которых преобладают ледниковые и водно-ледниковые образования последнего поздневалдайского скандинавского оледенения и голоценовые осадки. Ледниковые полого-холмистые равнины, сложенные преимущественно супесчаными сильно завалуненными моренами и плоские озерно-ледниковые равнины, в строении которых преобладают глинистые и песчано-глинистые отложения преобладают в строении рельефа Карелии и в определенной степени нивелируют неровности доледниковых горных пород. Древние озерные равнины тяготеют к котловинам крупных озер и, как правило, сложены песчаными и песчано-алевритовыми осадками. Поверхность равнин осложняется грядовым рельефом краевых ледниковых образований, друмлиновых полей и холмисто-котловинным рельефом, характерным для древних ледораздельных зон. Вдоль краевых ледниковых образований часто располагаются песчаные зандровые равнины. В центральной и западной Карелии широко распространены песчано-гравийно-галечные озовые гряды, часто образующие протяженные, до нескольких десятков километров, системы (см.Главу 3).

На территории Карелии озерные котловины в основном денудационно-тектонического или ледникового происхождения. Часто от генезиса котловин зависят не только размеры, глубина водоемов, наличие островов и заливов, определяющие их гидрологические параметры (интенсивность течений и волнений), но и их гидрохимия, а также особенности залегания и формирования толщ донных осадков. В таблице 1 приведены основные генетические типы озерных котловин Карелии (Экман,1995). Следует отметить, что остаточные котловины, сформировавшиеся в денудационно-тектонических и ледниковых понижениях рельефа при понижении уровня древних водоемов также очень широко распространены на территории Карелии. В основном они тяготеют к современным крупным водоемам – Белому морю, Ладоге и Онеге, размеры и уровни которых были значительно больше в позднеледниковое и раннеголоценовое время.

В целом равнинный рельеф Карелии и особенности структурно-денудационного и ледникового рельефа территории обусловили формирование десятков тысяч озер, различной формы, глубины и происхождения.

Таблица 1

Генетическая классификация озерных котловин (Экман, 1995)

Генетическая группа	Подгруппа	Генетический тип
Тектоническая	**I. Разрывных нарушений**	1.Приразломный
		2.Пересечения разломов разного направления
		3.Простых грабенов
	II. Складчатых структур	1.Синклинальных складок
		2.Антиклинальных складок, нарушенных вдоль сводов разломами
		3. Переходная между 1 и 2 типами
	III. Неравномерных изостатических движений земной коры в голоцене	Изоляция заливов крупных водоемов и последующий их переход в самостоятельные водоемы.
	IV. Сейсмогенная	Трещин растяжения (палеосейсмодислокационный)
Ледниковая	**I. Ледниково-аккумулятивная, гляциодислокационная**	1. Гляциодислокационный
		2. Подпрудный аккумулятивно-гляциодислокационный
		3. Гляциодиапировый
	II. Ледниково- -зкзарационная	Экзарационный
	III. Гляциокаррстовая (термокарстовая)	Провальный
	IVФлювиогляциальная	1. Эворзионный
		2. Эрозионнный
Дельтовая	**Озерно-речная**	Эрозионно-аккумулятивный
Реликтовая	**I Регрессии крупных водных бассейнов**	Остаточных котловин – наиболее глубоких участков древних водоемов
	II Зарастания озер	Остаточных котловин, сохранившихся в процессе заторфовывания

2.3. Гидрологические условия Карелии

На территории Карелии известно около 61 000 озер (Каталог…, 1992), из них 43000 площадью более 1 га. Озера площадью менее 1 кв.км составляют около 97,5% всех учтенных озер (Озера Карелии, 1959). Озера принадлежат к бассейнам Балтийского и Белого морей и их суммарная площадь (без Онежского и Ладожского озер) составляет 17,8 тысяч кв.км. (Каталог …, 1992). Крупные, средние и большинство малых (от 1 кв.км) озер – проточные. Непроточных озер около 31 тысячи. Преимущественно это небольшие лесные ламбы площадью менее 1 кв.км (Григорьев, 1947). Многие озера соединяются между собой реками, образуя озерно-речную сеть. На территории Карелии насчитывается около 23,6 тысяч рек (Каталог…, 1992).

Глубины озер Карелии колеблются в широких пределах и, как правило, зависят от генезиса озерных котловин, степени эвтрофии озер. Наиболее глубокими являются озера тектонического происхождения – Ладожское (230 м), Онежское (120 м), Сегозеро (90 м), Паанаярви (~100 м). Малые озера обычно характеризуются глубинами до 10м, хотя для небольших озер тектонического происхождения, а также сформировавшихся во флювиогляциальных рытвинах и гляциокарстовых воронках известны и большие глубины.

Вода в карельских озерах разнообразна как по цвету, так и по прозрачности. Наиболее низкую прозрачность имеют озера, вода в которых окрашена гумусом (продуктами распада органических веществ) в темно-желтые и коричневые тона. В основном к ним относятся небольшие лесные ламбы, а так же некоторые крупные водоемы – Салонъярви, Суоярви, Ведлозеро. В июле-августе прозрачность воды в этих водоемах составляет 0,8–2,0м. Наиболее прозрачна (до глубины 9 м) вода в озерах тектонического происхождения и в ламбах, расположенных на песчаных отложениях, в которые поступает незначительное количество гумуса. Обычно в таких озерах вода окрашена в голубовато-зеленый или в синевато-зеленый цвет (Уросозеро, Ладмозеро, Чужмозеро) (Озера Карелии, 1959). В крупных озерах, в зависимости от строения берегов и количества рек в различных частях водоёмов прозрачность и цвет воды может значительно меняться.

Показатели прозрачности и цветности воды могут использоваться для первоначального определения типа озер, стадии их развития. В целом для многих озер Карелии и севера Европейской части России характерен процесс эвтрофирования – повышения биологической продуктивности водоемов в результате накопления в воде биогенных элементов, последующее их осаждение в виде органических донных осадков, обмеление, зарастание и превращение водоема в болото. Прозрачная вода зеленоватых и голубоватых оттенков характерна для глубоких и холодноводных олиготрофных и мезотрофных озер. Низкая прозрачность и темные коричневые и жёлтые цвета воды характерны для эвтрофных и мезогумозных водоемов (Озера Карелии, 1959).

На температурный режим водоемов оказывает влияние их географическое положение, глубина, строение котловины, гидрологический режим, соотношение атмосферного и подземного питания. В больших и глубоких (более 20-25 м) водоемах низкие температуры в придонных горизонтах сохраняются в течение всего года. В мелководных озерах стратификация температур не наблюдается – вода в них прогревается до дна. Разница придонных и приповерхностных температур в них редко превышает 2-3º, но при подземном питании небольших водоемов может значительно увеличиваться (Озера Карелии, 1959).

Из 60 тысяч озер Карелии около 97% имеют площадь менее 1 кв. км – оптимальную для формирования и сохранения залежей диатомитов. Большинство этих озер является непроточными, что также улучшает качество формируемых диатомитов. Наиболее благоприятные условия для развития диатомей и формирования диатомитов существуют в небольших олиготрофных и мезотрофных водоемах с прозрачной и прохладной водой, или в защищенных от волнений и течений заливах более крупных водоемов.

В целом климатические условия Карелии создают в озерах сравнительно укороченный вегетационный период, однако достаточный для интенсивного развития в ходе длительного светового дня и прозрачной, прохладной воды холодолюбивых диатомовых водорослей.

2.4. Гидрохимические условия поверхностных вод

Озера Карелии входят в зону низко минерализованных вод подзолисто-болотных почв (Баранов, 1958). Количество растворенных в воде озер соединений Na, K, Ca, Mg, Cl и других, преобладающих в ионной части компонентов колеблется от 10 до 100 мг/л. В целом, геохимический состав вод формируется под воздействием климатических (температуры, количество осадков) и геологических факторов (строение и состав водосборов, соотношение атмосферного и подземного питания, особенности почвообразовательных процессов). Слабая минерализация вод карельских озер при незначительном содержании в ней биогенного азота и фосфора уменьшает биологическую продуктивность озер. И.В. Баранов (1958) подразделяет все озера Карелии на две группы. К первой относятся озера с очень слабой гумификацией вод, а значит и с неокрашенным водным гумусом; ко второй группе – озера гумифицированные, с окрашенным болотным водным гумусом. Строение водосборной площади и почвенного покрова, окружающих озера первой группы, препятствуют интенсивному влиянию болотных вод на геохимический состав воды в озере. Благодаря этому биогенные вещества, в том числе и фосфор, остаются не связанными с гумусовым комплексом и свободно вступают в цикл биогенного круговорота, то есть болотные воды не оказывают подавляющего влияния на флору и фауну озёр.

Озера второй группы – гумифицированные, получают более или менее значительные притоки болотных вод. Под влиянием гумификации некоторые из биогенных веществ воды переходят в коллоидное состояние, становятся трудно усвояемыми и лишь в незначительной степени вступают в цикл биогенного круговорота. Эти факторы резко снижают биологическую продуктивность водоемов.

Резкого различия при переходе от озер первой группы ко второй группе нет. В зависимости от особенностей химического и физического состава воды по степени их гумификации и трофии (под трофией подразумеваются продукционные возможности водоемов в отношении их растительного и животного населения) в первой группе озер выделяются олиготрофные, мезотрофные и эвтрофные гидрокарбонатные озера, а во второй группе – олигогумозные-олиготрофные, мезогумозные-мезотрофные, полигумозные-ультраолиготрофные, с транзитным поступлением гумусовых вод, дистрофированные и дистрофные озера (Баранов, 1958).

Г л а в а 3

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КАРЕЛИИ В АСПЕКТЕ ИЗУЧАЕМОЙ ПРОБЛЕМЫ

3.1 Геология и тектоника докембрийских образований

Территория Карелии располагается на юго-восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита и прилегающих районах палеозойского осадочного чехла Русской платформы. Наибольшим распространением в регионе пользуются докембрийские комплексы, сложенные глубоко метаморфизованными изверженными, вулканогенными и осадочными породами архея и протерозоя возрастом 3,5-1,5 млрд. лет (Геология Карелии, 1987). По особенностям геологического строения Карелии выделяется три района: Беломорский, прилегающий к котловине Белого моря, Карельский, охватывающий большую часть республики и Ладожский, прилегающий к Ладожскому озеру. Каждый район отличается проявлениями магматизма, составом осадочно-вулканогенных и осадочных комплексов, степенью и характером метаморфизма и соответствует участкам развития разновозрастных складчатых поясов – беломорид, карелид и свекофенид. Складчатые структуры кристаллического фундамента Карелии нарушены многочисленными тектоническими разломами (Геология Карелии, 1987).

В Карелии преобладают горные породы кислого состава – граниты, гранито-гнейсы, гнейсы, кварциты, кварцито-песчаники с высоким содержанием двуокиси кремния (до 80-90%) и низким содержанием фосфора (0,03-0,1%), важным элементом для развития диатомей (Металлогения Карелии, 1999). Таким образом, практически на всей территории Карелии, за исключением ограниченных по площади областей развития карбонатных и основных пород, горные породы в значительной степени обогащены двуокисью кремния, необходимой для образования кремнистых раковин диатомей. Повышенные содержания фосфора встречены в лопийских и свекофендских образованиях, где содержание P_2O_5 изменяется от 0,25-0,78% в щелочных гранитах Приладожья, до 1,15–4,5% в породах габбро-диорит-плагиогранитовой и габбро-пироксенитовой формаций лопия (Пяозерский блок, оз. Тунгудское, Сяргозеро и др.). Максимальные содержания известны в карбонатитах Тикшезерского массива – до 7,8% (Металлогения Карелии, 1999). Следует отметить, что все вышеперечисленные проявления богатых фосфором пород, имеют небольшие размеры и могли оказывать влияние на гидрохимию только непосредственно прилегающих водоемов.

Блоковое строение кристаллического фундамента Карелии, наличие густой сети тектонических разломов, в том числе и омоложенных в неоген-четвертичное время, отразилось на формировании озерно-речной сети региона, гидрологических условиях водоемов. Многие реки и озера сопряжены с зонами тектонических разломов. Мощность зоны региональной трещиноватости в кристаллических породах колеблется обычно от 20-30 до 70-80 м, а в зонах тектонических нарушений увеличивается до 100-50, а иногда и 300 м (Ресурсы …, 1987). Фильтрационные свойства пород заметно улучшаются в зонах трещиноватости. Трещинные воды кристаллических пород обычно тесно связаны с водоносными горизонтами перекрывающих их четвертичных отложений и влияют на гидрохимический режим многих водоемов.

Таким образом, в строении кристаллического фундамента Карелии преобладают породы кислого состава со значительным содержанием необходимой для развития диатомей двуокиси кремния – гранито-гнейсы, граниты, кварциты, кварцито-песчаники. Поверхность кристаллических пород, особенно в зонах многочисленных тектонических нарушений, разбита трещинами. К этим зонам трещиноватости часто приурочены водоносные горизонты с повышенным содержанием растворенной кремнекислоты. Кристаллические породы Карелии бедны фосфором, повышенные содержания которого наблюдаются лишь на крайне небольших по площади участках.

3.2. Четвертичная геология

Строению четвертичного покрова Карелии в целом и отдельных её районов в частности, посвящена обширная литература (Бискэ,1959, Геология Карелии, 1987, Ekman & Iljin, 1995, Ниэмиля и др., 1993, Левкин и др., 2002, Демидов, 2003, Лукашов, 2003). Поэтому лишь кратко охарактеризуем его основные особенности.

В строении четвертичного покрова преобладают ледниковые и водно-ледниковые отложения последнего поздневалдайского скандинавского покровного оледенения, залегающие большей частью на скальных породах докембрия (Рис. 2). Местами они перекрыты более молодыми, голоценовыми озерными, морскими, аллювиальными и эоловыми песчано-глинистыми отложениями и биогенными торфами. В среднем мощность четвертичного покрова Карелии составляет 7-12 м. Значительные площади, главным образом, в районах выступов коренных пород или в зонах интенсивной озерной, морской или речной эрозии лишены четвертичных отложений или их мощность не превышает 1-1,5 м. Повышенные, до 20-60 метров мощности четвертичных отложений наблюдаются в областях интенсивной ледниковой (конечные морены, ледораздельные возвышенности) или водно-ледниковой (озовые гряды, флювиогляциальные дельты, камы) аккумуляции. Мощность озерных песчано-глинистых осадков, а также болотных торфяных отложений обычно составляет от первых метров до 6-7 м, достигая иногда 15 метров.

В южной Карелии буровыми скважинами вскрыты ледниковые и межледниковые отложения раннего, среднего и верхнего плейстоцена общей мощностью до 120-150 м. (Геология Карелии, 1987).

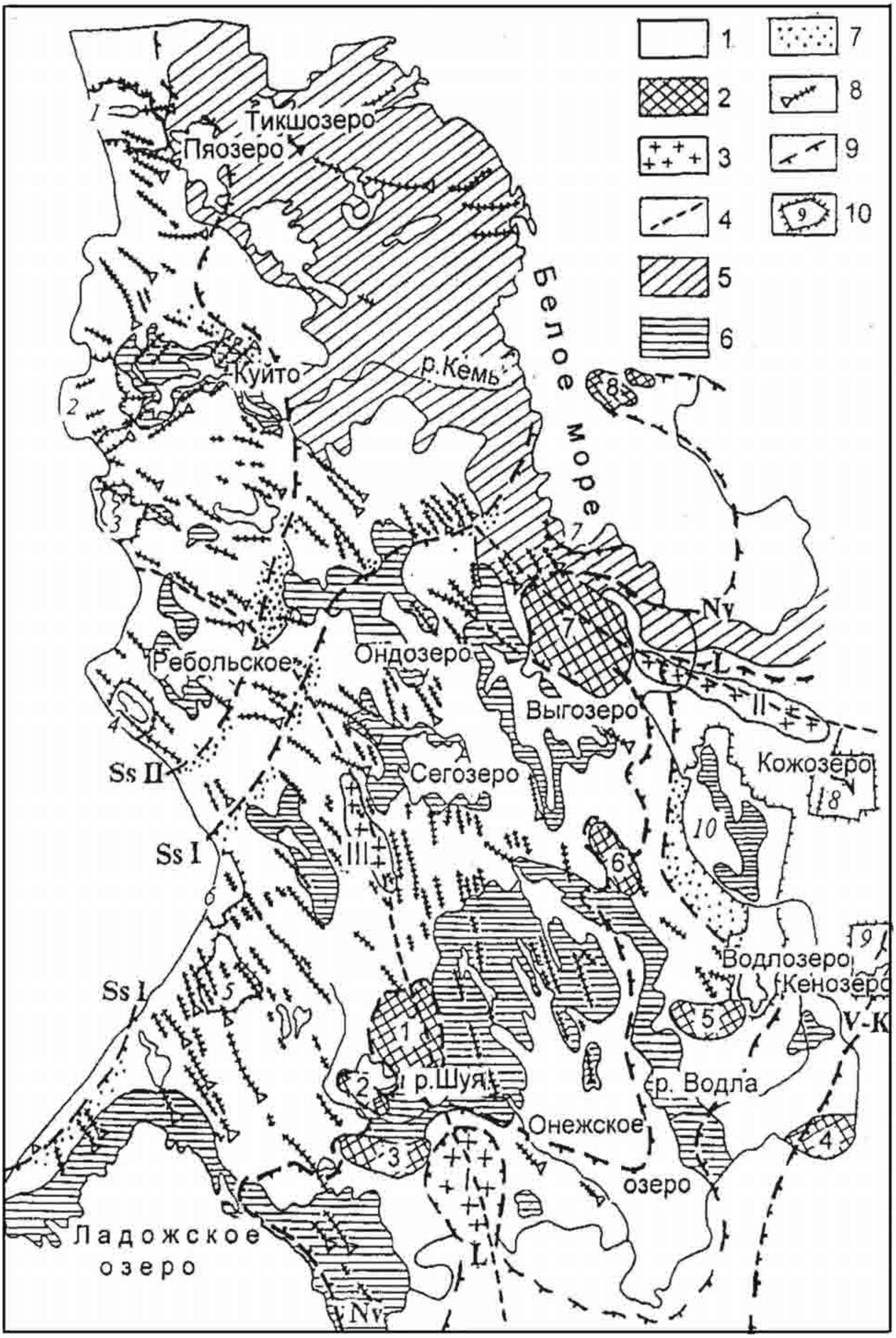
Петрографо-минеральный и химический состав большинства типов четвертичных отложений в значительной степени отражает состав подстилающих коренных пород, за счет разрушения которых они сформировались. В целом песчаные фракции большинства морен и водно-ледниковых песчано-гравийно-галечных отложений Карелии сложены зернами полевых шпатов, кварца, амфиболов и слюд.

В областях развития карбонатных коренных пород возрастает доля доломита, а в районах широкого распространения основных пород – пироксенов. Состав коренных пород оказывает влияние и на состав донных озерных отложений (Демидов, 1989).

В строении четвертичного покрова Карелии можно выделить *основные литоморфологические комплексы*, различия в составе отложений и рельефа которых во многом определили и разнообразие биогеоценозов региона, особенности формирования его гидрологических и гидрогеологических условий. Особенности формирования тех или иных литоморфологических комплексов зависели от палеогляциологических особенностей деградации последнего оледенения и сопряженных с ним приледниковых водоемов. Они также определялись сложным взаимодействием как палеоклиматических факторов, так и составом и рельефом ледникового ложа.

Гляциодепрессии выражены в современном рельефе в виде обширных холмисто-моренных, часто друмлинизированных равнин, сложенных преимущественно супесчаной или песчаной мореной. Гляциодепрессии образовались на месте ледниковых потоков и лопастей, занимавших, как правило, крупные понижения кристаллического фундамента, тяготеющие к современным котловинам Онежского и Ладожского озер и Белого моря. Мощность основных морен в пределах гляциодепрессий составляет 3-7 м, увеличиваясь в пределах друмлиновых гряд до 10-15 м. Моренный покров имеет здесь мозаичный характер и разобщен многочисленными выступами коренных пород. В юго-восточной Карелии ледник продвигался по мощным толщам четвертичных и палеозойских песчано-глинистых отложений, интенсивно ассимилировал их и переоткладывал в виде мощных, до 15-20 метров, слабозавалуненных суглинистых морен, практически полностью нивелирующих неровности доледникового рельефа.

Моренные равнины, особенно междрумлиновые понижения, часто заболочены. На них произрастают сосновые и елово-сосновые леса и развиты иллювиально-гумусовые и иллювиально-железисто-гумусовые почвы в сочетании с болотными торфяными (Атлас, 1989). В малых озерах преобладает питание атмосферными осадками, низкая минерализация воды. Основными донными осадками малых озер являются сапропели. Реки вырабатывают только низкую пойму, порожисты, а их отложения обычно представлены грубообломочными фациями руслового аллювия.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
Тикшозеро
Пяозеро
Куйто
р.Кемь
Белое море
Ребольское
Ондозеро
Выгозеро
Сегозеро
Кожозеро
Водлозеро
Кенозеро
р.Шуя
р. Водла
Онежское
озеро
Ладожское
озеро
Ss II
Ss I
Nv
L
V-K
III
II

Ледораздельные зоны включают крупные выступы коренных пород, контролировавшие направление движения ледниковых лопастей на заключительных этапах дегляциации и крупные аккумулятивные ледораздельные гряды и возвышенности, сформировавшиеся на стыках разнонаправленных ледниковых потоков.

Крупные выступы коренных пород практически лишены покрова четвертичных отложений или его мощность в среднем составляет не более 1-3 метров. В основном на их вершинах развиты маломощные локальные морены, а также эллювиально-делювиальные грубообломочные россыпи, сформировавшиеся в результате морозного выветривания.

Ледораздельные аккумулятивные возвышенности являются наиболее сложно построенными литоморфологическими комплексами. В их строении принимают участие как моренные отложения, так и песчано-глинистые осадки водно-ледникового генезиса. Размеры возвышенностей колеблются от 150 (Вешкельская, Водлозерская) до 2000 (Сумозерская) квадратных километров. Мощность четвертичных отложений в их пределах достигает 80 метров и более. Ледораздельные аккумулятивные возвышенности в основном характерны для районов, освободившихся на ранних стадиях деградации последнего оледенения.

Основной особенностью строения ледораздельных аккумулятивных возвышенностей является сложное сочетание холмов и гряд различной формы и высоты. Они образовались как в результате динамического воздействия активного ледника, так и таяния глыб «мертвого» льда. Во многих малых водоемах ледораздельных возвышенностей (Андомская, Кенозерская, Водлозерская, Сумозерская), освободившихся от материкового льда около 14-15 тысяч календарных лет назад, озерное осадконакопление началось только в раннем голоцене. То есть, в условиях холодного климата позднеледниковья и развития вечной мерзлоты, массивы мёртвого льда таяли в течение 4-5 тысяч лет. В результате рельеф возвышенностей характеризуется значительной вертикальной и горизонтальной расчлененностью, чередованием холмов и гряд, сложенных мореной и хорошо дренируемыми песчано-гравийными отложениями. Многочисленные озера и болота, занимающие понижения рельефа преимущественно гляцио- и термокарстового происхождения, имеют причудливые очертания. Такой мозаичный характер рельефа и отложений вызывает различия в увлажненности, теплообеспеченности различных участков возвышенности и, соответственно, влияет на процессы почвообразования, заболачивания, строение растительного покрова, на химический состав воды в озерах, в которых осаждаются преимущественно сапропели, хотя известны и находки диатомитов.

Краевые ледниковые образования. На территории Карелии ранее выделялось пять разновозрастных поясов краевых образований, фиксирующих положение края отступающего ледника от его вепсовской стадии развития до заключительной холодной стадии сальпаусселькя II (см. рис 2). Возраст и положение краевых ледниковых образований, за исключением гряд стадий сальпаусселькя I, II в западной и центральной Карелии, определены с большой долей условности. В строении краевых образований ранних стадий деградации ледникового покрова (юго-восточная и южная Карелия) широкое участие принимают отложения и формы рельефа, образовавшиеся в результате ареального типа дегляциации – таяния крупных массивов мертвого льда – камы, звонцы, холмистые морены. Ширина краевых образований в юго-восточной Карелии и соседних районах Архангельской области достигает местами 20 километров, а

Рис.2. Строение четвертичного покрова Карелии (Составлено И.Н. Демидовым с использованием данных И.М. Экмана, В.А. Ильина, А.Д. Лукашова)

1 – моренные равнины; 2 – ледораздельные аккумулятивные возвышенности и холмистые морены (1 – Вохтозерская, 2 – Вешкельская, 3 – Водлозерско-Урокская, 4 – Андомская, 5 – Водлозерская, 6 – Волозерская, 7 – Сумозерская, 8 – Соловецкая); 3 – крупные возвышенности коренных пород (1 – Олонецкая, II-Ветренный пояс, III – Янгозерская); 4 – основные ледоразделы; 5 – ледниково-морские, морские и озерно-ледниковые равнины преимущественно алевро-глинистого состава; 6 – озерно-ледниковые и озерные равнины преимущественно песчано-алевритового состава; 7 – зандры; 8 – озы и флювиогляциальные дельты; 9 – краевые ледниковые образования (V-K – вепсовско-крестецкой стадии ~ 16 тысяч лет назад, Lg – лужской, 13–14 тысяч лет назад, Nv – невской 11 800-12 500 лет назад, Ss I – сальпауселькя I, 11 300–10 800 лет назад, Ss II – сальпаусселькя II, 10 600-10 200 тысяч лет назад); 10 – действующие (НП) и планируемые (ПНП) национальные парки и ландшафтные заказники (ЛЗ): 1 – НП «Паанаярви», 2 – ПНП «Калевальский», 3 – Костомукшский заповедник, 4 – ПНП «Тулос», 5 – ЛЗ «Толваярви», 6 – ПНП «Койтайоки», 7 – ЛЗ «Сорокский», 8 – ЛЗ «Кожозерский» , 9 – НП «Кенозерский», 10 – НП «Водлозерский»)

мощность – более 40 метров. Ландшафты этой зоны весьма схожи с рассмотренными выше ледораздельными аккумулятивными возвышенностями и представляют собой хаотическое чередование песчаных и моренных холмов и гряд различной высоты и формы, разделенных понижениями, занятыми озерами и болотами.

Краевые образования заключительных стадий оледенения (сальпаусселькя I,II) характеризуются меньшей мощностью. Они представлены в западной и центральной Карелии сериями напорных конечно-моренных гряд протяженностью до нескольких сотен метров, высотой до 20 м и шириной в десятки и сотни метров. Понижения между конечно-моренными грядами часто заняты озерами и болотами. С дистальной части к ним часто примыкают флювиогляциальные дельты, зандровые и озерно-ледниковые равнины.

Зандровые равнины. Широко распространены в западной Карелии и представляют собой песчаные и песчано-гравийные равнины, сформировавшиеся у края тающего ледника стадий сальпаусселькя (районы пос. Муезерский, Пертозеро, озер Нюк, Куйто). Аналогичные образования развиты и на востоке Карелии, у западных границ Водлозерского национального парка на Онежско-Ладожском перешейке, где они связаны с краевыми образованиями более ранних стадий оледенения. Сложены зандровые равнины гравийно-галечными и песчаными отложениями, причем крупность материала закономерно уменьшается в дистальном (от ледника) направлении. Площадь зандровых равнин достигает десятков – первых сотен квадратных километров, а мощность слагающих их отложений – 15-20 м. В хорошо выраженных в рельефе понижениях коренных пород формировались и так называемые долинные зандры (реки Пончa, Олонга, Чирка-Кемь в западной Карелии).

Как правило, на мощных, с хорошими фильтрационными свойствами, песчано-гравийно-галечных отложениях зандров развиты поверхностно-подзолистые почвы бедные органикой и произрастают сосновые зеленомошные леса (Атлас, 1989, Демидов, 2003). Реки обычно вырабатывают в песчаных толщах хорошо выраженные долины с 1-2 надпойменными террасами, меандрами и старицами. Озера часто имеют питание подземными водами с повышенной минерализацией, что способствует развитию диатомовых водорослей и отложению диатомитов.

Озерно-ледниковые, озерные и морские равнины. Значительные площади гляциодепрессий перекрыты отложениями приледниковых и послеледниковых бассейнов (см. рис.2). Наиболее крупные из них занимали современные котловины Онежского и Ладожского озер, Белого моря и прилегающие к ним низменности. Площадь и глубина бассейнов, а соответственно, состав и площадное распространение их отложений контролировалось доледниковым рельефом, положением края ледника, изменением порогов стока в ходе дегляциации территории и последующего гляциоизостатического поднятия земной коры.

Отложения приледниковых бассейнов представлены гомогенными или слоистыми ленточными глинами, формировавшимися на глубинах более 20 метров и песчаными осадками литоральной зоны водоемов. Мощность их обычно составляет 3-7 метров, достигая местами 20-25 метров (нижнее течение р. Кемь, Кумское водохранилище). Как правило, осадки приледниковых водоемов нивелируют ледниковый и коренной рельеф и способствуют заболачиванию территорий. На глинистых и алевритовых водно-ледниковых отложениях обычно развиваются болотные перегнойные и торфяные почвы в сочетании с дерново-подзолисто-глеевыми. На них произрастают березово-еловые заболоченные и елово-сосновые зеленомошные леса (Атлас, 1989). Наиболее широко водно-ледниковые равнины развиты вдоль побережья Белого моря, Онежского и Ладожского озер, в нижнем течении рек Водла и Шуя и восточнее озер Куйто.

В областях развития мощных песчано-глинистых водно-ледниковых отложений реки вырабатывают развитые долины с 1-2 надпойменными террасами, замедляют свое течение, формируют меандры и старицы. Характерными примерами являются долины рек Койтайоки и Луовенйоки в юго-западной Карелии, долина р. Водла между г. Пудож и пос. Кривцы, нижнее течение р. Шуя. В озерах преобладает накопление сапропелей.

Озерные равнины сложенные песчаными отложениями по своим геоэкологическим условиям сходны с рассмотренными выше зандровыми равнинами.

Озовые гряды широко распространены на территории Карелии, за исключением её юго-восточной части. В основном они формировались на заключительных стадиях оледенения в подледниковых трещинах и туннелях, по которым шел сброс талых ледниковых вод. Протяженность озовых гряд, сложенных хорошо промытыми песчано-гравийно-галечными отложениями, достигает нескольких километров при высоте 20-60 м. Часто озы группируются в мощные системы стока талых вод, длина которых достигает сотен километров (Уксинская, Боярская, Янгозерская системы). Системы озовых гряд, часто сочетаются с флювиогляциальными террасами и дельтами. Всего на территории Карелии насчитывается более 400 озовых гряд, общей протяженностью около 6400 км. Суммарная длина озовых гряд юго-восточной Карелии составляет только 10% от общей длины озов Карелии.

Озовые гряды покрыты сосновым лесом и на них распространены маломощные иллювиально-гумусовые почвы. Обычно к нижним горизонтам озовых гряд, сложенным песчано-гравийно-галечными отложениями, приурочены мощные водоносные горизонты. Верхние горизонты озов сдренированы.

У подножия озовых гряд часто наблюдаются вытянутые, узкие и глубокие озера, заполняющие так называемые флювиогляциальные рытвины, эрозионные формы рельефа, образованные мощными потоками талых ледниковых вод.

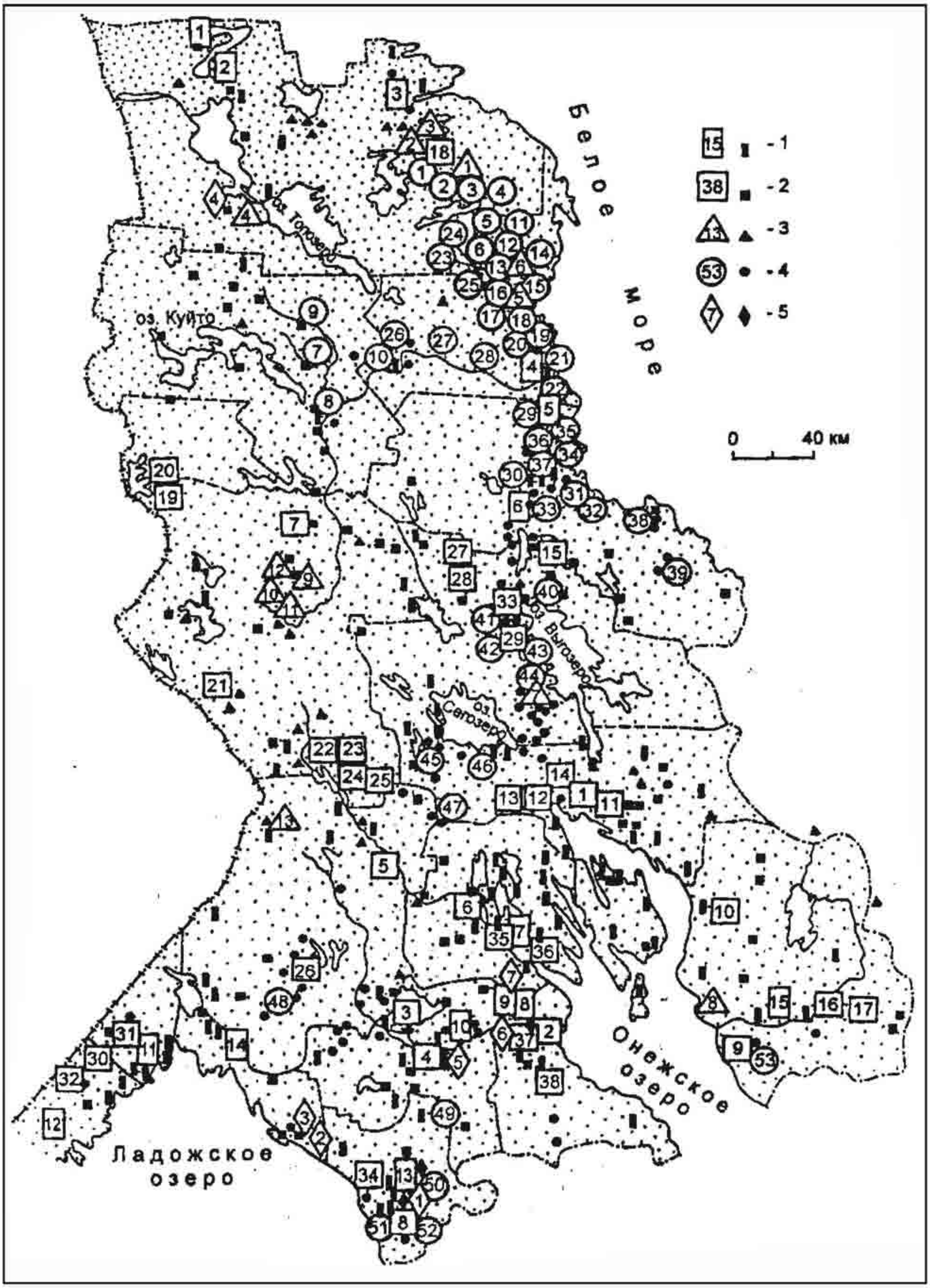
Флювиогляциальные дельты формировались у края ледника в местах впадения потоков талых вод в приледниковые водоемы. Они также широко распространены в центральной и западной Карелии. Площадь этих образований обычно составляет от первых гектаров до первых квадратных километров, а мощность слагающих их песчано-галечно-валунных осадков до 15-20 м. Там, где мощные магистральные системы стока талых ледниковых вод впадали в крупные водоемы, уровень которых оставался относительно стабильным, дельты формировались в течение сотен лет, за которые край ледника отступал далеко от их проксимального края. Такие дельты получили название экстрамаргинальных. В отличие от обычных флювиогляциальных дельт, формировавшихся непосредственно у края ледника, экстрамаргинальные характеризуются более тонким, песчаным составом слагающих их отложений и значительными, до 20-30 км^2, размерами (п. Гирвас и оз. Ципринга). Мощность песчаных отложений достигает в них 30-40 м. Геоэкологические условия в пределах крупных флювиогляциальных дельт схожи с условиями зандровых равнин.

В целом к четвертичным отложениям Карелии приурочены различные типы полезных ископаемых, широко используемых во многих отраслях промышленности и сельского хозяйства (Демидов, 1998). В 1995 году из 211 разведанных в Карелии месторождений 99 было представлено образованиями четвертичного периода: песками, глинами, диатомитами, минеральными красками и т.п. В регионе также известно более 1300 месторождений торфа, а прогнозные запасы сапропелей превышают миллиарды тонн. Песчано-гравийно-галечные водно-ледниковые и межледниковые толщи являются коллекторами высококачественных подземных вод (Рис. 3).

3.3 Гидрогеологические и гидрохимические условия территории

Геохимия озер определяется вещественным составом горных пород, слагающих водосборный бассейн водоема и соотношением подземного и атмосферного питания озер, то есть соответственно климатическими и геолого-геоморфологическими условиями. К последним относятся строение озерных котловин и водоразделов, их рельеф и состав водорастворимого комплекса горных пород, особенности строения почвенного покрова. В целом в сводном гидрогеологическом разрезе Карелии выделяется зона (верхняя) свободного водообмена с двумя гидрогеохимическими подзонами и зона замедленного водообмена (нижняя) (Ресурсы.., 1987) (Рис. 4).

Верхняя подзона свободного водообмена располагается выше эрозионного вреза местной озерно-речной сети и характеризуется распространением вод преимущественно сульфатно-натриевого подтипа с очень низкой минерализацией (0.03-0.13 г / л) (Рис.4, Табл.2). В основном она приурочена к четвертичным отложениям – ледниковым, алевро-глинистым озерно-ледниковым и морским, болотным, а также небольшим по мощности песчаным осадкам водно-ледникового генезиса и выветрелой, трещиноватой поверхности скальных пород. Мощность верхней подзоны достигает 10-30 м в зависимости от мощности и гранулярного состава поверхностных отложений и густоты озерно-речной сети. Химический состав вод подзоны в основном зависит от климатического фактора – состава и количества атмосферных осадков. Это обуславливается кратковременным пребыванием воды в горных породах, так как расстояние от области питания до области разгрузки вследствие густой озерно-речной сети невелико и колеблется от сотен метров до 1-3 км. Атмосферные осадки, проходя через почву и зону аэрации, обогащаются органическим веществом и углекислотой. Из-за малой продолжительности воздействия вод на горные породы подземные воды этой подзоны слабо минерализованы, и часто обогащены органическим веществом, вымываемым из почв и болотных торфяников.


Белое море
оз. Топозеро
оз. Куйто
оз. Выгозеро
оз. Сегозеро
Онежское озеро
Ладожское озеро
0
40 км
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

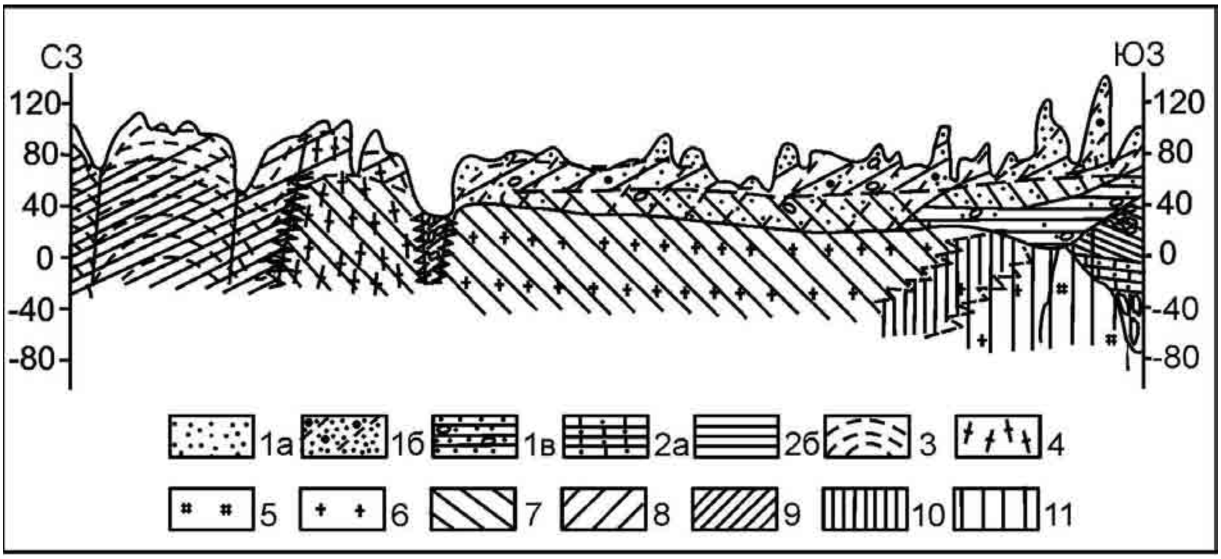


Рис.4. **Схематический гидрохимический разрез Карелии** (Ресурсы.., 1987).

Условные обозначения: 1 – четвертичные отложения: а – пески, б – супеси, в – суглинки; 2 – осадочные породы Русской платформы: а – песчаники, б – глины, 3 – метаморфические породы, 4 – гранито-гнейсы, 5 – ультраосновные интрузии, 6 – граниты рапакиви. Химический тип вод: 7 – карбонатный, 8 – сульфатно-натриевый подтип верхней гидрохимической зоны, 9 – сульфатно-натриевый подтип нижней гидрохимической зоны, 10 – хлоридно-магниевый подтип, 11 – хлоридный тип

По преобладающим компонентам это воды гидрокарбонатно-сульфатные или сульфатно-гидрокарбонатные. Развиты они практически повсеместно и часто дренируются родниками. В Прибеломорской низменности их минерализация возрастает до 0,15-0,38 г/л, а по составу они переходят в гидрокарбонатно-хлоридные (Рис.5) (Ресурсы..., 1987).

Отличительной особенностью вод данного типа является высокое содержание кремнекислоты, достигающее 10-30 весовых % от общей минерализации, а также повышенное содержание органического вещества (пермаганатная окисляемость до 52 мгО/л). Наибольшая концентрация органического вещества наблюдается в болотных ландшафтах, где воды окрашены гуминовыми веществами. Щелочно-кислотная реакция воды обычно слабокислая (рН 6,0-6,5), иногда кислая (рН до 4,8). Температура и химический состав вод верхней подзоны в значительной степени подвержены сезонным колебаниям. Температура изменяется от 2.8^{o} до 11.5^{o} С.

Рис.3. **Схема размещения месторождений полезных ископаемых четвертичного периода Карелии**

Условные обозначения: Месторождения и местопроявления: 1 – озерно-ледниковых и ледово-морских глин, 2 – водно-ледниковых песков и песчано-гравийных материалов, 3 – диатомитов, 4 – месторождения торфа площадью > 3000 и 2000 га, 5 – минеральных красок (с использованием данных, В.А. Ильина, З.Т. Митрофановой, Б.И.Сербы и др.) Месторождения глин: 1 – Кумское, 2 – Пяозерское, 3 – Чупинское, 4 – Кемское, 5 – Шуерецкое, 6 – Летнереченское, 7 – Сунское, 8 – Шуйское, 9 – Бесовецкое, 10 – Киндасовское, 11 – Куокканиемское, 12 – Хитольское, 13 – Олонецкое, 14 –Кительское, 15 – Пудожское; Месторождения песков и песчано-гравийных материалов: 1 – Пиндушское, 2 – Сулажгорское, 3 – Эссойла, 4 – Пряжинское, 5 –Тумасозерское, 6 – Краснореченское, 7 – Ледмозеро, 8 – Ламберо, 9 – Сустренское, 10 – Римское, 11 – Сандермох, 12 – Медгора, 13 – Остречье, 14 – Вичка, 15 – Воеполь, 16 – Ландозеро, 17 –76-й квартал, 18 – Боярское, 19 – Полвиярви, 20 – Лувозеро, 21 – Лендеры, 22 – Гимольское, 23 – Чазмаярви, 24 – Суккозеро, 25 – 126-й км, 26 – Питсойоки, 27 – Китайские горы, 28 – Пикет 36, 29 – Пикет 700, 30 – Кукканайское, 31 – Сальпаусселькя, 32 – Ниясъярви, 33 – Ондское, 34 –Сарьмяги, 35 – Кончозеро, 36 –Кулмуксинское, 37 – Половина, 38 – Деревянское. Месторождения диатомитов: 1 – Ламбина Амбарная, 2 – Ряпуксозеро, 3 – Вайвасозеро, 4 – Кяпели, 5 – Кондозеро, 6 – Сигозеро, 7 – Уросозеро, 8 – Шальское, 9 –Муезерское, 10 – Леппаламби, 11 – Проточное, 12 – Тедрилампи, 13 – Койтайоки. Месторождения торфа: 1 – Боярское 1, 2 – Боярское 3, 3 – Боярское, 4 – Энгозерское, 5 – Ундукское 2, 6 – Вангозерское, 7 – Кепашуо, 8 – Юпяужсуо, 9 – Котеловошуо, 10 – Волкишуи, 11 – Энгозеро, 12 – Сигозерское, 13 – Придорожное, 14 – Приморское, 15 – Центральное, 16 – Кузеновское, 17 – Березовское, 18 – Поньгомское, 19 – Южно-Поньгомское, 20 – Северо-Подужемское, 21 – Кемское, 22 –Большой мох, 23 – Хлебное, 24 – Гагарино, 25 – Янгозерское, 26 – Гутту, 27 – Летняя, 28 – Безымянка, 29 – Падун, 30 – Воинручей, 31 – Большая Свирь, 32 – Великий мох, 33 – болото 6, 34 – Шуерецкое, 35 – Каргоручей, 36 – Лейпручей, 37 – Угрюмый Бор, 38 – Яроховский Мох, 39 – Сельгозерских мох, 40 – Енгозерское, 41 – Онигменское-3, 42 – Линдозерское, 43 м – выгозерское, 44 – Горелая ламба, 45 – Польвасярви, 46 – Лосиногорское, 47 – Семчозеро, 48 – Лоймола, 49 – Важинское, 50 – Олонецкое, 51 – Сарьмягское, 52 – Сегежское, 53 – Муромское

Месторождения минеральных красок: 1 – Раудасуо, 2 – Погранкондуши, 3 –Раймяля, 4 – Понча, 5 – Святозеро, 6 – Половина, 7 – Дворцы

Таблица 2

Химический состав подземных вод различных геологических структур и комплексов Карелии (Ресурсы.., 1987)

Геологические структуры и комплексы	Химический тип подземных вод и их минерализация	Компоненты, мг/л.									Общая минерализация, мг/л	Окисляемость мгО/л	pH
		Na	K	Ca	Mg	Fe общ.	HCO_3	Cl	SO_4	**H_4SiO_4**			
Гранитогнейсовые поля	сульфатный(низкая)	1.8	1.2	4.8	1.7	0.2	18.9	1.8	6.2	**10.7**	44	9.8	6.1
	Карбонатный (высокая) N=18	6.2	2.7	13.8	4.7	0.8	90.3	2.1	7.7	**20.6** **5.8-39.2**	143	5.7	6.4 5.9-7.3
	Сульфатный (выс) N=10	13.8	5.5	17.2	06.9	11.6	079.3	0.96	29.8	**17.1** **4.8-32.8**	216	5.1	6.4 5.7–7.6
Гранитные массивы	сульфатный (низкая)	2.3	0.8	4.2	1.5	0	15.9	1.8	9.6	**11.4**	40	7.4	6.8
	Карбонатный (высокая) N=18	31.7	2.3	20.8	7.9	4.0	144.0	14.2	14.9	**20.6** **10.4-35.2**	245	3.9	7.3 6.8–7.7
Ладожская синеклиза	сульфатный (низкая)	3.7	2.0	7.6	2.1	0	22.0	2.8	14.9	**10.9**	64	6.5	6.0
	Карбонатный (высокая) N=12	35.2	6.6	20.0	5.5	2.7	116.5	27.6	19.6	**13.9** **9.6-20.0**	240	3.8	7.3 6.1–7.8
	Сульфатный (высокая) N=19	14.8	3.5	32.5	7.4	–	93.4	16.6	43.7	**13.1** **9.6-20.0**	224	2.7	6.9 5.9–7.3
Онежская мульда	сульфатный (низкая)	5.3		18.3	7.2	0.2	75.0	3.5	16.3	**11.7**	133	4.0	6.3
	Карбонатный (низкая) N=23	29.1		25.2	9.1	0.5	161.7	9.9	10.6	**9.4** **5.1-21.6**	252	3.3 1.1-6.9	7.1 6.0–7.8
	Карбонатный (высокая) N=10	182.3		26.2	21.4	2.0	288	130	54.6	**10.7** **6.6-16.6**	680	3.7	7.3 6.6–7.8
	N=13.Сульфатно-натриевый (высокая.)	22.3		62.1	26.0	1.5	241.6	20.2	59.1	**12.5** **7.0-17.6**	444	4.2	7.0 6.4–8.0
	Хлоридно-магниевый/N=25	19.4		44.7	21.4	0.7	165.4	38.6	37.9	**10.9** **5.9-17.0**	335	4.2	6.7 6.0–7.6
Структуры, сложенные лопийским СФК	сульфатный (низ)	2.3	1.2	3.4	1.2	0.2	17.7	3.1	6.7	**11.7**	44	9.7	5.9
	Карбонатный (выс)	10.6	2.3	13.6	5.0	4.0	94.6	5.3	11.0	**23.0**	160	3.9	6.7
	Сульфатный(выс)	7.4	2.0	14.0	6.2	1.5	60.4	8.5	24.5	**15.4**	137	5.9	6.5
Западно-Онежская синеклиза	Карбонатный (низ)	3.2	2.3	10	6.2	0.7	48.2	2.8	14.9	**13.6**	95	4.3	5
	Карбонатный (выс) N=25	26.4	2.7	25.6	14.2	2.0	190	11.3	12.5	**12.3** **5.9-22.4**	192	3.2	6.9 6.0–7.6
	Сульфатный (выс) N=10	7.1	1.6	20.0	12.4	3.0	136.1	4.2	15.8	**18.2** **10.4-23.5**	216	4.0	6.7 6.1–7.3
Четвертичные пески с гравием	**Карбонатный N=54**	**8.0**	**2.3**	**14.8**	**9.0**	**6.7**	**122**	**2.5**	**3.8**	**17.6** **4.0-32**	**175.3** **83-384**	**7.0** **2.0-17.6**	**6.6** **5.8–7.5**

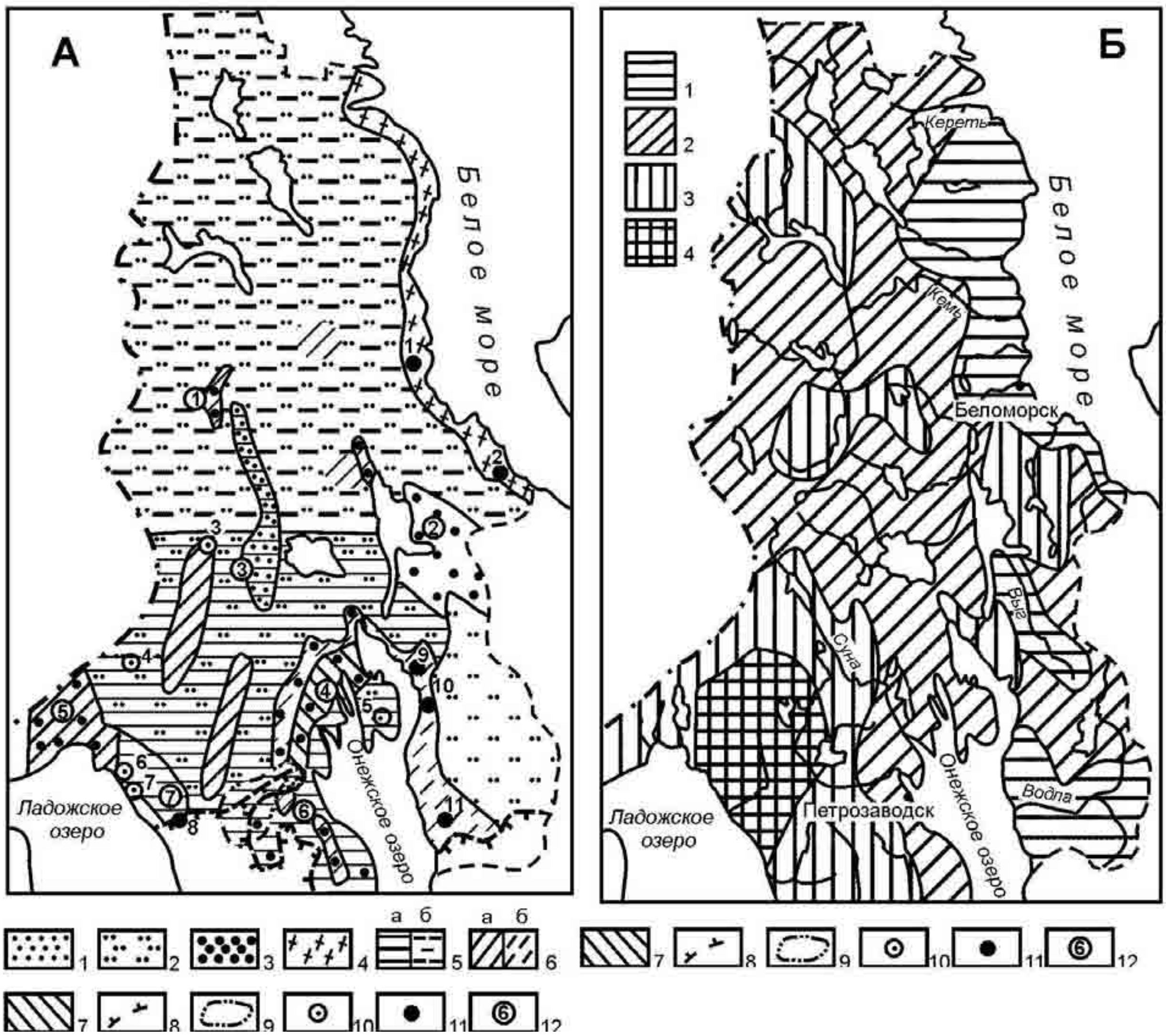


Рис.5 **Схематическая гидрохимическая карта и карта подземного стока Карелии** (Ресурсы…, 1987)

Условные обозначения: А. Минерализация подземных вод г/л: 1 – до 0,1; 2 – до 0,3; 3 – до 0,5, 4 – до 1. Химический тип (подтип) подземных вод (а – установленный, б – предполагаемый): 5 – карбонатный, 6 – сульфатно-натриевый подтип, 7 – хлоридно-магниевый подтип, 8 –граница распространения Ленинградского артезианского бассейна, 9 – граница распространения онегозерского межморенного горизонта; скважины (цифры – их номера), вскрывшие подземные воды; 10 –хлоридного типа, 11 – с минерализацией > 1г/л, 12 – геологические структуры: 1 – костомукшская синклиналь, 2 – синклинорий Ветренного Пояса, 3 – Янгозерская мульда, 4 – Онежская мульда, 5 – Ладожский синклинорий, 6 – Западно-Онежская синеклиза, 7 – Салминский массив гранитов рапакиви.
Б. – Модуль подземного стока л/с на кв.км.: 1 – до 1; 2 – 1-2; 3 – 2-3; 4 – 3-4.

На фоне очень низкой минерализации вод верхней подзоны наблюдается их горизонтальная зональность, обусловленная ярусностью рельефа. Минимальные средние значения минерализации, до 0.03-0.04 г/л установлены для верхнего и среднего ярусов рельефа, где относительные превышения местности составляют 60-100 м. По мере уменьшения расчлененности рельефа происходит увеличение минерализации вод и в пределах нижнего яруса, она в среднем равна 0.09-0.13 г/л. (Ресурсы..., 1987). Нижняя подзона верхней зоны активного водообмена достигает мощности 20-100 м и, как правило, приурочена к мощным песчано-гравийно-галечным отложениям водно-ледникового генезиса и трещиноватым коренным породам. Температура (4,5º-5,0º) и химический состав вод нижней подзоны не подвержены сезонным колебаниям. По сравнению с верхней подзоной возрастает время взаимодействия подземных вод с вмещающими их горными породами. Это определяется как увеличением пути фильтрации, так как базисом эрозии являются крупные реки и озера, так и уменьшением фильтрационных параметров с глубиной. В результате петрохимия вмещающих пород оказывается главным фактором, влияющим на химический состав подземных вод (Ресурсы …, 1987).

Нижняя подзона верхней зоны активного водообмена достигает мощности 20-100 м и, как правило, приурочена к мощным песчано-гравийно-галечным отложениям водно-ледникового генезиса и трещиноватым коренным породам. Температура (4,5º-5.0ºС) и химический состав вод нижней подзоны не подвержены сезонным колебаниям. По сравнению с верхней подзоной возрастает время взаимодействия подземных вод с вмещающими их горными породами. Это определяется как увеличением пути фильтрации, так как базисом эрозии являются крупные реки и озера, так и уменьшением фильтрационных параметров с глубиной. В результате петрохимия вмещающих пород оказывается главным фактором, влияющим на химический состав подземных вод (Ресурсы.., 1987).

В нижней подзоне развиты два химических типа вод – карбонатный и сульфатно-натриевый с минерализацией 0.1-1.0 г/л (см. табл.2). Воды сульфатного типа характерны для метаморфических, средних и основных по составу горных пород, а карбонатные приурочены к кислым магматическим горным породам и к четвертичным отложениям, вследствие интенсивного вымывания из них ионов HCO_3. Содержание органического вещества значительно меньше, чем в верхней подзоне (перманганатная окисляемость 3-4мгО/л). В результате углекислотного выщелачивания первичных алюмосиликатов подземные воды обогащаются кремнекислотой:

$$2NaAlSi_3O_8 + 3H_2O + 2CO_2 = 2NaHCO_3 + H_4Al_2Si_2O_9 + 4SiO_2$$

$$CaAlSi_2O_8 + 3H_20 + 2CO_2 = Ca(HCO_3)_2 = H_4Al_2Si_2O_9 + 2SiO_2$$

Как видно из таблицы 2 содержание растворенной кремнекислоты в водах карбонатного типа может достигать 40 мг/л, при крайне низком содержании органического вещества.

Подземные воды нижней зоны замедленного водообмена обычно приурочены к зонам локальной трещиноватости в районах крупных тектонических разломов, имеют преимущественно хлоридный состав и минерализацию более 1 г/л. Данный тип подземных вод имеет ограниченное распространение и не связан с интересующей нас проблематикой.

Таким образом, из приведенных выше данных по геохимии подземных вод Карелии видно, что несмотря на практически повсеместное присутствие значительных содержаний растворенной кремнекислоты в подземных водах, наиболее оптимальными для развития диатомей являются воды карбонатного типа нижней геохимической подзоны зоны активного водообмена, расположенной в пределах гранито-гнесовых полей, гранитных массивов, лопийских вулканогенно-осадочных пород и мощных песчано-гравийных толщ четвертичного возраста. В то же время, учитывая, что все озера Карелии в той или иной степени питаются атмосферными, ультрапресными осадками, необходимо установить оптимальные геолого-геоморфологические условия, в которых водоемы получают максимальное количество подземного питания.

Для решения этого вопроса обратимся к данным по подземному стоку и естественным ресурсам подземных вод, позволяющим определить соотношение подземного и атмосферного питания водоемов, темпы водообмена, длительность циркуляции подземных вод от областей питания до зон разгрузки, влияющей на минерализацию и содержание растворенной кремнекислоты в подземных водах. В целом подземный сток на территории Карелии колеблется от 0.3-1.0 л/сек на кв.км (Прибеломорская низменность, бассейны рек Водла и Выг) до 3-5.8 л/сек.на кв.км (северо-западное Приладожье, бассейны Чирко-Кеми – Онды, оз. Куйто) (Ресурсы…, 1987) (Рис.5).

Подземный сток зоны активного водообмена зависит от геолого-геоморфологических и климатических факторов. К первым относятся состав и условия залегания водовмещающих пород, их мощность, фильтрационные свойства и гидравлические градиенты, расчлененность рельефа, особенностей озерно-речной сети, заболоченность территорий, ко вторым – количество осадков и среднегодовые температуры. В результате анализа имеющихся данных установлено, что ведущую роль в формировании подземного стока играет строение четвертичного покрова. От состава и мощности четвертичных отложений во многом зависят условия питания подземных вод (инфильтрация атмосферных осадков), емкостные и фильтрационные параметры водоносной зоны, определяющие в целом расход подземного потока. Высокое значение модулей подземного стока характерно для водосборов, значительные площади которых сложены песчаными, главным образом флювиогляциальными и озерно-ледниковыми отложениями мощностью 10м и более. Если площадь, занятая песчаными четвертичными отложениями составляет 30 и более процентов водосбора, эти отложения играют ведущую роль в формировании подземного стока (Ресурсы…, 1987).

На величину подземного стока, а соответственно и питание озер подземными водами оказывают влияние фильтрационные свойства водовмещающих пород. Для кристаллических пород эти свойства определяются степенью и характером трещиноватости. Мощность зоны региональной трещиноватости изменяется от 20-30 до 70-80 м, причем в интрузивных породах и гранито-гнейсах она как правило меньше, чем в осадочно-вулканогенных образованиях. В зонах тектонических нарушений трещиноватость прослежена до 200-300 м. Наиболее интенсивная трещиноватость зафиксирована на глубинах 30-60м, причем наибольшая скорость движения подземных вод – до 0.2-0.6 м в сутки устанавливается на глубинах 10-20 м. Обычно удельный дебит скважин, пройденных в кристаллических породах, составляет 0.1-0.01 л/сек, редко 1 л/сек. Наиболее обводненными являются известняки ятулия и лопийские кварциты (средний удельный дебит 0.1 л/сек), а наименее водопроницаемы архейские гранито-гнейсы и сланцы сумийско-сариолийского и ладожского комплексов (дебит менее 0.01 л/сек). Кристаллические породы более водообильны в местах, где они перекрываются толщами четвертичных песчано-гравийных отложений даже незначительной мощности (Ресурсы…, 1987).

Во флювиогляциальных отложениях мощностью более 10 м дебит часто превышает 1 л/сек, при среднем удельном дебите – 0,2 л/сек. К ним часто приурочены родники с дебитом в десятки литров в секунду.

В отличие от флювиогляциальных отложений, наиболее широко распространенные в Карелии четвертичные образования – песчаные и супесчаные морены, хотя и являются водопроницаемыми, обладают более низкими фильтрационными свойствами и понижения рельефа в пределах моренных равнин часто заболочены. Дебит скважин в моренах в среднем составляет 0.01-0.1 л/с, родников 0.01-0.5 л/с, редко превышая 1 л/с.

Наиболее обводненными в Карелии являются флювиогляциальные песчано-гравийно-галечные отложения мощностью более 20 метров. Расчетная производительность водозаборов в них оценивается в 200-300 куб.м/сутки, а при мощности водоносного горизонта 10-20м – 100-200 куб.м/сутки. В кристаллических породах она колеблется от 50-100 (ятулийские известняки, лопийские кварцито-песчаники) до 10-20 $м^3$ в сутки (гранито-гнейсы архея). Таким образом, наилучшими фильтрационными свойствами и соответственно максимальными дебитами характеризуются подземные воды флювиогляциальных отложений (Ресурсы ..., 1987).

Соответственно процессы углекислотного выщелачивания и обогащения подземных вод растворенной кремнекислотой происходят именно во флювиогляциальных отложениях, причем не в линейных озовых грядах, а в широких и изометричных зандровых полях, где возрастает время взаимодействия подземных вод с вмещающими их горными породами и соответственно растет минерализация.

3.4. Донные отложения озер Карелии

В зависимости от гидрологических и гидрохимических условий водоемов, определяемых особенностями геолого-геоморфологического строения озерных котловин и площадей водосбора, а так же климатическими факторами, на дне водоемов формируются различные по происхождению и составу осадки. На территории Карелии известны биогенные озерные отложения – сапропели, диатомиты и торфа, хемогенные отложения – озерные известь (гажа или озерный мергель) и железная руда и минеральные терригенные осадки – глины, алевриты, пески. Существуют смешанные типы отложений, например песчанистые, диатомовые или известковистые сапропели и т.д. Часто состав донных отложений изменяется как по латерали, так и по вертикали разреза, указывая на изменение условий осадконакопления в пространстве и времени (Рис. 6, 7). Основные особенности химического состава донных отложений Карелии приведены в таблице 3.

Донные отложения озер Карелии позднеледникового и голоценового возраста и залегают на дне водоемов в виде субгоризонтальных залежей, нивелирующих рельеф дна водоемов. В случае зарастания озер, донные отложения прослеживаются и под торфом прибрежных болот. В Карелии известные максимальные мощности сапропелей достигают 9 м, диатомитов – 8,3 м, гажи – 2 м. Следует отметить, что поскольку осаждение сапропелей, диатомитов и озерной железной руды продолжается и в наши дни, их месторождения являются возобновляемыми.

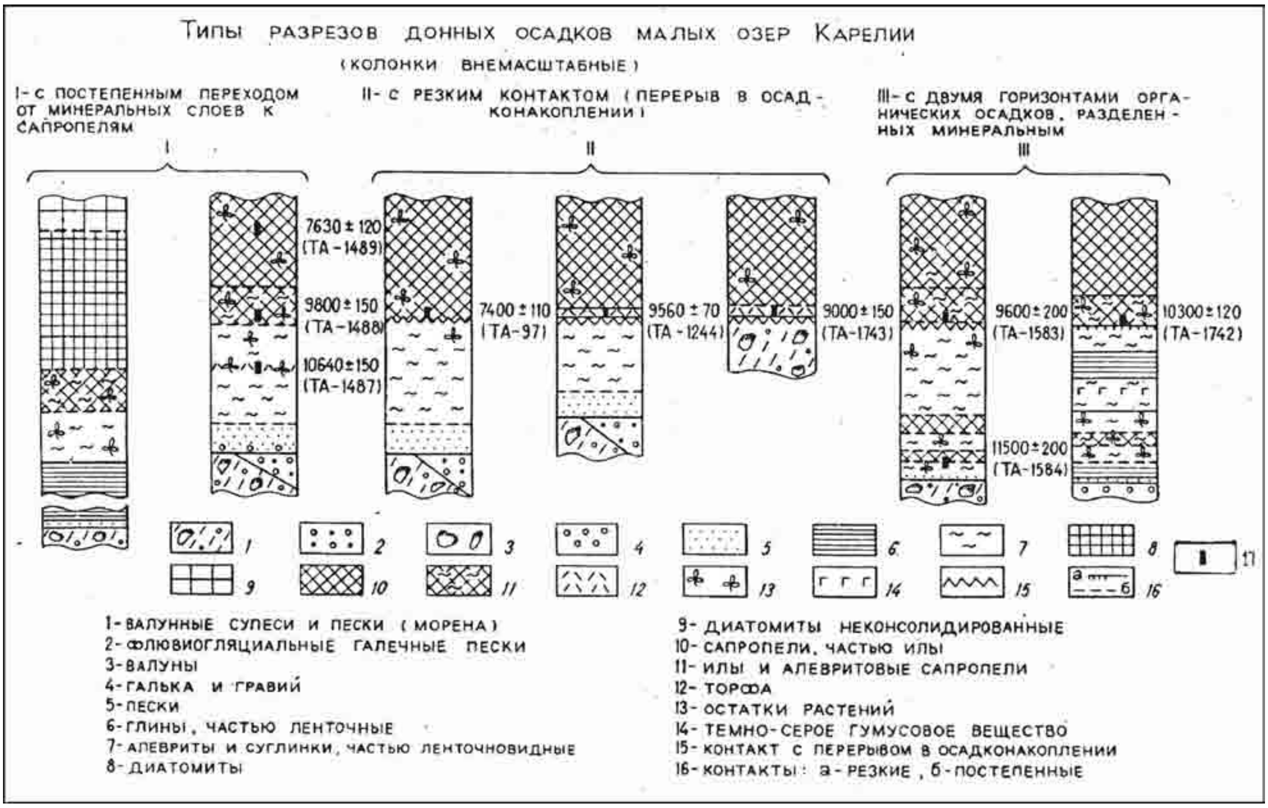


Рис.6. **Типы разрезов донных отложений Карелии** (по: Экман, 1995)

м	Колонка литологическая	пробы и их №№	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O	п.п.п.	P_2O_5	сумма	S	Описание отложений
1.5 SA		16	64.67	0.2	0.91	0.25	0.39	0.008	0.68	0.83	0.04	0.05	(1.39)	32.04	0.07	99.95	0.64	Диатомит сапропелевый, желеобразный, внизу коричневато-оранжевый, выше -оранжевый, светлеющий кверху
2.0 SB		15	66.93	0.03	1.37	0.59	0.31	0.007	0.40	1.01	0.05	0.05	(5.28)	28.98	0.11	99.82	нет анализа (н.ан.)	
		14	58.40	0.06	2.17	0.81	0.89	0.019	0.58	1.48	0.14	0.10	(5.34)	35.23	0.18	100.04		
2.5 AT		13	48.30	0.13	3.48	0.00	1.81	0.036	1.49	1.93	0.34	0.31	(5.83)	41.90	0.23	99.94	(н.ан.)	Смешанные сапропелево-диатомитовые осадки, довольно плотные, желтовато-коричневого цвета. Светлеют при высыхании.
3.0		12	45.58	0.17	3.78	0.29	1.65	0.041	1.44	2.22	0.44	0.39	(5.58)	43.63	0.14	99.75	(н.ан.)	
3.5		11	41.80	0.15	3.59	0.59	1.44	0.037	1.05	1.97	0.43	0.40	(4.01)	48.28	0.13	99.85	1.35	Сапропель диатомовый (кремнеземистый) коричневого цвета
		10	39.28	0.21	4.49	0.28	2.28	0.044	1.84	2.22	0.75	0.50	(5.55)	47.90	0.15	99.95	(н.ан.)	
		9	27.60	0.20	3.62	2.02	1.26	0.044	1.36	2.61	0.61	0.45	(6.00)	60.05	0.13	99.94	2.43	Сапропель темно-коричневый, плотный, внизу с мелкими раковинами моллюсков
		8	10.15	0.15	2.35	1.25	1.28	0.076	2.68	22.69	0.41	0.27	(4.22)	58.38	0.14	99.82	(н.ан.)	Сапропелевая известь (гажа)
4.0 BO		7	3.91	0.05	0.80	0.59	0.24	0.130	1.22	44.42	0.15	0.11	1.40	48.26	0.08	99.94	0.66	Известковый ил (мел, гажа), желтовато-белый, вверху слоистый, с раковинами моллюсков
		6	4.28	0.05	0.30	0.23	0.29	0.133	1.47	47.10	0.16	0.12	(1.05)	45.28	0.05	99.94	(н.ан.)	
		5	2.32	0.03	0.53	0.36	0.17	0.133	1.51	48.50	0.09	0.08	(0.98)	45.81	0.04	99.55	(н.ан.)	
PS		4	2.22	0.03	0.53	0.28	0.22	0.139	0.50	49.91	0.10	0.08	(0.99)	45.72	0.05	99.76	(н.ан.)	
		3	1.59	0.03	0.39	0.27	0.07	0.157	1.22	49.41	0.71	0.23	(0.83)	45.73	0.04	99.85	0.21	
		2	3.73	0.05	0.86	0.33	0.25	0.138	1.51	47.73	0.04	0.03	(0.86)	44.81	0.05	99.52	(н.ан.)	
4.5		1	60.68	0.59	12.00	2.45	3.38	0.058	3.98	5.47	2.96	1.87	0.32	5.97	0.20	99.94	1.27	Алеврит с кальцитом
																		Алеврит ленточновидный сероцветный

Рис.7. **Изменение химического состава донных отложений по вертикали разреза в безымянной ламбе Лоухского района** (по: Экман, 1995)

На большей части территории Карелии среди донных отложений озер преобладают **сапропели** (в переводе с греческого – гниющий ил). Сапропели представляют собой коллоидальную мягкую и жирную массу коричневого (иногда почти черного) или оливкового цвета, содержащую в природных условиях 70-90% воды. Органическая часть сапропелей состоит на 40-50% из углерода, 6-7% водорода, 34-44% кислорода и до 6% азота (Яковлев, 1954). Материалом для образования сапропелей служат останки растений и животных, обитающих в верхней части озера и по отмиранию падающих на дно и частично проходящих через пищеварительный канал живущих на дне озера ракообразных, червей и моллюсков. К органической части часто примешивается терригенный песчано-глинистый материал, привносимый с суши (глинистые и песчанистые сапропели), кремнистые створки микроскопических водорослей диатомей (диатомовый сапропель), озерная известь (известковистый сапропель), окислы железа (железистый сапропель). Весь этот материал, находясь под водой при слабом доступе кислорода, подвергается воздействию микроорганизмов, превращается в однородную студенистую массу и уплотняется.

Сапропели являются ценным агрохимическим полезным ископаемым и после соответствующих исследований их химического состава могут использоваться в качестве органического удобрения и мелиоранта почв (Сенкевич, Экман 1995). Сапропели богатые биологически активным веществами, в том числе двухвалентным железом, могут использоваться в качестве целебных, бальнеологических грязей, например железистые сапропели озера Габозеро, используемые в санатории «Марциальные воды».

Гажа (известковистый сапропель, озерный мергель) состоит из почти сплошных слоев известковых частиц, инкрустировавших остатки сине-зеленых водорослей и перемежающихся с тонкими слоями детрита тех же водорослей (Яковлев, 1954).

Таблица 3

Химический состав донных отложений Карелии (%)

Тип отложений	Подтип отложений	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	П.п.п
Минеральные	Пески							
	Алевриты							
	Глины							
Хемогенные	Гажа (озерная известь, n=5)	1.37–4.28	0.32–0.86	0.27–0.59	0.03–0.29	41.15–49.91	0.5–1.7	44–54.8
	Железная руда	< 30		35–40				
Органогенные	Сапропели	8.12–34	1.1–12	2.71–6.0	3.0–5.3	1.33–2.27	0.76–1.57	63.4–87.03
	Сапропели железистые (n=4)	2.3–22.9	0.09–6.89	10.1–31.54	6.99–27.4	0.54–2.45	0–0.38	35.8–52.7
	Сапропели диатомовые	35–49	0.2–9.14	0.08–7.24	0.35–4.3	0.49–2.11	0.18–1.12	65–51
	Диатомиты белые, желтые (n=5)	81–95	2.46–2.5	0.13–0.3	0.6–0.62	0.3–0.49	0.1–0.15	0.06–14.4
	Диатомиты коричневые (n=20)	50–78	0.5–6.9	0.02–0.82	0.19–3.73	0.1–1.45	0.1–1.45	0.07–1.97
	Торф (n= 2)	1.33–6.52	0.54–0.57	0.75	0.67	0.62–2.02	До 0.05	91–94.5
	Ракуша							

Образуется она за счет растворов двууглекислого кальция, принесенного в водоем ручьями и источниками, в основном в условиях холодного климата. Двууглекислый кальций, осаждаясь на дне в смеси с минеральными и органическими частицами, образует известковистый сапропель, также называемый озерным мергелем или гажой. Часто в гаже наблюдаются раковины пресноводных моллюсков, иногда образующие самостоятельные прослои мощностью до 1-2 см (ракуша). На территории Карелии гажа имеет ограниченное распространение. Ее находки известны на юге Пудожского района, где источником кальция очевидно были карбонатные породы каменноугольного периода. Также известны находки гажи в районе оз. Паанаярви, пос. Пушной и д. Шалговаара (Синькевич, Экман, 1995). Источниками кальция для них были карбонатные ятулийские породы Паанарви-Куолоярвинской, Лехтинской и Сегозерской структур соответственно.

В целом гажа или известковистый сапропель является ценным агротехническим полезным ископаемым, широко используемым для раскисления подзолистых почв. Однако, вследствие ограниченного распространения на территории Карелии, использование гажи в качестве полезного ископаемого весьма проблематично.

Озерная железная руда представляет собой скопление бурого железняка – лимонита в виде шариков, лепешек, монет. Встречается так же в рассеянном виде в песках, сапропелях и других осадках. Её отложение связано с широко распространенным почвенным подзолообразовательным процессом, во время которого вымываемые из почв железо и алюминий поступают в озера в виде бикарбоната закиси железа, сульфата окиси железа, сульфидов закиси и окиси железа с органическими кислотами и в форме гидрозоля окиси железа и алюминия (Яковлев, 1954). В озерной воде под действием грибов, бактерий и низших водорослей происходит распад бикарбонатов, выпадение нерастворимой гидроокиси железа и коагуляции гидрозолей в гели, а из растворов сульфатов и сульфидов железа выделяется гидрат окиси железа. При этих процессах в озерах отлагается озерная руда – лимонит, Fe_2O_3 x H_2O с примесью фосфора, марганца и минеральных зерен.

В Карелии озерные руды распространены весьма широко и ранее использовались для металлургической промышленности.

Озерный торф представляет собой органическое образование, возникающее в воде или на ее поверхности из особых ассоциаций гидрофильных растений, связанных с озерными бассейнами и поэтому относится к озерным отложениям. Выделяются осоковый, тростниковый, камышовый, сапропелевый и другие виды торфов.

Диатомиты представляют собой студнеобразную массу и состоят в основном из кремнистых, опаловых раковин микроскопических водорослей диатомей, составляющих от 50 до 90% осадка. Чистый диатомит имеет абсолютно белый цвет, при примеси органического вещества коричневый, зеленоватый. Примеси железа окрашивают его в желтый, оранжевый, красный или вишневые цвета. Диатомиты широко распространены в пределах Карелии и являются ценным полезным ископаемым, используемым в десятках отраслей промышленности.

3.5 Формирование озерно-речной сети Карелии и эволюция озерного седиментогенеза

После отступления ледника и падения уровня крупных приледниковых прогляциальных и перигляциальных водоемов в котловинах, преимущественно ледникового и тектонического происхождения, сформировались различные по размерам и очертаниям водоемы.

Основной особенностью деградации последнего ледникового покрова на территории Карелии была ярковыраженная дифференциация типов дегляциациии, проявившаяся не только в сформировавшихся литоморфологических комплексах, но и во времени формирования озерно-речной сети.

Ранее предполагалась модель последовательного отступания ледникового края с юго-востока на северо-запад, прерываемая остановками или даже кратковременными наступлениями ледника в холодные стадиалы позднеледниковья (Экман, 1987) (см. Рис.2). В ходе этих кратковременных наступлений ледника и сформировались комплексы краевых ледниковых образований, фиксирующих положение края ледника на разных временных срезах позднеледниковья. Однако кроме хорошо выраженных краевых образований заключительных стадий оледенения сальпаусселькя в западной и центральной Карелии, положение края ледника в более ранние стадии дегляциации определены весьма условно, как в пределах Карелии, так и прилегающих с юга и с востока соседних районах. Здесь невыдержанные по простиранию напорные конечно-моренные гряды чередуются с обширными, изометричными в плане районами развития форм рельефа вытаивания мертвого льда. В то же время, по современным представлениям, формирование конечно-моренных гряд происходит в ходе наступления ледникового фронта, вызванного не только стадиальными похолоданиями (так называемые вынужденные колебания), но и обусловленного локальными причинами, изменяющими баланс ледника – рельефом ледникового ложа, наличием приледниковых водоемов, потеплением климата. Причем на разных участках ледникового фронта эти колебания его положения, названные релаксационными, могут в значительной степени различаться (Асеев, 1974, Каплянская, Тарноградский, 1993). По имеющимся данным, со времени ледникового максимума значительное глобальное похолодание климата имело место только в позднем дриасе (ледниковые стадии сальпаусселькя) и кратковременное похолодание – в среднем дриасе (невская стадия), разделившее потепления интерстадиалов бёллинг и аллерёд. Таким образом, выделение более древних холодных ледниковых стадий и разделяющих их теплых межстадиалов в Карелии и прилегающих территориях (вепсовской, крестецкой, лужской стадий и онегозерского интерстадиала) не имеет достаточных оснований.

3.5.1. Деградация последнего оледенения и время формирования озер

Около 15000 календарных лет (~ 13000 по C^{14}), вследствие резкого глобального потепления в интерстадиале бёллинг, началось интенсивное таяние ледника, уменьшение его мощности (Lundquist, Saarnisto, 1995). Периферийные части ледника, удаленные от центра оледенения и обогащенные обломками подстилающих песчано-глинистых пород четвертичного и палеозойского возраста быстро потеряли способность к пластическому течению и отчленились от тела основного ледникового покрова. Полоса массивов и блоков мертвых льдов шириной до 200 км протягивалась вдоль ледникового края (Demidov et al, 2006). В условиях холодного климата позднеледниковья, вечной мерзлоты и мощного комплекса наледниковых отложений, вытаявших из поверхности ледника и препятствовавших его дальнейшему таянию, массивы мертвого, погребенного льда таяли от сотен до тысяч лет, существенно задерживая формирования ландшафтов, озерно-речной сети и растительности. Такой тип деградации оледенения получил название ареальной дегляциации (Асеев, 1974). После таяния массивов мертвого льда сформировался холмисто-котловинный рельеф, представляющий собой хаотическое чередование моренных, песчаных и глинистых холмов и гряд и разделяющих их понижений, обычно занятых озерами термо- и гляциокарстового происхождения. Как правило, склоны холмов и озерных котловин очень крутые, сформировались на контакте погребенных массивов льда и рыхлых отложений. Таким образом, формирование озерно-речной сети в условиях господства ареального типа дегляциации в восточной и южной Карелии запаздывало по отношению ко времени отступления фронта активного ледника на сотни и даже тысячи лет. Это подтверждается радиоуглеродными датировками базальных слоев органогенных отложений. Накопление органогенных осадков, указывающих на развитие растительности на водоразделах водоемов, в основном началось только во второй половине позднего дриаса – начале пребореала – около 12500 - 12000 календарных лет назд (Демидов, Лаврова, 1991, Демидов, 2004, 2005). Наиболее древняя датировка получена методом акселерированной масс спектроскопии по фрагменту органики из минеральных алевритов оз. Тамбичозеро на границе Карелии и Архангельской области составляет 11 635 лет по C^{14} (~ 13600 календарных лет назад) (Wohlfarth et al, 2002). Многие гляциокарстовые и термокарстовые озера, в том числе и южного Прионежья, возникли только в бореальное, а возможно и в начале атлантического времени, 10500-8500 лет назад по C^{14} (Демидов, 2005).

Около 14000 календарных лет назад (12000 по C^{14}) край активного ледника отошел в пределы центральной Карелии, где ледниковое ложе было сложено прочными кристаллическими породами докембрия, практически не перекрытыми рыхлыми осадками. В условиях относительно теплого климата аллерёдского интерстадиала, маломощный и необогащенный обломками подстилающих пород край ледника быстро таял и отступал, сохраняя при этом способность к пластическому течению. Такой тип дегляциации получил название фронтального типа – то есть последовательного отступания ледникового фронта вследствие его интенсивного таяния. В ходе данного типа дегляциации сформировались полого-холмистые моренные равнины центральной и западной Карелии, рельеф которых осложнен моренными грядами краевых образований и друмлинов, а также многочисленными озами и зандрами. Озера формировались вслед за отступающим краем ледника в понижениях ледникового и денудационно-тектонического рельефа, но, обычно, их площадь и глубина значительно превышала современные. Положение края ледника фиксируется краевыми образованиями стадий сальпаусселькя I,II (Рис.2.). Полностью территория Карелии освободилась от материкового льда около 11000 календарных лет назад (~9500 лет по C^{14}), но массивы погребенного льда еще оставались на её территории вплоть до начала – первой половины (?) атлантического времени.

Значительные площади территории Карелии в позднеледниковое время были перекрыты крупными приледниковыми водоемами, формировавшимися у края ледника и принимавшими его талые воды, несшие в водоемы огромное количество песчано–глинистого материала, образовавшего после спуска приледниковых озер обширные озерно-ледниковые равнины. Так Онежское приледниковое озеро (ОПО), начало формироваться около 14200 календарных лет назад, а в максимум своего развития около 13300 календарных лет назад ОПО охватывало прилегающие низменности до современных абсолютных отметок 120-125 м на северо-западе водоема и 75-80 м на юго-востоке (Демидов, 2004, 2005, 2006). Разница в отметках объясняется неравномерным гляциоизостатическим поднятием побережий после таяния ледникового покрова. В состав водоема входили Шуйская, Водлинская и Ивинская низменности, современные озера Сямозеро, Сегозеро и Выгозеро. На протяжении последних 13000 календарных лет, при общей тенденции к снижению, уровень водоема колебался, что отразилось в формировании разновысотных древних береговых образований, времени отчленения от водоема древних заливов и образования на их месте самостоятельных водоемов. Соответственно существенно изменялись и условия осадконакопления на дне вновь образуемых озер. Падение уровня обширного водоема происходило по мере отступания ледникового края, гляциоизостатического поднятия побережий озера, эрозионных процессов в районе порогов стока, а так же изменений климата. Наиболее масштабные понижения уровня озера имели место примерно 13, 12 и 11 тысяч календарных лет назад, а около 3000 лет назад озеро приобрело очертания, близкие к современным (Демидов, 2006).

Древнее Ладожское приледниковое озеро также начало формироваться около 14200 лет назад, а его котловина освободилась от материкового льда около 13 100 лет назад (Давыдова и др., 1998а). В максимум своего развития, около 12 000 лет назад Ладожское озеро было заливом Балтийского ледникового озера, занимавшего котловину современного Балтийского моря и обширные площади прилегающих низменностей. Уровень водоема в северном Приладожье достигал 80 м и озеро Янисъярви было его частью, как и Олонецкая равнина. Наиболее масштабная регрессия водоема произошли около 12000 лет назад, после которой Ладога начала развиваться как самостоятельный водоем, а её уровень в южном и восточном Приладожье опустился ниже современного. Около 6000 лет назад произошла Ладожская трансгрессия в связи с открытием стока из системы озер Сайма в Ладогу, что вызвало поднятие уровня водоема до 15-20м. (Ладожское озеро, 2002).

Беломорский пресноводный приледниковый водоем достиг максимума своего развития около 12 000 лет назад. Его уровень на северо-западе Карелии в районе озер Топозеро и Пяозеро достигал современных отметок 170 м, а в районе г. Беломорск – 80м. Масштабные регрессии водоема произошли около 11000 и 9500 календарых лет назад (Ekman, Iljin, 1991, Девятова, 1976).

В Карелии в раннем голоцене существовали также и менее крупные остаточные водоемы – древнее Гимольское озеро в верховьях реки Суна, обширный водоем в бассейне р. Илекса у восточных границ Карелии и водоем, объединявший современные озера Ругозеро, Ондозеро и прилегающие низменности.

Значительная часть небольших, гляциокарстовых и термокарстовых озер Карелии возникла 11,5–10 тысяч календарных лет назад после таяния обширных массивов погребенного льда в южной и восточной Карелии в пределах Вохтозерской, Вешкельской, Сумозерской, Волозерской, Водлозерской возвышенностей и Урокской гряды (рис. 2).

Менее распространенные озерные котловины флювиального и сейсмогенного генезиса формировалсь на протяжении всего голоцена, но они составляют всего лишь доли процента от общего количества озер в Карелии.

3.5.2. Условия озерного осадконакопления и их изменения на протяжении поздне- и послеледниковья

На первых этапах формирования озер происходило осаждение минеральных осадков – песка, алеврита, глины, обусловленное интенсивной эрозией талыми ледниковыми водами, атмосферными осадками и ветром еще незакрепленных растительностью четвертичных отложений по берегам водоемов и на их водоразделах. При перемыве свежеотложенных, невыветрелых морен и водно-ледниковых песчано-гравийных осадков в водоемы поступало довольно значительное количество ионов и анионов, однако огромные объемы холодных, ультрапресных талых ледниковых вод определяли гидрохимический состав формируемых водоемов. Влияние минерально-химического состава горных пород сказывалось только на небольших водоемах, в пределах водосборного бассейна которых значительную роль играли легкорастворимые породы, например карбонаты или фосфаты.

Накопление органики в водоемах связано как с развитием водной биоты, так и растительности на водоразделах. Если на протяжении по крайней мере бёллинга (15-14 тысяч календарных лет назад) озерно-речная сеть юго-восточной Карелии формировалась практически среди полей и массивов омертвевшего льда, то в аллереде (~13,8-13 тысяч календарных лет) на водоразделах получают развитие тундровые ландшафты с разреженными березовыми и ольховыми сообществами. Структура растительного покрова вышеуказанных районов имела в аллерёде и молодом дриасе мозаичный характер и была представлена чередованием различных по экологии тундровых сообществ с обширными площадями оголенных субстратов и массивов мертвых льдов (Лаврова, 2005). Поступление органики с водоразделов в водоемы остается минимальным, явно преобладает накопление терригенных минеральных осадков – глин и песков с минимальным, до 2-3% содержанием органики. Как правило, в приледниковых озерах среда была слабощелочная, близкая к нейтральной, а в донных отложениях – слабоокислительная (Курочкина, 1976). В малых перигляцальных водоемах, перекрывавшихся долгое время плавучими льдами, на дне, в условиях дефицита кислорода, возникали и восстановительные условия, формировались зёрна вивианита, слойки гидротроилита и сульфидов (Wohlfarth et al., 2002, 2004).

Непосредственно у края тающих ледников в водоемах не хватало питания даже для развития диатомовых водорослей. Здесь развивались более приспособленные к суровым условиям колонии водорослей *Pediastrum* (Шелехова и др., 2005). Вдали от края ледника количество диатомовых водорослей в приледниковых водоемах значительно возрастает. Так на севере Повенецкого залива Онежского озера в ленточных глинах аллерёда содержание диатомовых водорослей достигает 9,5 тыс. створок на грамм осадка и включает до 97 видов и разновидностей пресноводных диатомей, а в позднеледниковых ленточных глинах Ладожского озера содержание диатомей достигает 45 тыс. створок на грамм осадка (Давыдова, 1976, Давыдова и др., 1998а,б). В ленточных глинах в районе С.Петербурга известны уже и находки останков рыб (Яковлев, 1956).

Наиболее древние радиоуглеродные датировки органики получены из донных озерных отложений в юго-восточной Карелии 11 635 и 11 500 (Wohlfarth et al, 1999, 2002, 2004), в южном Прионежье 11 500±230 лет назад (Демидов, 2005), на Онежско-Ладожском перешейке в районе оз. Святозеро 11500-11200 лет (Ekman & Iljin, 1991). Следует отметить, что все эти датировки получены из макрофоссилий, распыленных в минеральных отложениях или формирующих тонкие, до 1 см, слойки. То есть, в это время, около 13600-13200 календарных лет назад, как в водоемах, так и на их водороздeлах в южной Карелии и в южном Прионежье биота еще не была развита в достаточных количествах для формирования выдержанных горизонтов органических донных отложений. Наиболее древние радиоуглеродные датировки базальных горизонтов органических отложений – глинистых сапропелей и торфяников, составляют в Карелии 10.5-10.2 тысяч лет по C^{14} (~12,5-12 тысяч календарных лет). А вот массовое накопление органогенных донных отложений – сапропелей, диатомитов и илов, а также процессы почвообразования, эвтрофирования водоемов, заболачивания их побережий и водоразделов начинается только со времени значительного потепления климата в конце пребореала – начале бореала (11000 календарных лет), вызвавшего распространение лесных ценозов почти на всей территории Карелии (Елина и др., 2000).

В целом можно выделить следующие основные этапы образования озер и особенностей озерного седиментогенеза на территории Карелии:

1) Бёллинг, средний дриас (15-14 тысяч календарных лет назад) – формирование первых интрагляциальных водоемов в юго-восточной и южной Карелии. Нестабильная гидрологическая обстановка, берега озер зачастую сложены массивами мертвого льда, которые тают и обрушаются. Осаждение минеральных осадков – песков, глин и алевритов, значительный привнос в водоемы минеральных частиц как талыми ледниковыми водами, так и ветром с незакрепленных растительностью водоразделов. Начало формирования Онежского и Ладожского озер, Шуйского приледникового озера (Saarnisto&Saarinen, 2001, Демидов, 2005), водоемов в юго-восточной Карелии – Тамбичозеро и др. (Wohlfarth et al, 2002). Пионерные полынно-маревые группировки растительности имеют локальное распространение среди оголенных субстратов и многочисленных глыб мертвого льда (Wohlfarth et al, 2002, Лаврова, 2005).

2) Аллеред (~14000-13000 календарных лет назад) – освобождаеюся ото льда котловины Онеги, Ладоги, Сегозера и Выгозера практически вся южная половина Карелии, но значительные её площади остаются перекрытыми массивами мертвого, погребенного льда. Потепление климата в аллерёде способствует развитию тундровых ландшафтов. В Онежском и Ладожском озерах развиваются диатомовые водоросли (Давыдова, 1998). Макрофоссилии тундровых растений,

не формирующие слойков органики с возрастом от 13600-13300 (11 635- 11300 по C^{14}) обнаружены в ленточных глинах и ленточноподобных отложениях Онежского приледникового озера в районе современного Заонежского п-ова и нижнего течения р. Водла (Wohlfarth, et al, 1999). В южном Прионежье, на северо-западе Олонецкой возвышенности в минеральных алевритах на дне озер наблюдаются тонкие слойки и фрагменты органики, возраст которых составляет 14000-13800 календарных лет (от 11500$\pm$230 до 11200$\pm$200 по C^{14}) (Ekman&Iljin, 1991, Демидов, 2005).

3) Поздний дриас – пребореальный период (~13000 -10500 календарных лет назад). В позднем дриасе Беломорский и Ладожский водоемы достигают максимума в своих размерах. На границе верхнего дриаса и пребореала масштабные регрессии Ладоги, Онеги, а позднее и Беломорского бассейна способствуют формированию множества остаточных небольших озер. Несмотря на значительное похолодание климата и уменьшение видового разнообразия тундровой растительности в донных отложениях многих водоемов встречены прослои торфа и сапропеля с возрастом от 10700±150 до 10190±80. Если на севере около края ледника стадии сальпаусселькя органика с возрастом 10700-10640 лет формирует лишь тонкие прослои в минеральных алевритах (Ekman & Ilin, 1991), то в районе Онежского озера они уже представлены глинистыми сапропелями (Елина и др., 2000, Saarnisto et al, 1995) или тонкими прослоями торфа. В пребореальном периоде климатические условия улучшаются, но привнос минеральных частиц в малые водоемы остается существенным.

4) Бореальный период (10500-9000 календарных лет назад). Значительное потепление климата в первой половине бореального периода способствует развитию северо-таежных, а на крайнем северо-западе Карелии лесотундровых ландшафтов (Елина и др. 2000). Начинаются процессы заболачивания, в малых водоемах формируются горизонты сапропелей, диатомитов, торфов. Накопление органических отложений подтверждается многочисленными радиоуглеродными датировками практически для всех районов Карелии. Значительные площади в пределах ледораздельных возвышенностей в восточной, юго-восточной Карелии и на Онежско-Ладожском перешейке все еще перекрыты массивами мертвого и погребенного льда, но идет его интенсивное таяние и формирование многочисленных термо- и гляциокарстовых озер.

5) Атлантический период (9000-5800 календарных лет назад) – климатический оптимум голоцена, температура нарастает и среднетаежные ландшафты заключительных этапов бореального периода сменяются южно-таежными елово-сосновыми и сосново-еловыми лесами. Интенсивно идут процессы заболачивания, но формируются и новые озера в результате окончательного таяния вечной мерзлоты и погребенных массивов льда, а также регрессии крупных водоемов, связанных с гляциоизостатическим поднятием Фенноскандии.

Таким образом, несмотря на формирование первых озер Карелии около 14500 лет назад, накопление органогенных донных отложений – диатомитов и сапропелей на всей территории Карелии началось в основном в ходе резкого потепления климата на рубеже пребореального и бореального периодов (~ 10500 л.н.), вызвавшего практически повсеместное развитие лесных ландшафтов на рассматриваемой территории. В пределах районов широкого развития погребенных льдов, формирование многих термо- и гляциокарстовых озер задерживалось вплоть до начала атлантического периода (9000-8000 л.н.).

Г л а в а 4

ПОРОДООБРАЗУЮЩИЕ ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ ДИАТОМИТОВ, ИХ ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ЭКОЛОГИЯ

Самые распространенные представители фитопланктона – диатомовые водоросли были открыты изобретателем микроскопа А. Левенгуком (1632-1723). Этих удивительных растений насчитывается более 25 тысяч видов. Они имеют микроскопические размеры от 3-4 до 120-150 микрон (Рис.8, 8А) и чаще всего состоят из одной биологической клетки, которую защищают панцирем из аморфного кремнезема. Панцирь состоит из двух половинок, находящих одна на другую и образуется в результате поглощения и химической переработки растворенной в воде кремнекислоты. Диатомовые водоросли обитают везде: в морях и океанах, являясь составной частью планктона и фитобентоса, в ручьях, реках, озерах, даже придорожных канавах и лужах, в почвах, на стволах деревьев, на свалках. Многие соединяются в колонии разной формы, но есть и одиночные. Одни их них свободно парят в воде (планктон), другие прикрепляются к растениям, камням (обрастатели, или эпифиты), третьи – живут в иле на дне водоемов (донные).

Панцири этих микроскопических растений удивительно красивы и многообразны. Диатомеи обладают уникальной способностью размножаться в геометрической прогрессии в обычных условиях, что и выделяет их от остального живого мира. Отмирая, они образуют на дне водоемов и морей значительные залежи прекрасного полезного сырья – диатомитов. **Диатомит** (от позднелат. diatomeae — диатомовые водоросли), осадочная горная порода, состоящая преимущественно из створок диатомовых водорослей; обычно рыхлая или слабо сцементированная, светло-серого или желтоватого цвета. В сухом виде диатомиты шершавые на ощупь, пачкающие руки, как мел, очень легкие. Во влажном состоянии они представляют собой студнеобразную, пластичную массу. В различных количествах в диатомитах встречаются шарики (глобулы) опала, не имеющие органогенной структуры, а также обломочные и глинистые минералы. Химически диатомиты на 96% состоят из водного кремнезёма (опала). Диатомит обладает большой пористостью, способностью к адсорбции, плохой тепло- и звукопроводностью, тугоплавкостью и кислотостойкостью. В стратиграфическом разрезе диатомиты встречаются с меловой системы, но наиболее распространены в палеоген-неогеновых и четвертичных отложениях. Благодаря высокой растворимости скелетов диатомовых водорослей диатомит легко переходит в трепел и опоку. В разные времена эту породу называли по-разному: инфузорная земля, горная земля, кизельгур, трепел, опока, диатомовая земля, горная мука.

Диатомиты Карелии озерного генезиса и голоценового возраста. Во влажном состоянии цвет их бурый, коричневый, в сухом – серый, бежевый или белый. Встречаются разновидности красного и оранжевого цветов.

Накопление диатомитов происходит при благоприятных экологических условиях, необходимых для массового развития диатомовых водорослей и не приводящих к растворению створок. К ним относятся свет, температура воды, минеральные питательные вещества, небольшое количество кальция в воде. Свет, необходимый для фотосинтеза, является одним из главных факторов, влияющих на развитие диатомей. В зависимости от глубины водоемов в них формируются соответствующие диатомовые комплексы: планктонные, литоральные и донные. Прозрачность воды в водоемах различна, поэтому диатомеи приспосабливаются к жизнедеятельности на разных глубинах. Массовому развитию диатомовых водорослей и накоплению диатомитов в Карелии способствует длительность светового дня.

Несмотря на то, что вегетация диатомей возможна в пределах температур от 0° до 50°, в карельских водоемах в большинстве развиваются криофильные (холодолюбивые) виды, среди которых выделяют бореальные и арктоальпийские. Температура оказывает влияние на численность диатомей, структуру панцирей и форму колоний. Кроме этого, диатомеям для нормального роста и размножения необходимы различные минеральные вещества: кремний, фосфор, азот, сера, кальций, магний, железо, марганец, калий и другие микроэлементы. От содержания кремния в воде зависит численность створок и толщина панцирей. Если его в воде недостаточно деление клеток прекращается,

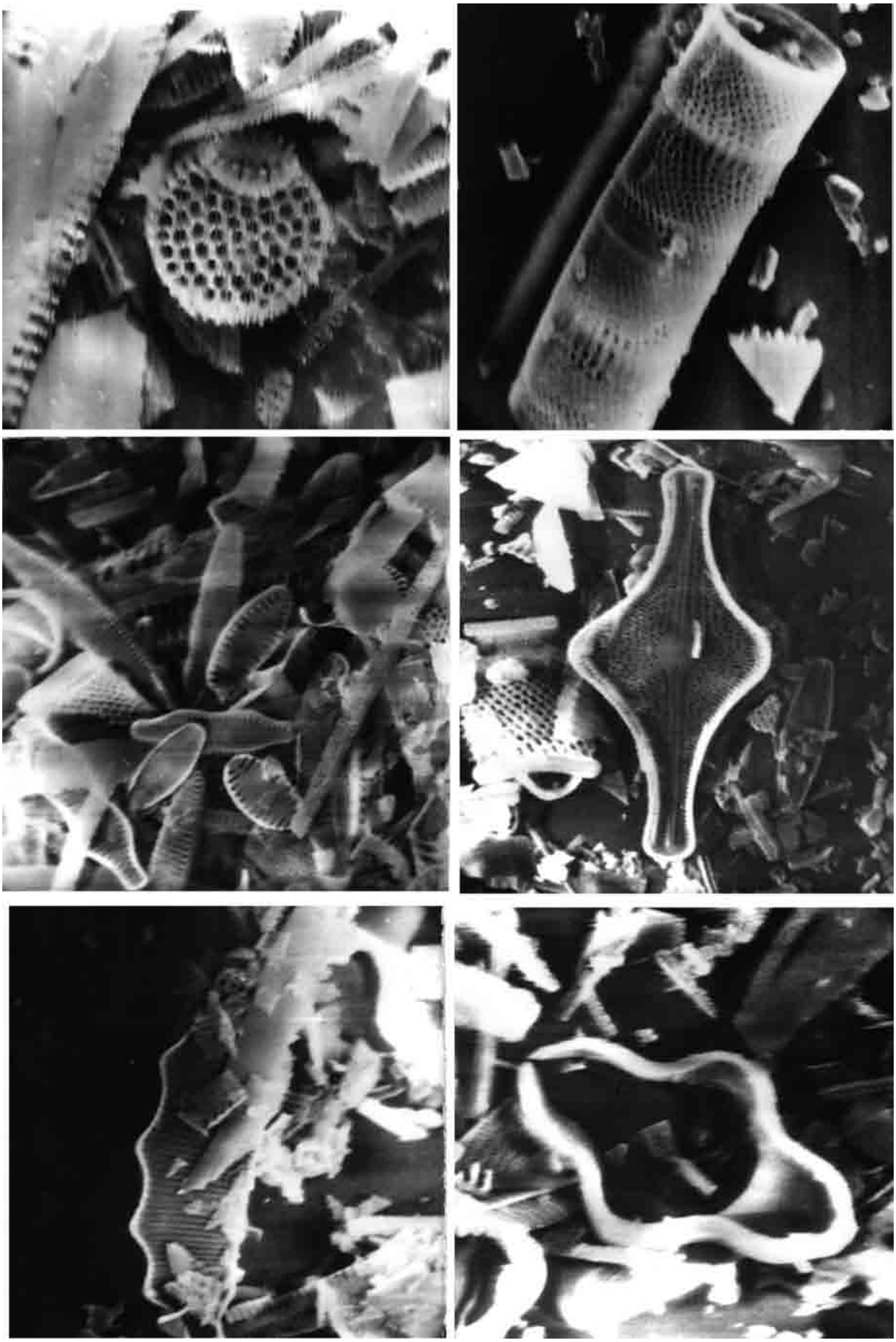


Рис 8. **Диатомовые водоросли, разнообразные по размерам и форме:Aulacoseira distans, Aulacoseira italica, Fragilaria sp., Anomoeoneis follis, Eunotia sp., Tetracyclus lacustris**

а толщина панциря становится меньше, и, наоборот, при избытке кремния панцири грубеют. Растворение кремния в воде происходит при наличии в ней кальция, но избыток его приводит к растворению створок. Выяснено, что для накопления диатомитов необходимы воды, бедные кальцием, что характерно для водоемов Карелии. Известно также, что в питании диатомей большую роль играют хлориды. Структура диатомовых комплексов диатомитов Карелии свидетельствует о преобладании галофобов и индифферентов, предпочитающих незначительное содержание солей в воде. Присутствие в воде фосфатов и нитратов способствует увеличению клеток диатомей, что также сказывается на качестве диатомитов и возможностях их применения. Рост клеток зависит и от содержания железа, стимулирующего их продуктивность. Многие виды диатомовых – железолюбы. Вот почему в небольших заболачивающихся водоемах в значительном количестве развивается диатомовая флора, и накапливаются диатомиты с преобладанием болотных форм родов ***Eunotia*** и ***Pinnularia***.

Очень важную роль в накоплении диатомитов играет гидродинамический режим водоемов. Подмечено, что в слабо проточных и стоячих водоемах идет более быстрое развитие флоры и накопление осадков. Таким образом, экологические условия среды являются определяющими при формировании комплексов диатомовой флоры.

Формирование диатомовых комплексов, их структура зависит **во-первых**, от климатических условий, т.е. от положения водоема в определенной географической зоне; **во-вторых**, от состава кристаллических пород и четвертичных отложений, которые поставляют необходимые для развития диатомей вещества и определяют химизм воды, влияющий на видовое разнообразие; **в-третьих**, от происхождения и строения котловины озера, его глубины, размеров (площади зеркала), типа бассейна (бессточный, проточный).

4.1. Типы и видовой состав диатомитов

Диатомовый анализ многочисленных образцов диатомитов выявил их породообразующие виды. Это главным образом диатомеи, обитающие в мелководных условиях на погруженных в воду растениях и камнях и на дне водоемов (эпифиты и донные). И только один род планктонных *Aulacoseira* является породообразующим во многих месторождениях. В таблице 4 приводится виды породообразующих диатомовых водорослей (доминанты и субдоминанты) и их экологические характеристики.

По результатам проведенных исследований в зависимости от состава доминирующих видов на настоящее время выделено пять основных типов диатомитов (см. Рис. 8Б-8Е, Табл.5).

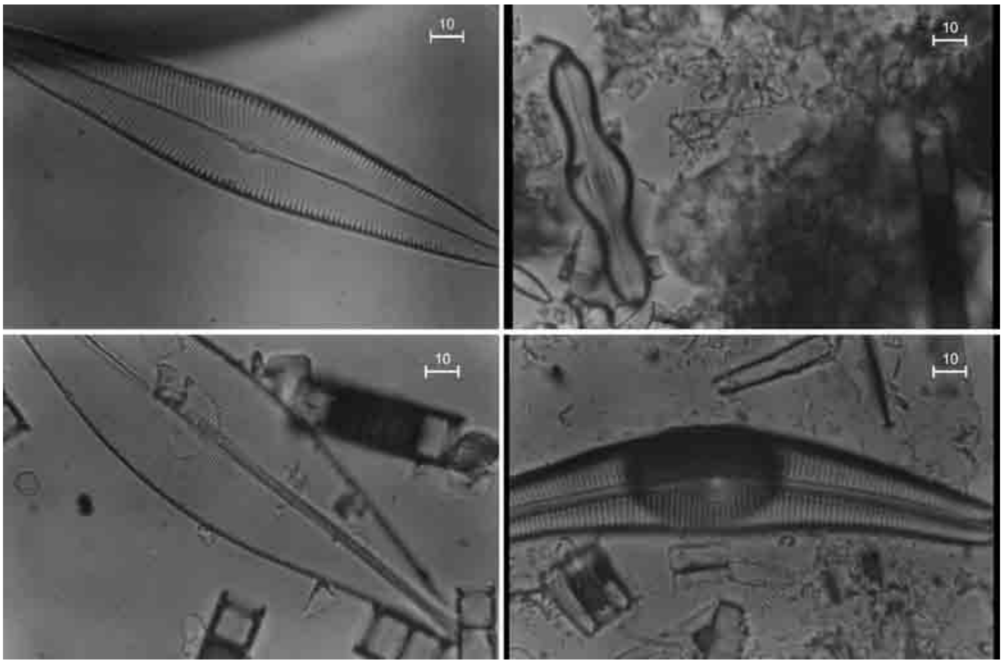


Рис.8А. **Navicula radiosa; Navicula halophila; Caloneis schumaniana var. biconstricta; Cymbella cistula. Масштабная линейка на рис. 8А-8Е указана в микронах**

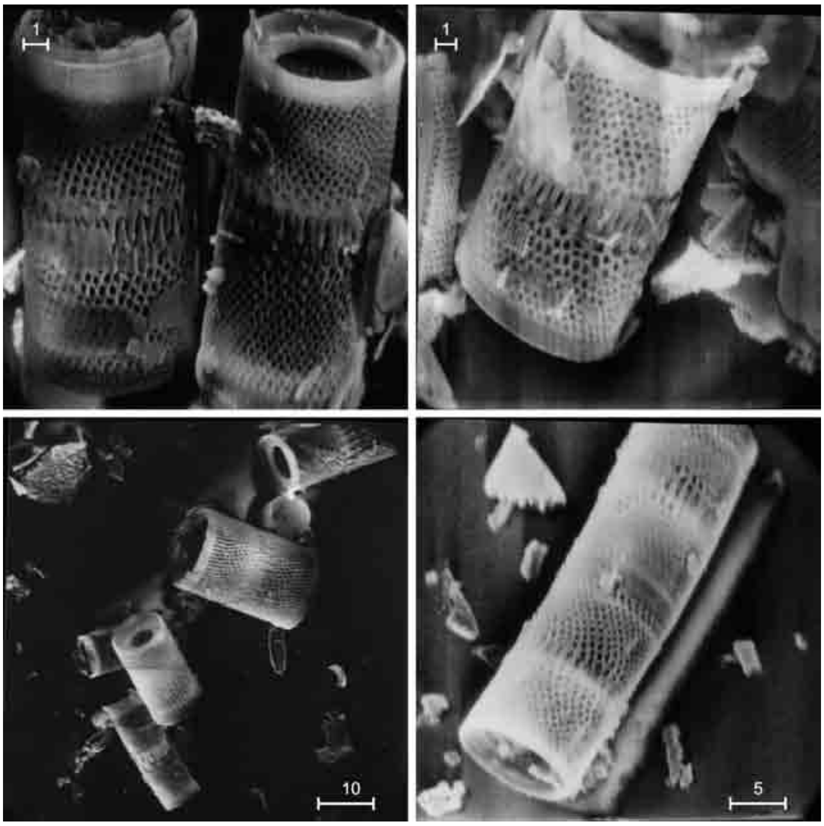


Рис.8Б. **I тип диатомитов. Породообразующий вид Aulacoseira italica var. valida**

1 2

3 4

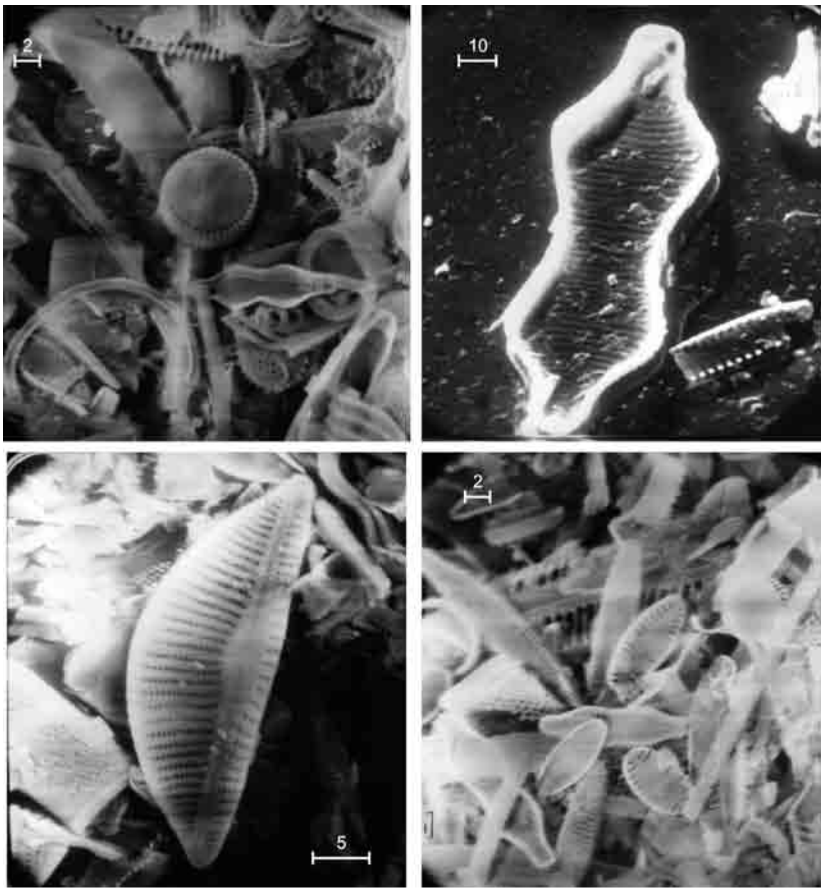


Рис.8В. **II тип диатомитов. Породообразующие виды рода Fragilaria sp. (1, 2, 4) 3 - Cymbella turgida**

1 2

3 4

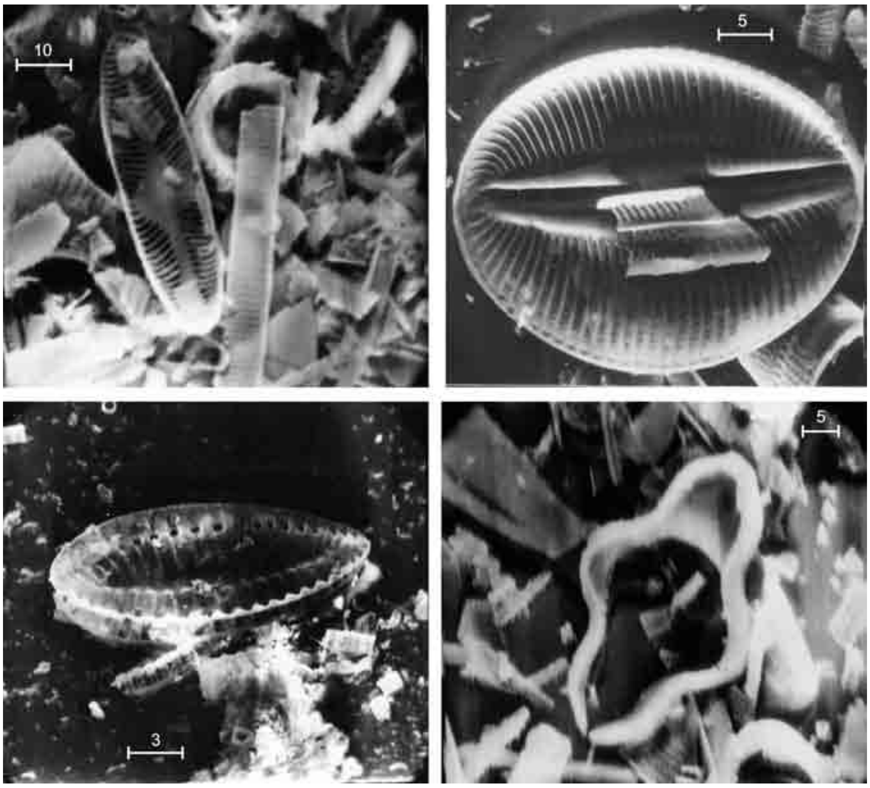


Рис.8Г. **III тип диатомитов. Pinnularia microstauron (1), Cocconeis sp. (2), Surirella sp. (3), Tetracyclus lacustris (4)**

1 2

3 4

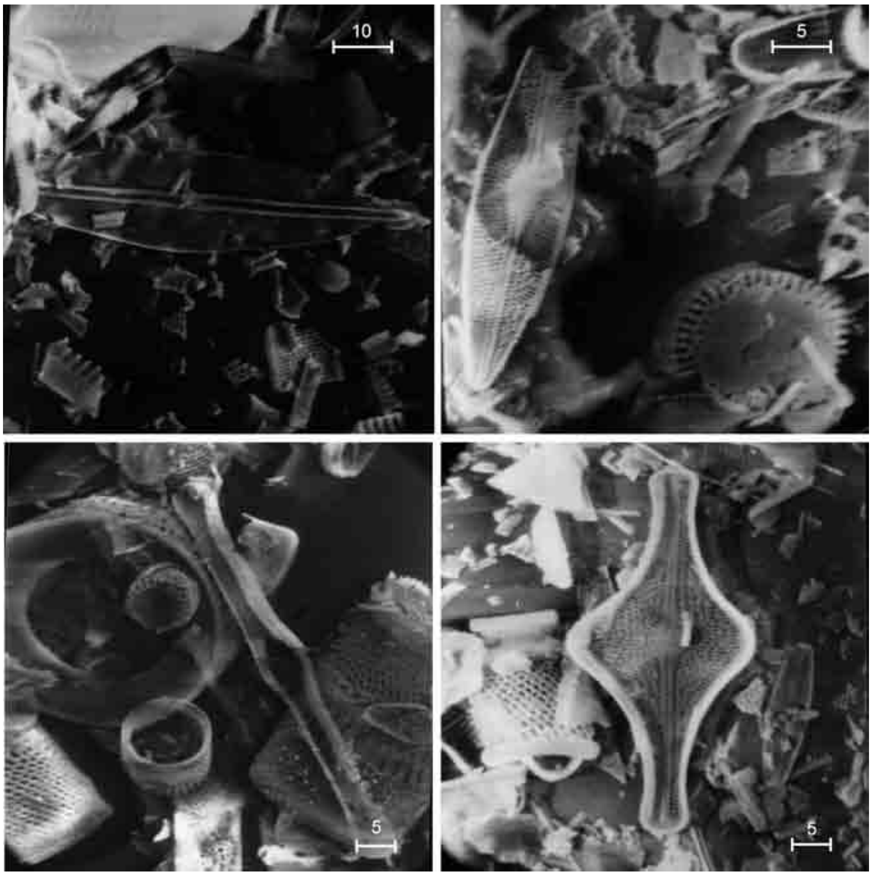


Рис. 8Д. **IV тип диатомитов. Frustulia rhomboids (1), породообразующие виды Anomoeoneis sp. (2), Tabellaria fenestrata (3), Aulacoseira italica, Anomoeoneis follis (4)**

1 2

3 4

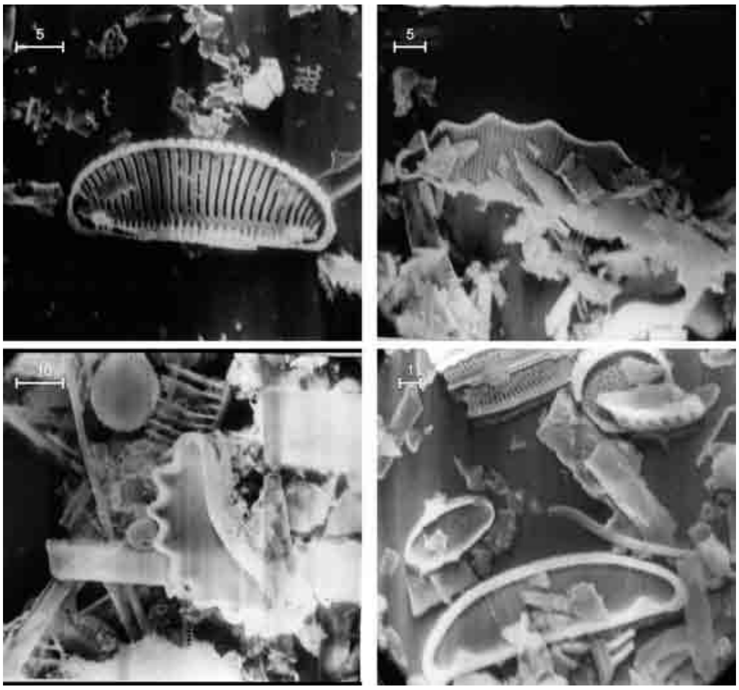


Рис.8Е. **V тип диатомитов. Породообразующие виды рода Eunotia: Eunotia faba (1), Eunotia polygliphis (2), Eunotia robusta var. Diadema (3), Eunotia veneris (4),**

Таблица 4

Породообразующие виды (доминанты и субдоминанты) диатомей в донных отложениях озер Карелии и их эколого-географическая характеристика

№	Породообразующие виды (доминанты и субдоминанты)	Место-обитание	Отношение к pH	Отношение к солености	Биогеография
1	Anomoeoneis exilis (Kütz.) Cl.	d	alkb	Hb-ind	a
2	Anomoeoneis serians (Breb.) Cl.	d	acb	hb	a
3	Anomoeoneis serians var. brachysira (Breb.) Hust.	d	acf	hb	a
4	Aulacoseira distans (Ehr.) Sim.	p	acf	ind	a
5	Aulacoseira granulata (Ehr.) Sim.	p	alkf	ind	cosm
6	Aulacoseira islandica O.Müll.	p	alkf	ind	a
7	Aulacoseira italica (Ehr.) Kütz.	p	ind	Alkf-ind	cosm
8	Aulacoseira italica var. valida (Grün.) Hust.	p	acf	ind	a
9	Cymbella cesatii var. capitata Kriger	e	ind	ind	cosm
10	Cymbella sp. Ag.	e			
11	Eucocconeis flexella Kütz.	e	alkf	ind	a
12	Eunotia bigibba Kütz.	e	acf	hb	a
13	Eunotia faba (Ehr.) Grun.	e	acf	hb	a
14	Eunotia robusta var. diadema (Ehr.) Ralfs	e	acf	ind	a
15	Eunotia veneris (Kütz.) O.Müll.	e	acf	ind	a
16	Fragilaria brevistriata Grün.	e	alkf	ind	cosm
17	Fragilaria construens (Ehr.) Grün.	e	alkf	ind	cosm
18	Fragilaria construens var. binodis (Ehr.) Grün.	e	alkf	ind	cosm
19	Fragilaria construens var. venter (Ehr.) Grün.	e	alkf	ind	cosm
20	Fragilaria pinnata Ehr.	e	alkf	hl	b
21	Frustulia rhomboides (Ehr.) D.T.	d	acf	hb	a
22	Frustulia rhomboides var. saxonica (Rabenh.)	d	acf	hb	a
23	Gomphonema spp. Ehr.	e	ind		
24	Navicula pupula var. rectangularis (Greg.) Grün.	d	Alkf-ind	hl	cosm
25	Navicula sp. Bory	d			
26	Pinnularia gibba Ehr.	d	acf	ind	b
27	Pinnularia interrupta W.Sm.	d	acf	ind	b
28	Pinnularia microstauron (Ehr.) Cl.	d	acf	ind	b
29	Tabellaria fenestrata (Lyngb.) Kütz.	e/p	acf	hb	b
30	Tabellaria flocculosa (Roth.) Kütz.	e	acf	hb	b
31	Tetracyclus lacustris Ralfs	e	acf	ind	a

Р – планктонные, е – эпифиты (обрастатели), d – донные, acf – ацидофилы, alkf – алкалифилы, ind – индифференты, а – арктоальпийские, b – бореальные, cosm – космополиты.

Из данной таблицы видно, что большинство породообразующих видов – это холодолюбивые арктоальпийские и бореальные формы и, как правило, галофобы и индифференты, предпочитающие незначительное содержание солей в воде.

Таблица 5

Типы диатомитов и их породообразующие виды

Тип диатомита	Породообразующие виды (доминанты)	Субдоминанты	Место-рождения (№ на Прил. 1)	Содержа-ние SiO_2 (%)	Содержание створок в 1 г/ос, млн.	pH
I (формируется в глубоководных условиях)	Aulacoseira italica et var. var., Aulacoseira distans et var. var., Aulacoseira granulata	Tetracyclus lacustris, Fragilaria spp., Eunotia spp., Tabellaria spp., Anomoeoneis spp., Frustulia spp.	39 58 119 74	68,8 63,3-86,7 64.72 95.0	299 – 130 453,6	– 7.1 6,5 6.1
II (формируется в литоральной зо-не (мелководной)	Fragilaria construens, F.construens v. binodis, Fragilaria construens v. venter, F. brevistriata, F. pinnata	Navicula spp., Pinnularia spp., Frustulia spp.	57 43,44, 48 116	40,6 75,5 71 64,45	– – 240 115	 7.2 ~7,5
III (смешанный)	Aulacoseira italica et var. var, Aulacoseira distans et var. var., Anomoeoneis serians var. brachysira, Frustulia rhomboides var. saxonica, Tetracyclus lacustris, Tabellaria flocculosa	Fragilaria spp., Cymbella spp., Eunotia spp., Gomphonema spp., Pinnularia spp.	67 78 63 62	81,3 47,8-80,8 77,98 88,25	260 – 597 302	6,1 – 5,3 ~7
IV (формируется в мелководных условиях)	Anomoeoneis serians, A. serians var. brachysira, Frustulir homboides+var. saxonica	Pinnularia interrupta, P. gibba, Tabellaria flocculosa, Tabellaria fenestrata, Navicula spp., Cymbella spp.	36	68,44	260	5,5
IVa	Anomoeoneis serians var. brachysira, Aulacoseira distans et v.v., A. italica var.valida	Tabellaria flocculosa, Tabellaria fenestrata	74	62,7	201,6	5,5
IVb	Anomoeoneis exilis, A. serians var. brachisyra, Navicula pupula var. recrangularis	Cymbella cesatii var. capitata, Eucocconeis flexella var. alpestris	49	69,24	72	~6,8
V (формируется в мелководных условиях)	Eunotia faba, E. robusta var. diadema, E. bigibba, Tetracyclus lacustris	Aulacoseira distans et var.var., Tabellaria flocculosa, Tabellaria fenestrata	73	78,84	86	6,5
Va	Eunotia veneris, E. robusta var. diadema	Tabellaria flocculosa+fenestrata Frustulia rhomboides, Pinnularia microstauron, P. interrupta	118	64,96	115	~5,5

I тип – диатомиты, в которых породообразующими видами являются планктонные формы рода ***Aulacoseira – Aulacoseira italica et var. var., Aulacoseira distans et var. var., Aulacoseira granulata*** (Рис.8Б). Они формируются в относительно глубоководных условиях малых водоемов, имеют грубый толстостенный панцирь цилиндрической дисковидной формы и, как правило, хорошо сохраняются. Размеры створок колеблются в пределах 10-30 микрон. Сопутствующие формы данного типа представлены диатомеями, обитающими в обрастаниях **–** ***Tetracyclus lacustris, Fragilaria spp., Eunotia spp., Tabellaria spp., Anomoeoneis spp., Frustulia spp.*** Такие диатомиты выявлены нами в разных районах Карелии. Порядковый номер их указан на Прогнозно-минерагенической карте диатомовых отложений Карелии (Приложение 1,2). В северной Карелии месторождения этого типа представляют диатомиты “Тунгозеро” (см. прил.1, № 36 , в западной – «Муезерка» (№ 58), в восточной Карелии (№ 119). Содержание двуокиси кремния в них колеблется в пределах 63,8-95%, количество створок в грамме осадка достигает 500 млн. (Табл.5). Диатомиты отличаются хорошей сохранностью, массовое развитие породообразующих водорослей происходит при pH 6,1-7,1.

II тип – диатомиты, сложенные створками литоральных видов рода ***Fragilaria spp.*** (***Fragilaria construens, Fragilaria construens var. binodis, Fragilaria construens var. venter, Fragilaria leptostauron, Fragilaria lapponica и др.)***, обитающие в мелководной зоне водоемов на погруженных в воду растениях и камнях (Рис.8 В) Формы их различны – от линейно-вытянутых, овальных, до четырехугольных, брусковидных. В диатомитах содержится большое количество обломков, что значительно ухудшает их качество. Субдоминантами являются литоральные формы рода ***Tabellaria***, с удлиненно-четырехугольным панцирем, а также донные виды, обитающие в иле на дне водоемов, такие как ***Navicula spp., Pinnularia spp., Frustulia spp***. Размеры породообразующих видов не превышают 30 микрон, а субдоминанты могут достигать 150 микрон. Данный тип диатомитов представлен в северной Карелии в Калевальском районе (прил. 1, № 48), в западной (Муезерский р-н, № 80) и восточной Карелии (№ 119). Содержание двуокиси кремния в них составляет в среднем от 64 до 75%. Массовое развитие породообразующих диатомей происходит при рН **7-7,5.**

III тип диатомитов (смешанный). Представлен различными видами: планктонными цилиндрической формы, а также донными и обрастателями удлиненно-ланцетными, ромбическо-ланцетными, разных размеров створок от 30-40 микрон до 100-150. Отличается значительным видовым разнообразием. В систематическом списке насчитывается 58 видов и разновидностей пресноводных диатомовых. Среди доминант можно выделить формы, встречавшиеся в предыдущих типах: ***Aulacoseira italica et var.var., Aulacoseira distans et var.var., Anomoeoneis serians var. brachysira, Frustulia rhomboides var. saxonica, Tetracyclus lacustris, Tabellaria flocculosa.*** Субдоминанты представлены различными ***Fragilaria spp., Cymbella spp., Eunotia spp., Gomphonema spp., Pinnularia spp.*** (Рис.8Г.). Активная реакция воды, в которой развивается данный комплекс диатомей, колеблется по нашим расчетам от 5,3 до 7. Этот тип диатомитов представляют месторождения Муезерского района (см. прил.1, №№ 62, 63, 67, 78). Содержание створок в 1г/ос колеблется от 260 до 597млн, двуокиси кремния – 50-88,25%.

IV тип – диатомит, в котором породообразующими являются донные формы ***Anomoeoneis serians, Anomoeoneis serians var. brachysira, Frustulia rhomboides+var.saxonica, Pinnularia interrupta, P. gibba, Navicula spp.***, с субдоминантами обрастателями ***Cymbella spp., Tabellaria flocculosa+fenestrata***. Все эти виды имеют вытянутую форму, створки ромбическо-ланцетные, эллиптическо-ланцетные, длиной 40-140 микрон. (Рис.8Д). Массовое развитие их происходит в иле на дне водоемов при рН около 5,5. Диатомиты данного типа представляет месторождение, расположенное в северной Карелии (см. прил. 1, № 36). Содержание двуокиси кремния в них составляет 68,44%. Разновидностью его являются диатомиты, с породообразующими донными ***Anomoeoneis serians var. brachysira*** и планктонными ***Aulacoseira distans et var. var., A. italica var. valida.*** Представлены они в соотношении 70:30. Субдоминанты – ***Tabellaria flocculosa+fenestrata*** (см. прил.1, № 74). Диатомовый комплекс состоит из 27 видов и разновидностей диатомей, а численность створок в грамме осадка достигает 200 млн.

Еще одной разновидностью IV типа являются диатомиты, с породообразующими донными видами ***Anomoeoneis exilis, A. serians var. brachysira, Navicula pupula var. rectangularis*** и обрастателями ***Cymbella cesatii var. capitata***, ***Eucocconeis flexella var. alpestris.*** Створки у всех ланцетные, линейно-ланцентые, длиной до 30-40 микрон. Обрастатели ***Cymbella*** мелкие, с тонкой структурой створки, а ***Eucocconeis*** – створки широко-ланцетно-эллиптические, длиной до 80 микрон. Данный тип диатомитов преобладает в Калевальском районе северной Карелии (см. прил.1,№49). Содержание двуокиси кремния в них достигает 69,2%. По составу диатомовой флоры, представленной 69 видами и разновидностями, выявлено, что рН среды, в которой они развивались, составляет 6,8.

V тип совершенно отличается от предыдущих по породообразующему составу. Доминантами являются типичные болотные формы рода ***Eunotia: Eunotia faba, E. robusta var. diadema, E. bigibba, E veneris***, развивающиеся на погруженных в воду растениях (Рис8Е). В достаточно большом количестве здесь присутствует ***Tetracyclus lacustris*** – холодолюбивый арктоальпийский вид. Створки ***Eunotia*** широко линейные, полулунные, длиной до 150 микрон. В качестве субдоминантов представлены ***Aulacoseira distans et var. var., Tabellaria flocculosa+fenestrata, Frustulia rhomboides, Pinnularia microstauron, P. interrupta,*** являющиеся породообразующими и в других типах диатомитов. Такие диатомиты встречается в озерах Западной Карелии (прил. 1, № 73), в Медвежьегорском р-не (прил.1, №118). Содержание двуокиси кремния в них колеблется от 64,9 до 78,8%. Диатомовый комплекс развивается при рН среды 6,5.

В систематическом списке диатомовой флоры данного типа диатомитов насчитывается 27 видов и разновидностей. Типы диатомитов и их характеристики приводятся в таблице 5.

Подробнее рассмотрим формирование диатомитов, изученных в районе пос. Муезерский в озерах Узкое, Тедрилампи и излучине р. Муезерка.

В излучине р. Муезерка (63° 58′ с.ш., 32° 01′ 30″ в.д.; прил.1, № 58), была пробурена скважина, мощностью 4,5 м. Исследовано 10 образцов диатомитов и выявлено 188 видов диатомовой флоры из 28 родов, среди которых на протяжении всего разреза преобладает планктонный комплекс рода ***Aulacoseira*.**

В нижней части разреза, в интервале глубин 7,5-4,0 м доминирует *Aulacoseira italica*, а с 4 м – *Aulacoseira distans et var. var*. (Рис. 9) Руководящему комплексу сопутствуют эпифиты из рода *Fragilaria*, составляющие 2-7%, *Eunotia* – от единичных экземпляров до 2%, а также единичные створки видов родов *Cymbella*, *Gomphonema, Epithemia, Frustulia, Navicula*, *Neidium, Pinnularia, Rhopalodia* и др.

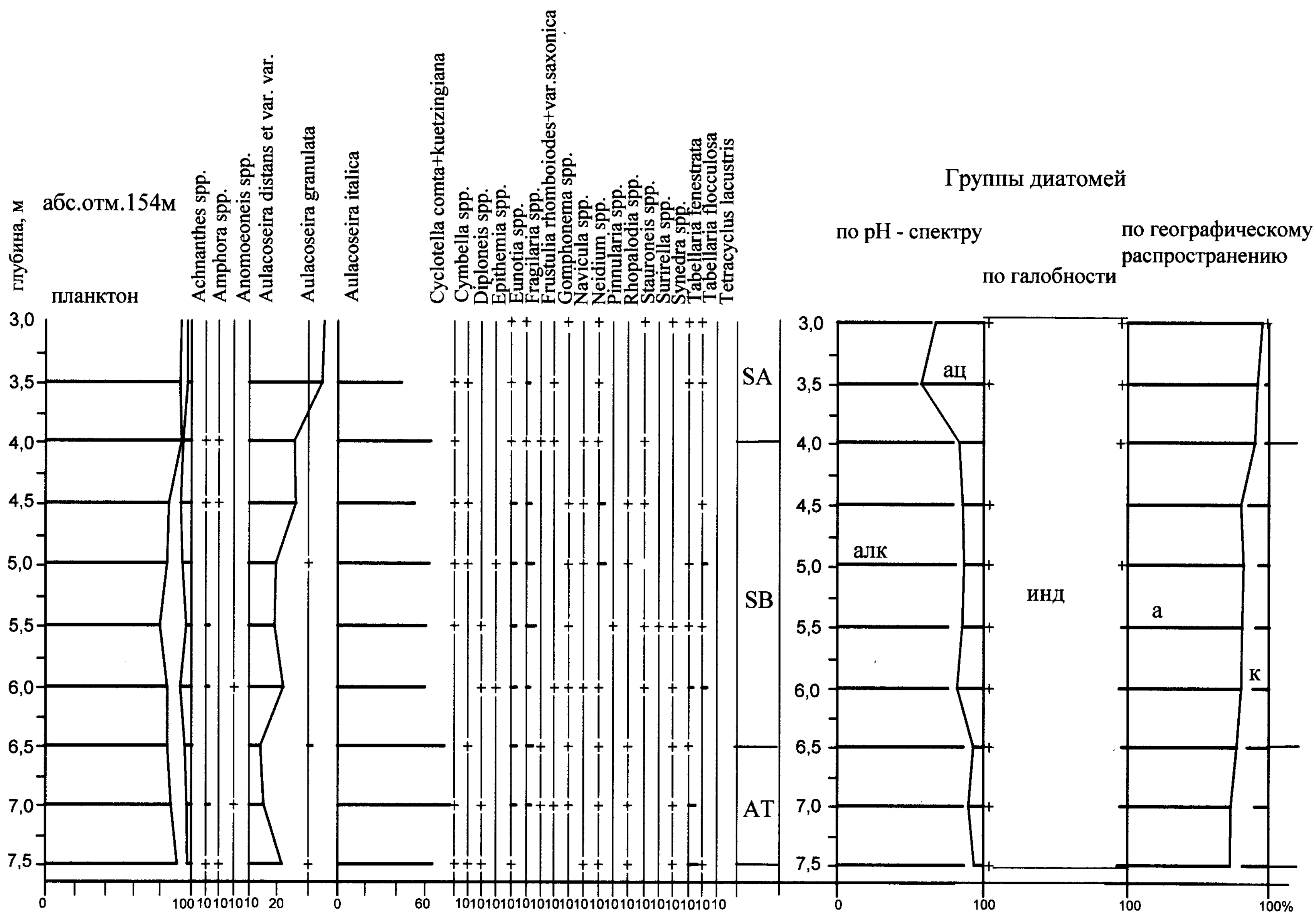


Рис.9. **Диатомовая диаграмма и группы диатомей по рН-спектру, галобности и географическому распространению диатомитов в излучине р. Муезерка (Ац – ацидофилы, Алк – алкалифилы, Инд – индифференты, С-североальпийские, Б-бореальные К –космополиты)**

Доминирование планктонного сообщества на протяжении всего разреза свидетельствует о том, что накопление сапропелевых диатомитов происходило в относительно стабильных глубоководных условиях (4 м и более), без резкого колебания уровня водоема, минерализация воды в нем была невысокой (0,3‰) и постоянной, что подтверждается полным господством индифферентов по отношению к галобности. Но все же, незначительные изменения в составе диатомовых комплексов прослеживаются. Это отражается на их экологии (рис.9), смене субдоминант, численности створок (рис.10). По данным признакам формирование диатомовых комплексов разреза «Муезерка» можно разделить на 3 этапа: 1 – 7,5-6,5 м; 2 – 6,5-4,0 м; 3 – 4,0-3,0 м.

I этап (7,5-6,5м) в сапропелевых диатомитах численность створок колебалась в пределах 0,3–1,85 млн. на г/ос. Доминировали планктонные виды цилиндрической формы *Aulacoseira italica var. valida,* составляя от 30 до 66% общего содержания флоры, а также *Aulacoseira italica ssp. subarctica* (2-33%), которые достигают наибольшего развития при слабощелочной реакции воды – 7,1-7,5. Все они характерны для северных водоемов, имеют толстостенный панцирь, поэтому хорошо сохраняются в осадках.

II этап (6,5-4,0 м) в сапропелевых диатомитах численность створок достигает максимума – 1,2–3,8 млн. г/ос. Планктонные формы *Aulacoseira italica et var. var.* незначительно вытесняются планктонно-литоральными *Aulacoseira distans* и ее вариациями, численность которых вместе с донными увеличивается. Эти факты говорят о некотором снижении уровня водоема. За счет смены доминант в 2 раза возросло число ацидофилов (с 8 до 16 %), т.е. произошло некоторое подкисление среды. Виды *Aulacoseira distans* также холодолюбивы, имеют довольно грубый толстостенный панцирь, обитают в северных водоемах.

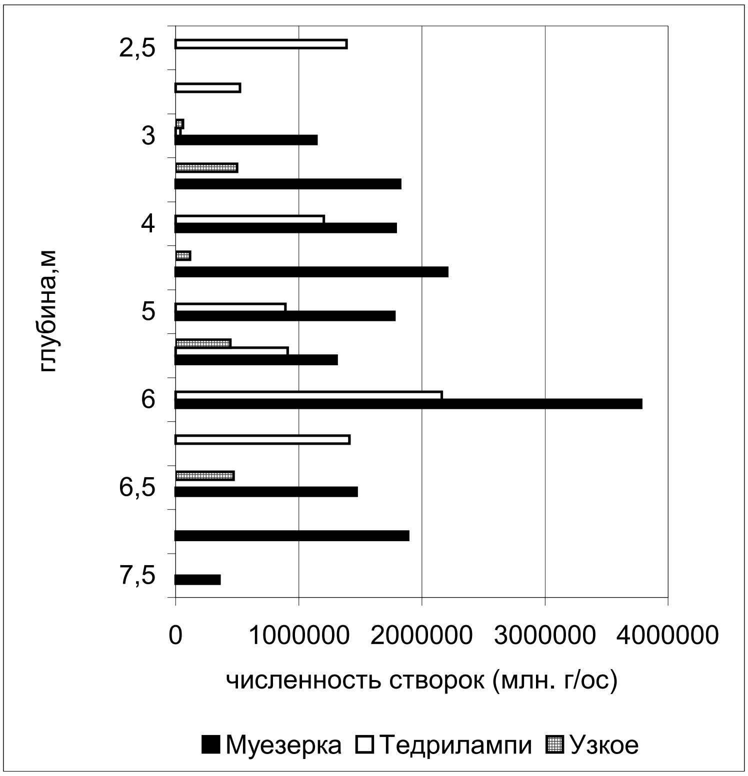


Рис.10. **Численность створок диатомей в диатомитах р. Муезерка, озер Тедрилампи и Узкое**

III этап (4,0-3,0м) накапливается диатомовый сапропель, в котором численность створок достигает 1,3-1,8 млн. г/ос. Возрастает роль ацидофилов *Aulacoseira distans* с 30 до 40%, вытесняя *A. italica*, снижается содержание донных форм и эпифитов, идет дальнейшее закисление среды.

Таким образом, седиментация осадков, вскрытых скважиной, происходила в относительно глубоководном водоёме со стабильным уровнем, постоянной минерализацией воды до 0,3‰, активной реакцией pH, изменяющейся в пределах 7,5-7,0. Химический состав отложений (табл. 6) указывает на низкое содержание соединений кальция, фосфора, железа и других примесей и довольно высокое – SiO_2 : от 64,9% внизу разреза до 69,9 – вверху, т.е. там, где доминантом выступает *Aulacoseira italica*, имеющая более тонкий панцирь, содержание кремния ниже, чем в осадках верхней части разреза, где преобладает *Aulacoseira distans*, у которой панцирь грубее. Поэтому, можно с уверенностью сказать, что содержание двуокиси кремния, которая является одним из основных показателей качества диатомитов, в большей степени зависит от породообразующих видов.

Таблица 6

Химический состав диатомовых сапропелей и сапропелевых диатомитов р. Муезерка, оз. Узкое, оз. Тедрилампи (по: Демидов, 1986)

Разрез	гл., м	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	п.п.п.
Муезерка	3.0	69.9	1.9	1.6	1.37	0.93	0.24	0.17	0.22	23.3
	7.0	64.9	2.5	4.2	2.89	0.93	0.27	0.18	–	23.4
Узкое	3.0	28.8	0.56	0.12	1.09	0.54	0.05	0.06	–	68.54
	6.5	40.6	4.06	0.29	2.29	0.99	0.91	0.66	–	49.33
Тедри-	3.0	75.5	1.4	1.1	1.07	0.3	0.13	0.09	0.17	19.5
лампи	5.0	60.3	3.0	2.3	2.3	0.84	0.17	0.15		27.3

В озере Узкое (абс. отм. 160,4 м, площадь 42500 м^2), исследовано 5 образцов с шагом от 50 см до 1 м (рис. 11). Выявлено 54 таксона диатомовой флоры из 12 родов. В течение времени отложения осадков, вскрытых скважиной до глубины 3,5м, в озере развивались литоральные виды диатомей брусковидной формы из класса *Pennatae – Fragilaria construens et var. var., F. brevistriata,* являющиеся доминантами, а сопутствовали им единичные *Achnantes sp., Cymbella sp., Gomphonema sp., Tabellaria fenestrata*. С 3,50 м произошла резкая смена в составе флоры: литоральные виды вытеснились планктонными *Aulacoseira italica, A. distans,* составляющими 82%, а ранее доминирующие *Fragilaria* перешли в разряд субдоминант. Поэтому, формирование осадков можно разделить на 3 этапа: 1 – 6,5 – 5,5 м; 2 – 5,5 – 4,5 м; 3 – 4,5 – 3,0 м.

I этап (6,5 – 5,5м) – господство литоральных видов *Fragilaria construens var. venter* указывает на мелководность водоема, численность диатомей в осадках была невысокой (до 500 тыс. створок), что подтверждается низким содержанием – 40,6% SiO_2 (табл.6), pH воды – щелочная (7,2-7,4). Данный тип отложений следует отнести к диатомовым сапропелям.

II этап (5,5 – 4,5м) – накопление диатомовых сапропелей черного цвета, в которых численность створок снизилась почти до минимума (около 100 тыс. ств/г). Доминируют прежние виды, но в конце этапа субдоминантом становится ацидофильный вид *Tabellaria flocculosa,* указывающий на снижение активной реакции воды. Наибольшего развития данный вид достигает при значениях pH 6,3. Очень мелкие, хрупкие створки *Fragilaria* легко поддаются разрушению, поэтому осадки содержат много обломков, в результате чего происходит цементация породы (в сухом виде образцы были сильно сцементированы).

III этап (4,5 – 3,0м) – дальнейшее накопление диатомовых сапропелей черного цвета. В этом интервале проанализировано 2 образца. С глубины 3,5 м породообразующим видом становится планктонный *Aulacoseira italica ssp. subarctica,* очень хорошей сохранности, цилиндрической формы и более крупных размеров, чем *Fragilaria*, субдоминанты *Aulacoseira italica, A. distans и Fragilaria.* В сухом виде диатомовые сапропели не сцементированы, легко рассыпаются. Численность створок в них увеличивается до величин, характерных для первого этапа (рис.10), а в конце его с глубины 3,0м она самая низкая (60 тыс.), причем створки в большей степени разрушены. Содержание двуокиси кремния по данным химического анализа составляет – 28,8%. Смена доминант на данном этапе говорит о повышении уровня водоема, слабощелочной реакции воды (pH-7,3).

Таким образом, формирование нижнего горизонта диатомовых сапропелей в озере Узкое приблизительно до глубины 4,5 м происходило в мелководных условиях, а затем в более глубоководных с незначительными колебаниями активной реакции воды (7,1-7,3). Качество этих отложений заметно ниже, чем в разрезе «Муезерка», о чем свидетельствует породообразующий состав отложений, количество створок диатомей, данные химического анализа.

Озеро Тедрилампи (63° 58′ 50″ с.ш., 31° 43′ 45″ в.д., абс. отм. 200 м, площадь (205000 $м^2$, Прил. 2, № 57)

По данному разрезу, мощностью 6,5 м проанализировано 8 образцов с интервалами 20-50 см. Выявлено 56 видов и разновидностей диатомовой флоры. Различия в строении диатомовых комплексов, их экологические характеристики позволяют разделить отложения на 4 этапа: 1- 6,2-6,0м; 2 – 6,0-4,0 м; 3 – 4-2,8 м; 4-2,8-2,5 м (Рис. 12).

I этап (6,2-6,0м) доминировали литоральные диатомеи *Fragilaria construens et var. var.*, составляющие 76% от общего содержания флоры. Водоем был мелкий и хорошо прогревался, развивалась обильная диатомовая флора, численность створок достигала 1,2-2,2 млн., pH воды – слабощелочная.

II этап (6,0-4,0 м) – в осадках начинают преобладать планктонные диатомеи *Aulacoseira italica et var. var.* (44%) и ранее доминирующие *Fragilaria construens et var.var. (16-34%).* Им сопутствуют единичные эпифиты *Gomphonema spp., Tabellaria flocculosa,* донные *Navicula spp, Nitzschia spp.* Эти факты говорят о поднятии уровня водоема.

III этап (с 4,0 м) – планктонно-литоральные *Aulacoseira distans et var. var.* полностью вытесняют все остальные виды, сменяя планктонные *Aulacoseira italica* и достигая максимального развития. Это может быть свидетельством изменения гидрохимических условий, т.е. подкисления среды при стабильном уровне водоема, но возможно незначительное его снижение. Полное (84-96%) господство ацидофилов отвечает условиям слабо кислой реакции pH (6,5), индифферентов по отношению к галобности – низкой ее минерализации, а доминирование арктоальпийских видов подтверждает холодные условия развития диатомовой флоры.

Особенно необходимо отметить изменение режима, которое проявилось в осадках в интервале глубин 3,0-2,8 м. Здесь отмечается абсолютное господство эпифитов: *Achnanthes, Gomphonema, Eunotia, Tabellaria flocculosa+fenestrata*, донных *Navicula, Nitzschia, Surirella,* что свидетельствует о резком снижении уровня водоема. Увеличение роли ацидофилов за счет видов *Tabellaria flocculosa, Eunotia* указывает на подкисление среды вследствие заболачивания берегов. Большинство вышеотмеченных видов предпочитают развиваться в воде с активной реакцией около 7. В это же время наблюдается максимум количественного развития диатомовой флоры, чему могло способствовать несколько факторов: мелководность водоема, хорошая прогреваемость, прозрачность, высокое содержание в воде растворенной кремнекислоты и незначительное – 0,3% соединений Ca (CaO), наличие соединений фосфора (P_2O_5). В данном диатомовом комплексе отмечается наибольшее разнообразие видов. Химический состав отложений в пределах глубин 2,8-3,0 указывает на высокое содержание двуокиси кремния (75,5%, табл.6), подтверждая максимальное содержание створок в осадках, а также хорошее качество диатомитов. По-видимому, оно обусловлено как видовым разнообразием, так и отличной сохранностью створок.

IV этап (2,8-2,5 м) – вновь происходит смена доминант: эпифиты и донные вытесняются планктонными *Aulacoseira distans et var. var.,* свидетельствующими о подъеме уровня водоема. Их господство было обусловлено, вероятно, притоком гуминовых вод, вследствие увлажнения климата и заболачивания берегов озера. Таким образом, на основании вышеизложенного мы видим, что режим Тедрилампи в течение времени отложения диатомитов, вскрытых скважиной, был нестабильным и динамичным. Активная реакция воды pH изменялась от щелочной в начале их седиментации (6,2-3,0 м) до кислой (2,5 м). В момент отложения нижних горизонтов вода в водоеме была более минерализована, вероятно, за счет подземного питания, о чем свидетельствует присутствие слабых галофилов *Fragilaria pinnata* и др., затем приток минерализованных вод прекратился и усилилось поступление гуминовых. Качество сапропелевых диатомитов различается по глубинам и зависит от породообразующего состава. С нашей точки зрения, в пределах глубин 6,0-4,0 м, где наблюдается высокая численность створок (рис.10) и относительная однородность состава диатомового комплекса, представленного видами центрической формы из рода *Aulacoseira* и пеннатными *Fragilaria* качество диатомита самое лучшее. В интервале 3,0-2,8 м диатомит другого видового состава и должен отличаться по своим физическим свойствам. Вероятно, этот отрезок представляет какую-то короткую аномалию в развитии водоема.

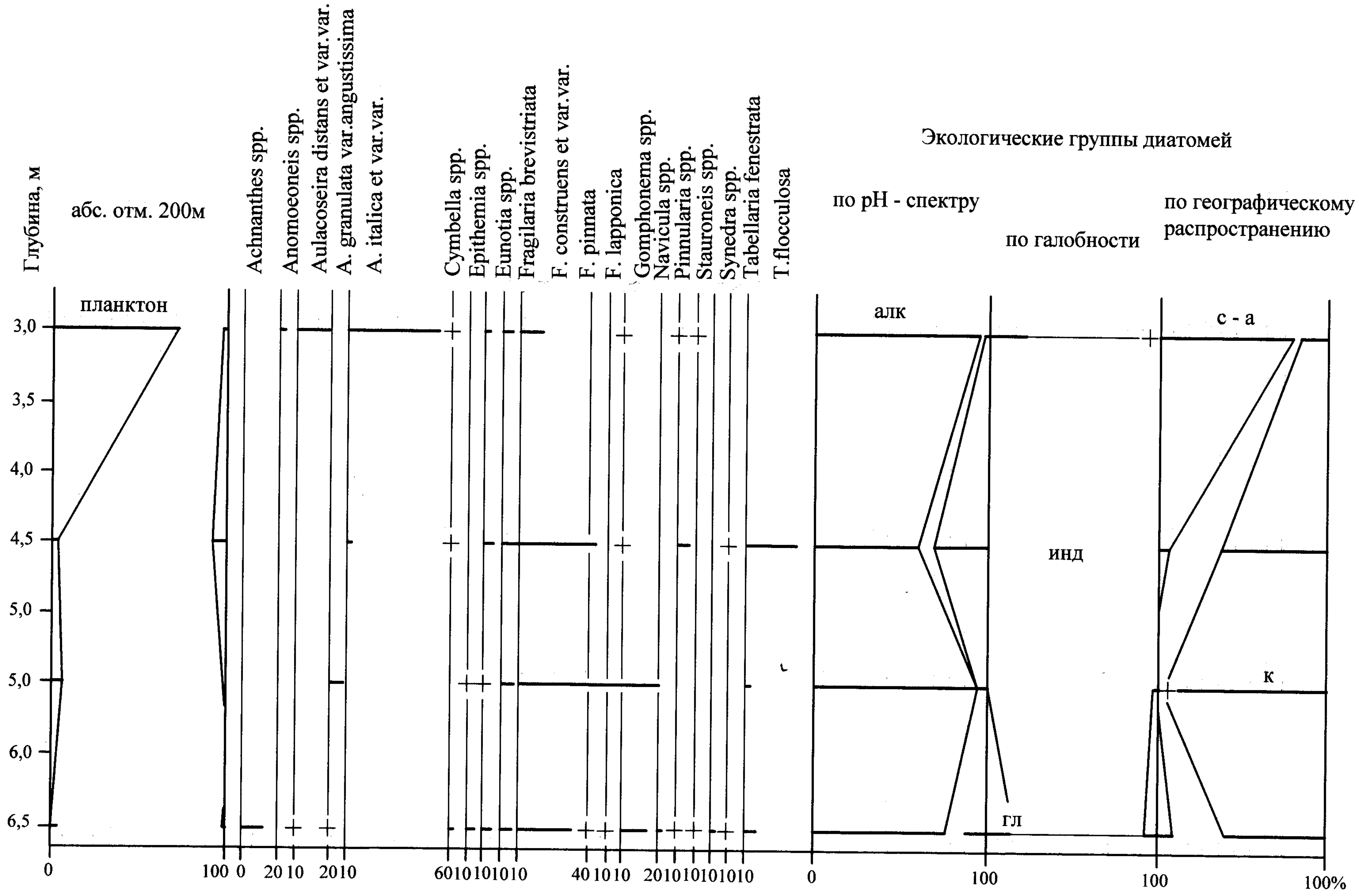


Рис.11. **Диатомовая диаграмма и экологические группы диатомей озера Узкое**

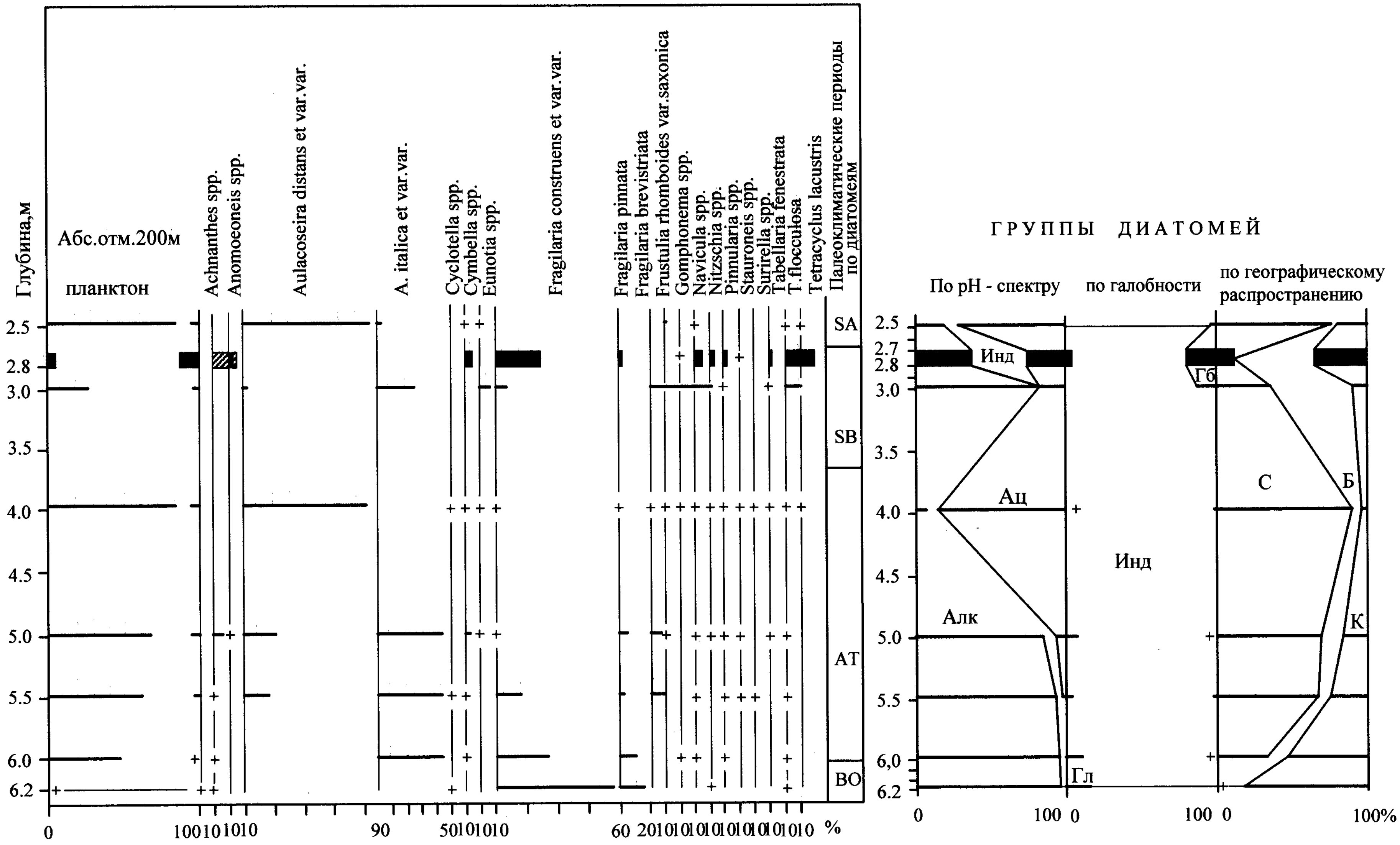


Рис.12. **Диатомовая диаграмма и группы диатомей по pH-спектру, галобности и географическому распространению диатомитов озера Тедрилампи**

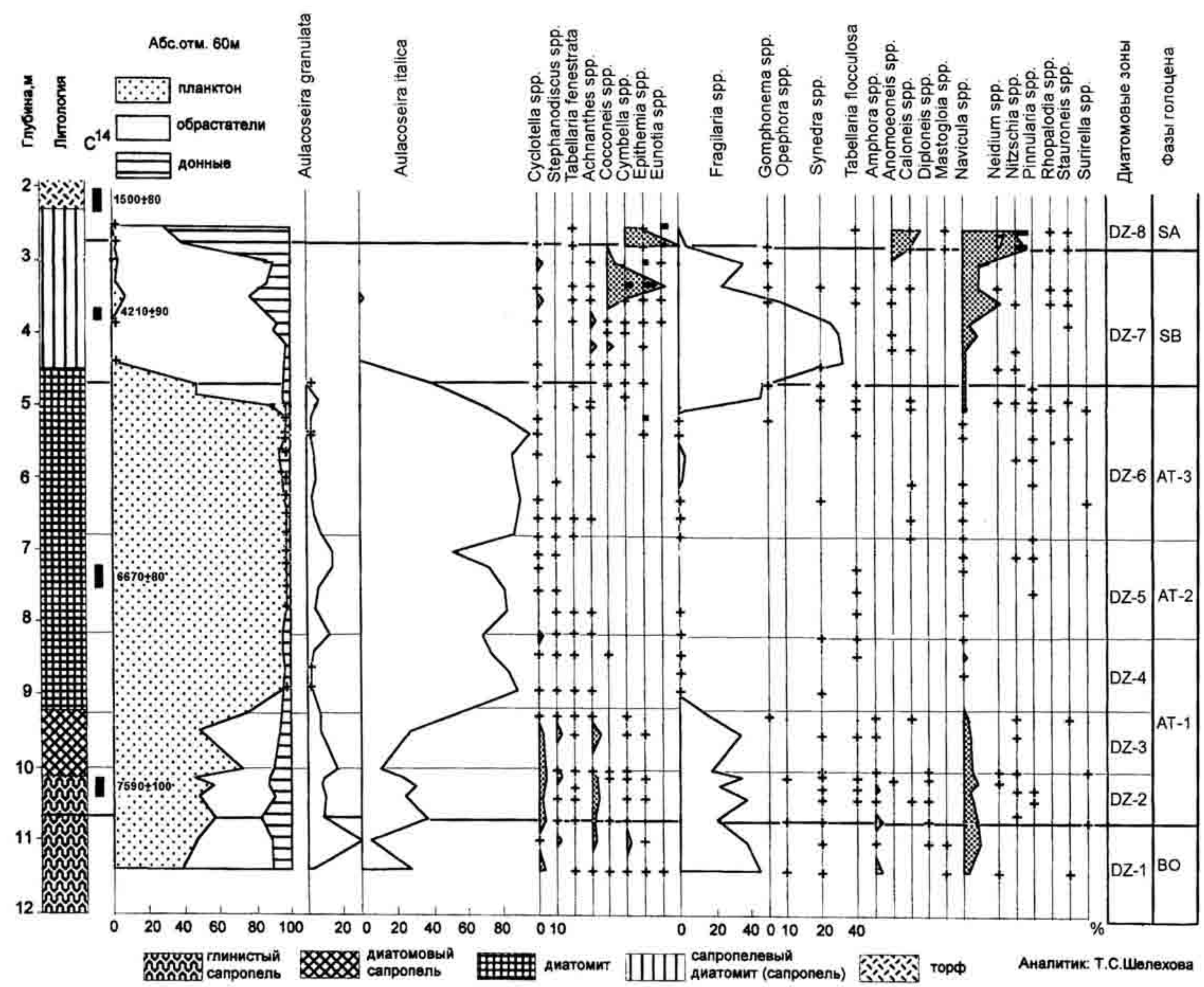


Рис.13. **Диатомовая диаграмма озерных отложений разреза Руоколампи**

Разрезы «Муезерка» и «Узкое» расположены в пределах зоны предфронтальных зандровых равнин, входящих в состав комплекса краевых образований стадии сальпаусселькя-II, сформировавшихся около 12200 (10200 по C^{14}) лет назад (Демидов, 1994), а разрез « Тедрилампи» находится 15 км западнее этих водоемов, уже в зафронтальной зоне. В поздне- и послеледниковое время в пределах данной территории (Муезерский – Тикша – Ругозеро) существовал крупный пресноводный водоем, окруженный серией более мелких озёр. По составу диатомовых комплексов трудно судить о синхронности или гетерохронности образования водоемов. Возможно, что озеро, ныне представляющее собой излучину р. Муезерка, сформировалось немного раньше, уровень его регулировался рекой и подземным водами, в результате не происходило резких колебаний режима, в то время как мелкие замкнутые котловины «Узкое» и «Тедрилампи» зависели от поверхностного стока. Вероятно, сапропелевые диатомиты в Тедрилампи начали отлагаться позднее, так как данная территория позже освободилась ото льда. Косвенным подтверждением этого факта может быть короткий первый этап накопления диатомовых сапропелей с фазой *Fragilaria*, а также резкая смена доминант между I и II этапом. Благодаря более детальному отбору проб в озере Тедрилампи, удалось точнее установить колебания его уровня, которые, возможно, отражают изменения увлажненности и сухости климата в голоцене. I этап – BO – климат сравнительно сухой, теплый, уровень низкий; II – AT – теплый, влажный – повышение уровня; III – SB – сравнительно сухой, прохладный – снижение уровня; IV – SA – увлажнение климата, повышение уровня.

Начало накопления органогенных осадков в этом районе (болото около п. Ругозеро) по данным Г.А. Елиной (Елина, 1981) относится к бореальному времени и составляет 9230±80 (TA-1129). Недалеко от него севернее п. Ругозеро были обнаружены диатомиты, состав которых сходен с изученными. Из базальных слоев 8-ми метровой толщи диатомитов в разрезе «Муезерка» (0,5 м выше контакта с подстилающими песками) получена радиоуглеродная датировка 8550±120 лет по C^{14} (ЛЕ – 6137), подтверждающая вышепрведенные данные, свидетельствующие о начале их накоплении около 9000 лет назад по C^{14}, т.е. в начале бореального периода (~ 10200 календарных лет назад). Примерно в это же время начали накапливаться кольские диатомиты в озере Ковдор, болоте Травяное Мурманской области (Малясова, Джиноридзе, 1977; Евзеров, Каган, Лебедева, 1983), диатомиты безымянного озера в 12 км к востоку-северо-востоку от озера Паанаярви (прил.1, № 29, скв. Пн-88-7; Экман, 1989), голоценовые диатомиты из районов центральной Финляндии, изученные Т. Грёнлунд (Grönlund, 1986, 1989). Последние сложены однотипными с муезерскими диатомовыми комплексами, свидетельствующими о сходных физико-географических условиях осадконакопления. И те и другие формировались в слабощелочной среде, которая постепенно менялась до нейтральной или слабокислой. По всем имеющимся данным получается, что самым благоприятным временем для начальных стадий седиментации диатомитов следует считать конец бореала – начало атлантикума. Водоёмы должны быть с относительно теплой, прозрачной водой, слабоминерализованные, с активной реакцией воды от слабокислой (pH 5,5) до слабощелочной.

Породообразующий состав карельских диатомитов частично схож с Кольскими из месторождения «Травяное» и диатомитами центральной Финляндии. В месторождении «Травяное» (Малясова, Джиноридзе, 1977) авторы выделяют два типа: первый – представлен диатомовыми родов ***Fragilaria*** и ***Melosira*** **(*Aulacoseira*),** второй – ***Anomoeoneis-Frustulia-Tabellaria-Eunotia***. Эти виды доминируют и в диатомитах Карелии. В Кольских обнаружено около 200 видов и разновидностей диатомовой флоры, а в карельских систематический список всех пяти типов диатомитов насчитывает около 230 видов и разновидностей (Прил.3). Следует отметить, однако, что он далеко не полный и, если целенаправленно провести изучение видового разнообразия диатомитов, то состав диатомовой флоры значительно увеличится. Полный систематический список диатомовых водорослей диатомитов Карелии может быть представлен разнообразной флорой, характерной для голоцена Карелии.

В 12 месторождениях центральной Финляндии породообразующими являются планктонные из рода ***Aulacoseira (A. granulata, A. ambiqua, A. distans var. alpigena, A. lirata var. perglabra, A. italica var. valida. A. italica var. subarctica)***, а также эпифиты и донные: ***Fragilaria construens, F. construens var. venter, Tabellaria fenestrata, Pinnularia spp., Cymbella spp., Frustulia rhomboides, Anomoeoneis serians var. brachysira, Eunotia robusta, E. veneris, E. pectinales var. ventrales.*** Если сравнить данный список с приведенным в табл.4, то мы легко обнаружим значительное сходство. Более того, выявленные значения pH (5,4 – 7,8) показывают, что диатомовые комплексы центральной Финляндии развивались в среде, изменяющейся от слабокислой до щелочной, что характерно и для условий Карелии. Т. Гренлунд (Grönlund, 1989) выделяет три группы диатомитов по отношению к pH: с преобладанием алкалифилов (pH >7), с преобладанием ацидофилов (pH 5,5-6,8) и смешанный тип, в котором породообразующими видами являются и те и другие (pH 6,8-7,8). Тенденция снижения значений pH отмечается во всех разрезах снизу вверх, т.е. в процессе естественного зарастания и закисления водоемов, в которых накапливались диатомиты. Соответственно этому процессу сменялся и состав породообразующих видов: от алкалифилов к ацидофилам. В финских диатомитах выявлено также около 200 видов и разновидностей диатомовой флоры (104-199 таксонов).

Большинство исследованных образцов диатомитов получено из донных отложений озер. Однако, вполне вероятно, что большие запасы их могут быть обнаружены и в болотных массивах, под торфом, которые образовались на месте бывших водоемов. Это подтверждается нашими исследованиями, выполненными по разрезу Руоколампи, расположенному в пределах заповедника «Кивач» (Филимонова, Шелехова, 2005). Здесь выявлен слой диатомитов, мощностью 4,25 м, залегающий под торфом с богатой и разнообразной диатомовой флорой, представленной 200 видами и разновидностями, среди которых выделяется два породообразующих вида, планктонные ***Aulacoseira granulata и Aulacoseira italica*** с разновидностями, ранее отмечаемые в первом типе диатомитов. Содержание двуокиси кремния в них колеблется от 54,9% до 64,3%. После удаления органики эти показатели будут заметно выше. Створки здесь хорошей сохранности. Практически однородный диатомит накапливался в атлантическое время. На диатомовой диаграмме (рис.13) показана смена диатомовых комплексов с бореального времени по субатлантическое.

Анализируя полученные данные можно с уверенностью сказать, что диатомиты Карелии сформировались в основном в относительно мелководных условиях, на глубинах 2-3-4 м. Максимальная глубина не превышала 4-5 м. Минерализация воды во всех водоемах была невысокой, а pH колебалась от 5,5 до 6,5. Лишь незначительная часть диатомитов, главным образом фрагиляриевого типа накапливалась в условиях нейтральной или слабощелочной среды (pH 7-7,5) в литоральной зоне водоемов. Диатомиты I,III, IV типов, как правило, состоят из створок хорошей сохранности и содержат незначительное количество обломков. Однако, содержание их в 1 г/ос отличается. Это зависит от форм и размеров панцирей. В диатомитах, сформировавшиеся из планктонных диатомей рода ***Aulacoseira*** (I тип), содержание двуокиси кремния чаще всего превышает 60% и достигает 95%, а численность створок в 1 г/ос – 200-500 млн., что свидетельствует об их высоком качестве.

Диатомиты, состоящие из крупных эллиптическо-ланцетных створок рода ***Anomoeoneis*** и ***Frustulia*** (IV тип), достигающие длины 100-140 микрон также хорошей сохранности. Содержание SiO_2 изменяется в пределах 62-69,2%, а количество створок в 1 г/ос в них около 200-260 млн.

Больше обломков присутствует в диатомитах фрагиляриевого типа: ***Fragilaria brevistriata, F. construens+v.binidis,+v.venter***, вероятно, из-за значительно меньших размеров створок (в среднем 40 мкм), большей их хрупкости и подверженности разрушениям. Содержание двуокиси кремния колеблется в больших пределах (от 40 до 75,5%), численность створок в 1 г/ос от 100 до 240 млн.

В V типе диатомитов, сложенных створками видов рода ***Eunotia*****,** несколько худшая сохранность створок и присутствует большое количество аморфного кремнезема. Полученные данные по четырем типам диатомитов указывают на различия в, удельном весе и удельной поверхности (Табл. 7).

Самая большая удельная поверхность наблюдается в **I типе** диатомитов. В двух исследованных образцах показатели удельной поверхности и удельного веса очень близкие и составляют соответственно 38,6 и 39,4 $м^2$/г осадка и 0.25 и 0.32 г/ $см^3$. Диатомиты смешанного типа (III тип), характеризуются самым высоким по сравнению с остальными удельным весом (0,86 г/$см^3$), но показатели удельной поверхности заметно ниже – 23,9 $м^2$/г.

В IV типе диатомитов показатели удельного веса и удельной поверхности самые низкие по сравнению со всеми остальными. V тип диатомитов по удельному весу (0,47) и удельной поверхности (22,1) отличается от всех остальных. Таким образом, изучив вышеназванные параметры для I,III,IV,V типов диатомитов, из таблицы хорошо видно, что все они различны, также как и их породообразующий состав. **Следовательно, форма и размеры створок, слагающих диатомиты, оказывают влияние на их физико-химические характеристики, а от последних зависят адсорбционные, абразивные и другие свойства диатомитов.**

На основании проанализированных данных можно заключить, что абсолютно одинаковых по породообразующему составу диатомитов в природе не существует.

По набору доминантных и субдоминантных видов регионально диатомиты могут отличаться незначительно, но соотношение их в каждом комплексе абсолютно индивидуально. В процессе развития водоемов и накопления в них диатомитов можно выявить лишь общие тенденции, касающиеся изменений, связанных с климатом, понижением или подъемом уровней, эвтрофированием водоемов.

Глава 5

ФОРМИРОВАНИЕ ДИАТОМИТОВ КАРЕЛИИ

5.1 Общие сведения о диатомитах Карелии

Диатомиты Карелии являются озерными образованиями голоценового возраста (моложе 12 000 календарных лет) и представляют собой рыхлую или слабосцементированную, а во влажном состоянии – студнеобразную, пластичную кремнистую породу, более чем на 50% состоящую из опаловых панцирей диатомей – одноклеточных микроскопических водорослей (см. рис.8). Как правило, диатомиты Карелии залегают на дне небольших озер и болот на глубине 2-7 м. Средняя мощность пласта составляет 2-4 м, достигая местами 8 м. (Муезерское месторождение). В настоящей работе под диатомитами понимаются озерные илы содержащие более 50% двуокиси кремния, содержащие 35-49% SiO_2 отнесены к диатомовым сапропелям, менее 35% – к сапропелям.

Цвет диатомитов во влажном состоянии обычно бурый, коричневый, зеленовато-коричневый. Встречаются небольшие по мощности, от 0.4 до 60 см, линзы белого диатомита. Иногда примеси железа и марганца окрашивают диатомит в желтый, кремовый, светло коричневый, красный или вишневый цвета. В сухом состоянии диатомит обычно серый, бежевый. Чистые разновидности – снежно белые, с примесью железа – от нежно-розовых до охристо-оранжевых и красных.

Относительная влажность диатомитов в естественном состоянии (на дне озер и болот) колеблется от 75 до 88%, абсолютная влажность – от 370 до 850% и обычно уменьшается с глубиной. В западной Карелии известно два месторождения и несколько местопроявлений диатомитов на древних озерных террасах выше уровня современных водоемов в долинах рек Койтайоки и Суна (Государственная.., 1983, Борисов, 1952). Влажность их существенно меньше. Залегающие на суше диатомиты известны в Архангельской области у границ с Карелией между озерами Ик и Монастырское и на р. Волошва (Геология СССР…, 1965). ***Плотность диатомитов*** в естественном состоянии составляет 1.06 –1.3 г/см^3, прокаленных при температуре 700^o образцов от 0.19 до 0.84 г/см^3. Удельная поверхность их зависит от степени загрязненности минеральными и органическими частицами, от количества и видового состава породообразующих диатомей и степени сохранности последних. По нашим данным удельная поверхность прокаленных при 700^o диатомитов из западной Карелии изменяется от 10 до 40 м^2 на грамм осадка (Табл. 7).

В настоящее время в Карелии выделяется пять типов диатомитов, в которых 31 вид является породообразующим. Типы диатомитов, основные породообразующие виды, их эколого-географические характеристики даны в предыдущей главе. В Приложении 3 приводится полный список, насчитывающий около 230 видов и разновидностей диатомовой флоры.

Таблица 7

Физико-химические свойства диатомитов Карелии после прокаливания при Т=700^o в течение 1.5 часа

(В скобках данные по не прокаленному образцу)

№	№ Т.н	Удельный вес, г/см^3	Удельная поверхность, м^2/г	SiO_2	Al_2O_3	Fe общ	П.п.п	Цвет после обжига
1	11	0.32	**39.4**	90.9 (55.1)	2.7 (1.65)	3.6 (1.37)	(39.4)	Розовато-белый
2	16	0.86	23.9	94.8 (88.3)	1.9 (1.77)	1.44 (1.33)	(7.06)	Розовато-белый
3	18	0.19	10.7	95.3 (62.7)	2.3 (1.54)	0.35 (0.23)	(34.2)	Абсолютно белый
4	23	0.47	22.1	93.0 (44.3)	2.69 (1.28)	0.77 (1.62)	(52.4)	Абсолютно белый
5	46	0.45	18,7	90.3 (63.2)	4.03 (2.83)	2.17 (1.52)	(29.9)	Розовато-белый
6	55	0.25	**38.6**	84.9 (64.9)	3.27 (2.5)	9.22 (7.09)	(23.4)	Оранжевый

Химический состав диатомитов является одним из основных показателей их качества. В природных (необогащенных) образцах содержание SiO_2 колеблется от 50 до 70%, иногда достигая 80-95,2%. Содержание ухудшающих качество диатомитов полуторных окислов алюминия и железа (R2O3=Fe_2O_3 + Al_2O_3) колеблется от 0,8% до 12%, а содержание органики от 0,17 до 45%. При пересчете на прокаленный образец содержание SiO_2 составляет 76-96% (Табл. 7, 8).

Таблица 8

Химический состав диатомитов и диатомовых сапропелей Карелии

(В скобках дан пересчет на прокаленный образец)

Отложения	**SiO_2**	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	**П.п.п**
Линзы белого диатомита (5 проб)	**81.3– 95.0**	2.46–2.5	0.13–0.3	0.6–0.62	0.3–2.53	0.06–14.2
Коричневый диатомит (20 проб)	**55.05–77.98**	0.48–6.9	0.02 –0.82	0.19–3.7	0.3–2.25	11.1–34.2
Сапропели и диатомовый сапропель (27 проб)	1.68–47.77	0.4–7.5	0.09–15	0.13–12.71	0.45–2.92	52.4–94.9
Диатомит белый. п.Волома, Муезерский р-н	95.02 (96)	2.50	0.13	0.62	0.3	0.06
Диатомит белый. Калевальский р-н	84.69 (95.9)	1.40	0.18	–	2.53	13.09
Диатомит коричневый, железистый Муезерский р/н	62.39 (71.06)	3.82	19.81	0.01	0.38	11.72
Диатомит коричневый, Калевала	61.64 (90.42)	2.66	0.07	1.7	0.68	31.83
Диатомит коричневый, пос. Муезерский	69.59 (90.03)	2.45	1.51	1.68	1.07	22.34
Диатомит оз.Ряпукс, Лоухский р-н *	56.69 (76.81)	0.75	5.05	–	–	26.18
Диатомит коричневый, Пудожский р-н	64.72 (83.18)	7.19	1.28	1.08	0.77	22.20
Диатомовый сапропель, Суоярвский р-н	39.95 (90.58)	2.04	0.11	0.76	0.92	55.09
Диатомовый сапропель, Медвежьегорский р-н	42.28 (67.7)	3.61	3.94	1.98	0.74	37.27

Следует отметить, что в диатомовых сапропелях с содержанием SiO_2 от 35 до 49%, при пересчете данных химических анализов на прокаленный образец содержание SiO_2 может достигать 88%.

В целом диатомиты Карелии по химическому составу схожи с диатомитами Кольского п-ова и Финляндии и заметно отличается от диатомитов Ленинградской области, обнаруженных в террасах древних водоемов и в значительной степени обогащеных песком (Табл. 9, 10, 11).

Таблица 9

Химический состав диатомитов Кольского полуострова

(Полонский, 1934*, Варданянц, 1936)

N	Месторождение	SiO_2 общее	Al_2O_3	Fe_2O_3	H_2O	П.п.п.
1	Пулозеро, северное*	65.66	1.77	1.45	4.74	24.66
2	Нюдозеро*	62.83	3.98	1.84	6.53	24.41
3	Сейдозеро*	60	4.29			33.74
4	Сергевань*	69.43	6.20	3.50		18.52
5	Ст.Зашеек*	61.99	2.64			33.02
6	Оз.Гангас	64.73	0.52	0.41		33.15
7	Лозозеро	50.27	3.62	2.95		42.31

Таблица 10

Химический состав диатомитов средней Финляндии (Grönlund, 1989)

Местопроявление	Глубина, см	**SiO_2, %**	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	П.п.п., %
Ихаккиламенсуо	200–205	**65.4**	7.54	3.07	1.81	1.21	1.65	1.54	16.9
Большое Раутасуо	150–155	**70.0**	2.23	0.99	0.58	0.28	0.38	0.35	23.5
Йоутаваньянсуо	230–235	**71.5**	2.07	0.66	0.42	0.08	0.06	0.07	25.1
Куркисуо	270–275	**72.2**	2.24	0.96	0.53	0.19	0.28	0.26	23.6
Маунусуо	190–195	**64.8**	0.76	0.50	0.34	0.08	0.04	0.03	31.4
Пенгерьёнсуо	350–360	**58.7**	2.33	2.05	0.24	0.23	0.25	0.28	34.5
Хетонсуо	170–180	**60.8**	2.01	1.37	0.18	0.22	0.19	0.19	34.1
Хинккасуо	150–160	**60.2**	1.38	1.50	0.11	0.23	0.17	0.12	35.7
Укконмурронсуо	200–210	**53.5**	1.72	0.79	0.13	0.25	0.18	0.18	41.8
Хоусунярвенсуо	220–225	**62.2**	1.86	1.09	0.41	0.13	0.17	0.17	34.1
Кульюнсуо	250–255	**57.5**	2.92	2.68	0.54	0.13	0.10	0.10	32.5
Келаоянсуо	220–240	**75.7**	3.77	1.71	0.80	0.42	0.76	0.69	14.3

Таблица 11

Химический состав месторождений диатомитов Ленинградской области
(Прусс, 1975)

Месторождение	**SiO_2**	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	П.п.п
Тырвала	**46–85%**	6.1–17.1		1.03–3.05	0.56–2.17	2.68–40.75
Лешее Болото-Хаболово	**46–79**	8–15	2–6	1–2	1–2	1–35
Орлы-Куровицы	**53–84**	7–11	2–6	2–6	0.6–2	2–23
Калливере-Горки	**64–80**	0.9–11.4				

5.2 Распространение диатомитов на территории Карелии

Наиболее широко диатомиты распространены в северной и западной Карелии (Рис.14, Приложение 1). Условно, по особенностям климата и строения четвертичного покрова, территория Карелии разделена на ряд провинций.

5.2.1. Северо – Карельская провинция

Северо-Карельская провинция включает Лоухский и Кемский административные районы Республики Карелия.

По данным П.А.Варданянца (1936), основанным на результатах поисков диатомитов, проведенных Ленинградским геолого-гидро-геодезическим трестом в 30-х годах вдоль Октябрьской (тогда Кировской) железной дороги от станции Кемь до станции Кандалакша, диатомиты широко распространены в 10-ти километровой зоне, прилегающей к железной дороге в Лоухском и Кандалакшском районах. Южнее, в Кемском районе диатомовые отложения встречались значительно реже. Всего, по данным П.А. Варданянца (1936), в северной Карелии (вместе с частью Кандалакшского района Мурманской области) выявлено 12 месторождений диатомитов с суммарными запасами по категории С1 5 090 000 $м^3$. Из них на территории Карелии – 5 месторождений с запасами 2 241 000 $м^3$ (Табл.12, Рис. 15). Помимо вышеуказанных месторождений, было также обнаружено еще 19 месторождений, подсчет запасов в которых не проводился ввиду недостаточной изученности. П.А.Варданянц отмечает, «что при рекогносцировочных работах 1934 г почти не встречено озер без диатомитовых отложений, что позволяет говорить о широком распространении их в водоемах северной Карелии и о больших перспективных запасах диатомита, промышленное значение которого на территории северной Карелии можно считать установленным». По составу диатомиты северной Карелии практически аналогичны диатомитам Кольского п-ова, которые уже получили промышленное применение (см. Табл. 8, 9).

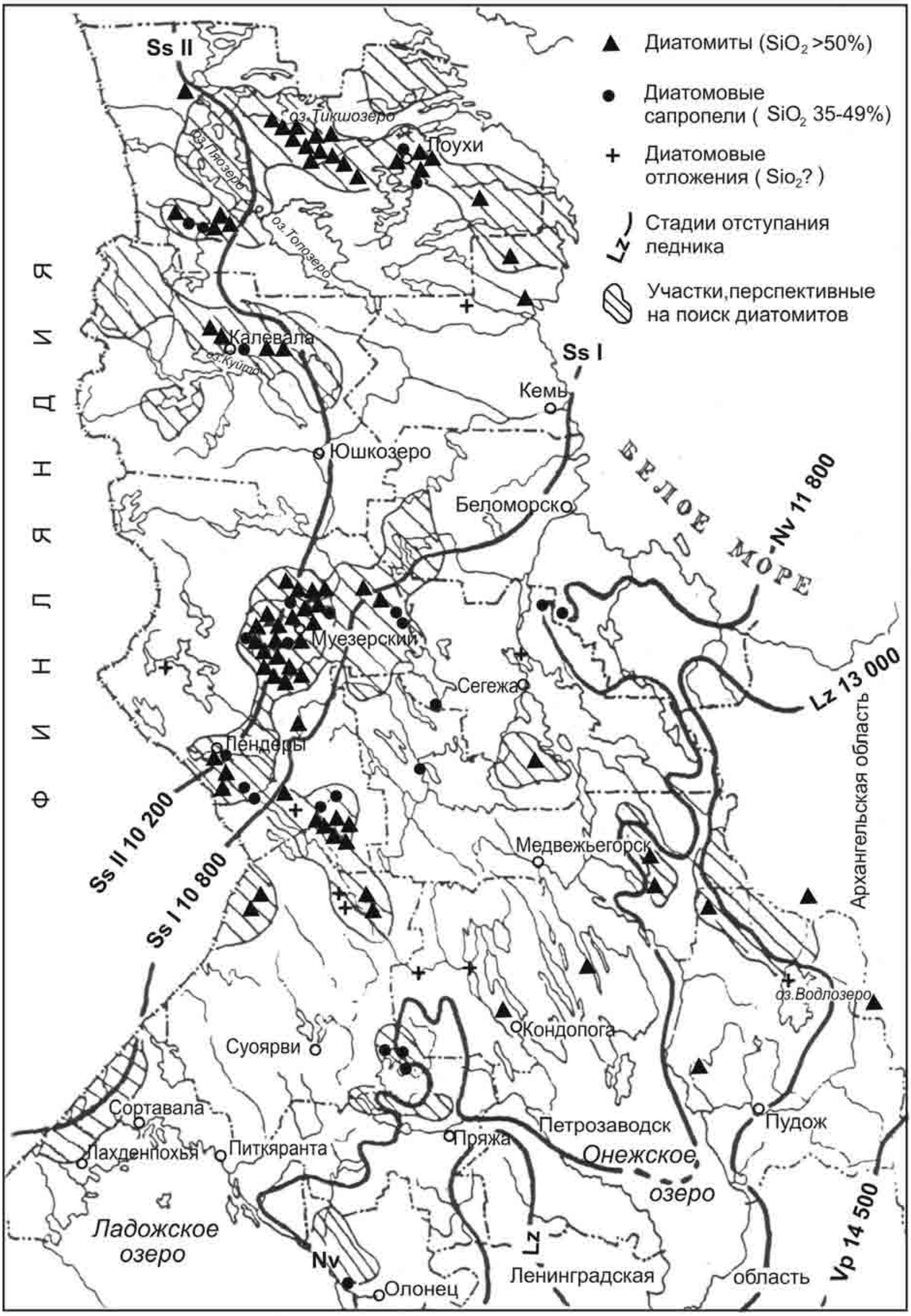


Рис.14. **Схема размещения месторождений и местопроявлений диатомовых озерных отложений Карелии**

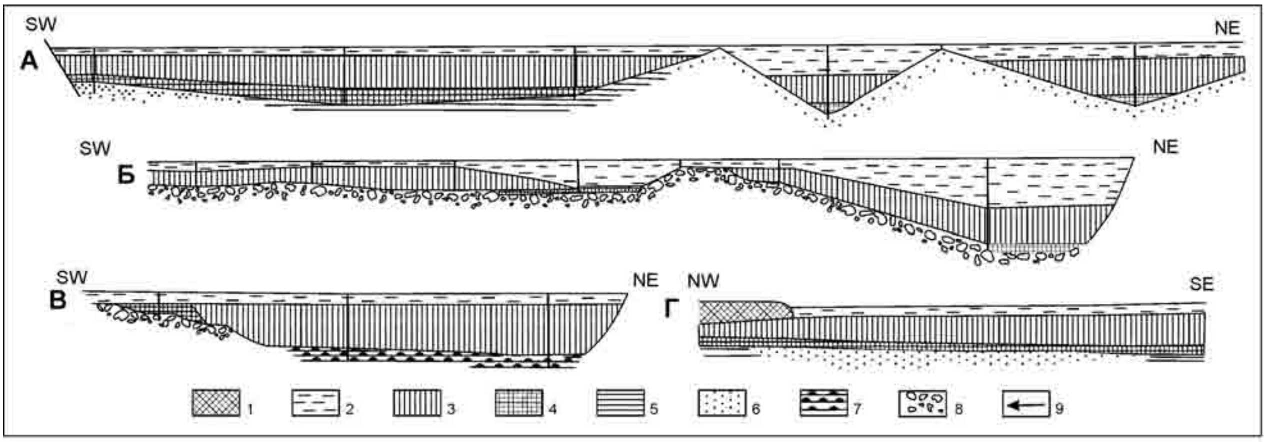


Рис.15. **Геологические профили озерных отложений диатомитов Северной Карелии (Варданянц, 1936).**

Условные обозначения: А – ламбина Амбарная (Карелия); Мурманская область: В – оз. Гангас; С – оз. Малое Щучье; D – оз. Ряпукс (Карелия). 1 – торф; 2 – вода; 3 – диатомит; 4 – глинистый диатомит; 5 – песчаный диатомит; 6 – глина; 7 – песок; 8 – глина с фауной; 9 – валуны с гравием (морена); 1 – направление течения воды. Масштабы: горизонтальный 1: 2000, вертикальный 1:200

Таблица 12

Состав и запасы основных месторождений диатомитов Карелии

№	Месторождение	Химический анализ, %					Запасы (тыс. м^3 по С1)
		SiO_2	**Al_2O_3**	**Fe_2O_3**	**CaO**	**П.п.п**	
	Лоухский район						
1	Ламба Амбарная	57–59	2.2–2.8	3.4–4.0		26–36	161
2	Ряпукс озеро	54–57	0.7–4.0	3.5–5.0		33–35	1400
3	Вайвас озеро						577
4	Кяпели (Тунгозеро)	68–84	2.5	2.64			600
	Кемский район						
5	Кондозеро						49
6	Сигозеро						54
	Муезерский район						
7	Муезерское	63–87	1.9–3.3	0.9–4.2	0.3–3.1	6.2–28	172
8	Леппаламби						260
9	Проточное	65–78	2.2–11	1.1–2.2	0.5–3.1	8–18	260
10	Тедрилампи	60–76	1.4–3.0	1.5–5.1	0.3–0.8	20–27	330
	Суорвский район						
11	Койтайоки	80	1.78		0.4	10.2	2.7
12	Луовенйоки	77					12
	Олонецкий район						
13	Ильинское (диатомовые сапропелиты)						1200

В 2000 году нами было исследовано 6 озер в районе пос. Лоухи, прилегающих к трассе Петербург – Мурманск. Исследования проводились в летний период, что позволило получить лишь небольшие разрезы донных отложений с заболоченных берегов. В двух водоемах отложения представлены торфом, ещё в двух – коричневыми диатомитами с содержанием SiO_2 62% и в двух – диатомовыми сапропелями с содержанием SiO_2 35-45%. Мощность диатомовых отложений изменялась от 2.5 до 3.5 м. Таким образом, наши данные подтверждают выводы П.А.Варданянца о перспективности восточной части Лоухского района на поиски диатомитов.

Значительное количество озер с диатомитами было обнаружено и на севере Лоухского района, южнее оз. Тикшозеро. Вероятно, богатые фосфором породы Тикшезерского и Елетьозерского массивов способствовали развитию диатомей и формированию залежей диатомитов в озерах, непосредственно прилегающих к вышеуказанным массивам. В 17-ти водоемах, расположенных между трассой Лоухи-Пяозерский и оз. Тикшозеро встречены диатомиты и диатомовые сапропели мощностью от 1 до 4-х метров. Содержание SiO_2 изменяется от 35 до 67%. Встречены и линзы желтого и белого диатомита мощностью до 20 см (предположительно содержащие ~ 80% SiO_2).

В западной части Лоухского района было известно Кяппельское месторождение диатомитов с запасами около 600000 $м^3$, состоящее из группы небольших ламб, расположенных южнее пос. Тунгозеро (Борисов, 1952). По нашим данным диатомиты мощностью от 2 до 3,5 м обнаружены в 4 ламбах этого района. Содержание SiO_2 достигает в них 70%. В трех ламбах вскрыты диатомовые сапропели с содержанием SiO_2 38%. Западнее пос. Тунгозеро, в р-не пос. Пяозерский также обнаружены диатомиты в 3-х озерах.

Двухметровая толща диатомитов и диатомовых сапропелей, залегающая на гаже (известковистый сапропель) известна в небольшой безымянной ламбе, расположенной в 12 км к ВСВ от восточного конца оз. Паанаярви в области денудационно-тектонического рельефа. Содержание SiO_2 в диатомовых осадках колеблется от 39 до 67% (Экман, 1995).

В Кемском районе также известны небольшие месторождения диатомитов в озерах Кондозеро и Сигозеро с запасами 49 и 54 тыс. $м^3$ соответственно (Варданянц, 1934). Также упоминалось о «богатых диатомеями глинах» в районе оз. Вокшозеро на р. Поньгома (Митрофанова, Филинцев, 1956).

Таким образом, на территории Северо-Карельской провинции в Лоухском районе можно выделить три весьма перспективных участка на поиски диатомитов: Лоухский, вдоль трасс Октябрьской железной дороги и автомобильной дороги Петербург – Мурманск от реки Поньгома до границы с Мурманской областью; Тикшезерский – от озера Тикшозеро до автомобильной трассы Лоухи – Пяозерский; Тунгозерско-Пяозерский – в районе соответствующих поселков на западе района.

5.2.2. Западно-Карельская провинция

Западно-Карельская провинция включает территории Калевальского, Муезерского, Суоярвского районов и г. Костомукша (рис. 14, прил. 1).

В Суоярвском районе в ходе Государственной геологической съемки были обнаружены Койтайокское и Луовенйокское месторождения относительно плотных диатомитов, располагающихся на древнеозерных террасах, выше современного уровня водоемов (Геологическая…, 1983). Запасы в Луовенйокском составляют 12, а в Койтайокском 2.7 тысячи $м^3$. Содержание SiO_2 достигает 79,6% (см. Рис. 14, Табл. 12).

По данным Б.Ф.Землякова (1936), П.А.Борисова (1952) диатомиты известны на северном берегу Чудозера и на восточном берегу Поросозера. По нашим данным коричневые диатомиты мощностью 1.5 и 2.5 м вскрыты скважинами в двух небольших ламбах восточнее пос. Поросозеро. Содержание SiO_2 в них достигает 63 и 66%.

В Муезерском районе выявлена большая группа озер с диатомитами и диатомовыми сапропелями. В районе пос. Муезерский – оз. Хедо диатомиты (SiO_2 50-95%) вскрыты скважинами в 12 водоемах, диатомовые сапропели – в двух. Мощность диатомитов колеблется от десятков сантиметров до 5 метров, максимальная мощность 8 м вскрыта в излучине р. Муезерка в пос. Муезерский (Рис. 16, 17, 18).

В районе оз. Тикшезеро – оз. Колонгозеро – пос. Тикша – пос. Ругозеро известно 9 озер с диатомитами (SiO_2 до 81%) и 4 озера с диатомовыми сапропелями. Шесть озер с диатомитами известны в р-оне пос. Волома, семь озер в районе озер Суккозеро – оз. Гимольское и семь озер с диатомовыми осадками в районе пос. Лендеры – оз. Лубоярви, одно озеро у станции Пенинга. Также в литературе имеются упоминания о находках диатомитов в районе с. Реболы и в верховьях рек Суна и Сойма, южнее оз. Ковдозера (Земляков, 1936, Борисов, 1952). Всего в настоящее время в Муезерском районе известно 55 местопроявлений и месторождений диатомитов и диатомовых сапропелей. На наш взгляд, Муезерский район является наиболее перспективным на поиски новых месторождений .

Калевальский район менее изучен в интересующем нас аспекте проблемы. Из 13 опробованных озер, расположенных севернее оз. Среднее Куйто в 4 встречены диатомиты, в одном – диатомовый сапропель. В целом район весьма перспективный.

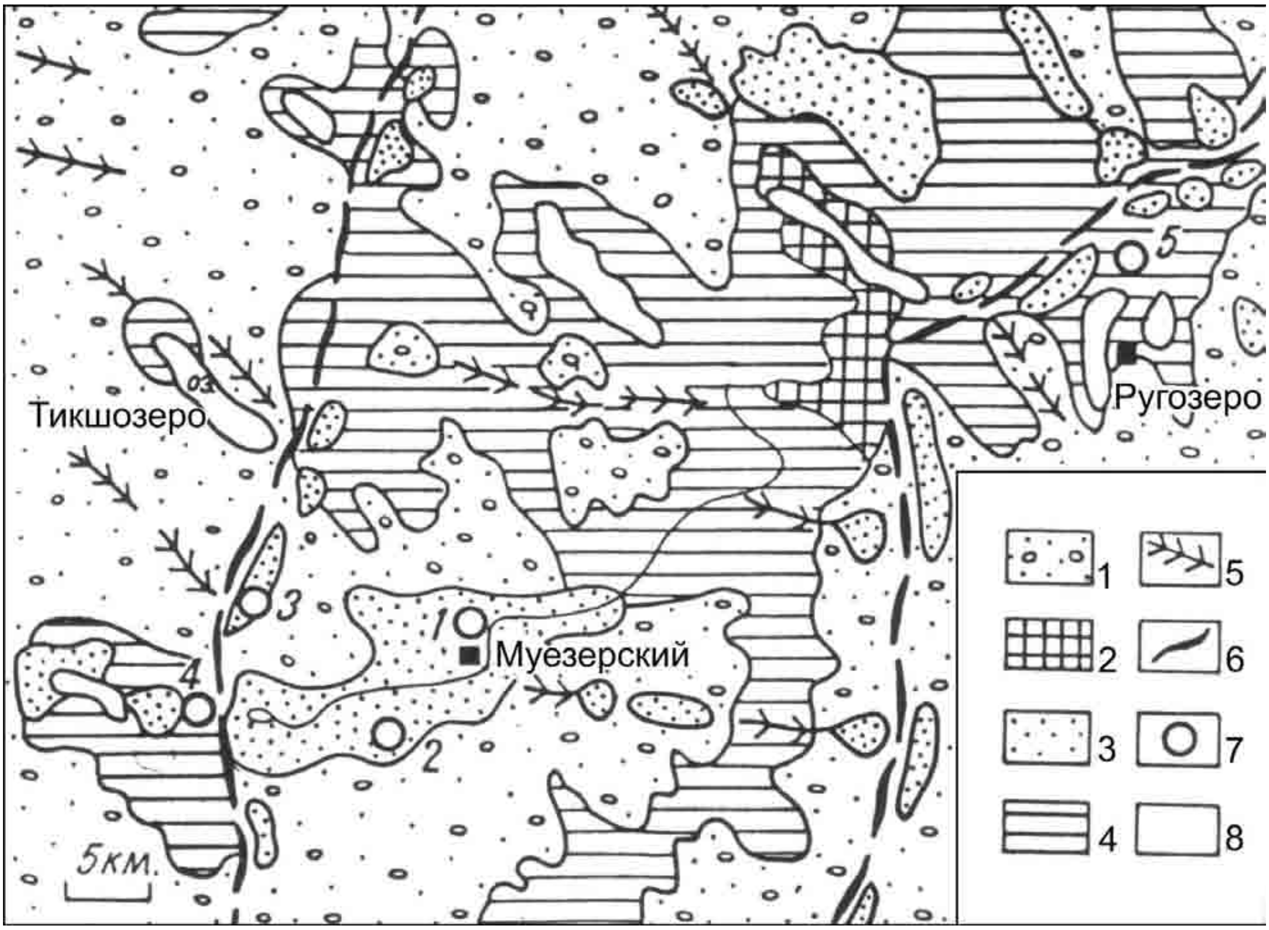


Рис.16. **Четвертичные отложения и местопроявления диатомитов в районе поселков Муезерский и Ругозеро в Западной Карелии.**

Условные обозначения: 1 – озерно-ледниковые пески и супеси, 2 – холмистая морена. 3 – флювиогляциальные пески, 4 – озерно-ледниковые пески и супеси. 5 – озы. 6 – краевые морены. 7 – месторождения диатомитов (1 – Муезерка, 2 – Проточное, 3 – Тедрилампи, 4 – Леппаламби, 5 – Эльмилампи), 8 – озера

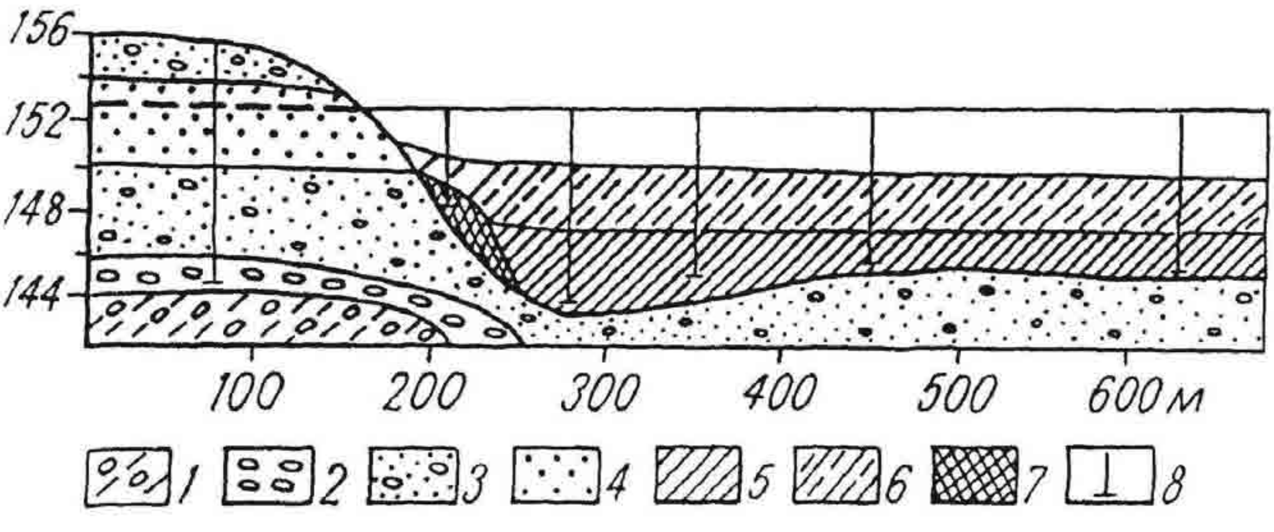


Рис.17. **Геологический разрез месторождения диатомитов на дне излучины р. Муезерка в пос. Муезерский (построен с использованием данных Института «Карелпроект»).**

Условные обозначения: 1 – морена, 2 – галечник, 3 – пески гравелистые, 4 – пески крупнозернистые. Диатомиты: 5 – темно-коричневые, 6 – коричневые, 7 – желто-белые, 8 – скважины

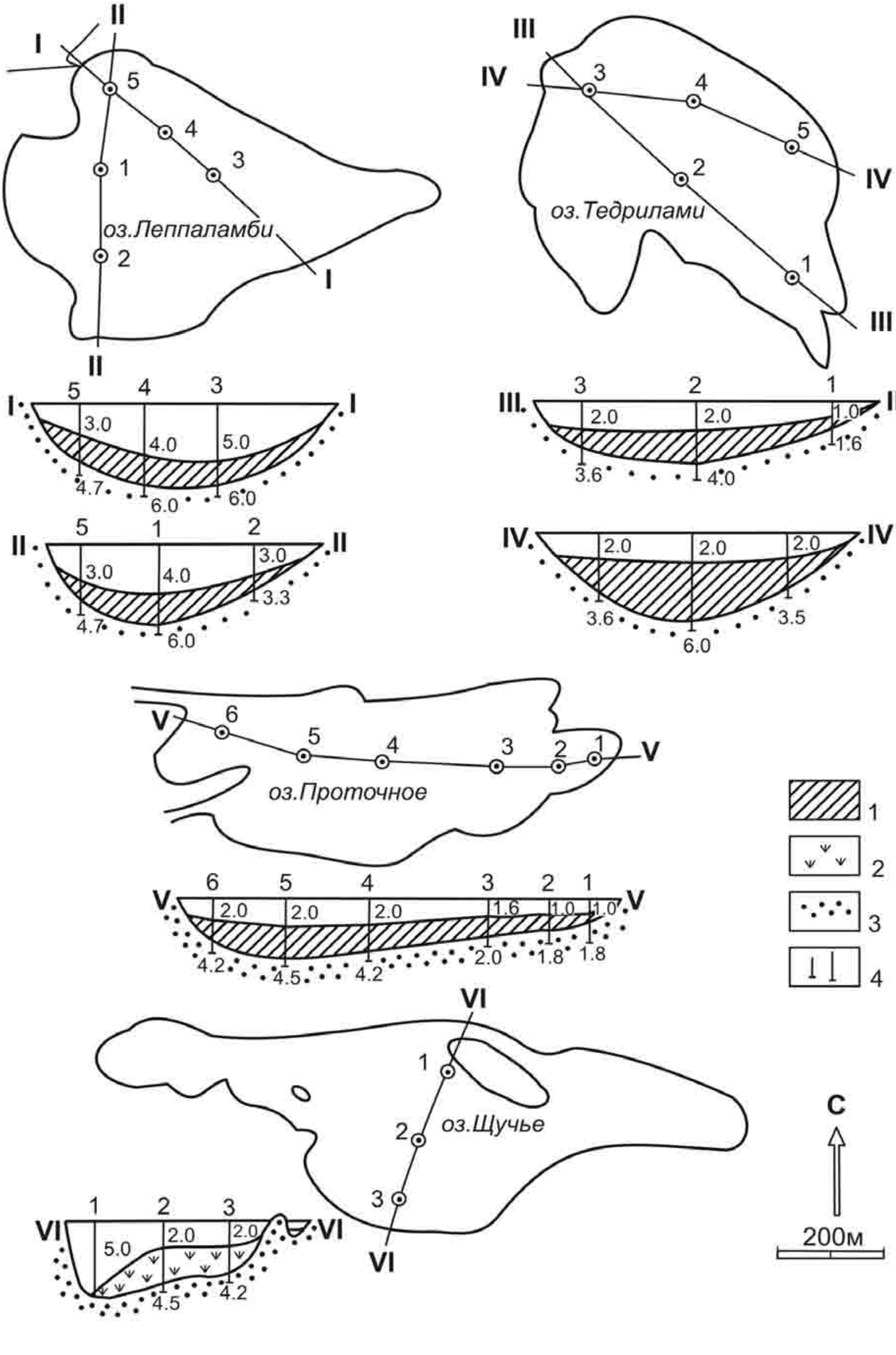


Рис.18. **Схематические разрезы донных отложений озер в районе пос. Муезерский**

Условные обозначения: 1 – диатомиты, 2 – торф, 3 – минеральное дно, 4 – скважины и их глубина (м)

5.2.3. Центрально-Карельская провинция

Центрально-Карельская провинция включает Беломорский, Сегежский, западную часть Медвежьегорского районов. Район слабо изучен. В Сегежском р-не известно месторождение диатомитов у северного берега оз. Уросозеро (Марков,1933) и проявление диатомитов в оз. Вязовец, севернее Выгозера (Земляков.1936). По нашим данным диатомовые сапропели залегают на дне ламб у юго-западного побережья Ондозера и севернее с. Паданы.

5.2.4. Восточно-Карельская провинция

Восточно-Карельская провинция включает восточную часть Медвежьегорского района и Пудожский район. Имеются данные о месторождении диатомитов в р-оне д. Авдеевское Пудожского района (Земляков,1936, Борисов, 1952). В районе поселков Огорелыши – Данилово – Сергиево обнаружено 4 озера с диатомитами. Весьма перспективными также являются озера, расположенные к северо-западу от оз. Водлозеро в пределах мощных песчано-гравийных толщ водно-ледникового генезиса. Следует отметить, что у границ Карелии, на территории Архангельской области известно два месторождения диатомитов – Монастырское, в бассейне р. Илекса и Волошовское на р. Волошва (Геология СССР…, 1965)(см. Рис.14).

5.2.5. Южно-Карельская провинция

Южно-Карельская провинция включает Кондопожский, Пряжинский, Прионежский, Олонецкий, Лахденпохский, Питкярантский районы и Заонежский п-ов Онежского озера. В литературе часто упоминалось месторождение диатомитов в нижнем течении р. Олонка у пос. Ильинский с запасами около 1 200 000 $м^3$, выходы которых наблюдаются в обрывах реки. Повторное изучение Ильинского месторождения, показало, что выделенные в этом районе «кремнистые» породы в основной массе представляют собой уплотненные и обезвоженные сапропелиты, обогащенные органическим веществом (Экман, 1995). Имеются также упоминания о находках диатомитов в д. Уссуна и в оз. Линдозеро Кондопожского района (Земляков, 1936). Они вскрыты скважинами и в оз. Нижнее Мягрозеро на Заонежском п-ове, а также в двух болотах на территории Заонежья и заповедника «Кивач» (Филимонова, Шелехова, 2005). Диатомитовые донные осадки обнаружены в нескольких озерах у северного берега Сямозера.

5.3. Условия залегания диатомитов

Диатомиты на территории Карелии залегают главным образом на дне озер и болот (см. рис. 15,17,18). На основе данных, полученных в ходе поисков диатомитов в северной Карелии П.А.Варданянц (1936) выделяет следующие типы озерных котловин, в которых были обнаружены диатомиты:

1) Глубокие (15-20 м) котловины «характеризуются быстрым падением глубин в направлении от берега к центральным участкам. Длина этих озер колеблется от 4 до 12 км, ширина от 0.2 до 2.7 км. Наряду с резкими колебаниями рельефа дна эти озера характеризуются множеством островов. Котловины этого типа обычно питаются многоводными ручьями с быстрым течением.

Большая часть площади этих котловин в общих чертах отличается неблагоприятными условиями для накопления диатомовых отложений, но наличие заливов, защищенных от сосредоточенного движения воды, представляет наиболее благоприятные условия для образования этих отложений». В центральных частях таких котловин мощность диатомовых осадков незначительна, а в защищенных от течений и волнений заливах она возрастает. Здесь диатомиты нивелируют рельеф подстилающих пород.

2) Средней (9-10 м) глубины котловины (Ряпукс-озеро, Вайвасозеро) (см. рис. 15), «являясь переходной группой к мелким котловинам, характеризуются волнистым рельефом, причем последний занимает большую часть котловины. Длина озер этой группы колеблется от 2 до 2.5 км, ширина – от 0.15 до 0.6 км. Острова встречаются редко. Питаются озера маловодными и медленно текущими ручьями.

Переходная группа озерных котловин представляет весьма благоприятные условия для образования диатомовых отложений, которые обычно распространены по всей площади, но наибольшие мощности диатомовых образований приурочены к площадям с волнистым рельефом.

Характер залегания диатомовых отложений в этих водоемах может быть двух типов.

1) Диатомиты повторяют предшествующий рельеф, что обычно наблюдается в наиболее глубоких участках этих котловин, которые пользуются небольшим площадным распространением.

2) На большой площади этих котловин, отличающихся небольшой глубиной и волнистым рельефом, наблюдается нивелирующий характер залегания диатомовых отложений, т.е. наибольшие мощности диатомитов приурочены к понижениям рельефа, а наименьшие – к повышениям.

3) Мелкие котловины в общих чертах характеризуются волнистым рельефом без резко выраженных понижений. К этой группе также можно отнести слабоволнистые, почти плоские котловины корытообразной формы (озера Сиг, Кондозеро, Ламбина Амбарная). Длина озер этой группы колеблется от 0.5 до 1.6 км, ширина 0.2-0.7 км. Острова встречаются редко. Эта группа озер способствует образованию диатомовых отложений, которые обычно сплошь покрывают их слоем значительной мощности и характеризуются сравнительно равномерным распределением (П.А.Варданянц, 1936).

Состав донных отложений в целом и диатомитов в частности, может значительно изменяться не только по латерали – от глубоких открытых центральных частей озерных котловин к мелководным и защищенным от ветров и течений заливов, но и по вертикали разрезов. В процессе накопления донных осадков, продолжающемся в разных озерах Карелии от 3 до 12 тысяч лет, изменения климатических (температура и количество осадков), а также геолого-геоморфологических условий (изменение площади водосбора вследствие речной эрозии, неотектонических движений и т.д.) влияли на процессы озерного осадконакопления и состав формируемых отложений. Рассмотрим строение толщи диатомовых отложений в малой ламбе, расположенной в 12 км к ВСВ от восточного конца оз. Паанаярви (см. рис. 7) и строение Муезерского месторождения диатомитов (см. рис. 17).

Безымянное озеро располагается в области развития денудационно-тектонического рельефа, восточнее Паанаярви–Куолаярвинской структуры и приурочено к тектоническому разлому. Озеро находится в 25 км к югу от полярного круга и с внутренней стороны от краевых образований ледниковой стадии сальпаусселькя II, то есть край ледника освободил его котловину около 12 000 календарных лет назад.

В основании разреза донных осадков залегают серые слабослюдистые алевриты с тонкой ленточной слоистостью, сформировавшиеся очевидно в небольшом приледниковом водоеме (Экман, 1995) (см. Рис.7). Длительность их осадконакопления составляла около 150 лет. Выше по разрезу алевриты светлеют и в их составе появляется кальцит (содержание CaO достигает 5.47%). На известковистых алевритах залегают желтовато белые, озерные извести (гажа) мощностью около 0.5 м с раковинами пресноводных моллюсков и содержанием CaO до 49%. Их формирование, как и подстилающих известковистых алевритов, связано с привносом в водоем кальция из карбонатных пород ятулия Паанаярви-Куолаярвинской структуры. Гажа перекрывается небольшим слоем известковистых сапропелей, переходящим вверх по разрезу в полуметровый слой сапропеля, содержащего 27.6% окиси кремния и 60% органического вещества. Выше наблюдается метровый слой желтовато-коричневых диатомовых сапропелей, в которых количество двуокиси кремния 39–48%, а органики – 48-42%. В кровле разреза залегает слой коричнево-оранжевых и оранжевых диатомитов мощностью около 1 м, содержащий 58-67% двуокиси кремния и 29-35% органического вещества (потери при прокаливании). Подробно палеоэкологические, палеоклиматические и геолого-геоморфологические факторы, влиявшие на формирование различных по составу донных отложений этой ламбы описаны И.М.Экманом (1995). Мы только подчеркнем, что в одном, небольшом водоеме, вследствие изменяющихся климатических и геолого-геоморфологических факторов, состав донных осадков может значительно изменяться как по латерали, так и вертикали разреза.

Принципиально иное строение имеют донные отложения небольшого озера площадью около 43 тысяч м^2 у окраины пос. Муезерский (см. Рис.17, табл.12). Озеро располагается в пределах обширной пологоволнистой зандровой равнины, между краевыми образованиями ледниковых стадий сальпаусселькя I и II. Непосредственно у водоема мощность зандровых отложений, представленных гравийно-грубопесчаными осадками, составляет 11 м. Залегают они на полуметровом слое перемытой опесчаненной морены, перекрывающей супесчаную основную морену (Рис.17) (Демидов, 1994). Девятью скважинами в акватории озера вскрыты диатомиты, мощностью от 1 до 8.3 м. Скважина, пройденная у северо-западного берега вскрыла линзу белого диатомита, мощностью 60 см, с содержанием SiO_2 86.6%. Выше залегает темно коричневый плотный диатомит. Остальные 8 скважин вскрыли только темно коричневый диатомит, мощностью до 4-х м, перекрытый коричневым диатомитом, мощностью также до 4-х м. Содержание SiO_2 в них колеблется от 63 до 70%. Изменяется видовой состав и содержание створок диатомей в грамме осадка – от 400 тысяч до 4-х миллионов (см. Главу 4). Нижние, темно коричневые диатомиты, вероятно, формировались в закисных условиях, о чем говорит повышенное, до 2.99% содержание FeO. Плотность диатомита увеличивается с глубиной, влажность падает.

В целом большинство обнаруженных нами местонахождений диатомитов, по строению аналогично Муезерскому месторождению, но диатомовые осадки имеют меньшую мощность (см. рис.18). Линзы белого или слегка желтоватого или сероватого диатомита встречаются довольно редко. Мощность их колеблется от 4-5 мм до 50-60 см. Наиболее протяженная линза, длиной более 6 м, при мощности 5–25 см, вскрыта скважинами в одной из ламб у пос. Тунгозеро (месторождение Кяпели).

Следует отметить, что почти все местопроявления диатомитов обнаружены в относительно небольших ламбах, размеры которых не превышают 1 кв.км. Отчасти, это можно объяснить производством поисков диатомитов в летне-осеннее время, бурением донных отложений с берега, с заболоченной сплавины. Обычно берега больших и средних водоемов переработаны волновой деятельностью и отобрать пробы в летний период довольно трудно. В то же время при исследовании водоемов со льда были обнаружены диатомовые отложения и в средних по размеру водоемах – Уносозере, севернее пос. Муезерский и в Ховдаярви и Симонярви западнее пос. Волома. Площади этих водоемов составляют около 2-4 км^2. Содержание SiO_2 в осадках этих водоемов составляет 52-67% при довольно значительном содержании полуторных окислов – до 15-19%, указывающих на значительные примеси песчано-глинистого материала. В определенной степени по составу и условиям образования эти местопроявления схожи с месторождениями диатомитов западной части Лениградской области, которые формировались в мелководных песчаных заливах литоринового моря древней Балтики и также обогащены песчаным материалом (см.табл.11).

Таблица 13

Основные гидрологические параметры озерных котловин и состав диатомитов некоторых месторождений Муезерского района

Водоем	Площадь (тыс.кв.м)	Количество скважин	Глубина залегания диатомита Min –max сред	Мощность диатомита Min –max сред	Влажность (%)		Объем (тыс. куб.м)	Вес (т.)
					Абсолютная	Относительная		
Р.Муезерка	42, 5	10	2.3–3.0 / 2.8	1.0– 8.3 / 4.0	496	82.5	158 ,75	172 400
Тедрилампи	205	5	1.0–2.0 / 2.0	0.6–4.0 / 1.8	426	80	307	334 250
Проточное	145	6	1.0–2.0 / 2.0	0.8–2.5 / 2.0	373	77	242, 5	263 840
Леппаламби	215	5	3.0–5.0 / 3.5	1.7–2.0 / 1.8	418	80	245	266 315

Уже упоминалось о находках диатомитов в Карелии выше уровня современных водоемов. Так прослои диатомитов встречены на поверхности древних озерных террас на берегах рек Койтайоки и Луовенйоки на северо-западе Суоярвского района. Очевидно, они сформировались во время существования в долинах этих рек довольно обширного озерного водоема около 12-11 тысяч лет назад. Озерные пески широко распространены в бассейнах этих рек. Имеются упоминания о находках диатомовых отложений в древних террасах Гимольского приледникового озера, в верховьях р. Суна (Борисов, 1952). В схожих условиях литоральных частей древних озерных бассейнов формировались диатомиты западной части Архангельской области – Монастырское (между оз. Ик и оз. Монастырское) и Волошовское на р. Волошова (Геология СССР, т.2. 1963). Во всех этих пунктах диатомиты связаны с горизонтами безвалунных пластичных глин озерного происхождения и обычно приурочены к озерным или речным террасам.

Волошовское месторождение находится около восточных границ Карелии в Приозерном районе Архангельской области у истоков р. Волошова, берущей начало в оз. Волоцкое и впадающей в Кенозеро.

Выходы диатомита прослеживаются по обоим берегам реки, на протяжении 2-х км, начиная от её истоков. Ширина полосы – 120-150 м, мощность диатомитов 0.5-2 м.

Выделяется (по цвету) три типа диатомитов: 1) светло коричневые, довольно легкие и рыхлые, 2) серые, более плотные и однородные, 3) белые, наиболее твердые и хрупкие. Первая и вторая разновидности слагают верхи залежи и имеют наибольшее распространение. На изученной площади распространения диатомитов в 30 000 м^2 и средней мощности диатомита 1м запасы составляют около 300 000 м^3.

Диатомиты распространяются по р. Волошова и ниже по течению. Их выходы известны в 4.5 км от ее истока в урочище Чемисов Трясоголов. Небольшие выходы диатомитов известны по р. Онега, выше г. Каргополь. Н.И. Апухтин также упоминает выходы диатомитов в верховьях р. Ундоша, по берегам озер Кожозеро, Ундозеро, Шардозеро, Водлозеро (Геология СССР..., 1965). Учитывая, что на территории Карелии, в ходе её дегляциации и послеледникового развития существовали обширные мелководные водоемы (Гимольское, Калевальское, Шуйское и другие древние озера), вполне вероятно нахождение диатомитов, аналогичных архангельским, сформировавшихся в заливах на древних террасах этих водоемов. С другой стороны качество таких отложений, вследствие возможных примесей песчано-глинистого материала, может быть низким.

5.4. Формирование диатомитов. Палео- и геоэкологическая модель

Д.В.Наливкин (1956), ссылаясь на работы по образованию диатомитов в озерах США, указывает, что "для формирования залежи диатомита необходимы: 1) условия, благоприятствующие росту диатомей; 2) условия определяющие отсутствие или последующее удаление всех посторонних материалов.

Первым условием, благоприятствующим росту диатомей, служит низкая температура, одновременно тормозящая рост бактерий. Поэтому диатомовые озера наиболее обычны в северных широтах и на больших высотах. В морях диатомеи расцветают в умеренных и приполярных зонах и в областях холодных течений. Благоприятны для развития диатомей глубокие прозрачные озера с ледяной водой в придонных горизонтах.

Вторым условием является присутствие в воде растворенного кремнезема. Уже при содержании его в количестве 1-5 частей на миллион частей воды образуются богатые залежи диатомита. При содержании от 5 до 20 частей на миллион частей воды происходит пышный расцвет диатомей, но получается также избыток кремнезема, уже не поглощающегося ими. Обычно источником кремнезема служат кварцевые пески, подвергающиеся воздействию щелочных вод.

Третьим условием служит наличие питательных веществ с фосфатами и нитратами.

Весьма важно отметить отсутствие засоряющих материалов. Оно обусловлено тем, что нет привноса терригенного материала и органических веществ».

Исследователи голоценовых диатомитов, широко развитых на Кольском п-ове, (Григорьев, 1934) отмечают следующие условия, способствующие формированию толщ диатомитов: «1) Большая прозрачность воды, 2) Наличие некоторого количества углекислоты в агрессивном состоянии, 3) незначительное количество соединений кальция, 4) обилие в воде кремнекислоты, 5) значительное содержание в воде растворенных соединений фосфора, 6) морфологические особенности озерных ванн, характеризующихся обилием более или менее замкнутых бухт, прекрасно защищенных от течений, что стоит в связи с чрезвычайной изрезанностью береговой линии, наличием длинных кос и т.п.».

В обобщающей монографии «Кремнистые породы СССР» (Дистанов, 1976) основными условиями для отложения чистых диатомитов в озерах платформенных областей отмечается: «1) широкое развитие кислых кристаллических пород, 2) наличие ландшафтных условий, способствовавших интенсивному химическому выветриванию, повышенному привносу в озера растворенной кремнекислоты при сравнительно слабой терригенной седиментации. Наиболее благоприятными в этом направлении являлись послеледниковые ландшафты, для которых характерны следующие признаки:

А) мягкий, сглаженный рельеф суши (при значительной его приподнятости), наличие многочисленных замкнутых озерных котловин, присутствие рыхлых грубых наносов (легко промываемых поверхностными водами).

Б) широкое развитие торфяного покрова, играющего роль своеобразного фильтра, задерживающего терригенный материал».

На Северо-западе России диатомиты наиболее распространены и хорошо изучены на Кольском полуострове. Известны они и на востоке Архангельской, западе Ленинградской областей и в соседней Финляндии. Все эти регионы имеют как много общих черт в геолого-геоморфологическом строении и климатических условиях, так и большие различия. Поскольку диатомеи являются водными организмами, чутко реагирующими на изменение химического состава воды, в частности и природных условий в целом, образование диатомитов зависит от особенностей формирования химического состава поверхностных и подземных вод в различных ландшафтных обстановках Карелии.

1) Время формирования диатомитов. Диатомеи начали развиваться в водоемах Карелии не позднее аллерёдского интерстадиала (13800 лет назад) (Давыдова, 1976, Давыдова и др., 1998а,б), но массовое формирование выдержаных пластов органогенных донных отложений (диатомитов и сапропелей) связывается по имеющимся данным со значительным глобальным потеплением климата на рубеже пребореального и бореального периодов (~10500 календарных лет назад), вызвавшего резкое улучшение экологических условий водоемов, а также интенсивный привнос в озера аллохтоннной органики, в связи с практически повсеместным формированием к этому времени лесных ценозов в Карелии.

Отметим, что хотя край ледника начал отступать с территории Карелии с её восточных и южных районов, большая их часть была перекрыта массивами погребенных льдов вплоть до пребореального – бореального времени, что задерживало как развитие озерно-речной сети, так и растительности. В связи с этим маловероятно ожидать нахождения более древних и значительно более мощных толщ диатомитов в юго-восточной Карелии по сравнению с её центральными и западными районами, поскольку массовое накопление органогенных донных озерных осадков началось во всех районах Карелии практически одновременно – в начале бореального периода. Исключение составляет часть озер гляциокарстового и термокарстового генезиса в пределах бывших ледораздельных возвышенностей, формирование которых продолжалось до атлантического периода.

Имеющиеся радиоуглеродные датировки базальных слоев диатомитов в районе пос. Муезерский и Тумба в западной Карелии указывают на их формирование с начала бореального времени, около 10 000 календарных лет назад. Накопление диатомитов происходит и в наши дни.

2) Влияние строения и состава кристаллических пород на формирование диатомитов. Как уже отмечалось выше, подавляющее большинство докембрийских пород (граниты, гнейсы, кварциты, кварцито-песчаники) Карелии обогащены двуокисью кремния, что способствует формированию диатомитов. Несмотря на практически повсеместное присутствие значительных содержаний растворенной кремнекислоты в подземных водах, наиболее оптимальными является карбонатный тип нижней геохимической подзоны зоны активного водообмена, развитый в зонах повышенной трещиноватости в пределах гранито-гнесовых полей, гранитных массивов и лопийских вулканогенно-осадочных пород.

В областях распространения карбонатсодержащих пород в водоемы поступает значительное количество HCO_3 и Ca, что неблагоприятно для развития диатомей. Часто в таких условиях формируются озерные извести или известковистые сапропели.

Богатые фосфором породы, например карбонатиты и рудные габбро Елетьозерского и Тикшезерского массивов Лоухского района, массивы щелочных гранитов Приладожья, как и щелочные породы Кольского п-ова, фосфориты запада Ленинградской области, также способствуют формированию диатомитов, но, к сожалению, развиты на территории Карелии весьма ограничено. На Кольском п-ове воды рек, стекающих с горных тундр в областях широкого распространения щелочных пород, часто уже значительно обогащены кремнекислотой (Кольский диатомовый ..., 1934; И.М.Экман, 1995). По аналогии с Кольским полуостровом, И.М. Экман, анализируя расположение озер с диатомитами Карелии, предположил, что значительное влияние на их формирование могли оказывать ледниковые веера рассеивания валунов из богатых фосфором Елетьозерского, Тикшезерского массивов северной Карелии. Однако, учитывая незначительные площади этих массивов, можно с уверенностью утверждать, что уже в нескольких километрах от них содержание фосфора в моренах в пределах ледниковых вееров рассеивания будет минимальным. По нашему мнению фосфор и азот, необходимый для питания диатомовых водорослей, на территории Карелии в основном поступает в водоемы не с минеральными частицами, а в результате биогенных процессов. Напомним, что в ходе биогенного круговорота при естественном отпаде на территории заповедника «Кивач» в почву ежегодно поступает 29.8 кг/га азота и 2.9 кг/га фосфора, которые легко мигрируют в близлежащие водоемы (Путеводитель …, 1974**).**

Значительное влияние на гидрохимию водоемов и, сооветственно, формирование диатомитов оказывает степень трещиноватости горных пород. К зонам повышеной трещиноватости в районах тектонических разломов часто приурочены мощные водоносные горизонты, в значительной степени обогащенные необходимой для развития диатомей кремнекислотой.

3) Строение четвертичного покрова оказывает определяющее влияние на гидрохимию водоемов. В целом как ледниковые отложения – морены, так и песчано-гравийнные и песчаные отложения Карелии характеризуются кварц-полевошпатовым составом. Широкое распространение в Карелии моренных равнин в условиях субнивального климата способствует интенсивному развитию подзолообразовательных процессов, формированию кислых, богатых органическими кислотами почв. Минерализация поверхностных вод Карелии в среднем составляет 10-40 мг/л, а грунтовых вод в пределах моренных, часто заболоченных равнин в среднем составляет 40-65 мг/л, при средних значениях pH 5.9-6.8 (Ресурсы и геохимия …, 1987). Ультрапресные атмосферные воды, вымывая из почв органические кислоты, а также глинистые и органические частицы, вместе с поступающими в водоем кислыми гумифицированными водами способствуют закислению водоемов, формированию в них сапропелей, а позднее и заболачиванию. Под воздействием гумификации некоторые из биогенных веществ воды переходят в коллоидное состояние, становятся трудно усвояемыми и лишь в незначительной степени вступают в цикл биологического круговорота. Гумификация сопровождается уменьшением прозрачности воды, интенсивным образованием железо-маргацевых руд и снижением продуктивности водоемов. Гумифицированные водоемы являются неблагоприятными для развития диатомей и формирования диатомитов (Рис. 19. II.).

В водоемах, расположенных в пределах водно-ледниковых равнин с мощностью песчано-гравийных отложений 10-20 м и более, формирование гидрохимического состава вод происходит по-другому (Рис.19.I). Здесь преобладает подземное питание озер. Водоносные горизонты характеризуются большой мощностью, выдержанностью и дебитом до десятков литров в секунду. В процессе углекислотного выщелачивания первичных алюмосиликатов возрастает минерализация (в среднем 80-380 мг/л) и pH (7-7.3) воды, содержание HCO_3 (60 –280 мг/л) и растворенной кремнекислоты H_4SiO_4 (до 32 мг/л, при средних значениях 17 мг/л) (Ресурсы и геохимия ..., 1987). На песках обычно формируются маломощные, бедные органикой иллювиально-железистые почвы. Таким образом, песчано-гравийные толщи способствуют поступлению в водоемы большого количества кремнекислоты, необходимой для формирования кремнистых скелетов диатомей, а с другой стороны – препятствуют проникновению глинистых и органических частиц, тормозящих развитие диатомовых водорослей (Рис.19.I.).

Влияние болотных, гумифицированных вод в этих ландшафтных обстановках ослаблено. Благодаря этому биогенные вещества, и в первую очередь фосфор, оказываются не связанными с гумусовым комплексом и свободно вступают в цикл биогенного круговорота, повышая продуктивность водоемов. Из озер этой группы, получающих незначительное количество гумифицированных вод, наиболее благоприятными для развития диатомей являются олиготрофные и мезотрофные водоемы, характеризуемые большой прозрачностью воды, низкой температурой придонных горизонтов, незначительным содержанием органического вещества. В эфтрофных водоемах, развитых в основном пределах моренных и озерно-ледниковых равнин, прозрачность воды ниже, вода хорошо прогревается по всей толще, что способствует интенсивному развитию конкурентов диатомей – сине-зеленых водорослей («цветение» воды). В результате для этих водоемов обычно характерно образование сапропелей, иногда содержащих и значительное количество створок диатомей.

Небольшие болота по берегам озер в пределах песчаных равнин поставляют незначительное количество гумусового вещества в озера, но с другой стороны играют роль биогенных фильтров, улавливающих песчаные и глинистые частицы, ухудшающие качество диатомитов.

4) Рельеф территории оказывает влияние как на характер озерно-речной сети, озерность и заболоченность территорий в целом, так и на размеры, глубину, изрезанность береговой линии и, соответственно, гидрологический режим водоемов. В условиях сильнопересеченного рельефа разгрузка грунтовых вод происходит довольно быстро и они не успевают в значительной степени обогатиться растворенной кремнекислотой. С другой стороны происходит более интенсивный привнос в водоемы песчано-глинистого материала, ухудшающего качество диатомитов. В обширных озерных котловинах, вследствие течений и волнений происходит размыв диатомитов или перемешивание их с песчаными осадками.

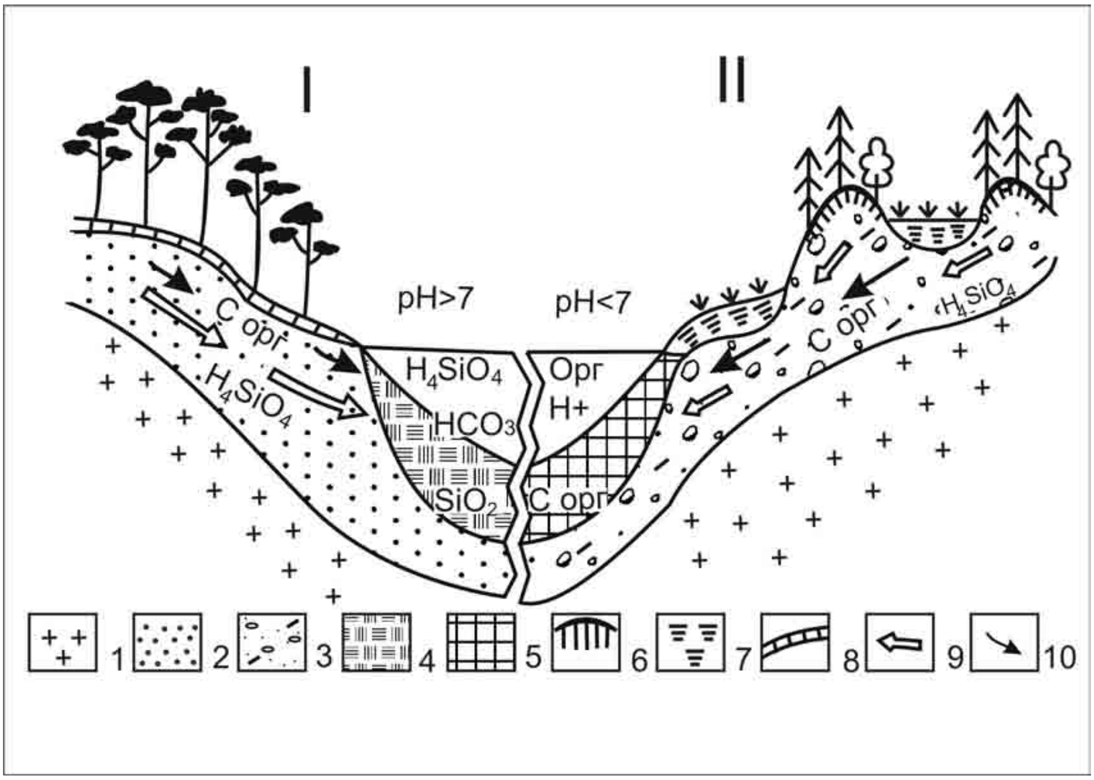


Рис. 19. **Особенности формирования химического состава озер в различных ландшафтных обстановках**

Условные обозначения: I – мощные песчаные толщи зандровых равнин, покрытые сосновым лесом; II – Полого-холмистая моренная равнина покрытая лиственными и еловыми лесами; 1 – коренные породы, 2 – пески, 3 – морена, валунная супесь, 4 – диатомиты, 5 – сапропели, 6 – подзолы иллювиально-гумусовые в сочетании с болотными торфяными, 7 – торф и болотные торфяные почвы, 8 – поверхностно-подзолистые почвы, 9 – грунтовые воды с повышенной минерализацией и низким содержанием органического вещества, 10 – слабоминерализованные кислые гумусированые воды

Среди многообразия различных форм аккумулятивного водно-ледникового рельефа песчаные зандровые и озерно-ледниковые равнины, располагающиеся как правило, на нижнем ярусе рельефа, являются оптимальными для накопления диатомитов в водоемах (см. Рис. 16, 18). Это объясняется более длительным временем фильтрации подземных вод и, соответственно, временем углекислотного выщелачивания алюмосиликатов в песчано-гравийных отложениях обширных полого-холмистых равнин, чем в районах относительно узких озовых гряд, или ограниченных по площади флювиогляциальных дельт.

Г л а в а 6

ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДИАТОМИТОВ И ПРИНЦИПЫ СОСТАВЛЕНИЯ ПРОГНОЗНО-МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ КАРТЫ ДИАТОМИТОВ КАРЕЛИИ

Исходя из вышеприведенных условий формирования диатомитов и особенностей геолого-геоморфологического строения территории Карелии, можно кратко сформулировать основные поисковые признаки и критерии месторождений диатомитов, а также определить прогнозные ресурсы диатомовых отложений на территории Карелии.

6.1. Основные поисковые признаки и критерии месторождений диатомитов

На основе вышеизложенных материалов по формированию и распространению диатомитов на территории Карелии можно выделить следующие основные поисковые признаки месторождений диатомитов:

I. Строение коренных пород

Благоприятные условия:

1) Наличие массивов и даек богатых фосфором коренных пород.

2) Наличие богатых двуокисью кремния горных пород

3) Обводненные зоны повышенной трещиноватости, обычно приуроченные к тектоническим разломам

Неблагоприятные условия:

1) Широкое распространение карбонатных пород

2) Широкое распространение бедных двуокисью кремния горных пород

II. Строение четвертичного покрова

Благоприятные условия:

1) Широкое распространение мощных песчано-гравийных толщ водного и водно-ледникового генезиса, в первую очередь – зандровых и озерно-ледниковых равнин, крупных флювиогляциальных дельт.

2) Пологоволнистый рельеф территории

3) Низкая заболоченность территории

Неблагоприятные условия:

1) Заболоченные моренные и глинистые озерно-ледниковые равнины

2) Сильнопересеченный рельеф территории

III Строение озерных котловин

Благоприятные условия:

1) Небольшие, площадью до 1 кв.км водоемы

2) Заливы озер, защищенные от волнений и течений

3) Непроточные озера

4) Озера, получающие подземное питание (нет притоков, замерзают зимой позднее других).

Неблагоприятные условия:

1) Крупные и средние (> 2 кв. км) озера

2) Проточные водоемы

IV. Гидрохимия водоемов

Благоприятные условия:

1) Олиготрофные и мезотрофные, реже олигогумозные озера с прозрачной, прохладной водой.

2) Повышенное содержание растворенной кремнекислоты

Неблагоприятные условия:

1) Ефтрофные, дистрофные, мезо- и полигумозные озера с темной водой, обогащенные гуминовым веществом.

2) Повышеное содержание бикарбонатов

При построении Прогнозно-минерагенической карты диатомитов в основу были положены вышеперечисленные признаки и, главным образом, районы широкого распространения песчаных и песчано-гравийных толщ водно-ледникового генезиса, как основного поискового признака месторождений и местопроявлений диатомитов. С учетом озерности территорий, распространением песчано-галечных отложений, а также положением известных месторождений и местопроявлений диатомитов были выделены площади, которые, согласно вышеизложенным особенностям формирования диатомитов, являются наиболее перспективными для их поисков.

На карте вынесено положение 128 водоемов, в которых обнаружены диатомиты и диатомовые сапропели. Ниже приводится список этих водоемов (см. Приложения 1,2):

1/ Ламбина Амбарная, 2 – оз. Ряпукс , 3 – оз. Вайвас, 4 – оз. Еловое, 5 – ламба у перекрестка автотрассы «Кола» (М 18) и тракта на пос. Пяозерский, 6 – Шарвоозеро, 7 – ламба у поворота на п.Амбарный с автотрассы «Кола», 8 – оз.Белочье, 9 – оз.Каменное, 10 , 11 – ламбы в р-не Кривасозера, 12 – озеро в 2-хкм к ЮВ от г. Калгуваара, 13, 14, 15 – ламбы у дороги Сосновый – Тикшозеро, 16 – Ламба в 2-х км к Ю от оз. Рубашечное (Тк2), 17 – ламба в 4-х км к Ю от оз. Аштахма, 18 – 28 ламбы между оз Тикшозеро и Елетьозеро, 29 – ламба в 12 км к ВСВ от оз. Паанаярви, 30 – ламба в 8 км на З от п.Пяозерский, 31 – ламба в 7,5 км к З от пос. Пяозерский, 32 – ламба к З от оз Пиртиколатти, 33 – ламба к В от п.Пяозерский, 34 – 38 ламбы месторождения Кяпели в 2-4км к Ю от п. Тунгозеро, 39 – ламба южнее оз. Валккуярви, 40 – оз.Сиг, 41 – Кондозеро, 42 – Вокшозеро, 43 – ламба к Ю от оз. Пяйве, 44 – ламба.к З от оз. Большое, 45 – ламба в 2-х км к Ю от оз Керкешярви, 46 – ламба у ЮВ оконечности оз. Коппоярви, 47 – Шлинкинлампи, 48 – ламба залив р.Ухта в 3-х км к С от п. Калевала, 49 – ламба в 1.5 км к С от оз. Бол. Пертти 50 – ламба в 5 Км к Ю от оз. Ковдозеро, 51 – Уносозеро, 52 – ламба в 5.5км к З от оз. Боярское, 53 – ламба в 0,5 км к З от оз.Боярское, 54 – ламба у южного берега оз. Боярское (устье рПонокка), 55 – южный берег оз.Боярское, 56 – ламба в 2 км к СЗ от оз.Лебединое, 57 – оз.Тедрилампи, 58 – излучина р.Муезерка в пос. Муезерский, 59 – оз.Проточное, 60 – оз.Хек, 61 – оз.Леппаламби, 62 – ламба в 2-х км к С от оз.Муй, 63 – ламба в 0,5 км к С от оз. Кодилампи, 64 – ламба у западного берега оз. Кодилампи, 65 – ламба в 0,5км к С от оз. Роголампи, 66 – ламба в 1.5 км к С от ц.ч. оз. Кемель, 67 – ламба у северного берега оз. Роголампи, 68 – ламба в 0,3 км к Ю от оз Ристилампи, 69 – ламба в 0,7 км к Ю от оз. Большое, 70 – оз. Ниж. Шулгоярви, 71- ламба у моста к СВ от п. Волома, 72 – ламба у дороги к С от п. Волома, 73 – ламба у западной окраины п. Волома, 74 – ламба в 2-х км к ССВ от п. Волома, 75 – Ховдоярви, 76 – Симонярви, 77 – Реболы, 78 – Эльмилампи, р-н оз.Мергубское , 79 – оз. Усманчи, 80 –Видалампи, 81 – ламба в 1.5 км к ЮЮВ от Видалампи, 82 – ламба в 16 км к ю от п. Тикша, 83 – ламба в 18 км к Ю от п.Тикша, 84 – оз.Вязовец, 85 – ламба у южного берега оз. Ондозеро, 86 – Уросозеро, 87 – ламба в 4 км к ЮВ от устья р. Волома, 88 – ламба у ст. Пенинга, 89 – ламба в пос. Лендеры, 90 – ламба в пос.Лендеры. 91 – ламба к ЮЗ от п. Лендеры, 92 – ламба в 1.5 км к С от оз. Гуйлли, 93 – ламба в 4 км к СВ от оз. Гуйлли, 94 – - ламба в 4 км к В от оз. Перти, 95 – ламба южнее оз. Матконе, 96 – ламба в 2 км к С от оз. Эллинярви, 97- ламба в районе ст. Тумба, 98 – р-н оз.Ковдозеро, 99 – ламба у развилки дорог Суккозеро –Муезерский, Суккозеро – Паданы, 100 – оз. Васхярви, 101 – оз.Сюрьялампи, 102 – оз. Актеммелина Лампи, 103 – ламба к С от дороги Гимолы –Воттозеро, 104 – ламба к Ю от дороги Гимолы Воттозеро, 105 – ламба в 7 км к ВСВ от д. старые Гимолы, 106 – ламба в 9км на В от д. старые Гимолы, 107 – ламба в 2 км к СВ от северной части оз. Воттомукс, 108- Лувенйоки, 109 – Койтайоки, 110 – оз.Чудозеро, 111 – оз.Порсозеро, 112 – ламба в 4 км к СВ от п.Поросозеро, 113 – ламба в 4-х км к В от п. Поросозеро, 114 – Уссуна, 115 – Турастамозеро, 116 – оз на р.Сосновка, в 8 км к ЮЗ от п. Огорелыши, 117 – ламба в 5 –ти км К ЮЮВ от п. Огорелыши, 118 – ламба в 6 км к СВ от д. Тихвин Бор, 119 – ламба в 3-х км. к ЮВ от, Куносозеро, 120 – ламба между Кудамозером и оз. Роваярви, 121 – оз.Подарви, 122 – ламба у д.Лахта, 123 – оз.Савала, 124 – оз.Сямозеро (Пудожского р-на), 125 – Шальское, 126 – Волошовское. 127 – Монастырское, 128 – Нялгулампи.

6.2. Прогнозные ресурсы диатомитов Карелии

Как было отмечено выше, диатомиты имеют намного более широкое распространение в Карелии, чем это предполагалось ранее. В настоящее время на территории Карелии известно 126 проявлений диатомитов и диатомовых сапропелей. В тоже время, данных о запасах и ресурсах этого вида минерального сырья не так уж много. С определенной долей уверенности можно утверждать о запасах в 5 миллионов куб.м по категории С1 в 13 месторождениях (включая Олонецкое месторождение диатомовых сапропелитов с запасами 1.2 млн.$м^3$) (см. табл.12).

Однако, учитывая данные по изучению 150 водоемов Карелии в ходе настоящего проекта, и имевшиеся материалы по донным отложениям региона, можно с большой долей уверенности утверждать о значительно больших ресурсах диатомового сырья. При подсчете ресурсов и определении перспектив поисков месторождений диатомитов в Карелии учитывались следующие факторы:

1) Из 61 000 озер Карелии около 97% имеют размеры менее 1 $км^2$, то есть являются оптимальными для формирования диатомитов.

2) Диатомиты известны не только в северной приполярной Карелии, но и в её более южных частях с более мягким климатом, а также в соседних Ленинградской и Архангельской областях. Таким образом, по климатическим условиям вся территория Карелии благоприятна для формирования месторождений диатомитовых осадков.

3) Основным поисковым признаком месторождений диатомитов является широкое распространение мощных песчаных толщ кварц-полевошпатового состава, для которых характерны выдержанные горизонты грунтовых вод с повышенным содержанием растворенной кремнекислоты. В пределах песчаных равнин располагаются несколько тысяч малых озер, перспективных на поиски диатомитов.

4) Средняя мощность диатомитов на дне озер составляет 2-3 м, встречаются горизонты и мощностью 6-8 м, имеются данные о находках диатомитов и выше уровня водоемов на древних озерных террасах.

Таким образом, основываясь на анализе геологических и топографических карт региона, благоприятных условиях для накопления толщ диатомитов в тысячах озер, расположенных в пределах обширных, песчано-гравийных равнин Карелии и учитывая среднюю мощность пластов диатомита в 2-3 м, можно предположить прогнозные ресурсы диатомитов более 300 миллионов куб. метров в естественном состоянии и при естественной влажности ~ 80%.

Г л а в а 7

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАТОМИТОВ

Благодаря высокому содержанию активного опалового кремнезема, тонкодисперсному составу, незначительному удельному весу и большой удельной поверхности диатомиты широко используются в десятках отраслей промышленности в качестве теплоизоляционных, кислотоустойчивых и гидравлических материалов, адсорбентов, фильтров, носителей катализаторов и полезных компонентов, тонких абразивов и т.п. (Рис. 20).

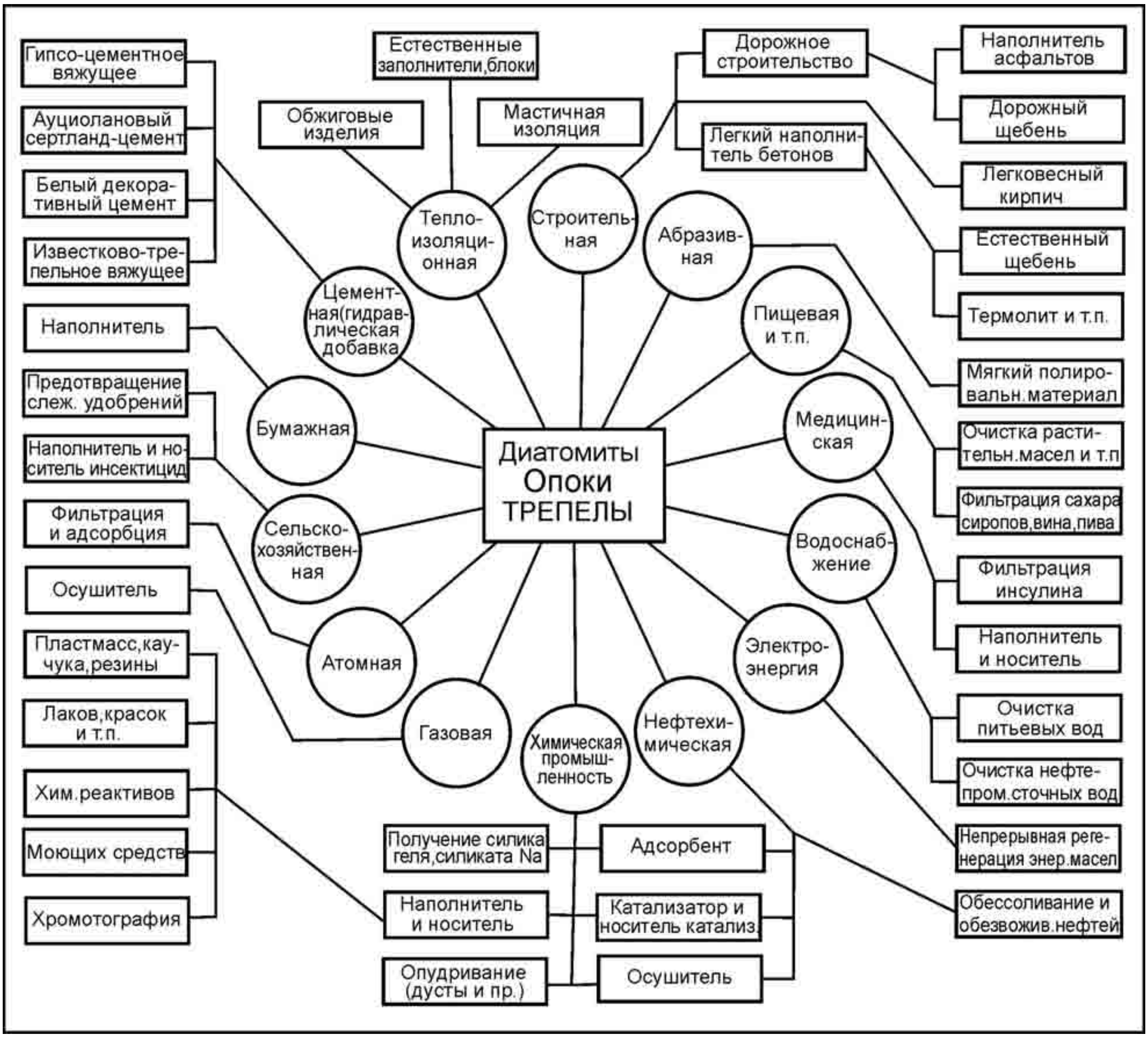


Рис.20. **Использование диатомитов, опок и трепелов в различных отраслях промышленности (Дистанов, 1976)**

Диатомиты начали использоваться много лет назад. В России, например, инфузорную землю добывали еще в 18 веке в Симбирской губернии. Сейчас в Ульяновской области на базе Инзенского месторождения действует крупнейший комбинат по производству диатомовой крошки и пенодиатомовых изделий. А.Нобиль на основе диатомита и нитроглицерина изобрел динамит. Широко использовался диатомит в качестве строительного материала или добавок к строительным материалам, улучшающих их теплоизоляционные свойства.

В наше время структура потребления диатомитов, составляющих основную долю в добыче опал-кристобалитовых пород различна в разных странах. Так в США они в основном используются для производства фильтровальных порошков (72%) и наполнителей (14%). В странах СНГ 85% процентов диатомитов применяется в промышленности строительных материалов и 15% процентов – для получения фильтровальных порошков, носителей и наполнителей. В отраслевой структуре потребления диатомитов России также доминирует промышленность строительных материалов, для которой используется 93-95% добываемых диатомитов, а для производства облагороженных порошковых материалов – лишь 5-7% (Дистанов, 1998).

7.1 Основные направления использования диатомового сырья в промышленности

В зависимости от особенностей состава диатомитов, их физико-механических свойств они могут применяться в качестве сырья для следующих типов материалов и изделий (Дистанов, 1976, 1998; Лосева, 2002 (Рис.20):

1) Теплоизоляционные и строительные материалы

Теплоизоляционная и строительная промышленность является одним из основных потребителей диатомитов. Высокая пористость диатомитов обеспечивает хорошие теплоизоляционные и звукоизоляционные качества, а кремнистый состав позволяет использовать их для изоляции поверхностей с температурой до 900-1000 градусов. Они обладают также высокой кислотоустойчивостью.

В естественном состоянии плотные неоген-палеогеновые диатомиты выпиливаются непосредственно в карьере на блоки, кирпичи и плиты. Но прочность их невелика – 9.5-35 кг/см^3. В молотом виде диатомит употребляется для засыпки перекрытий, сводов печей, изоляции ледников, труб, для утепления стен. Объемный вес таких засыпок колеблется от 200 до 600 кг/м^3.

Диатомовый порошок используется для изготовления термоизоляционных мастик. Для повышения связующих и теплоизоляционных свойств его смешивают с асбестом. Асбесто-диатомовые массы – «асбозуриты» используются для обмазки трубопроводов и котлов. Применяются также мастики на основе смеси диатомита с отходами шиферного производства и слюдой, а при изолировании материалов с небольшими температурами смеси диатомита с органическими материалами – опилки, торф, бумага. Для придания мастикам водоустойчивости к ним добавляют битум (нефтебитумные штукатурки).

Вулканит-известково-кремнеземистые теплоизоляционные материалы изготавливают из смеси диатомита, извести – пушонки и асбеста.

В качестве наполнителя диатомиты применяются при изготовлении легких, теплоизоляционных ячеистых бетонов – термиза и теплопорита, а в качестве бесцементного вяжущего – для изготовления бетонных изделий.

Обжиговые термоизоляционные диатомовые изделия (кирпич, скорлупы, сегменты) изготавливаются из диатомита с выгорающими добавками (опилками, стружками, торфом).

Строительный диатомовый кирпич, обожженный без выгорающих добавок, вдвое легче обычного, по теплопроводности не уступает дереву, характеризуется высокими звукоизоляционными качествами. В тоже время он менее прочен и морозоустойчив, чем обычный кирпич и, поэтому применяется для строительства малоэтажных зданий, внутренних перегородок и в качестве теплоизоляционного прослоя.

2) Гидравлические добавки

Цементная промышленность является одним из основных потребителей диатомита, гидравлическая активность которого зависит от содержания аморфной кремнекислоты.

Диатомиты применяются для производства шлако-портландцемента, а также белых и декоративных цементов.

Добавка диатомитов или опок значительно улучшает вяжущие свойства извести.

3) Адсорбенты и сорбенты

В качестве адсорбентов диатомиты используются в нефтяной, пищевой, химической промышленности и для регенерации отработанных масел.

В сельском хозяйстве используются для кондиционирования химических удобрений, дражирования семян, мелиорациии и пролонгации, гидропоники и производства суспензионных удобрений, в качестве носителей инсектидных препаратов.

4) Фильтровальные материалы

Одним из наиболее перспективных применений диатомитов является использование их в качестве фильтровальных материалов. Порошки диатомитов являются прекрасными фильтрами в сахарной, крахмало-паточной, пивоваренной и других отраслях пищевой промышленности, при очистке различных масел, суспензий, при производстве лимонной кислоты. Диатомиты обладают большой пористостью и одновременно с этим химической стойкостью в кислых средах, не оказывают влияния на физико-химические свойства фильтрата, обеспечивают отделение как механических примесей, так и коллоидных частиц, поглощают поверхностно-активные вещества, способствуют увеличению поверхностного натяжения соков.

Важными параметрами для применения диатомитов в качестве фильтров являются диаметр их пор и химический состав. Как правило, природные диатомиты мало пригодны в качестве фильтров, необходим их обжиг для удаления глинистых и органических частиц.

Диатомитовые порошки используются для :

– отделения твердых частиц в суспензиях;
– очистки питьевых и промышленных вод;
– фильтрации сахарного сиропа;
– улавливания радиоактивных веществ из жидкостей в атомной промышленности;
– очистке термической фосфорной кислоты;
– очистке серы;
– фильтрации и регенерации технических масел в агрегатах;
– фильтрации пива.

Следует отметить, что наилучшие фильтровальные порошки на территории бывшего СССР получались из озерных диатомитов Масельского месторождения на Кольском полуострове, состав которых весьма близок составу многих карельских диатомитов (Дистанов 1976, 1998).

5/ Обезвоживание и обессоливание нефти.

6) Катализаторы при:

– производстве масел и различных процессах переработки нефти
– как носители катализаторов – солей Cu,V,Cr,Fe,Mo,Ni и др. в процессах окисления толуола, антрацена, спирта и для ускорения полимеризации углеводородов.
– как носители сульфованадиевых катализаторов при производстве серной кислоты.

7) Химическое сырье

– для получения жидкого стекла – основы защитных покрытий в судоремонте, строительстве;
– производство пеностекла и пеноблоков – эффективных утеплителей;
– производство метасиликата натрия – отбеливателя в текстильной промышленности;
– для получения каназита – сырья для производства экологически чистого стекла, стеклотары и хрусталя;

8) Осушители

Диатомиты используются в качестве осушителей газов в промышленности.

9) Наполнители и носители

– в лакокрасочной промышленности диатомиты повышают прочность пленки, вязкость и огнестойкость красок, сопротивляемость пленок трению, низким температурам, придают лакам и краскам матовость. Известно, что многообразные по форме диатомовые частицы распределяются в слое краски по всей площади, придавая ей такие преимущества, как прочность и долговечность, дополнительные связи, улучшающие адгезию последующих слоёв, укрывистость. Именно многообразие структур створок диатомовых делает материалы эластичными, стойкими к растрескиванию при атмосферных воздействиях. Химическая инертность силиката в сочетании с твёрдостью диатомовой структуры делает полученные материалы практически идеальными для длительной эксплуатации даже в агрессивных средах. Краскам, используемым на транспортных средствах, дорожных знаках и дорожном полотне, они придают высокую отражательную способность в ночное время суток. Благодаря разнообразным формам микроскопических частиц при попадании на них и рассеивании света может создаваться любая степень необходимого блеска.

– При производстве чернил, анилина, ализарина;
– В качестве минеральных наполнителей, улучшающих прочность резины;
– Как наполнители для бумаг, повышающие её белизну и печатные свойства;
Как наполнители гигиенических картонов;
– Как наполнители пластмасс, идущих на аккумуляторные бачки и пресс-материалы;
– Носители различных инсектицидных препаратов, а также реактивов;
– Для приготовления порошков со сниженным количеством ядохимикатов, применяемых для обработки семян;
– Для получения медленно действующих удобрений (мочевины, аммиачной селитры) и предотвращения их быстрого выщелачивания грунтовыми водами;
– Для предотвращения слипания удобрений, особенно аммиачной селитры, мочевины, калийных удобрений, их гранулирования;
– Сорбционно-каталитические материалы для кормодобавок в животноводстве;
– Для производства зубной пасты в качестве носителей полезных компонентов, а также тонкого абразива;
– В медицинской и косметической промышленности в качестве носителя
– Также диатомиты использовались А. Нобилем для производства динамита в 1866году – при пропитке диатомита нитроглицерином;
– При пропитке диатомита серной кислотой получается «сухая серная кислота», удобная для транспортировки;
– В зарубежных странах запатентованы составы на основе диатомита, позволяющие ликвидировать утечки водопроводных труб;

Лучшими **по качеству наполнителями лаков, пластмасс, красок, химических и медицинских препаратов в бывшем Советском Союзе являлись облагороженные диатомовые порошки Кольского полуострова, характеризующиеся чистотой состава и белизной и схожие по составу с диатомитами Карелии.**

10) Абразивы. Пасты и жидкости, приготовленные на основе **диатомитов** используются при полировании мягких металлов (меди, алюминия, золота), мрамора, стеклянных изделий, покрытых лаком поверхностей. Для этих целей необходимы тонкодисперсные диатомиты, без примесей крупных частиц (типа кольских и карельских).

XXI век – век кремнезема и нанотехнологий. В этом отношении кремнистые по составу и микроскопические по размерам створки диатомовых водорослей являются весьма перспективными природными образованиями. Возможности их применения в качестве носителей, наполнителей и сырья для особо прочных, термо- и кислотоустойчивых материалов существенно возрастают по мере развития научно-технического прогресса, разработки новых технологий. Уже сейчас возможно их использование для:

– получения карбида кремния, необходимого для производства керамических двигателей, деталей и композиционных материалов для космической техники;
– получения кристаллического кремния, используемого в электронной и электротехнической промышленностях – керамические электроизоляторы, стекловолокна, волоконная оптика, супертонкое волокно;
– для синтеза искусственных цеолитов в нефтехимии – крекинг нефти;

В настоящее время в Институте катализа СО РАН разработана технология и создан аэрогель диоксида кремния. Аэрогель кремнезема — лучший твердый теплоизолятор, когда-либо обнаруженный или полученный на Земле. Стеклопакет толщиной 25 мм, наполненный аэрогелем кремнезема, по сопротивлению теплопередаче сравним со стеклопакетом из 20-ти слойного стекла, заполненного аргоном. Также разработана технология комплексной гидротермальной безотходной переработки аморфных пород, позволяющая получать более 70 наименований различных ценных силикатных продуктов и раскрывающая большие перспективы для их широкого применения. (http://minpro.ru/kremnezem.htm).

Для многих целей в современной фармакологической и медицинской промышленности используется искусственный, полученый при химической садке, диоксид кремния. Такая технология позволяет получать абсолютно чистый кремнезем, лишенный каких-либо нежелательных примесей, например железа или кальция. Однако такие технологии не позволяют воссоздать уникальную ажурную структуру природных диатомовых раковин, являющуюся оптимальной для использования в качестве носителей полезных компонентов во многих областях промышленности. Поэтому для нужд нанотехнологии особенно актуально классифицировать диатомовые водоросли по размерам и форме их раковин, геометрии пор, ребер, шипов и т.д.

Породообразующий состав диатомитов свидетельствует о том, что не все виды диатомовых водорослей могут развиваться массово и абсолютно однородных диатомитов в природе нет. Но детальные исследования всех многочисленных факторов, стимулирующих развитие тех или иных видов диатомей, в будущем дадут возможность искуственно создавать среду обитания для определенного вида диатомовых водорослей и формировать тот или иной тип диатомитов с определенными функциональными наноструктурами, требуемыми различными отраслями промышленности. Диатомиты фрагиляриевого типа с размером створок до 20 мкм, вероятно, подошли бы для столь актуальных нанотехнологий.

Независимо от состава породообразующих видов чистые разности диатомитов без содержания примесей и с высоким содержанием SiO_2 используют и для лечебных целей в хирургии и курортологии. (Лосева, 2002). Незначительное присутствие бактериальной флоры в диатомите не создает угрозы заражения, поэтому, диатомовая повязка может служить не только перевязочным материалом, но и ускоряет заживление ран, особенно при обширных ожогах. Хорошие результаты были получены при лечении дерматозов и экзем. (Лосева, 2002). Диатомит используется и в качестве грязи, оказывая лечебное воздействие на организм человека.

7.2. Возможные направления применения карельских диатомитов и особенности их добычи

7.2.1. Основные физико-химические свойства карельских диатомитов

Результаты химического анализа, а также изучения физических свойств образцов донных отложений малых озер Карелии подтвердили высокое качество карельских диатомитов (табл.14.). По полученным данным исследований диатомитов восточной части Лоухского района П.А.Варданянц (1936) сделал следующие выводы:

Таблица 14

Требования к качеству диатомитов для осн овных областей применения и химический состав кольских и карельских диатомитов (прокаленных)

	Области применения, месторождения диатомитов		**Химический состав, %**					Физико-механические свойства	
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	П.п.п	Удельная поверхность, кв.м / г	Плотность, Г/см^3
Фильтровальные порошки	Фильтровальные материалы и наполнители	Высококондиционные	**>80**	< 5	< 2.5	< 1		20–65	< 0.7
		Низкокондиционные	**75-80**	< 10	2.5-4.5	<1			0.7–0.9
	Медицинские препараты		**88-94**	< 2.5	< 0.5				
	Пищевые продукты		**85-90**	< 3.0	< 1.5				
	Технические масла		**80-85**	< 4.0	< 3.0				
	Биостимуляторы	Высококондиционные	**> 75**	< 6	< 3	< 1		20–65	< 0.7
		Низкокондиционные		< 7	< 5	< 3		–	0.7–0.9
	Адсорбенты	Высококондиционные	**> 75**	< 7	< 4	< 1		> 110	
		Низкокондиционные	**70-80**	7-10	< 5	< 1		80–110	
	Кондиционирующие добавки	Высококондиционные	**> 80**	< 7	< 3	< 1		> 30	< 0.8
		Низкокондиционные	**70-80**	< 10	< 4	< 5		> 20	0.8–1.0
КОЛА	Оз. Масельское. (разрабатывается)		**93.17**	3.4	0.75	1.1	(42.3)		0.1–0.15
	Оз. Нюдозеро (разрабатывается)		**83.5 (71.7)**	5.2	1.9	1.7	(16.9)		0.4–0.6
КАРЕЛИЯ	Оз. Ряпуксозеро (запасы 1400 тыс.м^3)		**84.9 (57)**	1.1	7.5		(33.3)		
	Кяпели (Тунгозеро.22)	(запасы~ 600 тыс.м^3)	**80.3 (49.8)**	1.24	0.78	0.48	(38.3)		
	Кяпели (Тунгозеро.23)		**79.0 (68.4)**	4.7	0.17	0.54	(17.4)		0.47
	Муезерка (запасы 158 тыс.м ^{3})		**89.7 (70)**	3.15	1.17	1.38	(22.3)	38.6	0.25
	Волома (т.н.18)		**95.0(63)**	2.33	0.03	0.8	(34.2)	10.7–22.1	0.19

В скобках дано содержание SiO_2 природного, не прокаленного образца.

1) «Содержание общей и активной SiO_2 в диатомитах северной Карелии высокое и в основном аналогично таковому для диатомитов Кольского п-ова.

2) Нежелательная примесь R_2O_3 сравнительно небольшая и соответствует таковой в диатомитах Кольского п-ова.

3) Содержание органических примесей в диатомитах Северной Карелии высокое и в отдельных случаях достигает 40-45%, в то время как в диатомитах Кольского п-ова органические примеси обычно не превышают 20-30%. **Большой процент органических примесей не ухудшает качества диатомитов, так как органика легко удаляются прокаливанием, без чего они не могут быть использованы в промышленности.**

4) В пересчете на вес прокаленного образца содержание активной SiO_2 в диатомитах северной Карелии также высокое и достигает 88,22-95,77%, то есть в ряде случаев больше, чем в разведанных месторождениях диатомитов Кольского п-ова.

Наши данные по центральной (район Тикшеозера) и западной (Тунгозеро-Пяозерский) частям Лоухского района совпадают с данными и выводами П.А.Варданянца.

В целом можно выделить три основных типа диатомитовых отложений в пределах Карелии:

Белые диатомиты обнаружены в семи озерах в виде линз мощностью 15–60 см и протяженностью до 3-6 м. Содержание двуокиси кремния достигает в них 88-95% при крайне низком содержании полуторных окислов. По своему химическому составу они отвечают высокосортному диатомиту и практически не требуют обогащения (обжига). Возможно, формирование таких линз чистого диатомита происходит в местах разгрузки обогащенных кремнекислотой грунтовых вод на дне водоемов. Вероятно, не стоит ожидать широкого распространения мощных толщ такого типа диатомитов в Карелии, так как климатические условия последних 10 тысяч лет и особенности геологического строения территории в целом предопределяют привнос довольно значительного количества органического вещества в водоемы, что ухудшает качество диатомитов, повышая в них содержание органических примесей.

Коричневые диатомиты, внешне очень похожие на тонкодетритовые сапропели, известны в 73 водоемах. Мощность их колеблется от десятков сантиметров до 8 метров. Высокое (55-78%) содержание окиси кремнезема, незначительное содержание полуторных окислов и возможность обогащения отложений при их обжиге (содержание потерь при прокаливании 11-34%) делает этот тип диатомитов весьма перспективным для промышленного использования.

Диатомовые **сапропели** обнаружены в 39 водоемах. Содержание двуокиси кремния и органики в природных образцах колеблется от 35 до 49%. После обжига содержание двуокиси кремния возрастает до 70-88%, то есть как и в облагороженных диатомитовых порошках. Богатые органикой диатомовые сапропели, не содержащие значительного количества железа, могут использоваться в качестве агротехнического сырья.

Таким образом, химический состав диатомитов и диатомовых сапропелей Карелии, после обжига в целом соответствует требованиям, предъявляемым промышленностью ко многим видам диатомового сырья для различных видов промышленности (табл.14). Основными требованиями к диатомовому сырью является высокое содержание окиси кремния (после прокаливания), низкое содержание полуторных окислов (песчано-глинистых частиц), низкий удельный вес и высокая удельная поверхность (Дистанов, 1998). Удельный вес прокаленных карельских диатомитов составляет 0.19-0.8 г/см^3, а удельная поверхность 10-40 м^2/грамм, что также отвечает требованиям, предъявляемым к фильтровальным порошкам для различных отраслей промышленности (табл.14). Отметим, что после обработки обожженых диатомитов соляной кислотой, содержание полуторной окиси железа уменьшается в 2-4 раза (Демидов и др., 2005).

7.2.2. Возможные направления использования карельских диатомитов в промышленности

Исходя из вышеуказанных физических свойств и химического состава диатомитов Карелии, а также требований, предъявляемых к диатомовому сырью для различных видов промышленности, диатомиты Карелии можно использовать практически по всем направлениям, перечисленным выше. Вопрос стоит не в возможности, а в рациональности использования. Поскольку диатомиты Карелии (как и Кольского п-ова) в основном залегают на дне водоемов, формируют небольшие месторождения с запасами от нескольких сотен тысяч до 1.4 млн. м^3 в одном водоеме, имеют в природном состоянии влажность до 85%, обогащены примесью органики, требуют специальной техники для добычи и обжига для обогащения, себестоимость производства облагороженных диатомитовых порошков значительно возрастает. В связи с этим использование их, например, в качестве сырья для промышленности строительных материалов не является перспективным. Тем более, что в последнее десятилетие на рынке появилось множество дешевых, но эффективных тепло- и звукоизолирующих материлов синтетического или природного происхождения.

Как уже отмечалось выше, диатомиты Кольского полуострова, практически идентичные карельским по составу и условиям залегания, были лучшими в СССР для производства фильтровальных порошков, используемых в самом широком спектре отраслей промышленности, для производства высококачественных красок и лаков, высококачественной бумаги, а также в качестве тонких абразивов. Эти направления и сейчас остаются наиболее перспективными для использования карельских диатомитов. В тоже время новые технологии и новые потребности промышленности открывают и новые возможности и перспективы использования голоценовых озерных диатомитов, обладающих уникальной структурой порообразующих диатомей. Они могут использоваться в качестве носителей полезных компонентов, биостимуляторов, адсорбентов, кондицирующих добавок в медицинской, фармакологической и пищевой промышленности, получения карбида кремния для производства современных композиционных материалов, получения кремния, широко используемого в электронной и электротехнической промышленности (Рис.21).

Рис.21. **Возможные направления использования диатомитов Карелии**

По своему химическому составу большинство природных озерных диатомитов Карелии не требуют химического или механического обогащения, так как содержание полуторных окислов не велико и основным компонентом, ухудшающим качество диатомитов, являются примеси органики, обычные, практически, для всех озерных диатомитов. Обогащение (обжиг) природных озерных диатомитов требует дополнительных затрат, источников энергии, повышающих стоимость продукции. Рационально проводить обжиг попутно, на предприятиях, имеющих избыток энергии. Следует ещё раз отметить, что в США диатомиты в основном используются для производства фильтровальных порошков (72%) и наполнителей (14%), а в странах СНГ 85% процентов диатомитов применяется в промышленности строительных материалов и 15% процентов – для получения фильтровальных порошков, носителей и наполнителей (Дистанов, 1998). Так же следует отметить, что уникальные свойства обогащенных диатомитов – кремнистый, огнеупорный и кислотоустойчивый состав, значительная удельная поверхность (до 80 $м^2$ на грамм осадка), мельчайший размер частиц (до 10-13 микрон) позволяет использовать их в десятках отраслей промышленности и требуют дальнейшего изучения возможных направлений их применения.

Природные не обогащенные диатомиты (SiO2 = 50-75%), а также часть диатомовых сапропелей (SiO2 = 35-49%) возможно попутно использовать в качестве органических удобрений и мелиорантов почв, а также технических адсорбентов и наполнителей. Достаточное содержание органики (35-45%), незначительное количество окислов железа позволяет использовать большую часть диатомитов и диатомовых сапропелей в качестве органических удобрений. Наиболее рационально использование по прямой схеме озеро – поле, что снижает затраты и актуально в условиях широкого распространения бедных органикой песчанистых почв западной и северной Карелии. В отличие от обычных сапропелей, диатомиты, обладая повышенной удельной поверхностью, так же способствуют сохранению влаги в почве и минеральных удобрений, в случае использования последних.

Физические свойства (высокая удельная поверхность) и химический состав карельских диатомитов позволяет использовать их в качестве технических адсорбентов для биотуалетов. В настоящее время цена в розничной торговле различных наполнителей для биотуалетов для домашних животных колеблется от 10 до 30 руб. (~ 1$ США) за килограмм. Спрос на этот вид продукции велик как в Петрозаводске, так и в соседнем С-Петербурге. В тоже время затраты на производство этих технических адсорбентов значительно ниже, чем для производства высококачественных фильтровальных порошков при обогащении природных диатомитов.

7.2.3. Некоторые особенности разработки и добычи диатомитов Карелии

Как уже отмечалось выше, диатомиты Карелии, как правило, залегают на дне водоемов на глубине от 2 до 5 м и распространены в небольших озерах, площадью до 1 $км^2$. Мощность их в среднем составляет 2-3 м, достигая в отдельных водоемах или их частях до 6-8 м. Часто небольшие озера с диатомитами располагаются на небольшом, до километра или первые километры, расстоянии друга от друга. В целом, для голоценовых диатомитов областей развития последнего оледенения характерны мелкие (до 1 млн. $м^3$), реже средние (до 3-5 млн. $м^3$) месторождения. В связи с геолого-геоморфологическими и гидрологическими особенностями строения залежи диатомитов и вмещающей его котловины водоема возможны два основных способа разработки месторождения: спуск водоема или использование плавающей техники, шнеков, винторезов, эрлифтов для добычи пластичных диатомовых отложений. Для территории Карелии возможен, главным образом, второй способ разработки месторождений.

Поскольку в природных условиях диатомиты на 85% состоят из воды желательно между добычей и обжигом диатомитов предусмотреть их сушку, в ходе которой влажность уменьшается до 15-20%.

Основной целью проводимых Институтом геологии КарНЦ РАН исследований диатомитов Карелии было выявление особенностей их формирования, распространения, оценка их ресурсов и перспектив использования. Подсчет запасов диатомитов для конкретных месторождений и местопроявлений не проводился. Имеются данные по запасам диатомитов только для ограниченного количества озер. Таким образом необходимо проведение дополнительных исследований по поискам, разведке и подсчету запасов диатомитов в выделенных перспективных для их формирования районах республики.

Практически все выделенные нами наиболее перспективные участки для поисков промышленных месторождений диатомитов (см. ниже) располагаются в непосредственной близости от шоссейных и железных дорог и крупных поселков с развитой инфраструктурой и трудовыми резервами.

Разработка месторождений донных озерных диатомитов, практически не приносит вреда окружающей среде, а наоборот, предотвращает озера от естественного зарастания и заболачивания. Впоследствии, отработанные озера можно использовать для разведения ценных сортов рыб. Диатомиты являются возобновляемым полезным ископаемым, то есть их осаждение происходит и в наши дни.

7.3. Ранжирование объектов по степени перспективности и очередности изучения

На основе анализа месторасположения известных месторождений диатомитов, геологического строения и гидрогеологических условий прилегающих районов в настоящее время можно предложить пять больших районов для поисков и разведки залежей диатомитов, эксплуатации известных месторождений:

1) Район пос. Муезерский и прилегающие к нему районы до пос. Волома на юге и пп. Тикшозеро и Ругозеро на севере. Широкое развитие водно-ледниковых песков в этих районах, а также выходы высококремнистых пород ятулия, лопийских образований, наличие многочисленных разломов, являются благоприятными факторами для формирования диатомитов. В настоящее время здесь известно 28 местопроявлений диатомитов, мощность которых достигает 4-5, а в районе пос. Муезерский – 8 м. Ресурсы только 8-ми месторождений (Муезерка, Тедрилампи, Леппалампи, Нялгулампи, оз. Хек и р-н Роголампи составляют около 4 400 000 куб.м.). Всего в Муезерском р-не известно 55 местопроявлений диатомовых отложений (см.рис. 14,16, Приложение 1).

2) Северная Карелия, участок вдоль Октябрьской ж/д от ст. Боярская до границы с Мурманской областью и р-н между оз. Тикшозеро и автотрассой Лоухи-Пяозерский. Известные месторождения – оз. Ряпукс (1400 т.$м^3$), Ламбина Амбарная (161 т.$м^3$), Вайвасозеро (577 т. $м^3$). По данным П.А.Варданянца (1934) при поисках диатомитов в 30-е годы в этом р-не вдоль Октябрьской железной дороги практически не встречено водоемов без проявления диатомитов в донных осадках. В настоящее время в вышеуказанном районе Боярская-Лоухи-Тикшозеро кроме уже упомянутых месторождений известно 22 местопроявления диатомитов и диатомовых сапропелей.

3) Западная Карелия, район оз. Поросозеро – оз. Гимольское – оз. Лендерское. Здесь широко распространены песчаные отложения древнего Гимольского озера, а также песчано-гравийные водно-ледниковые осадки. Известно 14 местопроявлений диатомитов и 7 местопроявлений диатомовых сапропелей.

4) Кяппельское месторождение (р-н д. Тунгозеро,) включающее группу озер с общими запасами более 600 т.$м^3$ (Борисов, 1952), а также прилегающие с запада площади, сложенные водно-ледниковыми песками и находящимися в зонах тектонических разломов, являются весьма перспективными на поиск новых месторождений диатомитов. В районе пос. Пяозерский, в 12-18 км к западу от пос. Тунгозеро известно 5 проявлений диатомитов и диатомовых сапропелей.

5) Район к северу и востоку от пос. Калевала. Широко распространены песчано-гравийные водно-ледниковые и озерные отложения. Известно 4 местопроявления диатомитов и 1 местопроявление диатомовых сапропелей.

Все выделенные районы находятся в непосредственной близости от железных и шоссейных дорог, населенных пунктов, что значительно упрощает разведку и разработку месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диатомиты являются ценнейшими полезными ископаемыми озерного генезиса. Их кремнистый, тонкодисперсный состав, высокая пористость и удельная поверхность, низкий удельный вес позволяют использовать диатомиты в десятках отраслей промышленности.

Диатомиты Карелии являются озерными, голоценовыми отложениями, и представляют собой во влажном состоянии студенистую массу коричневого, реже белого цвета, состоящую более чем на 50% из ажурных опаловых створок микроскопических водорослей – диатомей. Месторождения диатомитов Карелии располагаются на дне озер и болот и относятся преимущественно к мелким (< 1 млн.м^3), реже к средним (1-5 млн.м^3) по запасам. Мощность диатомитов обычно составляет 2-4 м, иногда достигает 8 метров. Накопление диатомитов в Карелии началось около 11 тысяч лет назад и продолжается в наши дни. Добыча озерных диатомитов предотвращает водоемы от естественного зарастания и заболачивания.

Диатомиты имеют намного более широкое распространение в Карелии, чем это предполагалось ранее. Озера с диатомовыми илами в основном располагаются в пределах песчаных равнин водно-ледникового генезиса, где мощные горизонты грунтовых вод обогащены растворенной кремнекислотой, а привнос в водоемы, глинистых и органических частиц значительно ограничен. В настоящее время на территории Карелии известно 126 озер с залежами диатомитов, а их прогнозные ресурсы превышают 300 милионов м^3 в естественном залегании при влажности 85%. Содержание двокиси кремния в природных образцах составляет 50-75%, редко до 80-90%. После обогащения-обжига природных диатомитов и диатомовых сапропелей содержание двуокиси кремния повышается до 85-96%. По химическому составу и физико-механическим свойствам многие диатомиты Карелии отвечают современным требованиям, предъявляемым к диатомовому сырью для изготовления фильтровальных порошков, наполнителей, носителей и адсорбентов, широко используемых в медицинской, пищевой, лакокрасочной и химической промышленности, а также тонких абразивов. Карельские диатомиты схожи по своему составу и свойствам с аналогичными отложениями Кольского полуострова, которые считались лучшими в СССР для производства вышеуказанного видов диатомового сырья.

В ходе проведенных исследований выявлены особенности формирования и распространения диатомитов, поисковые признаки их месторождений, выделены наиболее перспективные районы для их поисков.

Далеко не все свойства диатомитов уже исследованы. XXI век – век кремнезема и нанотехнологий. В этом отношении кремнистые по составу и микроскопические по размерам ажурные раковины диатомей являются весьма перспективными природными образованиями.

Использованная литература

Асеев А. А., 1974. Древние материковые оледенения Европы, М. Наука, 319 с.

Атлас Карельской АССР, 1989. ГУГК. М. 40 с.

Баранов И.В., 1958. Классификация озер Карело-Кольской лимнологической области// Рыбное хозяйство Карелии. Вып. 7. Петрозаводск.

Бахмет О.Н., Морозова Р.И., 2003. Почвенный покров // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. КарНЦ РАН. Петрозаводск. С. 34-37.

Бискэ Г.С., 1959. Четвертичные отложения и геоморфология Карелии. Петрозаводск. 307 с.

Борисов П.А., 1952. О чем говорят камни Карелии. гос.издат. КФ ССР. 120 с.

Варданянц П.А., 1936. Диатомиты северной Карелии // Материалы по геологии и полезным ископаемым Карелии. ОНТИ НКТП СССР. Москва-Ленинград. С. 83-93.

Геология СССР. Т XXVII. Карельская АССР. Ч. 2. Полезные ископаемые. М. 1960.

Геология СССР. Т.II. 1965. Архангельская, Вологодская области и Коми АССР. Часть 2. Полезные ископаемые М. Недра, 743 с.

Геология СССР. Т. I. 1975. Лениградская, Псковская и Новгородская области . Ч. II. Полезные ископаемые. М. Недра.

Геология Карелии, 1987, Соколов В.А. (ред.), Ленинград. 231 с.

Государственная геологическая карта М 1:200000, лист Р-36-VIII. 1983 г. Объяснительная записка.

Григорьев А.А., 1934. Пути и некоторые предварительные результаты изучения кольских диатомитов // Кольский диатомовый сборник. Тр. Геоморфологического института. Вып. 8. Л. АН СССР. С. 7–15.

Григорьев С.В., 1947. О численности озер в Карелии и их распределении. Изв. КФ базы АН. 1-2.

Давыдова Н.Н., 1976. Комплексы диатомей в донных отложениях Онежского озера // Палеолимнология Онежского озера. Л., Наука, 1976.

Давыдова Н.Н., Хомутова В.И., Демидов И.Н., 1998а. Поднеплейстоценовая история Онежского озера // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб. Наука. С. 147-161.

Давыдова Н.Н., Рыбалко А.Е., Субетто Д.А., Хомутова В.И., 1998б. Поднеплейстоценовая история Ладожского озера // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб, Наука. С. 140-146.

Давыдова Н.Н., 1985. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л. «Наука», 243 с.

Девятова Э.И., 1976 Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в юго-западном Беломорье. Л. Гаука. 1976. 123 с.

Демидов И.И., 1995. Муезерское месторождение диатомитов // Геология и магматизм Карелии. Информационные материалы Ин-та геологии КНЦ РАН. С. 48-52.

Демидов И.Н., 1998 Этапы формирования и особенности локализации полезных ископаемых Карелии в четвертичном периоде // Геология и полезные ископаемые Карелии.№1, КарНЦ. Петрозаводск. С. 137-143.

Демидов И.Н., 2003. Четвертичные отложения // Разноообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды Петрозаводск. КарНЦ Ран. С. 19-26.

Демидов И.Н., 2004.Донные отложения и колебания уровня Онежского озера в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск. КарНЦ РАН. С. 207-218.

Демидов И.Н., 2005. Деградация последнего оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск. КарНЦ РАН . С. 134-142.

Демидов И.Н., 2006. О максимальной стадии развития Онежского приледникового озера, изменениях его уровня и гляциоизостатическом поднятии побережий в позднеледниковье // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск. КарНЦ РАН, в печати.

Демидов И.Н., Шелехова Т.С., 1999. Диатомиты Карелии – особенности формирования, размещения, перспективы использования // Месторождения индустриальных минералов Фенноскандии: геология, экономика и новые подходы к переработке и использованию. Петрозаводск. КарНЦ. С. 75-78.

Демидов И.Н., Шелехова Т.С., 2002. Диатомиты Карелии // Прикладная лимнология. Лимнологическое и геоморфологическое обеспечение рационального природопользования. Вып. 3. Минск. С. 162-166.

Дистанов У.Г. (отв.ред.) 1976. Кремнистые породы СССР. Татарское книжное изд-во. Казань. 411 с.

Дистанов У.Г., 1984. Опал-кристобалитовые породы // Неметаллические полезные ископаемые СССР. М. «Недра». С. 179-194.

Дистанов У.Г., 1998. Опал-кристобалитовые породы // Минеральное сырье. Справочник. ЗАО «Геоинформмарк». М., 28 с.

Егоров С.Ф., 1934. Морфологические особенности залегания диатомитов некоторых месторождений Кольского полуострова // Кольский диатомовый сборник. Тр. Геоморфологического института. Вып. 8. Л. АН СССР. С. 17 –34.

Евзеров В.Я., Каган Л.Я., Лебедева Р.М., 1983. Начальный этап формирования диатомита в озере Ковдор (юго-западная часть Мурманской области) // История озер СССР. Тез VI Всесоюз. Совещ. Т. 2. Таллин. С. 47-48.

Елина Г.А., 1981. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л. Наука. 159 с.

Елина Г.А., Лукашов А.Д., Юрковская Т.К., 2000. Позднеледниковье и голоцен Восточной Фенноскандии. Петрозаводск. КарНЦ РАН. 242 с.

Жузе А.П., 1966. Кремнистые осадки в современных и древних водоемах // Геохимия кремнезема. «Наука». М. С. 301-318.

Земляков Б.Ф., 1936 Четвертичная геология Карелии. Петрозаводск. 102 с.

Иванова Е.Н., 1976. Классификация почв СССР. «Наука». М., 227 с.

Каплянская Ф.А., Тарноградский В.Д., 1993. Гляциальная геология. СПб. Недра. 328 с.

Карельская АССР, 1956, (ред. А.А.Григорьев, А.В.Иванов). М. Гос.издат геогр. Лит-ры. 335 с.

Каталог озер Карелии. Донные отложения. 1992. Е.П.Васильева, Ю.К.Поляков. КарНЦ РАН.Петрозаводск. 155 с.

Клюнин С.Ф., Одинцова А.В., Кособокова П.А., 1986. Кумское месторождение глин – новый источник сырья для производства грубой керамики // Природа и хозяйство Севера, вып. 14., Мурманск. С. 21-25.

Кольский диатомовый сборник, 1934. Тр.геоморф.ин-та. Изд-во Академии наук СССР. Л. 214 с.

Лаврова Н.Б., 2005, Развитие растительности бассейна Онежского озера в ходе деградации последнего оледенения // Геология и полезные ископаемые Карелии. вып. 8. Петрозаводск. КарНЦ РАН. С. 143-148.

Лак Г.Ц., 1976. Диатомовая флора морских и озерных надморенных отложений в котловине Ладожского озера. Петрозаводск, 64 с.

Лак Г.Ц., 1980. Экологические особенности ископаемой диатомовой флоры Северо-восточного побережья Ладожского озера. Петрозаводск, 80 с.

Лёвкин Ю.М., Серба Б.И., Самохвалов В.А., Антонов С.А., 2002. Грунты Карелии, Петрозаводск, ПГУ, 213 с.

Лосева Э.И. Прекрасные невидимки. Екатеринбург: УрО РАН, 2002.165 с.

Лукашов А.Д., 2003, Геоморфологические условия // Разноообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды Петрозаводск. КарНЦ РАН. С. 13-19.

Малясова Е.С., Джиноридзэ Р.Н., 1977. Условия формирования и возраст диатомитов месторождения «Травяное» (Кольский п-ов) // Природа и хозяйство Севера № 6. Петрозаводск. С. 48-57.

Марков К.К., 1933. Диатомит // Справочник «Полезные ископаемые Ленинградской области и Карельской АССР». Ч. II.. Горгеонефтьиздат.

Металлогения Карелии, 1999 (ред. С.И.Рыбаков, А.И.Голубев), КарНЦ РАН, Петрозаводск. 340 с.

Минеральное сырье. Справочник. 1998, Опал-кристобалитовые породы // ред. Дистанов У.Г., ЗАО «Геоинформмарк». М., 28 с.

Минеральное сырье. Справочник. 1998. Сорбенты природные // ред. Дистанов У.Г., Конюхова Т.П., ЗАО «Геоинформмарк». М., 44 с.

Минеральное сырье. Справочник. 1998. Наполнители. // ред. Рахматуллин Э.Х., ЗАО «Геоинформмарк». М., 22 с.

Митрофанова З.Т., Филинцев Г.П., 1956. Глины Карелии. Петрозаводск. 160 с.

Наливкин Д.В. Учение о фациях. Т. 2. М.-Л. 1956. 388 с.

Ниемеля Й., Экман И., Лукашов А., 1993. Четвертичные отложения Финляндии и северо-запада Российской Федерации и их сырьевые ресурсы. (карта м-ба 1: 1000000) Эспоо, Финляндия.

Озера Карелии. (Природа, рыбы и рыбное хозяйство) 1959 (гл.ред. Александров Б.М.)Гос.издат. Петрозаводск. 620 с.

Палеолимнология Онежского озера, 1976. (ред. Г.Г.Мартинсон, Н.Н.Давыдова). «Наука». Л. 202 с.

Полонский Н.В., 1934, Материалы к вопросу о географическом распространении диатомитовых отложений на Кольском п-ве // Кольский диатомовый сборник. Тр. Геоморфологического института. Вып. 8. Л. АН СССР. С. 35-54.

Порецкий В.С., Жузе А.П., Шешукова В.С., 1934. Диатомовые Кольского полуострова в связи с микроскопическим составом кольских диатомитов // Там же. С. 95 –210.

Птицын Б.В., 1934. Материалы к химической характеристике диатомитов Кольского полуострова // Там же. С. 69-90.

Ресурсы и геохимия подземных вод Карелии. ред. В.С.Самарин. Петрозаводск, 1987. 151 с.

Синькевич Е.И., Экман И.М., 1995. Донные отложения озер восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита. КарНЦ РАН.Петрозаводск. 176 с.

Филимонова Л.В., Т.С. Шелехова. Динамика уровенного режима, зарастания и заторфовывания озера Руоколампи (заповедник «Кивач») в голоцене // Биоразнообразие, динамика и ресурсы болотных экосистем Восточной Фенноскандии. Вып. 8. Труды Карельского научного центра РАН, Петрозаводск, 2005. Стр. 121-132.

Шелехова Т.С., 1997. Палеоэкологические условия накопления диатомитов Муезерского района // Проблемы геоэкологии. КарНЦ РАН. Петрозаводск. С. 21-32.

Шелехова Т.С., Васько О.В., Демидов И.Н. Развитие природной среды юго-западного Прионежья в голоцене // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2004. С. 226-232.

Экман И.М., 1995. Донные осадки озер // Донные отложения озер восточной части Фенноскандинавского кристаллического щита. КарНЦ РАН. Петрозаводск. С. 10-83.

Demidov I.N., 1997. Varved clay formation and deglaciation in the northern Lake Onega area // Contribution to the origin of Quaternary deposits and their resources in Finland and northwestern part of the Russian Federation. GSF. Espoo. P. 57-65.

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E., 2006. The last Scandinavian Ice Sheet in nothwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas. Vol. 35. Oslo. P. 425-433.

Ekman I., Iljin V., 1995. Deglaciation, the Young Dryas end moraine and their correlation in Russian Karelia and adjacent areas // Glacial deposits in North-East Europe/ Rotterdam, Balkena. P. 195-209.

Gronlund T., 1986. Diatomite deposit in the basin of Lake Soijarvi, central Finland // Bull. Geo.Soc. Finland 58/ P. 2. P. 35-45.

Gronlund T., 1989. Holocene diatomites in central Finland, with special reference to Aulacoseira (Melosira) species. Geol. Survey of Finland. Rep. of investigation 87, 33 p.

Grönlund T., Saarnisto M. & Ekman I. Diatom Stratigraphi of lake Vosmjorka near Belomorsk, Russia: a Contribution to the Early Holocene of the Wite Sea Basin// Pact 50- 11.7. P. 155-165.

Lukashov A.D., 1995. Paleoseismotectonics in the nothern part of Lake Onega, GSF, Espoo. Finland. 37 p.

Saarnisto M., Gronlund T., Ekman I., 1995. Lateglacial of Lake Onega –contribution to the history of the eastern Baltic basin // Quaternary International. Vol. 27. P. 1-10.

Приложение 2

КАТАЛОГ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ПРОЯВЛЕНИЙ ДИАТОМИТОВ И ДИАТОМОВЫХ САПРОПЕЛЕЙ КАРЕЛИИ

№ п/п и на карте	Название	Географическая привязка			Площадь водоема, км^2 / Мощность залежи, м / Ресурсы, запасы (С) (тыс.м^3)	Химический состав, % (R_2O_3 = Al_2O_3+Fe_2O_3, п.п.п. = потери при прокаливании)			Примечания: источник информации, № лабораторный
		район	местоположение	координаты		SiO_2	R_2O_3	п.п.п	
1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
1	**Ламбина Амбарная**	**Лоухский**	**В 200 м к СВ от ж/д разъезда Амбарный**	**~65*56` 33* 45`**	**0.06 >3.6 161 (С1)**	**57.3--59.3**	**5.6--6.8**	**26--36**	**Варданянц, 1936**
2	**оз. Ряпукс**	**Лоухский**	**В 2 км к ЮВ от п. Лоухи**	**~ 66*06` 33*09`**	**~ 1.5 >2.5 1400 (С1)**	**54.6--56.7**	**4.2--9.0**	**33.3--34.9**	**Варданянц, 1936**
3	**оз. Вайвас**	**Лоухский**	**В 5-ти км к ЮВ от п. Лоухи**	**~66*05` 33*11`**	**~ 1 >2.6 577 (С1)**	**–**	**–**	**–**	**Варданянц, 1936**
4	оз. Еловое	Лоухский	В 8 км к ЗСЗ от п. Лоухи	66*05`38`` 32*52`12``	1.2 >3.5 2 5000	42.5	7.5	37.3	Д-01-2
5	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**У пересечения шоссе «Кола» и ж/д Лоухи-Пяозерский**	**66*04`25 32*53`05**	**0.032 3.0 80**	**62**	**10.7**	**14.7**	**Д-01-3**
6	**Шарвоозеро**	**Лоухский**	**10 км к Ю от п. Лоухи**	**65*59`43`` 33*03`31``**	**1.0 >2.5 1 500**	**45**	**8.6**	**32.5**	**Д-01-4**
7	Ламба б/н	Лоухский	У трассы Кола, в 1.5 км к Ю от поворота на п. Амбарный	65*58`03`` 33*06`16``	0.08 > 2 40	>35			Д-01-5
8	оз.Белочье	Лоухский	У поворота с а/трассы Кола на п. Амбарный	65*59`13`` 33*08`33``	2.0 >2.5 1500	34--62	7,4--12,6	12.2-43.2	Д-01-06
9	оз.Каменное	Лоухский	13 км к СЗ от п.Лоухи , у а/трассы Кола	66*09`15`` 32*55`05``	0.4 3.0 600	>35			Д-01-1
10	Оз.Осиновое	Лоухский	В 14 км на СЗ от п. Лоухи, ст.Кереть	~64*09` 32*52`	0,4 >2 800	>35			Земляков, 1936
11	Оз.Кривое	Лоухский	Р-н оз.Кривое, в 15 км на ССЗ от п. Лоухи, ст. Кереть	~64*09` 32*59`	0.5 >2 1000	>35			Земляков, 1936
12	**Озеро**	**Лоухский**	**В 10км от п.Сосновый по дороге на Лоухи**	**66*01`37`` 32*33`51``**	**0.03 >2 50**	**53.4**	**10.2**	**23.4**	**Д-01-8**
13	Ламба б/н	Лоухский	С запада, у дороги Сосновый – Тикшозеро	66*04`09`` 32*16`22``	0.03 >1м 50	>35			Д-01-13
14	Ламба б/н	Лоухский	У дороги Сосновый – Тикшозеро	66*04`20`` 32*15`41``	0.01 >2.5 30	49.03	12.8	24.2	Д-01-12
15	Ламба б/н	Лоухский	У дороги Сосновый – Тикшозеро	66*05`07`` 32*13`52``	0.015 >2.5 40	30.9	5.7	54.2	Д-01-11
16	Ламба	Лоухский	В 20км на ССЗ от п. Сосновый	66*10`30`` 32*15`20``	0.24 >2 40	>35			Тк-20,
17	Ламба б/н	Лоухский	В 4-х км к Ю от оз. Аштахма	66*06`55`` 32*20`47``	0.1 >3 200	61.8	8.3	18.1	Д-01-10
18	Ламба б/н	Лоухский	В 2-х км к Ю от оз. Нижнее	66*03`45`` 31*59`30``	0.27 4 400	>35			ТК-16

1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
19	Ламба б/н	Лоухский	В 2 км к ВЮВ от б/д Елетьозеро	66*06`00`` 31*58`00``	0.2 >1.7 300	>35			ТК-15
20	Оз.Копанец	Лоухский	Севернее Елетьозера	66*07`00`` 31*56`00``	– >1 –	>35			ТК-14
21	Ламба б/н	Лоухский	В 3 км к ССВ от б/д Елетьозеро	66*07`50`` 31*56`30``	0.6 3 800	>35			ТК-13
22	**Озеро б/н 126m**	**Лоухский**	**В 3 км к С от б/д Елетьозеро**	66*08`20`` 31*53`20``	**1 >3.3 2500**	**34.3- 65,5**	**3.1- -17.5**	**3,2- -57.5**	**ТК-12**
23	Сеннозеро	Лоухский	Восточный берег	66*08`20`` 31*49`20``	– >1 –	35.45	6.5	50.3	ТК-11
24	Ламба б/н 135.8	Лоухский	В 8км к СЗ от б/д Елетьозеро	66*09`40`` 31*49`00``	0.44 >3.5 1000	28,5	3.05	66	ТК-9
25	Ламба б/н	Лоухский	В 3 км к Ю от устья р. Большая на озере Тикшозера	66*11`05`` 31*52`00``	0.08 >3 200	28.8	4.7	54.1	ТК-10
26	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 2 км к С от оз. Шапкозеро**	66*12`25`` 31*45`00``	**0.06 >7 200**	**40.3 -56.4**	**5.3-18**	**33- 44.5**	**ТК-7**
27	Ламба б/н	Лоухский	В 4 км к СВ от оз.Петроярви, у ЮЗ берега Тикшозера	66*12`55`` 31*38`00``	0.05 >2 100	>35			ТК-4
28	Ламба б/н	Лоухский	В 14 км на З от устья р. Большая на юге Тикшозера	66*13`20`` 31*34`50``	0.05 >2 100	36.6	11	37.6	ТК-2
29	ламба	Лоухский	В 12 км к ВСВ от оз Паанаярви	~66*36`00 ` 30*42`00``	0.01 >3 –	39.3 -66.9	1.16- -4.77	29- 48.8	ПН-88-7 Экман, 1991
30	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 8 км на З от п.Пяозерский**	**65*45`51`` 30*55`50``**	**0.1 >2.5 200**	**>50**			**Д-01-16**
31	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 7,5 км к З от пос. Пяозерский**	**65*45`51`` 30*54`53``**	**0.1 >3 300**	**>50**			**Д-01-17**
32	Ламба б/н	Лоухский	Ламба в 2,5км к ЗЮЗ от п. Пяозерский	65*46`13`` 31*01`50``	0.05 >4 150	40.7	3.0	45.2	Д-01-19
33	Ламба б/н	Лоухский	К В от п. Пяозерский	65*45`51`` 31*07`58``	0.03 >1 40	38.6	1.3	48.8	Д-01-20
34	Ламба б/н 116.9	Лоухский	В 1.5 км к С от С берега Тунгозера	66*45`55`` 31*15`40``	0.08 2 160	48.6 -60.2	12.1- 19	6.6- 19.9	Тн-4
35	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 1.5 км к Ю от пос.Тунгозеро.**	**65*44`15`` 31*18`58``**	**0.02 >3.5 50**	**50**	**1.2**	**38.3**	**Д-01-22**
36	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 2 км к Ю от вост. Берега оз.Тунгозеро**	**65*43`26`` 31*18`37``**	**0.01 >3 20**	**68.4**	**4.0**	**17.4**	**Д-01-23**
37	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 1.6 км на Ю от ЮВ берега Тунгозера**	**65*43`37`` 31*18`33``**	**0.02 >2.2 40**	**68.9**	**6.6**	**14.7**	**Д-01-24**
38	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 1.8 км на Ю от ЮВ берега Тунгозера**	**65*43`39`` 31*19`00``**	**0.01 >2 10**	**64.3**	**1.4**	**33.1**	**Д-01-25**
39	**Ламба б/н**	**Лоухский**	**В 4 км к ЮЗ от ЮЗ берега Тунгозера**	**~65*43` 31*12`**	**0.04 >2 60**	**68.8**	**2.5**	**26**	**Тн 5**

1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
40	**оз.Сиг**	**Кемский**	**К ЮЗ от ст. Сиг В 40 км к ЮВ от п. Амбарный**	**~65*40\` 34*07\`**	**0.12 >1,7 54 (С1)**				**Варданянц, 1937**
41	**Кандозеро,**	**Кемский**	**В 35 км к ССЗ от г.Кемь, в 300м к В от 879 км. Окт.ж/д**	**~65*17\` 34*25\`**	**0,3 >1,3 49(С1)**				**Варданянц, 1937**
42	Вокшозеро	Кемский	В 65 км к СЗ от г.Кемь	~65*18\` 33*30\`	– – –				Митрофанова и Филинцев, 1956.
43	**Ламба б/н**	**Калеваль-ский**	**К Ю от оз. Пяйве, 26 км к В от Калевалы**	**65*13\`19\`\` 31*44\`56\`\`**	**0.08 >2.5 150**	**49.9-84.7**	**4.2--6.4**	**40-42**	**Д-01-38**
44	**Ламба б/н**	**Калеваль-ский**	**К З от оз. Большое**	**65*12\`44\`\` 31*37\`36\`\`**	**0.03 >2 60**	**84.7**	**1.6**	**13.1**	**Д-01-37**
45	Ламба б/н	Калеваль-ский	В 2-х км к Ю от оз. Керкешярви	65*14\`00\`\` 31*22\`32\`\`	0.07 >2 100	>35			Д-01-35
46	**Ламба б/н**	**Калеваль-ский**	**У ЮВ оконечности оз. Коппоярви**	**65*14\`01\`\` 31*21\`34\`\`**	**0.04 >3 50**	**>50**			**Д-01-33**
47	Шлинкин лампи	Калеваль-ский	Р-н пос. Калевала						Экман, 1991
48	**Ламба б/н**	**Калеваль-ский**	**Залив р.Ухта в 3-х км к С от п. Калевала**	**65*13\`43\`\` 31*11\`21\`\`**	**0.05 >3 100**	**71.1**	**13.2**	**5.8**	**Д-01-29 К-1.**
49	**Ламба б\н**	**Калеваль-ский**	**В 1.5 км к С от оз. Бол. Пертти**	**65*17\`13\`\` 31*03\`18\`\`**	**0.05 >4 100**	**69.3-71.3**	**10.4--11.5**	**9-10.2**	**Д-01-30**
50	**Ламба б\н**	**Муезерский**	**В 8 Км к ЮЗ от пос. Ледмозеро**	**~64*11\`29 \`31*51\`10\`\`**	**0.01 >2.3 30**	**55.8**	**12.5**	**17.6**	**С-16**
51	**Уносозеро**	**Муезерский**	**В 16 км к ССЗ от п. Муезерский**	**~64*05\`58\` 31*56\`10\`\`**	**1.8 >2 1000**	**67.2**	**13.5**	**9.04**	**Д-00-57**
52	ламба	Муезерский	В 5.5км к З от оз. Боярское	~64*06\`15\` 32*00\`00\`\`	0.2 >2 300	47.9	8.6	35.8	Д-00-58
53	**Ламба б\н**	**Муезерский**	**В 0,5 км к З от оз. Боярское**	**~64*05\`30\` 32*06\`40\`\`**	**0.2 >2.5 400**	**>50**			**Д-00-59**
54	ламба	Муезерский	У южного берега оз. Боярское (устье р. Понокка)	~64*05\`10\` 32*09\`15\`\`	0.09 >2.7 150	35.4	1.5	60.6	Д-00-24
55	**Оз. Коппало-ярви**	**Муезерский**	**У южного берега оз. Боярское**	**~64*04\`35\` 32*11\`15\`**	**3 >2**	**60.5**	**8.1**	**18.8**	**Д-00-60**
56	ламба	Муезерский	В 2 км к СЗ от оз. Лебединое, к ЮЗ от Тикшозера	**~64*04\`13\` 31*52\`00\`\`**	0.07 >1 50	47.5	15.4	29.6	Д-00-56
57	**оз. Тедри-лампи**	**Муезерский**	**12 км к ЗСЗ от п. Муезерский**	**~63*58\`50\` 31*43\`45\`\`**	**0.21 4 334 (С1)**	**60.3-75.5**	**2.9--8.1**	**19.5--27.2**	**Д-00-50**
58	**Муезерский**	**Муезерский**	**Излучина р. Муезерка в пос. Муезерский**	**~63*58\`00 32*01\`30\`\`**	**0.043 8 172 (С1)**	**63.3 -69.9**	**3.6--6.7**	**22.3--28.6**	**Д-00-55**
59	**оз. Проточное**	**Муезерский**	**В 5,5 км к ЮЮЗ от п. Муезерский**	**63*54\`25 31*56\`30\`\`**	**145 2.5 263 (С1)**	**64.9 -75.7**	**3.3--13.4**	**8.6-18.4**	**Дм-92-4**
60	**оз. Хек**	**Муезерский**	**В 6 км к З от п. Муезерский**	**63*58\`20 31*50\`45\`\`**	**1.2 >2.5 2 000**	**69.6**	**5.9**	**21.12**	**Д-00-13**
61	**оз. Леппа-ламби**	**Муезерский**	**В 14 км к З от п. Муезерский**	**63*57\`13 31*41\`45\`\`**	**0.22 5 266 (С1)**	**77.6**	**2.1**	**18.1**	**Дм-92-5**

1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
62	ламба	Муезерский	В 2-х км к С от оз. Муй	63*57`,41 31*40`,54	0.035 >2.5 70	88.3	1.8	7.1	Д-00-16
63	ламба	Муезерский	В 0,5 км к С от оз. Кодилампи	63*55`,96 31*37`,82	0.02 >2.2 25	78	0.74	20.2	Д-00-12
64	ламба	Муезерский	У западного берега оз. Кодилампи	63*55`,7 31*37`,9	0.02 3.5 70	66.4	9.0	16.6	Д-00-14
65	ламба	Муезерский	В 0,5 км к С от оз. Роголампи	63*52`,25 31*35`,75	0.12 >2.5 250	>50			Д-00-10
66	ламба	Муезерский	В 1.5 км к С от ц.ч. оз. Кемель,	63*52`,43 31*34`,25	0.1 >4 300	55-68	1.9- 10.2	11.9- 39.4	Д-00-11
67	Роголампи	Муезерский	У северного берега оз. Роголампи	63*52`13`` 31*35`45``	0.2 >2 450	62.4- 81.3	2.7- 23.6	14.2- 11.7	Д-00-9
68	ламба	Муезерский	В 0,3 км к Ю от оз. Ристилампи	63*52`,43 31*34`,25	0.002 >3.5 6	67.3	10.4	11.4	Д-00-8
69	ламба	Муезерский	В 0,7 км к Ю от оз. Большое	63*52`,32 31*35`,92	0.15 >2 300	38.3	5.0	49.6	Д-00-7
70	оз. Ниж. Шулгоярви	Муезерский	В 9 км к ССВ от п. Волома	63*48`,43 32*02`,66	1.2 >2 700	62.2	9.85	18.1	Д-00-21
71	ламба	Муезерский	У моста к СВ от п. Волома	63*45`22`` 31*58`40``	0.01 >1.5 20.	51.1	3.4	42.3	Д-00-54
72	ламба	Муезерский	У дороги к С от п. Волома выс. 181 м	63*44`45`` 31*56`24``	0.12 >4 300	53.6	4.2	45.3	Д-00-51
73	ламба	Муезерский	У западной окраины п. Волома	63*44`,67 31*54`,56	0.01 >2 20	44.3- -78.8	1.4-- 1.7	17.3- -52.4	Д-00-23
74	ламба	Муезерский	В 2-х км к ССВ от п. Волома	63*45`,58 31*56`,16	0.1 >4 150-	62.7- -95.2	1.6- -2.6	34.2- -95	Д-00-18
75	Ховдоярви	Муезерский	К СЗ от п. Волома	63*44`58`` 31*54`40``	– >1 –	56.8	19.3	18.7	Д-00-52
76	Симонярви	Муезерский	В 4 км к СЗ от п. Волома	63*46`07`` 31*49`15``	– >2 –	51.8	22.7	18.4	Д-00-53
77	Реболы	Муезерский	Р-н пос.Реболы	~63*49`30`` 30*46`00``	– –				Земляков, 1936
78	Ламба б/н	Муезерский	В 8.5 км к СВ от п. Тикша	~64*10`30` 32*30`30``	0.02 >3 40	80.8	3.9	8.8	С-18
79	оз. Уаманчи	Муезерский	Р-н оз. Мергубское	64*06`,42 32*46`,46	1.2 >2 –	>35			Д-00-27
80	Видалампи	Муезерский	В 7 км к В от п.Ругозеро	64*05`,02 32*55`,36	0.5 >2 800	47.3	3.6	44.6	Д-00-28
81	ламба	Муезерский	В 1.5 км к ЮЮВ от Видалампи	64*04`,04 32*56, 50	0.03 >2 50	39.9- -41.8	3.1- -5.2	46.5- -51.9	Д_00-29
82	ламба	Муезерский	В 16 км к Ю от п. Тикша	~64*04`45` 32*55`45``	0.06 >2 100	67.7	15.5	3.2	Э-15
83	ламба	Муезерский	В 18 км к Ю от п.Тикша	~64*04`00 32*57`00``	0.04 >2 80	54.9	11.5	22.9	Э-14

1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
84	**оз.Вязовец**	**Сегежский**	**Севернее Выгозера**						**Марков, 1933 Земляков1936**
85	Ламба б/н	Сегежский	У южного берега оз. Ондозеро	63*40`00`` 33*26`30``	0.35 >3.5 700	47.8	6.05	38.8	Д-00-4
86	**Уросозеро**	**Сегежский**							**Земляков1936**
87	Оз. Конжу-лампи	Медвежьегор-ский	В 11 км к ССЗ от Падан у дороги	63*22`50`` 33*19`30``	0,12 >3 –	42.4	7.6	40.3	Д-00-1
88	**ламба**	**Муезерский**	**У ст. Пенинга**	**63*31`,95 32*04`,34**	**0.2 >2.5 300**	**50**	**1.2**	**47**	**Д-00-32**
89	Оз. Лендерское	Муезерский	В 0.5 км СЗ от пос. Лендеры	63*24`25`` 31*12`00``	– >1 –				Э-1
90	ламба	Муезерский	В пос.Лендеры	~63*23`50` ` 31*14`00``	0.03 >2 40				Э-7
91	ламба	Муезерский	В 4 км от п. Лендеры	~63*24`30` ` 31*17`30``	0.03 >2 –				Э-2
92	**ламба**	**Муезерский**	**В 1.5 км к С от оз. Гуйлли**	**~63*19`18` ` 31*09`20``**	**0.03 >1.5 –**				**Э5**
93	**ламба**	**Муезерский**	**В 4 км к СВ от оз. Гуйлли**	**~63*20`00` ` 31*13`45``**	**0.03 >1.5 –**				**Э4**
94	**ламба**	**Муезерский**	**В 4 км к В от оз. Перти**	**~63*05`27` ` 31*32`00``**	**0.05 >1 –**				**Э11**
95	ламба	Муезерский	Южнее оз. Матконе	**~63*13`50` 31*50`45``**	0.02 >2 40				Э10
96	ламба	Муезерский	В 2 км к С от оз. Эллинярви	63*08`50`` 31*40`00``	0.03 >1 20				Э-6
97	**ламба**	**Муезерский**	**В районе ст. Тумба**	**~63*15`00` 32*02`00``**	**0.015 2 25**	**68.1**	**2**	**27.8**	**Э-9**
98	**Ковдозеро**	**Муезерский**	**р-н оз. Ковдозеро**						**Земляков,** 1936 **Борисов, 1952**
99	ламба	Муезерский	У развилки дорог Сук-козеро –Муезерский. Суккозеро –Паданы	63*11`,03 32*23`,02	0.03 >3 100	27- 40	2.4-6.7	44.9--66	Д-00-35
100	**оз. Васхярви**	**Муезерский**	**10 км к Ю от пос. Суккозеро**	**63*04`,61 32*20`,88**	**0.6 >2 1000**	**50.5**	**10.6**	**26.8**	**Д-00-36**
101	**оз. Сюрья-лампи**	**Муезерский**	**11 км к Ю от пос. Суккозеро**	**63*03`,82 32*21`,76**	**0.04 >1.5 80**	**57.5--75.7**	**3.4-7.6**	**17.0-31.1**	**Д-00-37**
102	**оз. Актемме-лина Лампи**	**Муезерский**	**12 км к Ю от пос. Суккозеро**	**63*03`,26 32*22`,49**	**0.03 >4 100**	**61.6**	**2.7**	**31.8**	**Д-00-38**
103	ламба	Муезерский	К С от дороги Гимолы – Воттозеро	63*03`,37 32*25`,39	0.1 >1.5 150	>35			Д-00-39
104	**Расиаламби**	**Муезерский**	**К Ю от дороги Гимолы Воттозеро**	**63*03`,33 32*25`,48**	**0.2 >2.5 400**	**69.6**	**9.2**	**17.6**	**Д-00-40**
105	**Рубляламби**	**Муезерский**	**В 7 км к ВСВ от д. старые Гимолы**	**63*03`,57 32*26`,78**	**0.25 >2.5 500**	**73.1**	**1.6**	**23.4**	**Д-00-41**
106	**ламба**	**Муезерский**	**В 9 км на В от д. старые Гимолы**	**63*03`,23 32*29`,80**	0.04 >2 120	**51**	**1.1**	**46.1**	**Д-00-42**

1	2	3	4	5	6	9	10	11	12
107	ламба	Муезерский	В 2 км к СВ от северной части оз. Воттомукс	63*15`,07 32*40`,36	0.04 >3.5 100	36.6- -40	1-2	55-66	Д-00-34
108	**Лувенйоки**	**Суоярвский**	**Правый берег, у дороги**	**~62*44`20` 31*34`30``?**	**– 0.03 12 (сухие)**	**>50**			**Геол.карта Р-36-VIII**
109	**Койтайоки**	**Суоярвский**	**Левый берег прото-ки между оз. Иткя-ярви и Койтайоки**	**~62*44`20` 31*39`00``**	**– 0.7–1.25 2.7 (сухие)**	**79.6**	**1.78**	**10.2**	**Геол.карта Р-36-VIII**
110	**оз. Чудозеро**	**Суоярвский**							**Борисов, 1952**
111	**оз. Порос-озеро**	**Суоярвский**							**Борисов, 1952**
112	**ламба**	**Суоярвский**	**В 4 км к СВ от п. Поросозеро**	**62*45`,17 32*47`,58**	**0.04 >1.5 100**	**63.2**	**2.8**	**29.9**	**Д-00-46**
113	**ламба**	**Суоярвский**	**В 4-х км к В от п. Поросозеро**	**63*43`,40 32*37`,19**	**0.04 >3.5 120**	**66**	**10.2**	**13.9**	**Д-00-47**
114	**Д. Уссуна**	**Кондопож-ский**	**В 7 км к ЮВ от п. Гирвас**	**~62*27`00` 33*48`20``**					**Земляков, 1936**
115	**Турастам-озеро**	**Медвежье-горский**	**Восточный залив озера**	**~62*32`30` 34*44`30``**	**– >2 –**	**53.8**	**16**	**15.9**	**З-10**
116	**Челомпет-озеро**	**Медвежье-горский**	**На р.Сосновка, в 4 км к ЮЗ от п. Огорелыши**	**62*58`55`` 35*38`50``**	**0.16 >1.5 200**	**64.5**	**10.2**	**16.5**	**ВК-10**
117	**Оз. Железное**	**Медвежье-горский**	**В 5 км к ЮЮВ от п. Огорелыши, север.берег**	**62*58`05`` 35*38`20``**	**0.03 >2 150**	**62.5**	**6.0**	**26.8**	**ВК-12**
118	**Оз. Старо-заводское**	**Медвежье-горский**	**В 6 км к СВ от д. Тихвин Бор**	**62*50`50`` 35*38`13``**	**0.05 >2 100**	**65**	**13**	**14**	**ВК-19**
119	**ламба**	**Пудожский**	**В 3-х км. к ЮВ от, Куносозеро**	**64*42`57`` 36*11`35``**	**0.2 >1.5 200**	**64.7**	**8.5**	**22.2**	**ВК-5**
120	**ламба**	**Пряжин-ский**	**В 2 км к С от СЗ конца оз. Кивиярви**	**62*05`35`` 32*59`38``**	**0.05 >3. 100**	**58.9**	**1.96**	**38**	**Д-106**
121	**ламба**	**Пряжин-ский**	**Между Кудамозером и оз. Роваярви**	**62*00`15`` 33*10`40``**	**0.15 >4 350**	**66**	**5.5**	**25**	**Д-104**
122	**оз. Подарви**	**Пряжин-ский**	**В 2 км к ЮВ от д. Кудама**	**62*50`50`` 35*38`13``**	**0.16 >3.5 400**	**56.2**	**7.9**	**31.3**	**Д-101**
123	оз. Савала	Пряжинский	Сев. Берег, в 3 км к ЮЗ от Эссойлы	61*50`20`` 33*06`40``	1 >2 –	39.7	6.4	48	Д-112
124	оз. Сямозеро	Пудожский	В 44 км к С от г. Пудож	62*12` 36*45`	2.6 4 9500			59	Каталог озер, 1992
125	**Шальское**	**Пудожский**							**Земляков, 1936**
126	**Волошовское**	**Архангель-ская обл. Каргополь-ский р-н**	**Р-н р. Волошва**						**Геология СССР,1963**
127	**Монастыр-ское**	**Архангель-ская обл. Каргополь-ский р-н**	**Р-н. оз. Монастырское**						**Геология СССР, 1963**
128	Нялгулампи	Муезерский	В 23 км к ЗЮЗ от п. Муезерский у дороги на п. Реболы	63*55`45`` 31*31`30``	0.4 >2.5 700	45.7	4.2.	45.3	Д-00-49

Приложение 3

Видовой состав и эколого-географическая характеристика диатомитов Карелии

№ п/п	Название		Экология, разрез, месторождения, тип											
			Местообитание	Отношение к солености	Отношение к pH	Биогеография	Муезера, 1 тип	ВК -5,1 тип	Узкое 2 тип	Тедрилампи 2 тип	Вк-10, 2 тип	Роголампи, 3 тип	Тунгозеро, 4 тип	V тип, т.н. 23
1	**Achnanthes**	affinis Grun.	о	гл	алк	б	+							
2	Achnanthes	conspicua A.Mayer	о	и	алк	б					+			
3	Achnanthes	conspicua var. brevistriata Hust.	о	и	алк	к					+			
4	Achnanthes	exiguaGrun.	о	и	алк	к					+			
5	Achnanthes	exigua var.baicalensis Skv	о	и	алк	к			+					
6	Achnanthes	exiqua var.heterovalvata Krasske	о	и	алк	к			+	+	+			
7	Achnanthes	kryophila Boye P.	о	гб	и	а	+							
8	Achnanthes	lanceolata Breb.	о	и	алк	к					+			
9	Achnanthes	lanceolata var.elliptica Cl.	о	и	алк	а	+							
10	Achnanthes	lanceolata var.minuta (Skv.) Sheshukova	о	и	алк	к				+				
11	Achnanthes	laterostrata Hust.	о	и	и	а	+							
12	Achnanthes	linearis (W.Sm.) Grun.	о	и	алк	б	+							
13	Achnanthes	lutheri Hust.	о			б				+				
14	Achnanthes	oestrupii (A. Cl.) Hust.	о	и	и	а	+		+	+				
15	Achnanthes	peragalloi Brun et Herib.	о	и	и	а	+			+				
16	**Amphora**	coffeaformis Ag.	д	и		к					+			
17	Amphora	ovalis Kutz.	д	и		к								+
18	Amphora	ovalis var.lybica Ehr.	д	и		к	+							
19	**Anomoeoneis**	exilis (Kutz.)Cl.	д	гб	а	а		+					+	
20	Anomoeoneis	exilis f. lanceolata A. Mayer	д	гб	а	а		+				+		
21	Anomoeoneis	serians (Breb.)Cl.	д	гб	ац	а							+	+
22	Anomoeoneis	serians var. brachysira(Breb.) Hust.	д	гб				+	+	+		+	+	+
23	Anomoeoneis	stiriaka (Grun.) Hust.	д	гб		а							+	
24	Anomoeoneis	follis (Ehr.) Cl.	д	гб		а				+			+	
25	Anomoeoneis	zellensis (Grun.) Cl.	д	гб	ац	а	+		+					
26	**Aulacoseira**	distans (Erenberg)Simonsen	п	и	ац	а	+	+	+	+		+	+	+
27	Aulacoseira	distans var.alpigena (Grun.) Sim.	п	и	ац	а	+							
28	Aulacoseira	distans var.lirata (Ehr.) Ross	п	и	ац	а	+			+	+	+		+
29	Aulacoseira	distans var.lirata f.lacustris (Grun.) Bethge	п	и	ац	а	+	+						
30	Aulacoseira	distans var.lirata f.perglabra (Ostr.) Florin	п	и	ац	а	+							
31	Aulacoseira	distans var.lirata f.seriata (Mull.) Hust.	п	и	ац	а	+			+				
32	Aulacoseira	granulata (Ehr.) Ralfs	п	и	алк	к	+		+			+		
33	Aulacoseira	granulata var.angustissima (O. Mull.) Hust.	п	и	алк	к	+		+					
34	Aulacoseira	italica (Ehr.)Sim.	п	и	алк	к	+	+	+	+	+	+	+	
35	Aulacoseira	italica spp. subarctica O. Mull.	п	и	алк	к	+		+	+				
36	Aulacoseira	italica var.valida (Grun.) Hust.	п	и	и	а	+	+	+	+	+	+	+	+
37	**Caloneis**	bacillum (Grun.) Mer.	д	и	алк	б	+							
38	**Ceratoneis**	arcus var.linearis Holmboe	о			а	+							
39	**Cocconeis**	disculus (Schum.) Cl.	о	и	алк	а	+			+				
40	Cocconeis	placentula Ehr.	о	и	алк	б	+				+			
41	**Cyclotella**	comta (Ehr.) Kutz.	п	и	алк	к	+			+				
42	Cyclotella	kuetzingiana var.radiosa Fricke	п	гл	алк	б	+							
43	Cyclotella	meneghingiana Kutz.	п	гл	алк	к	+							
44	Cyclotella	stelligera Cl. et Grun.	п	и	алк	б	+			+				
45	**Cymbella**	amphicephala Nag.	о	и	и	б			+	+				
46	Cymbella	aequalis W.Sm.	о	и	и	б						+		
47	Cymbella	amphioxys (Kutz.) Grun.	о	и	и	б			+					
48	Cymbella	cesatii (Rabenh.)Grun.	о	и	и	б	+					+		
49	Cymbella	cistula (Hemp.) Grun.	о	и	алк	б			+					
50	Cymbella	cuspidata Kutz.	о	и	и	а					+	+		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
51	Cymbella	cymbiformis V.H.	о	гл	алк	б					+			
52	Cymbella	ehrenbergii Kutz.	о	и	алб	б	+							
53	Cymbella	gaeuermanii Meist.	о	и	ац	а							+	
54	Cymbella	gracilis (Rabenh.)Cl.	о	гб	и	а		+				+	+	
55	Cymbella	hebridica (Greg.) Grun.	о	гб	ацк	б		+	+	+		+	+	+
56	Cymbella	hilliardii Manguin	о	и	алк	а	+	+						
57	Cymbella	hybrida Grun.	о				+		+					
58	Cymbella	lapponica Grun.	о			а		+						
59	Cymbella	lata Grun.	о			а				+				
60	Cymbella	naviculiformis Auersw.	о	и	алк	б		+	+	+		+	+	
61	Cymbella	perpusilla A.Cl.	о	и	ац	к		+						
62	Cymbella	pusilla Grun.	о	и								+		
63	Cymbella	sinuata Greg.	о	и	алк	б			+					
64	Cymbella	turgida (Greg.) Cl.	о	и	алк	б	+		+	+				
65	Cymbella sp.							+						
66	Cymbella	ventricosa Kutz.	о	и	и	к			+					
67	Cymbella	ventricosa var.groenlandica Foged	о						+					
68	**Diatoma**	vulgare Bory	о	и	алк	к	+							
69	Diatoma	hiemale (Lyngb.)Heib.	о	гб	ац	а						+		
70	**Diploneis**	finnica (Ehr.) Cl.	д	и	и	а	+							
71	Diploneis	parma Cl.	д	и	и	а	+							
72	**Epithemia**	argus Kutz.	о	и	алк	к					+			
73	Epithemia	intermedia Fricke	о	и	алб	б					+			
74	Epithemia	zebra (Ehr.) Kutz.	о	и	алб	к	+		+		+			
75	Epithemia	zebra var.porcellus (Kutz.) Grun.	о	гл	алб	к			+					
76	Epithemia	zebra var. saxonica (Kutz.) Grun.	о	и	алб	к					+			
77	Epithemia	sorex Kutz.	о	гл	алк	б					+			
78	**Eucocconeis**	flexella var. alpestris Brun.	о	и	алб	б						+		
79	Eucocconeis	onegensis Wisl et Kolbe	о		и	а								
80	**Eunotia**	argus Ehr.	о	гб	и	к							+	
81	Eunotia	arcus var.bidens Grun.	о	гб	и	к			+					
82	Eunotia	bigibba Kutz.et var. bigibba	о	и	ац	а								+
83	Eunotia	diodon Ehr.	о	гб	ац	б	+	+						
84	Eunotia	exiqua (Breb.)Rabenh.	о	гб	ац	к							+	
85	Eunotia	faba (Ehr.) Grun.	о	гб	ац	а	+		+				+	+
86	Eunotia	formica Ehr.	о	и	ац	к								+
87	Eunotia	gracilis (Ehr.)Rabenh.	о	и		к					+			
88	Eunotia	lapponica Grun.	о	гб	ац	б			+				+	
89	Eunotia	lunaris (Ehr.) Grun.	о	гб	ац	к	+	+						
90	Eunotia	meistery Hust var. meistery	о	гб	ац	а		+				+	+	
91	Eunotia	monodon Ehr.	о	гб	ац	к						+		
92	Eunotia	pectinales (Dillw.)Rabenh.	о	гб	ац	к								
93	Eunotia	pectinales var.minor f. impressa	о	гб	ац	к	+							
94	Eunotia	pectinales var.minor (Kutz.) Rabenh.	о	гб	ац	к	+		+					
95	Eunotia	pectinales var.ventralis (Ehr.) Hust.	о	гб	ац	к	+					+		+
96	Eunotia	polygliphis (Grun.)	о	гб	ац	а								+
97	Eunotia	praerupta Ehr.	о	гб	ац	к	+	+						+
98	Eunotia	praerupta var. bidens W.Sm. Grun.	о	гб	ац	а		+					+	
99	Eunotia	pseudopectinales Hust.	о	гб	ац	а								
100	Eunotia	robusta Ralfs	о	и	ац	а	+			+		+		
101	Eunotia	robusta var.diadema (Ehr.) Ralfs	о	и	ац	а	+	+	+	+		+	+	+
102	Eunotia	sudetica O.Mull.	о	гб	ац	а	+							
103	Eunotia	tenella (Grun.)Hust.	о	гб	ац	а		+				+		
104	Eunotia	triodon Ehr.	о	гб	ац	а							+	
105	Eunotia	veneris (Kutz.) O.Mull.	о	гб	ац	а	+	+	+	+	+	+	+	+
106	**Fragilaria**	alpestris Krasske	о	и	и	а	+			+	+	+		
107	Fragilaria	bicapitata A.Mayer	о	гб	ац	б	+							
108	Fragilaria	brevistriata Grun.	о	и	алк	к	+		+	+	+	+		+
109	Fragilaria	brevistriata var. subcapitata Grun.	о	и	и	а					+			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
110	Fragilaria	constricta f. stricta A.Cl.	о	и	ац	а							+	
111	Fragilaria	constricta f.tetranodis A.Cl.	о	и	ац	а							+	
112	Fragilaria	constricta Ehr.	о	и	ац	а		+				+		
113	Fragilaria	construens (Ehr.) Grun.	о	и	алк	к	+	+	+	+	+	+		
114	Fragilaria	construens var. binodis (Ehr.) Grun.	о	и	алк	к	+			+	+	+		
115	Fragilaria	construens var. venter (Ehr.) Grun.	о	и	алк	к	+	+	+	+	+	+		+
116	Fragilaria	inflata (Heid.)Hust.	о	и	алк	а						+		
117	Fragilaria	intermedia Grun.	о	и	алк	б	+							
118	Fragilaria	lapponica Grun.	о	и	и	а			+	+	+			
119	Fragilaria	pinnata Ehr.	о	гл	алк	б	+	+	+	+	+			
120	Fragilaria	pinnata var.lancettula (Schum.) Hust.	о	гл	алк	б			+		+			
121	Fragilaria	spinosa Skv.	о		к	к	+							
122	Fragilaria	virescens Ralfs	о	гб	ац	а	+	+			+	+		+
123	**Frustulia**	rhomboides (Ehr.) D.T.	д	гб	ац	а	+	+				+		+
124	Frustulia	rhomboides var.saxonica (Rabenh.) D.T.	д	гб	ац	а	+						+	
125	**Gomphonema**	acuminatum Ehr.	о	и	алк	б			+		+	+		
126	Gomphonema	acuminatum var.brebissonii (Kutz.) Cl.	о			б	+		+					
127	Gomphonema	acuminatum var.coronatum (Ehr.) W.Sm.	о			б			+			+	+	
128	Gomphonema	angustatum (Kutz.) Rabenh.	о	и	алк	б	+	+	+					
129	Gomphonema	constrictum Ehr.	о	и	и	б			+	+			+	+
130	Gomphonema	constrictum var.capitatum (Ehr.) Cl.	о	и	и	б	+							
131	Gomphonema	gracile Ehr.	о	и	алк	к		+						
132	Gomphonema	gracile var.lanceolata Kutz.	о	и	и	б						+		
133	Gomphonema	intricatum Kutz.	о	и		б								+
134	Gomphonema	intricatum var.dichotomum (Kutz.) Grun.	о			б			+					
135	Gomphonema	parvulum (Kutz.) Grun.	о	гл	алк	б			+		+	+		
136	Gomphonema	subtile Ehr.	о	и	и	б								+
137	Gomphonema	sphaerophorum Ehr.	о	и	и	б			+					
138	Gomphonema sp.		о					+						
139	**Navicula**	bacillum Ehr.	д		алк	б								
140	Navicula	cocconeiformis Greg.	д	гл	и	а	+							
141	Navicula	dicephala (Ehr.) W.Sm.	д	и		к	+							
142	Navicula	elongata Poretzky	д	гл	алк	б	+							
143	Navicula	gracilis Ehr.	д	гл	алк	б							+	
144	Navicula	graciloides A.Mayer	д	и	и	б					+			
145	Navicula	placentula f.rostrata A. Meyer	д	и	алк	к	+							
146	Navicula	pseudoscutiformis Hust.	д	и	и	а				+				
147	Navicula	pupula Kutz.	д	гл	и	к	+			+	+			
148	Navicula	pupula var.rectangularis (Greg.) Grun.	д	гл	и	б	+	+	+	+		+	+	
149	Navicula	radiosa Kutz.	д	гл	алк	б		+	+			+		
150	Navicula	radiosa var. tenella (Breb.) Grun.	д	и	и	б							+	
151	Navicula	rhynchocephala Kutz.	д	гл	алк	к	+							
152	Navicula	schoenfeldii Hust.	д	и	алк	б			+					
153	Navicula	tuscula (Ehr.) Grun.	д	и	алб	б					+			
154	Navicula	laterostrata Hust.	д	и	алк	б				+	+			
155	**Neidium**	affine (Ehr.) Cl.	д	и	алк	б	+	+				+	+	
156	Neidium	affine var.longiseps (Greg.)Cl.	д	и	ац	а			+					
157	Neidium	hitchcockii Ehr.	д	и	ац	а	+							
158	Neidium	iridis f.vernale Reich.	д	гб	и	б						+		
159	Neidium	iridis var. amphigomphus (Ehr.) V.H.	д	гб	ац	б								
160	Neidium	iridis f.diminutum (Pant.) Wisl. et Kolbe	д			б	+							
161	Neidium	productum (W.Sm.) Cl.	д		ац	к	+						+	
162	**Nitzchia**	acidoclinata Lange-Bertalot	д							+				
163	Nitzshia	aquaea Wisl. et Poretzky	д	гл						+				
164	Nitzschia	Bryophila Hustedt	д			а	+							
165	Nitzschia	denticula Grun.	д	гл	алк	к					+			
166	Nitzschia	kuetzingiana Hilse	д	и	алк	б		+			+			
167	Nitzshia	fonticola Grun.	д	и	алк	к				+				
168	Nitzshia	heufleriana Grun.	д		алк		+			+				
169	Opephora	martyi Herib.	о	и	алк	б	+							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
170	**Pinnularia**	appendiculata (Ag.) Cl.	д	и	и	а	+				+	+	+	
171	Pinnularia	appendiculata var.budensis Grunov	д	и	и	б	+							
172	Pinnularia	braunii (Grun.) Cl.	д	гб	и	б		+		+				
173	Pinnularia	brebissonii (Kutz.) Cl.	д			б				+				
174	Pinnularia	brevicostata Cl.	д	и	и	б			+					
175	Pinnularia	distinquenda Cl.	д			а						+		
176	Pinnularia	divergens W.Sm.	д	гб	ац	а								+
177	Pinnularia	divergentissima var.subrostrata A.Cl.	д			а				+				
178	Pinnularia	gibba Ehr.	д	и	ац	б	+					+	+	
179	Pinnularia	gibba f.subundulata A.Mayer	д	и	ац	б								+
180	Pinnularia	gibba f.subundulata A.Mayer	д	и	ац	б	+							
181	Pinnularia	gibba var.linearis Hust.	д	и	и	б	+		+			+	+	+
182	Pinnularia	gibba var.parva (Ehr.) Grun.	д			б					+	+		
183	Pinnularia	hemiptera (Kutz.) Cl.	д	гб	ац	б	+							
184	Pinnularia	hemiptera var.inconstans (A.Mayer) Hust.	д	гб	ац	б	+							
185	Pinnularia	interrupta W.Sm.	д	и	ац	б		+		+		+	+	
186	Pinnularia	interrupta var.minor Boye P.	д	и		б				+				
187	Pinnularia	lenticulata Cleve-Euler	д		ац	б	+							
188	Pinnularia	major (Kutz.) Cl.	д		ац	б	+							
189	Pinnularia	major (Kutz.) Cl.	д	и	ац	б	+		+					
190	Pinnularia	major var. linearis Cl.	д		и	б	+							
191	Pinnularia	mesolepta (Ehr.) W.Sm.	д	и	и	б	+			+		+		
192	Pinnularia	mesolepta f.angustata Cl.	д	и	и	а	+							
193	Pinnularia	mesolepta var.sudetica	д		ац	б								+
194	Pinnularia	microstauron (Ehr.) Cl.	д	и	ац	б		+				+	+	
195	Pinnularia	microstauron var.brebissonii (Kutz.) Hust.	д	и	и	б	+							
196	Pinnularia	nodosa Ehr.	д	и	и	а	+			+				
197	Pinnularia	nodosa var.capitata Cleve	д		и	а	+							
198	Pinnularia	polyonca (Breb.) O.Mull.	д		ац	а	+							
199	Pinnularia	streptoraphe Cl.	д	гб	ац	а			+					
200	Pinnularia	viridis (Nitzsh.)Ehr.	д	и	ац	б						+		
201	Pinnularia	viridis var.sudetica (Hilse) Hust.	д		ац	б	+							
202	**Rhopalodia**	paralella (Grun.) O.Mull.	о	и	алк	а	+							
203	**Semiorbis**	hemicyclus (Ehr.)Karst.	д		алк	б							+	
204	Stauroneis	anceps Ehr.	д	и	и	б			+	+			+	
205	Stauroneis	anseps f.gracilis (Ehr.) Cl.	д	и	и	б	+							
206	Stauroneis	anceps f.linearis (Ehr.) Grun.	д	и	и	б	+			+				
207	Stauroneis	legumen Ehr.	д	гл		б	+							
208	Stauroneis	smithii Grun.	д	гл	алк	б				+				
209	Stauroneis	phoenicenteron Ehr.	д	и	и	б		+				+	+	
210	**Stenopterobia**	intermedia Lewis	д	гл	ац	б							+	
211	**Stephanodiscus**	astraea var.intermedius Fricke	п	и	и	б	+							
212	**Surirella**	linearis W.Sm.	д	и	и	б	+							
213	Surirella	linearis var.subconstricta (Ehr.) Grun.	д	и	алк	б				+				
214	Surirella	oophora Skv.	д		алк		+							
215	Surirella	ovalis Breb.	д		алк		+							
216	Surirella	robusta var.splendida Ehr.	д		алк		+							
217	Surirella	tenera var.nervosa A.S.	д		алк					+				
218	**Synedra**	ulna var.aequalis (Kutz.) Hust.	о			б			+					
219	Synedra	ulna var.amphirhynchus (Ehr.) Grun.	о			б			+					
220	Synedra	parasitica var.subconstricta Grun.	о			б	+							
221	**Tabellaria**	fenestrata (Lyngb.) Hust.	п	гб	ац	б	+	+	+	+		+	+	+
222	Tabellaria	flocculosa (Roth.) Kutz.	о	гб	ац	б	+	+	+	+		+	+	+
223	**Tetracyclus**	lacustris Ralfs.	о	гб	ац	а	+	+		+		+		+
224	Tetracyclus	lacustris f.maxima Cleve-Euler	о	гб	ац	а								+
225	Tetracyclus	lacustris var. capitata Hust.	о	гб	ац	а								+
226	Tetracyclus	lacustris var. strumosa (Ehr.) Hust.	о	гб	ац	а								+
227	Tetracyclus	lacustris var.elegans (Ehr.) Hust	о	гб	ац	о		+				+		

Примечание: п – планктон, о – диатомеи обрастаний, д – донные, ац – ацидофилы, алк – алкалифилы,алб – алкалибионты, инд- индифференты, а – арктоальпийские, б – бореальные, к – космополиты, гл – галофилы, гб – галофобы.

ДИАТОМИТЫ КАРЕЛИИ
(ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЯ,
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ)

Печатается по решению Ученого совета
Института геологии Карельского научного центра РАН

Серия ИД. Изд. лиц. № 00041 от 30.08.99 г. Сдано в печать 01.12.06.
Формат 60х84$^1/_8$. Гарнитура Times. Печать офсетная.
Уч.-изд. л. 10,0. Усл. печ. л. 10,5. Тираж 300. Изд. № 85. Заказ 633

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, г. Петрозаводск, пр. А. Невского, 50