

Т.С. Шелехова, Д.А. Субетто, Ю.С. Тихонова, М.С. Потахин

ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ СОВРЕМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ЗАОНЕЖЬЯ: ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ*

Впервые с помощью метода диатомового анализа изучены поверхностные донные отложения двух небольших озер Заонежья: Палозеро и Сяргозеро. По составу диатомовых комплексов время накопления осадков в обоих водоемах разделяется на четыре диатомовых зоны, соответствующие этапам их развития. Для каждой зоны выделены доминирующие диатомовые комплексы, по которым реконструированы эколого-географические условия седиментации сапропелей, параметры среды и установлена асинхронность в колебании уровней водоемов. Выявлен разный отклик диатомовой флоры на изменение увлажненности и сухости климата, связанный с природными особенностями озер, сходства и различия в эволюции водоемов. Наблюдается явный тренд к потеплению климата в современную эпоху.

Ключевые слова:

донные отложения, Заонежье, диатомовый анализ, климатические изменения, сапропели.

Шелехова Т.С., Субетто Д.А., Тихонова Ю.С., Потахин М.С. Диатомовые водоросли современных отложений озер Заонежья: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции // Общество. Среда. Развитие. – 2015, № 2. – С. 151–160.

- © Шелехова Татьяна Станиславовна – кандидат географических наук, старший научный сотрудник, Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск; e-mail: shelekh@krc.karelia.ru
- © Субетто Дмитрий Александрович, доктор географических наук, профессор, директор, Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск; e-mail: subetto@mail.ru
- © Тихонова Юлия Сергеевна – старший лаборант-исследователь, Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск; e-mail: shelekh@krc.karelia.ru
- © Потахин Максим Сергеевич, кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт водных проблем севера Карельского научного центра РАН, Петрозаводск; e-mail: shelekh@krc.karelia.ru

В настоящее время одним из научных направлений по оценке динамики региональных и глобальных изменений среды является палеоэкологическая реконструкция исторического прошлого экосистем. Изменения диатомовых комплексов, их видового состава и структуры являются надежным и чувствительным индикатором всех происходящих в озере изменений [4, с. 127]. Палеоэкологические реконструкции по составу диатомовых комплексов донных отложений, реагирующих на малейшие изменения среды, позволяют проследить эволюцию водоемов и их водосборных площадей, оценить реакцию на изменения климата и окружающей среды, реконструировать ряд гидрохимических параметров, а также более полно понять закономерности развития природы в настоящем и дать обоснованный прогноз их развития в будущем.

Цель настоящей работы – выявление особенностей структуры диатомовых комплексов в поверхностных донных отложениях двух разнотипных озер и установ-

ление этапов и тенденций их развития за период накопления осадков.

Материалы и методы

Материалом для исследований послужили поверхностные донные отложения (ДО) (сапропели) двух озер Заонежья: Палозеро и Сяргозеро, впервые исследованные с помощью метода диатомового анализа (рис. 1, 2).

На основе изучения диатомовых комплексов выделены этапы развития водоемов за время накопления осадков, реконструированы параметры среды (галобность, активная реакция среды (рН), колебания уровня, температурные условия).

Пробы ДО были отобраны с помощью пробоотборника «Limpos» из центральной части озер летом в 2014 г. В обоих озерах пробы отбирались послойно, без пропусков, каждые 5 см: в озере Палозеро с глубины 15 м, в Сяргозере – с гл. 4,5 м. Мощность изученных сапропелей в Палозере составила 50 см, в Сяргозере – 60 см.

* Работа выполнена при поддержке гранта РНФ 14-17-00766 «Онежское озеро и его водосбор: история, освоение человеком и современное состояние».

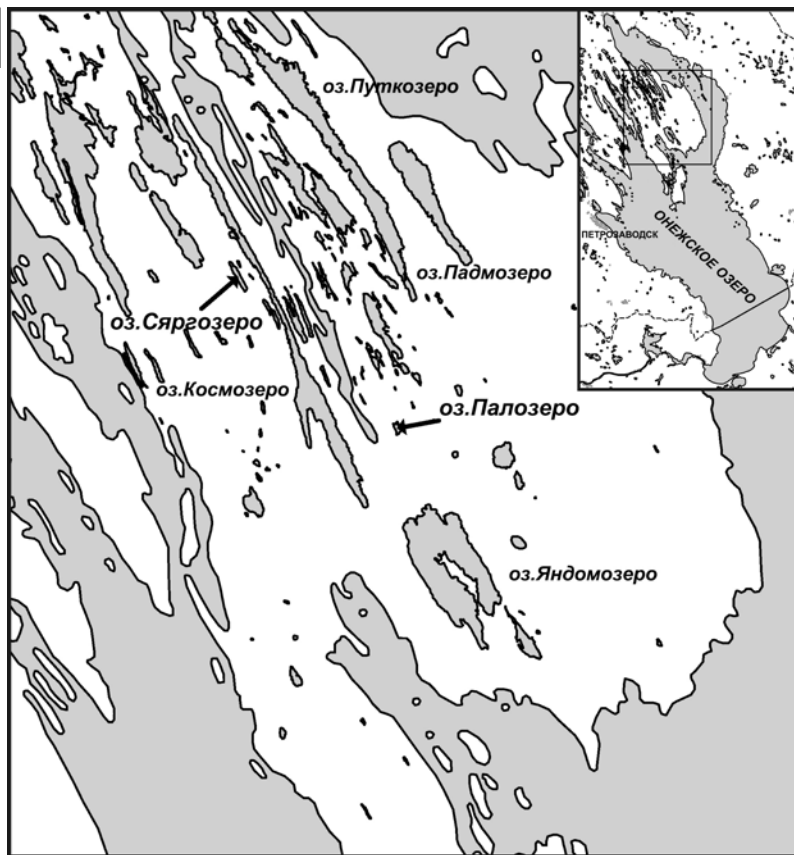


Рис.1. Местоположение изученных озер.

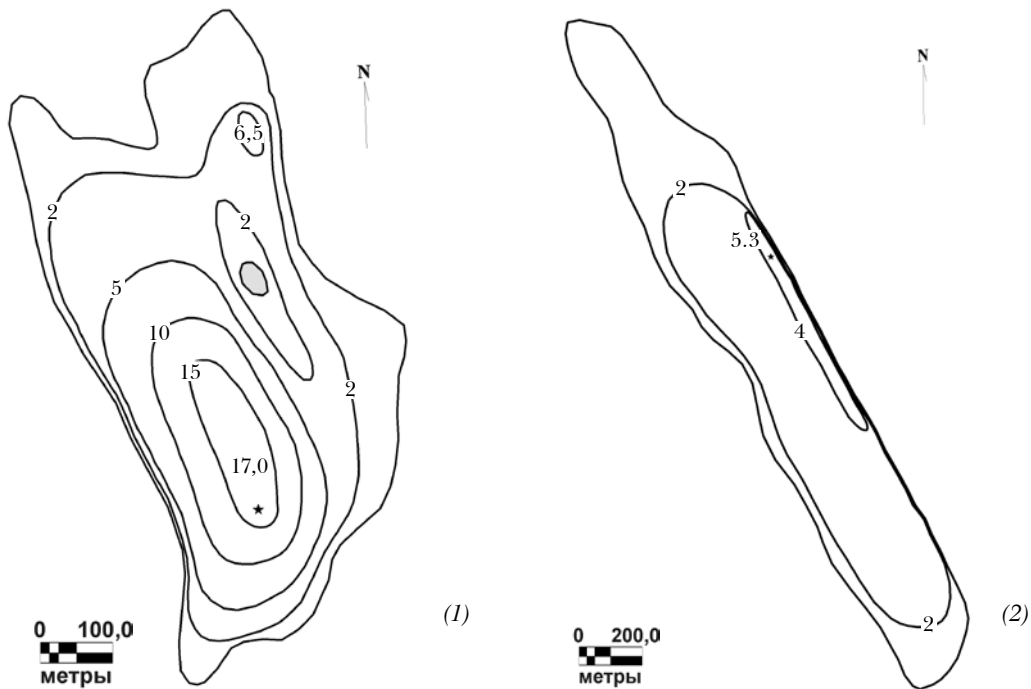


Рис. 2. Батиметрические схемы: (1) озера Палозеро; (2) – озера Сяргозеро. Звездочкой обозначено место пробоотбора.

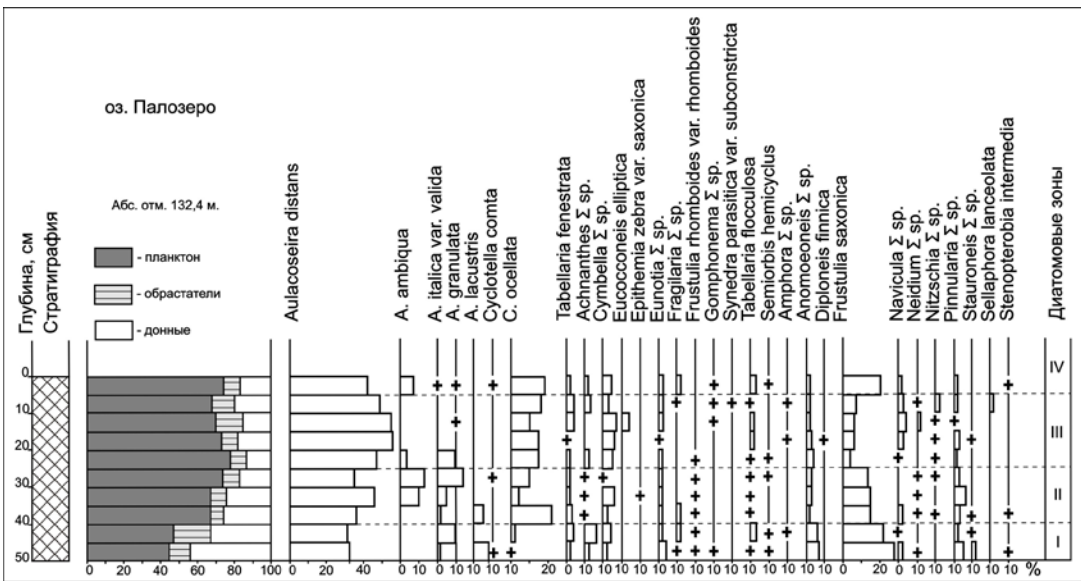


Рис. 3. Диатомовая диаграмма донных отложений озера Палозеро.

Техническая обработка проб и приготовление препаратов на диатомовый анализ производились по общепринятой методике [3; 6]. Образцы дезинтегрировались в пиррофосфорнокислом натрия с последующей отмывкой от него методом декантации. После отмывки готовились постоянные препараты. В качестве твердой среды применялась анилин-формальдегидная смола, показатель преломления которой 1,68. Подсчет и определение створок диатомей проводился по горизонтальному ряду в средней части стекла по 500 и 250 экземпляров. По возмож-

ности створки идентифицировались до вида, разновидности и формы. При этом использовалась соответствующая справочная литература [2; 5; 8–10]. Для выявления роли отдельных видов, а также состава доминирующих комплексов диатомей подразделялись на единичные (на диаграммах показаны +), обычные (1–5%) и массовые (более 5%). Среди последних выделялись доминанты, численность створок которых составляла более 10%, и субдоминанты – от 5 до 10%. Исходной информационной базой данных для расчета параметров гидросреды (галобность,

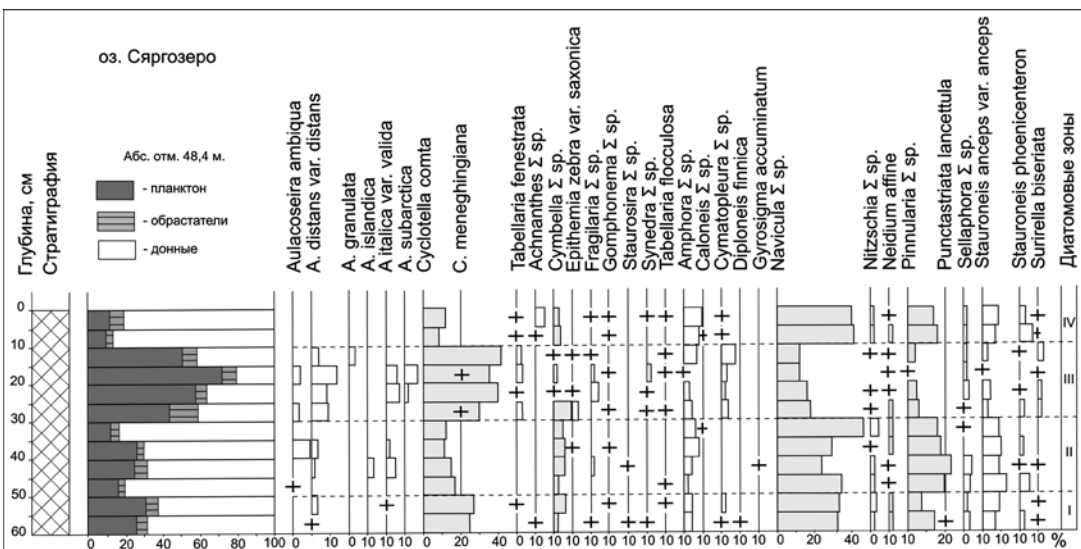


Рис. 4. Диатомовая диаграмма донных отложений озера Сяргозеро.

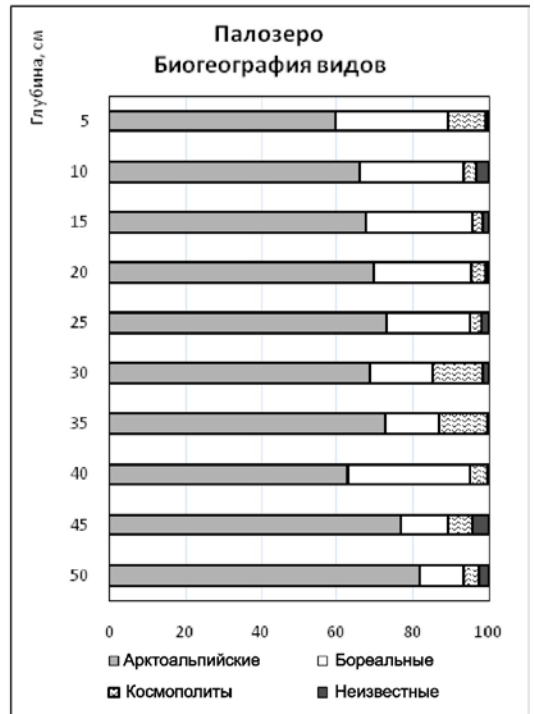
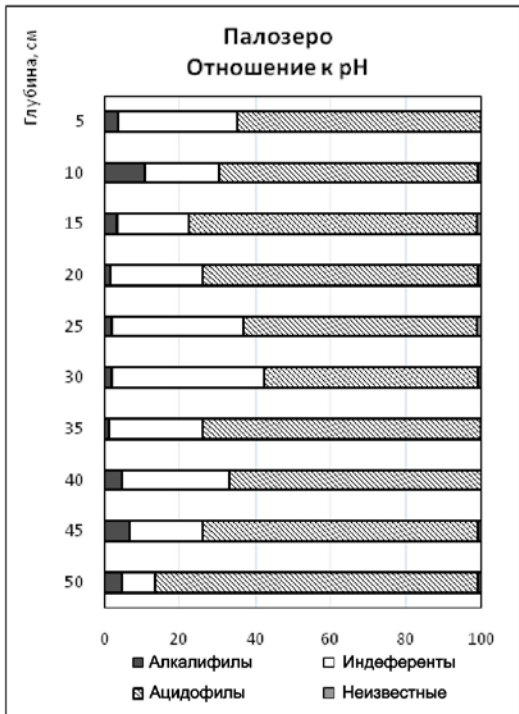
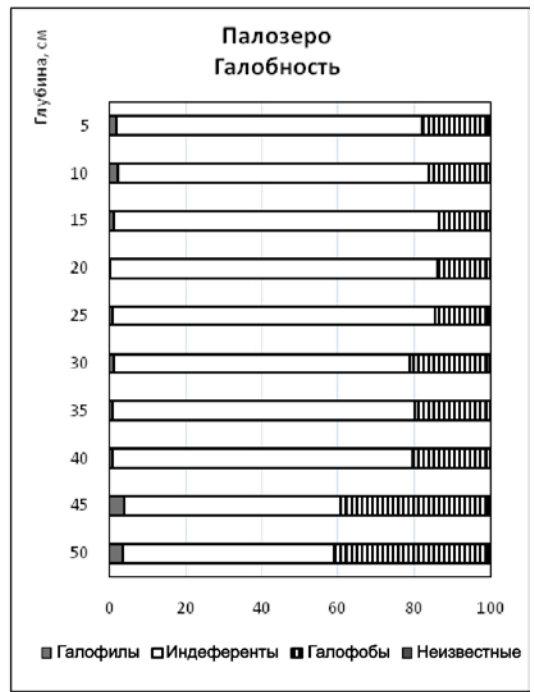
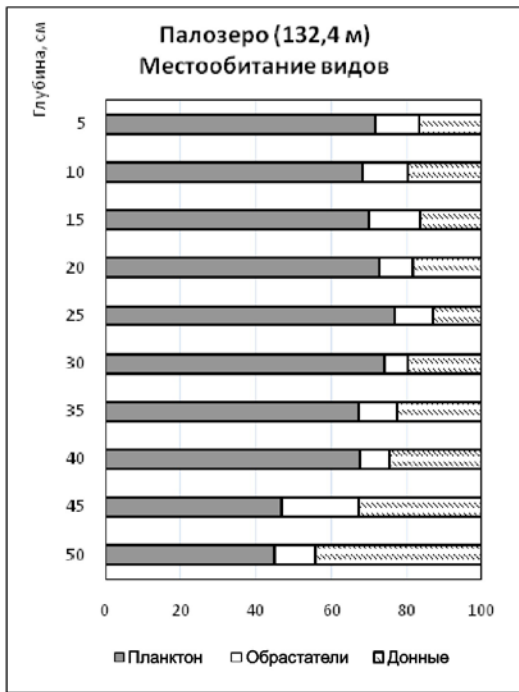


Рис. 5. Эколого-географические характеристики диатомовых комплексов донных отложений озера Палозеро.

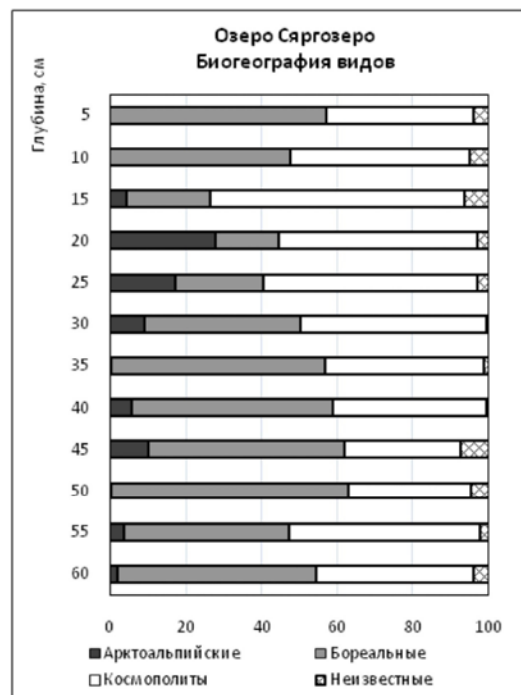
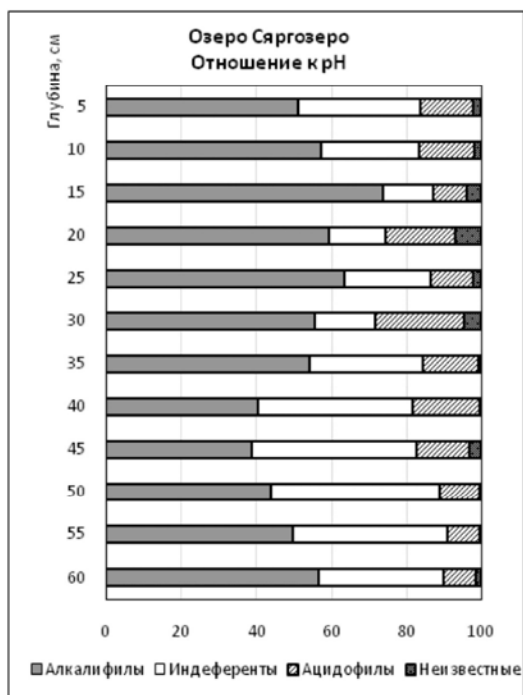
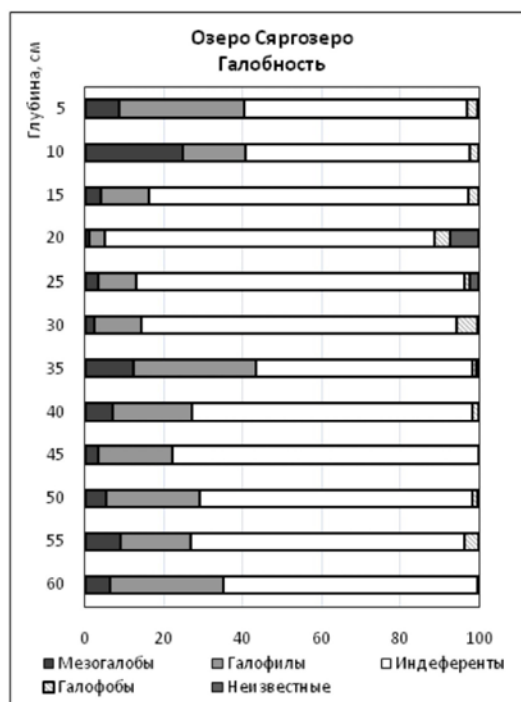
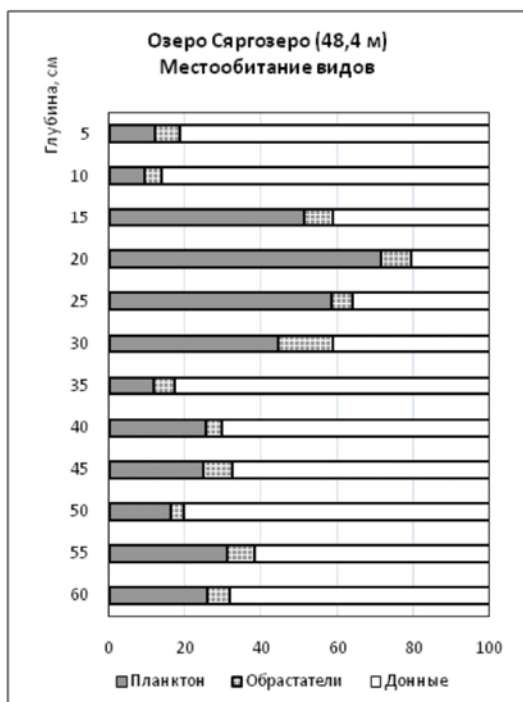


Рис. 6. Эколого-географические характеристики диатомовых комплексов донных отложений озера Сяргозеро.

Результаты диатомового анализа поверхностных отложений обоих озер представлены на диатомовых диаграммах (рис.3, 4), эколого-географические характеристики флоры – на рис.5, 6.

Результаты исследования

Озера принадлежат к бассейну Балтийского моря, расположены на водосборе Онежского озера. Они имеют разную глубину, отличаются по размерам и форме.

Оз. Палозеро находится в пределах развития характерного для территории Заонежского полуострова денудационно-тектонического ложбинно-грядового (сельгового) рельефа. Котловина озера имеет тектонический генезис и представляет собой межсельговое понижение с крутыми, местами обрывистыми склонами. Восточный берег низкий, заболоченный (со сплавинами), западный – высокий, с палеосейсмодислокацией. Рельеф дна пересеченный. На озере имеется один остров площадью около 0,001 км². В него впадает безымянный ручей, вытекает также ручей без названия, соединяющий озеро с губой Святуха Онежского озера.

Оз. Сяргозеро расположено на стыке денудационно-тектонического ложбинно-грядового и ледниково-аккумулятивного рельефа, имеет вытянутую по направлению ССЗ-ЮЮВ форму. Практически прямые и параллельные западный и восточный берега доказывают его тектоническое происхождение щелевидного типа. Западный берег низкий, заросший водной растительностью, восточный берег – высокий, крутой, с выходами коренных пород. Северный и южный берега заросшие и заболоченные. Рельеф дна слабопересеченный. В озеро впадает руч. Савручей, поверхностный исток отсутствует.

Природные особенности исследованных озер приведены в табл. 1.

Результаты диатомового анализа сапропелей озера **Палозеро**.

В поверхностных сапропелях данного водоема выявлено 84 вида и разновидностей диатомовой флоры из 23 родов. На протяжении всей толщи сапропелей в составе диатомового комплекса преобладали планктонные формы *Aulacoseira distans*, *Cyclotella ocellata*, характерные для небольших олиготрофных водоемов. Группа видов обрастаний, представленная в основном видами родов: *Tabellaria*, *Achnanthes*, *Symbella*, *Eunotia*, *Eucosconeis* и др. не превышала 10% в сумме, поэтому среди

Природные особенности исследованных озер

Характеристика		Оз. Палозеро	Оз. Сяргозеро
Абс. отметка уровня воды, м (БС)		132,4	48,4
Координаты географического центра	широта, ° с.ш	62,35	62.45
	долгота, ° в.д.	35,15	34.91
Площадь водной поверхности, км ²		0,26	0,64
Длина береговой линии, км		2,65	5,0
Объем, млн. м ³		1,35	1,49
Длина озера, км		0,93	2,35
Ширина, км	средняя	0,28	0,27
	наибольшая	0,44	0,35
Глубина, м	средняя	5,1	2,3
	наибольшая	17,0	5,3
Максимальная прозрачность воды, м		2,0	2,7
Тип котловины (генезис)		тектоническая	тектоническая
Тип проточности		проточное	бессточное*

* без видимого поверхностного стока

доминантов этих форм нет, все они участвуют в составе флоры как сопутствующие основному комплексу. В группе донных доминировали *Frustulia saxonica*, участие остальных форм колебалось от единичных створок до 2–5%, среди которых выявлены виды родов *Amphora* sp., *Navicula* sp., *Neidium* sp., *Nitzschia* sp., *Pinnularia* sp, *Stauroneis* sp. Достаточно стабильным на протяжении всего отрезка времени накопления осадков (около 5%) было содержание видов рода *Anomoeoneis*, за исключением двух самых нижних образцов, где их доля составляла около 10%. На отдельных глубинах найдены единичные створки ацидобионтов *Semiorbis hemicyclus*, *Stenopterobia intermedia*, предпочитающие кислую среду (рН < 5,5), что может быть признаком увлажнения и заболачивания берегов.

На протяжении исследованного периода снизу вверх по разрезу заметно сузился спектр донных форм, в то время как в начале разреза они развивались более интенсивно (рис. 3).

Анализируя соотношение диатомового сообщества по галобности из рис. 5 видно, что в нижней части колонки, в более древ-

них слоях в составе комплекса, несмотря на преобладание индифферентных форм, в незначительном количестве присутствовали галофилы и единично мезогалобы с одной стороны, а с другой весьма существенной была доля галофобов, предпочитающих слабоминерализованные воды. Это может свидетельствовать о том, что во время накопления базальной части изученного керна климатические условия были менее влажными, и большая роль принадлежала подземному питанию.

За время накопления осадков в структуре комплекса по географическому распространению господствовали арктоальпийские и бореальные формы (в двух нижних образцах доля арктоальпийских видов составляла более 80%), а, начиная с гл. 40 см, наблюдается направленная тенденция расширения спектра бореальных форм за счет арктоальпийских. Этот факт по нашему мнению является свидетельством потепления климата.

На протяжении всего отрезка накопления сапропелей по отношению к pH в водоеме доминировали ацидофилы, предпочитающие кислую среду. Однако на ранней стадии их доля была несколько выше по сравнению с последующей историей водоема. Роль алкалофильных форм незначительно возросла лишь в верхней части разреза (на гл. 10 см), указывая на усиление процессов эвтрофикации водоема в современную эпоху, скорее всего связанной с потеплением климата.

Время формирования осадков по изменениям в структуре диатомового комплекса разделяется на четыре диатомовых зоны (DZ) (рис. 3).

DZ-1. (гл. 50–40 см) характеризуется некоторым преобладанием донно-литоральных форм над планктонными. По доминантам это зона *Aulacoseira distans-Frustulia saxonica*.

Кроме основного планктонного доминанта в составе комплекса участвуют виды *Aulacoseira italica var. valida*, *A. lacustris*. Немногочисленны представители обрастаний: *Tabellaria fenestrata*, *Achnanthes*, *Symbella*, *Eunotia*, *Anomoeoneis*. В группе донных сопутствующими являются формы родов *Pinnularia*, *Navicula*, *Stauroneis*, многие из которых единичны. Анализируя соотношение данного комплекса по галобности (рис. 5) следует отметить, что при доминировании индифферентов, незначительном участии галлофилов отмечается более высокое содержание галлофобов по сравнению с вышележащей зоной, отражающих низкую минерализацию воды.

Господство ацидофилов, свидетельствует о кислых условиях среды, преобладание арктоальпийских и бореальных видов – о «холодноводности» водоема.

Dz-2 (гл. 40–25 см) отличается возрастанием доли планктонных форм за счет сокращения спектра донных и частично эпифитов. Характеризуется перестройкой в структуре планктонного сообщества: вместе с прежними доминантами *Aulacoseira distans* в его составе значительную роль начинают играть *A. italica var. valida*, *A. ambigua*, *Cyclotella ocellata*, а также формы обрастаний *Symbella*. Численность донных *Frustulia saxonica* достаточно стабильна (менее 20%) но несколько снизилась, остальные представители этой группы единичны. Практически на 20% возрастает содержание индифферентов по отношению к галобности и pH, и снижается доля галлофилов, галлофобов и ацидофилов. Следовательно, можно предположить, что в это время несколько возрастает обводненность водоема (климат становится влажнее), усиливается поверхностный сток и процессы заболачивания берегов. В то же время некоторое снижение доли арктоальпийских видов по сравнению с предыдущей зоной, расширение спектра космополитов указывают на тенденцию общего потепления климата.

DZ-3. Гл. 25–5 см характеризуется новой сменой доминантов: среди планктонных господствуют *Aulacoseira distans-Cyclotella ocellata*, повышается роль *Tabellaria fenestrata*, из обрастателей *Symbella*, *Achnanthes*, появляется *Eucosconeis*. Значительно снижается роль донных *Frustulia saxonica*, расширяется спектр *Navicula*, остальные играют подчиненную роль. По отношению к солёности наблюдается некоторый рост численности индифферентов и галлофилов за счет снижения галлофобов. Кроме этого в структуре видов по географической принадлежности еле заметно снижается доля арктоальпийских видов, вытесняя бореальные, являющиеся главным образом ацидофилами. Такие структурные перестройки могли произойти из-за поднятия уровня водоема (повышения увлажнённости) с одной стороны, а с другой – в результате прогреваемости водной массы на большую глубину.

DZ-4. Гл. 5–0 см характеризуется доминированием *Aulacoseira distans-Cyclotella ocellata-Frustulia saxonica*. В отличие от предыдущего этапа наравне с прежними видами более массовой планктонной формой становится *Aulacoseira ambigua*, появляются, хотя и единично, *Aulacoseira granulata*, *Cyclo-*

158 | *tella comta*; группа обрастаний практически не изменилась. Структура видов по галобности также не претерпела заметных перемен, лишь возросла доля индифферентов по отношению к рН, сократилась численность арктоальпийских видов за счет расширения бореальных и космополитов. Все факты свидетельствуют о большей глубине прогреваемости водоема, а значит о потеплении климата. Подводя итог полученным результатам можно отметить, что на протяжении периода накопления сапропелей водоем был олиготрофным, низко минерализованным, с кислой средой.

Результаты диатомового анализа сапропелей озера **Сяргозеро**.

Список диатомовой флоры в изученном слое состоит из 89 видов и разновидностей, принадлежащих 23 родам.

Состав диатомового комплекса поверхностных донных отложений озера Сяргозеро резко отличается от такового в озере Палозеро. Колебания в соотношении видов по эколого-географическим показателям в данном водоеме более заметны.

На протяжении исследованного периода происходила смена доминирующих видов, появление или исчезновение отдельных таксонов. В отличие от предыдущего, в данном водоеме в основном господствовали донные формы родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Amphora* и планктонные *Cyclotella comta* (с незначительным количеством *Aulacoseira*, *Tabellaria fenestrata*). Из обрастателей выделялись лишь виды рода *Symbella*.

По отношению к рН (рис. 6) во всей толще доминировали алкалофилы и индифференты, следовательно диатомовые развивались в условиях щелочной и слабо-щелочной среды. Структура видов по биогеографии также резко отличается от таковой в предыдущем водоеме: здесь довольно большая доля принадлежит космополитным формам, исключительно мала роль арктоальпийских, что может быть обусловлено мелководностью водоема и большей его прогреваемостью. По галобности в целом выявлено преобладание индифферентов со значительными колебаниями доли мезогадобов и галофилов, и, следовательно, резко меняющейся минерализации воды (рис. 6).

По изменениям основного и сопутствующего состава диатомовых комплексов вместе с анализом по всем экологическим характеристикам выделено четыре диатомовых зоны (DZ) развития флоры: 1. гл. 60–50 см; 2. гл. 50–30 см; 3. гл. 30–10 см; 4. гл. 10–0 см (рис. 4).

На первом этапе – DZ-1 (гл. 50–60 см) в составе комплекса доминанты представлены *Cyclotella comta*, *Navicula* sp., *Pinnularia* sp., *Stauroneis anseps*. Очень незначительная роль обрастателей, среди которых выделяются лишь *Symbella* sp., другие представители этой группы обнаружены единично. Во время накопления этого 10-см слоя ДО (сапропелей) в спектре распределения видов по отношению к условиям среды (рН) (рис. 6) преобладали алкалофильные (50–60%) и индифферентные виды (25%), следовательно, среда развития комплекса была слабо щелочной (7–7,5). Важно отметить, что в это время в водоеме развивалось до 8% мезогадобов и 30% галофилов, указывая на более высокую по сравнению с предыдущим водоемом минерализацию воды, причем полное господство индифферентов, практически отсутствие галлофилов убедительно подтверждает этот вывод (рис. 6). В структуре видов по географическому распространению наблюдается почти равное соотношение между суммой арктоальпийских и бореальных видов при преобладании последних и содержанием космополитных форм, что свидетельствует об умеренно-теплых условиях формирования флоры, вероятно достаточной прогреваемости водоема.

DZ-2 (гл. 50–30 см) выделена по преобладанию *Navicula* sp. – *Pinnularia* sp. – *Cyclotella comta* – *Stauroneis anseps* – *Symbella* sp., где происходит незначительное сокращение численности планктонных и расширение спектра донных форм, что указывает на **снижение** уровня воды. На гл. 35 см численность планктона снижается еще больше и не превышает 12%, доминирующее положение занимают донные формы. В это же время существенно возрастает содержание алкалофильных видов, отражая рост активной реакции воды в сторону щелочности, т.е. трофический статус озера повышается. Кроме этого заметно выше участие мезогадобов и галлофилов, реагируя на повышение минерализации воды.

В структуре видов по географическому распространению также произошли существенные изменения: заметно возросла доля космополитов и арктоальпийских видов, зато сократилось количество бореальных форм. Такая перестройка в составе комплекса могла быть вызвана нарастанием сухости климата, возрастанием подземного питания водоема.

Следующий интервал, на котором вновь выявлены существенные изменения в составе диатомовой флоры выделен на

гл. 30–10 см (DZ-3). В соотношении видов по местообитанию заметно выросло содержание планктонных форм с 45 до 72% за счет прежних видов *Cyclotella comta*, *Aulacoseira distans*, в большем количестве присутствовали умеренно-теплолюбивые *Tabellaria fenestrata* и *T. flocculosa*, в то время как ранее они отмечались лишь единичным присутствием, появились также единичные створки галофильной *Cyclotella meneghiniana*. Важно отметить и развитие на этом отрезке бентосных форм *Суматорплеура* sp. и *Surirella biseriata*, ранее не обитавших в водоеме. Резко снизилось содержание всех донных, особенно *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, доминирующих в DZ-2. Все это может быть явным свидетельством повышения влажности, обводненности водоема, расширения литоральной зоны и большей ее прогреваемости, следовательно, нарастания процессов потепления климата. Рост содержания алкалофильных видов, возрастание pH среды в сторону защелачивания водоема, т.е. усиления как поверхностного, так и подземного стоков также явились следствием потепления. На фоне обводнения водоема значительно меньше стало содержание галофильных и мезогалобных форм, вероятно в результате разбавления ультрапресными атмосферными водами, следовательно, минерализации воды снизилась.

Структура видов по биогеографии показывает, что в это время вновь расширился спектр космополитных форм, более толерантных к климатическим изменениям, заметно сократилось участие бореальных на фоне повышения роли арктоальпийских, расширение спектра которых в данном случае трудно объяснить.

Следующий этап с существенной перестройкой в структуре комплекса выделяется на гл. 0–10 см. Во время накопления этого слоя ДО резко сократилось содержание планктонных форм, ранее развивавшихся в озере, некоторые вовсе исчезли (*Aulacoseira* sp.). В ответ на это также резко возросло содержание донных форм *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*, *Amphoga*. Единичными створками были представлены *Суматорплеура* и *Surirella*. Следовательно, уровень водоема резко снизился, активизировались процессы заболачивания его берегов, о чем свидетельствует меньшее количество алкалофильных форм и рост ацидофильных с одной стороны, а с другой – увеличение содержания видов мезогалобов и галлофилов, свидетельствующих, возможно, о

повышении роли как подземного, так и поверхностного стока. В структуре видов по географическому распространению отмечается полное исчезновение арктоальпийских форм, расширение спектра бореальных (с 48 до 58%), явно указывая на потепление климата.

Подводя итог исследований колонки поверхностных донных отложений озера Сяргозеро можно отметить, что в нем наблюдаются более выраженные изменения в составе диатомовых комплексов по сравнению с озером Палозеро, поэтому такие небольшие относительно мелководные водоемы наиболее перспективны для палеоклиматических реконструкций.

Во время накопления 60-см слоя поверхностных сапропелей в озере в качестве доминантов выступали планктонные *Cyclotella comta*, *Aulacoseira distans*, донные виды родов *Navicula* sp., *Pinnularia*, *Stauroneis*. Виды обрастаний играли незначительную роль, большинство из них даже не являлись содоминантами, а выявлены единично. На протяжении всей истории седиментации данного интервала осадков водоем был мезотрофным, со щелочными условиями среды (pH до 7,5), более высокой, чем в Палозере минерализацией воды.

Выводы

Несмотря на разнотипность водоемов в условиях их эволюции наблюдаются как сходные, так и отличительные особенности.

Сходство в развитии водоемов состоит в следующем:

1. По составу диатомовой флоры в каждом из изученных водоемов выделено четыре зоны, отвечающие условиям повышения и снижения их уровней. В более глубоководном Палозере установлено обводнение на втором и третьем этапах формирования осадков и более низкие уровни – на первом и последнем этапах. В относительно мелководном Сяргозере колебания более заметны и установлено понижение уровня на втором и четвертом этапах и более высокие – на первом и третьем. Следовательно, наблюдается асинхронность в изменении уровней глубоководного (проточного) и мелководного (бессточного) водоемов.

2. Доминирующими группами водорослей в обоих водоемах являются планктонные и донные формы, а виды обрастаний сопутствуют основному комплексу и не превышают 10% от общего состава флоры, хотя и отличаются по структуре.

3. В обоих водоемах в диатомовых комплексах последней DZ отразились с одной стороны признаки эвтрофикации, с другой – ацидофикации (подкисления среды).

4. Диатомовые комплексы обоих водоемов отражают направленный тренд к потеплению климата, что проявляется в составе комплексов незначительным ростом доли космополитов, расширением спектра бореальных и сужением или даже исчезновением арктоальпийских форм. Эти же тенденции выявлены также в поверхностных осадках заонежских озер Хашозеро и Турастамозеро [7].

Различия в составе флоры обоих водоемов:

1. В связи с разнотипностью водоемов наблюдается существенная разница в структуре доминантов среди донных форм: в озере Палозеро они представлены ацидофилом *Frustulia saxonica* (с оптимумом развития при pH 5,5); в Сяргозере – видами родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Stauroneis*,

предпочитающими более щелочную среду обитания с pH около 7,5. Следовательно, Палозеро отвечает условиям олиготрофного водоема, Сяргозеро – мезотрофно-эвтрофного.

2. В более глубоководном озере Палозеро изменения минерализации воды, pH, биогеографии видов хотя и заметны, но не столь существенны, чем в мелководном озере Сяргозеро, поэтому неглубокие водоемы следует считать более удобными для палеорекоконструкций.

3. В глубоководном водоеме абсолютными доминантами являются арктоальпийские виды, составляя 60–80% от общего состава флоры, а в мелководном доля этих форм не превышает 30%. При снижении уровня в мелководном водоеме значительно увеличивается содержание космополитных форм, при потеплении и увеличении прогреваемости водоема арктоальпийские виды полностью исчезают. Эти данные можно использовать при реконструкциях глубин водоемов.

Список литературы:

- [1] Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: Pillies Studio, 2006. – 498 с.
- [2] Генкал С.И., Куликовский М.С., Михеева Т.М., Кузнецова И.В., Лукьянова Е.В. Диатомовые водоросли планктона реки Свислочь и ее водохранилищ. – М.: Научный мир, 2013. – 236 с.
- [3] Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. – Л.: Наука, 1985. – 243 с.
- [4] Денисов Д.Б. Реконструкция развития экосистемы малого горного субарктического водоема за последние 900 лет (на примере озера Академическое, Хибин, Кольский полуостров) // Труды Кольского научного центра РАН. Т. 1. – 2012, № 2. – С. 126–147.
- [5] Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Советская наука, 1951. – 619 с.
- [6] Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. – Л.: Государственное издательство геологической литературы, 1949. – Кн. 1. – 240 с. Кн. 2. – 288 с.
- [7] Шелехова Т.С. История развития и современное состояние водных экосистем Заонежья по данным диатомового анализа донных отложений (Карелия, Россия) // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием. Т. 2. – Апатиты: ИППЭС КНЦ РАН, 2014. – С. 250–254.
- [8] Grammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. I. Teil: Naviculaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Jena: Gustav Fischer Verlag, 1986. – 876 p.
- [9] Molder K., Tynn, R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII // Bull. Geol. Soc. Finland. – 1967–1973: d39: 199–217 (1967); 40: 151–170 (1968); 41: 235–251 (1969); 42: 129–144 (1970); 43: 203–220 (1971); 44: 141–149 (1972); 45: 159–179 (1973).
- [10] Tynni R., 1975–1980. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI // Geol. Surv. Finland Bull. 274: 1–55 (1975); 284: 1–37 (1976); 296: 1–55 (1978); 312: 1–93 (1980).