

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРОСЛЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Благодатнова А. Г., Пивоварова Ж. Ф., Багаутдинова З. З.

ФГБОУ ВПО Новосибирский государственный педагогический университет

ablagodatnova@yandex.ru

В статье рассмотрен вопрос использования уникальной группы диатомовых водорослей в диагностике условий среды. На примере литературных данных и собственных исследований представлены диагностические возможности диатомовых водорослей: маркировка почвообразовательных процессов, особенности процесса освоения первичных субстратов, географическое распределение диатомовых в почвах. В частности, уникальность таксономического состава диатомовых в болотных экосистемах, таежных и некоторых других. Показана возможность использования диатомовых водорослей в качестве биологических индикаторов современных условий и при реконструкции палеоэкологической обстановке. В том числе особое внимание уделено диагностике палеоэкологических условий через современных представителей Bacillariophyta. Тем не менее, остается еще огромное количество вопросов. Важно накапливать материал по экологическим спектрам видов диатомовых, особенно экологическому преферендуму каждого из них, чтобы надежно диагностировать условия современных систем и реконструировать палеоусловия древних почв. Какие фитоценотические показатели необходимо использовать для характеристики вида (встречаемость, активность, эколого-ценотическую значимость), используя уже известные расчетные формулы в почвенной альгологии. Насколько корректна такая экстраполяция? Пока что преобладают вопросы, но в перспективности этого направления исследования сомнений не остается.

Ключевые слова: диатомовые водоросли, диагностика условий, индикаторы, почвы, палеопочвы, болота, тайга.

Цитирование: Благодатнова А.Г., Пивоварова Ж.Ф., Багаутдинова З.З. 2016. Некоторые аспекты возможности использования диатомовых водорослей в диагностике условий почвообразования // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. Т. 7. № 1 (13). С. 18-26.

Одним из трендов развития почвенной альгологии выступает изучение роли водорослей в определенных условиях, тенденций их распределения и развития в почвах. Накопленные факты позволяют утверждать, что формируются группировки или сообщества почвенных водорослей, соответствующих определенному типу почвы и наземной растительности [Штина, 1959], что в свою очередь позволяет использовать их в качестве индикаторов почвенных условий. Особое место в альгоиндикации принадлежит диатомовым водорослям.

Диатомовые водоросли принято считать одной из наиболее трудных для изучения групп. Тем не менее, именно «...диатомовые являются наиболее тонкими показателями экологических условий... и их экология изучена значительно полнее, чем у остальных водорослей» [Забелина и др., 1951, С.13]. Подтверждением выше написанного выступает огромное количество работ, посвященных диагностическим возможностям диатомовых водорослей [Прошкина-Лавренко, 1963; Долматова, 1974; Пивоварова, Берман, 1977; Давыдова, Трифонова, 1985; Сдобникова, 1986; Корнева, Генкал, 1996; Науменко, 2000, 2007; Генкал, Куликовский, 2005; Куликовский, 2007; Коммулайнен и др., 2008; Генкал, Трифонова, 2009; Пивоварова и др., 2014, 2014а, 2014б, 2015]. В «Определителе пресноводных водорослей СССР» (1951) указано, что «Диатомовые водоросли – одноклеточные микроскопические организмы, живущие одиночно или соединенные в разнообразные колонии: нити, ленты, цепочки, звездочки, кустики и бесформенные пленки. Клетка диатомовой водоросли состоит из протопласта, пектиновой оболочки и внешней кремнеземовой оболочки. Особенностью диатомовых выступает желтоватая или бурая окраска хроматофоров и кремнеземная оболочка – панцирь, состоящий из двух половинок, не сросшихся между собой, а свободно вдвинутых краями одна в другую. Диатомовую водоросль очень легко отличить по панцирю от других водорослей. Панцирь имеет характерную структуру в виде точек, штрихов, ареол, камер, ребер и проч., расположенных с геометрической правильностью. Каждому виду свойственно определенное расположение структурных элементов и их размеры». Современные методы исследования, кроме морфологических и биохимических особенностей, указывают на уникальность и генетической

структуры диатомовых водорослей. В геномах *Bacillariophyta* обнаружено большое количество генов, которые были заимствованы в том числе у прокариот: цианобактерий, протеобактерий, архей и других. Именно эти гены значительно расширили биохимические возможности диатомовых: они участвуют в ассимиляции кремния, производят сигнальные и светочувствительные белки и многое другое [Bowler et al., 2008]. Таким образом, диатомовые – уникальная группа водорослей, в морфологическом, физиологическом и генетическом разнообразии которых заключен огромный диагностический потенциал.

Еще В.И. Вернадский писал о роли микроорганизмов, в частности диатомовых, в почвообразовательных процессах. На совещании по почвоведению при Агрономической комиссии в Музее прикладных знаний в Москве ученый выступил с докладом «О роли микроорганизмов в подзолообразовании» (1899), а в 1910 году В.И. Вернадский сделал доклад «Об оподзаливании чернозема в западинах и о большом количестве в них бактерий и диатомовых». В 1921 году В.И. Вернадский писал в Записке Российской академии наук: «...занимаясь наблюдением над почвами Моршанского уезда Тамбовской губернии, я обратил внимание на оподзаливание чернозема в западинах, так называемых блюдцах, причем мне удалось выяснить образование в них разложением алюмосиликатов каолинового строения с выделением гидратов окиси алюминия и железа, и в почвах этих оказалось большое количество бактерий и диатомовых» [Вернадский, 1921, С. 120]. В более поздних исследованиях почвоведов была подтверждена роль диатомовых водорослей в генезисе выщелоченных солодей, которые воспринимались ранее как оподзоленные почвы [Добровольский, 2012]. Особо следует отметить почвообразование на диатомитовых отложениях, которое встречается достаточно редко и остается малоизученным. Вероятно, это связано с тем, что месторождения диатомита обычно перекрыты сверху осадочными породами различной мощности, на поверхности которых и образуются почвы. Современное накопление диатомитов происходит в виде илов на дне водоемов различной глубины [Лящевская, Казанков, 2011].

Предлагаемая статья является обобщением многолетней работы (2000-2015 годы) коллектива авторов по изучению диагностических возможностей почвенных водорослей: видового разнообразия, особенностей таксономической и фитоценотической структуры группировок почвенных водорослей различных экосистем. Тип системы, экологические условия, их гетерогенность или напротив однородность определяют формирование тех или иных группировок почвенных водорослей. Проекцией условий является уникальность таксономического состава, различная степень фитоценотической нагрузки, соотношение жизненных форм и морфотипов, экологических групп водорослей. В основе качественных различий лежит экологическая индивидуальность отдельных видов водорослей, в частности диатомовых.

Были исследованы как современные почвы, так и погребенные палеопочвы (рис. 1). Среди современных экосистем: болота Архангельской области, интразональные сосновые леса подзоны южной тайги (Колыванский район Новосибирской области). Палеопочвы на территории южной террасы острова Белый, долины реки Вах, карьера Батурино (Южный Урал) ключевого участка Володарка (Топчихинский район Алтайского края). Для полноты картины представлен весь спектр видового состава альгофлоры, тем не менее, именно диатомовым водорослям будет уделено особое внимание.

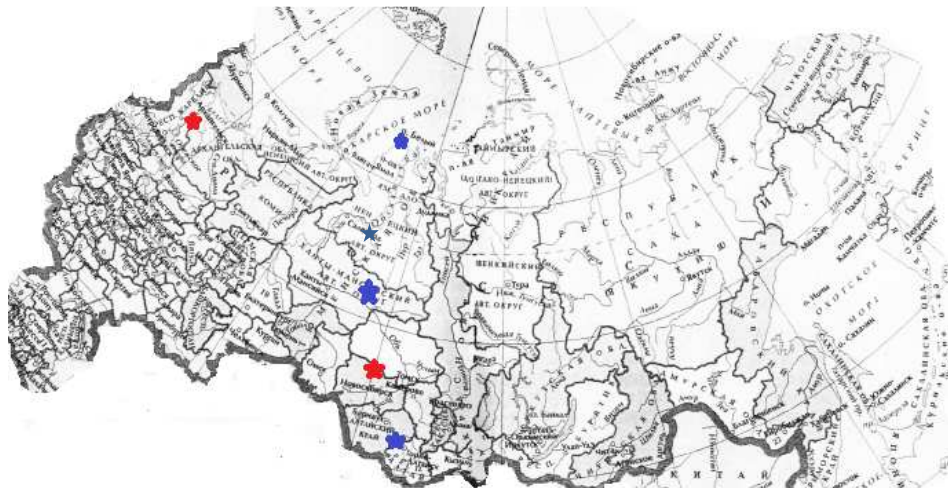


Рис. 1. Карта-схема исследованных территорий (красная отметка – современные почвы, синяя – палеопочвы)

На сегодняшний день считается устоявшимся представление о том, что водоросли подчиняются в распределении общим географическим закономерностям. Уже в работах М.М. Голлербаха (1935), Э.А. Штиной (1959), Э.Г. Кукка (1969), С. Quillfeldt (1997) показано, что почвенные диатомовые не исключение. Многие авторы [Пивоварова, Берман, 1977; Некрасова, Бусыгина, 1979; Штина и др., 1981; Егорова, Судакова, 2009; Благодатнова, 2010 а,б; Пивоварова, Благодатнова, 2016] указывают на приуроченность диатомовых водорослей к определенным природным зонам. Литературные данные свидетельствуют о достаточном развитии представителей *Bacillariophyta* в болотах [Прошкина-Лавренко, 1963; Наumenko, Птухина, 2012; Куликовский, Кузнецова, 2014]. В то же время, рядом авторов отмечается снижение доли диатомовых в кислых почвах, и их обильное развитие в нейтральных и щелочных [Гайсина и др., 2008; Благодатнова, Пивоварова, 2010; Пивоварова и др., 2015]. Так, для болот Архангельской области (Плесецкий район) альгофлора содержит небольшое число видов *Bacillariophyta* (около 13% от всего флористического списка), включающего в основном виды с широкой экологической валентностью [Благодатнова, 2010, 2010в, 2011]. В целом, для болотных почв отмечено обязательное присутствие диатомовых во флоре, но, лидирующие позиции представители этого отдела, как правило, не занимают (табл. 1). На территории Плесецкого района Архангельской области было исследовано четыре болотных экосистемы, которые представлены разными типами: два олиготрофных болота, одно из которых осушенное, два других мезотрофное и эвтрофное. Общая площадь болотных массивов составляет около 74,5 км². На видовом уровне уникальность и общность альгофлор каждого из исследованных болот прослеживается наиболее четко. Во флорах исследованных болот обнаружено 29 общих видов, среди которых встречены как характерные представители болотной флоры из *Bacillariophyta* – *Frustulia rhomboides* var. *Saxonica* (Rabenh.) D. T., так и эвритопный, типично почвенный вид *Hantzschia amphioxys* (Ehr.) Grun. Наличие общих видов объясняется с одной стороны общностью происхождения флор, а с другой стороны – стоковыми процессами в аккумулятивную зону [Перельман, 1965; Мордкович и др., 1985]. Вместе с тем, доминантные и субдоминантные альгогруппировки каждого из исследованных болот достаточно различны между собой. Так, например, в пределах эвтрофного болота олигодоминантная группировка представлена видами *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*, *Closterium pusillum* Hantzsch, *Bumilleria klebsiana* Pasch., *Chlamydomonas atactogama* Korsch. (рис. 2). «Работа» видов может быть оценена через показатели эколого-ценотического значения (ЭЦЗ) [Кабилов, Шилова, 1990], рассчитанные на основе встречаемости и обилия, которые являются максимальными в доминантной и субдоминантной группе видов.

Таблица 1. Положение диатомовых водорослей в общей структуре альгофлоры болотных экосистем

Почвы (природная зона)	Всего	С*	В	Х	Ch	Другие отделы	Автор
торфяно-болотные (таежная)	111	33	26/23,4**	7	43	2	Штина, 1959
торфяно-болотная (лесостепная)	111	42	19/17,1	7	43	-	Пивоварова, 1968
низинные болотные (степная)	96	38	15/15,6	7	35	1	Закиева, 2007
болотные (таежная)	82	14	25/30,5	12	28	3	Егорова, Судакова, 2009
болотные (таежная)	160	28	20/12,5	20	91	1	Благодатнова, 2010

* С – *Cyanophyta*, Ch – *Chlorophyta*, X – *Xanthophyta*, В – *Bacillariophyta*; ** числитель – число, знаменатель – % от общего числа видов.

Frustulia rhomboides var. *saxonica* включена в альгогруппировки всех исследованных болот, но ранг доминанта сохраняет лишь в эвтрофном и мезотрофном болотах, в олиготрофных болотах ЭЦЗ этого вида составляет около 0,2. Этот вид предпочитает кислые обогащенные растворимым органическим веществом болотные воды [Стенина, 2008; Algae..., 2008; Благодатнова, 2010а].

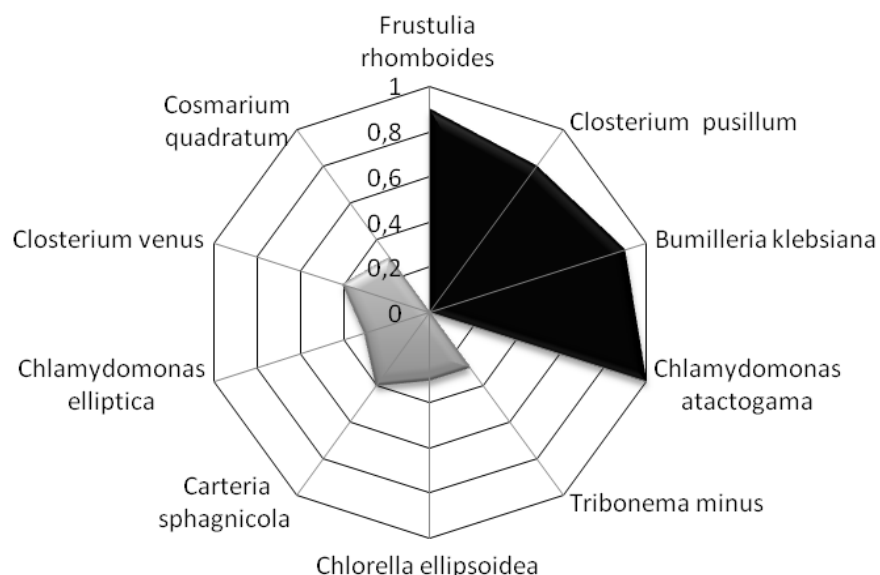


Рис. 2. ЭЦЗ видов водорослей эвтрофного болота (черным цветом отмечены доминанты (ЭЦЗ в пределах 1-0,6), серым – субдоминанты (ЭЦЗ в пределах 0,5-0,3))

Полидоминантная группировка олиготрофного осушенного болота оказывается специфичной. Наряду с *Chlamydomonas atactogama*, *Chlorella vulgaris* Beijer., в состав группы входят *Nitzschia parvula* Lewis, *Phormidium autumnale* (Ag.) Gom., *Gloeocystis polyderrmatica* (Kütz.) Hind., которые активно проявляют себя только в осушенном болоте (рис. 3).

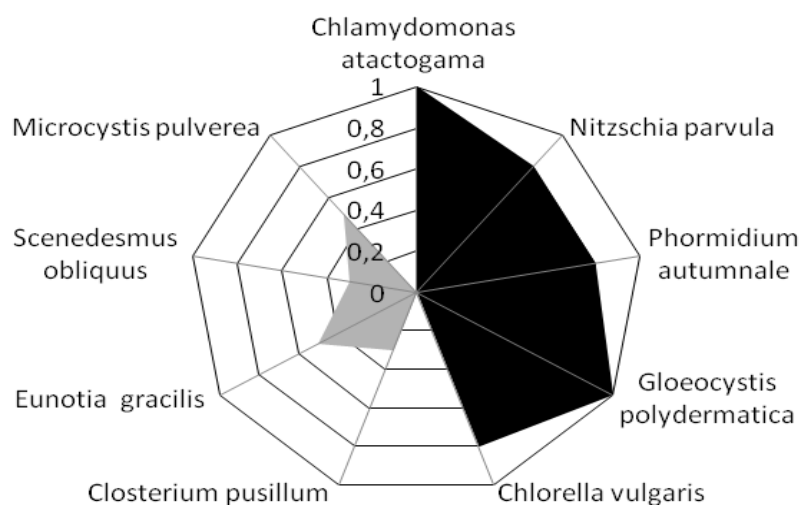


Рис. 3. ЭЦЗ видов водорослей олиготрофного осушенного болота (черным цветом отмечены доминанты (ЭЦЗ в пределах 1 - 0,6), серым - субдоминанты (ЭЦЗ в пределах 0,5 - 0,3))

Nitzschia parvula – представитель диатомовых, олигогалоф, олигосапроб, часто встречающийся в моховых ассоциациях, предпочитает местообитания с кислой реакцией среды [Куликовский, 2007; Стенина, 2008].

В ряде работ проанализированы данные по видовому составу, в том числе диатомовых водорослей лесных экосистем. Всего в лесных почвах обнаружено 420 видов водорослей из пяти отделов: *Cyanophyta* – 100, *Euglenophyta*– 1, *Xanthophyta* – 101, *Bacillariophyta* – 39, *Chlorophyta* – 180 [Алексахина, Штина, 1984]. Преобладающими отделами в лесных экотопах являются зеленые и желтозеленые водоросли. Синезеленые водоросли и диатомовые, представлены небольшим числом видов [Андреева и др., 1983; Новаковская, 2007]. Исследование почвенной альгофлоры проведено в подзоне южной тайги Западной Сибири на территории Колыванского района Новосибирской области

в интразональном мохово-лишайниковом сосняке на дерново-подзолистых почвах [Багаутдинова, 2014]. В зоне Западно-Сибирской тайги материнскими породами для дерново-подзолистых почв служат древнеаллювиальные светло-серые и желтовато-белые супеси и пески [Ковалев, 1966]. Почвы хвойных фитоценозов характеризуются незначительным видовым разнообразием почвенных водорослей в силу высокой кислотности почвы, низкого содержания питательных веществ. Представители отдела *Bacillariophyta* в списке заняли предпоследнее место, поскольку они не имеют высокой приуроченности к лесным экосистемам с кислыми почвами, а предпочитают более щелочные [Штина, 1959; Аксенова, 2010]. В подтверждение этому в наших исследованиях всего выявлено 3 вида и разновидности диатомовых водорослей: *Gomphonema acuminatum* Erh, *Navicula mutica* Kütz.var. *mutica*, *Pinnularia borealis* Erhvar. Данные виды неустойчивы к высушиванию. Изучение биоразнообразия водорослей в относительно жестких условиях обитания дает ответ к пониманию механизмов освоения первичных субстратов. В лабораторных условиях удалось выяснить, что процесс освоения песков проходит в несколько этапов. Реконструкция сукцессионного процесса для песчаного грунта показала, что диатомовые водоросли появляются только в сложившихся благоприятных условиях [Пивоварова и др., 2012; Пивоварова и др. 2014].

Одно из возможных направлений использования диатомовых водорослей – диагностика посредством современных представителей флоры палеопочвенных условий. К сожалению, данные практически отсутствуют. Имеются единичные работы [Благодатнова, 2013, 2014, 2014a; Благодатнова, Пивоварова, Огнева, 2015; Temraleeva et al., 2014]. В серии исследованных палеопочв относительно состава водорослей четко прослеживается тенденция: крайняя бедность видового состава с одной стороны и уменьшение долевого участия диатомовых с севера на юг – с другой (табл. 2). Тем не менее, экологические характеристики этого небольшого числа диатомовых водорослей могут указывать на особенности формирования и функционирования палеопочв.

Таблица 2. Число видов водорослей и цианобактерий в исследованных палеопочвах

Район исследования	Глубина залегания палеопочвенного горизонта, см	Общее число видов водорослей и цианобактерий*	Число диатомовых
Остров Белый	60-80	11	7
Долина реки Вах	более 170	2	1
Южный Урал	-	5	2
Алтайский край Топчихинский район	110-180	13	не обнаружено

*Альгофлора современных почв не рассмотрена в данной статье, совпадений качественного состава группировок водорослей палеопочв с современными не обнаружено

Почвенные образцы с первой террасы западной части острова Белый были любезно предоставлены А.А. Юртаевым (Тюменский государственный университет). В частности, удалось обнаружить водоросли лишь на глубине 60-80 см. В лёссовом слое водоросли идентифицированы не были. Погребенный торфяной горизонт на глубине 60-80 см имеет следующие характеристики: темно-бурого цвета (по сравнению с верхним горизонтом более торфянистый и более меньшим количеством кварцевых зерен), степень разложения более 50%, комковато-порошковатый, рыхлый, не вскипает, переход четкий, слабоволнистый [Макарова и др., 2015]. Для палеопочвы на территории острова Белый авторами отмечено отсутствие диатомовых при культивировании чашечных и водных культур. Тем не менее, при прямом микроскопировании почвенных образцов были определены 7 видов *Bacillariophyta* (по створкам и их обломкам): 4 вида из рода *Pinnularia*, 2 – *Navicula*, 1 – *Eunotia*. Все обнаруженные диатомовые водоросли являются типично пресноводными, бореальными видами.

В палеопочвах долины реки Вах (почвенные пробы для альгологического анализа любезно предоставлены С.Е. Коркиным, Нижневартровский государственный университет) на глубине около 17 метров авторами были определены всего 2 вида водорослей, включая пресноводный, преимущественно горный вид диатомовых – *Pinnularia dactylus* Ehrenberg. Многие авторы отмечают приуроченность этого вида к болотам и рекам с показателем pH менее 7 [Генкал, Трифонова, 2009; Пивоварова, Благодатнова, 2010; Макеева, Науменко, 2015]. При рассмотрении фитоценологических особенностей, стоит обратить внимание, что *Pinnularia dactylus* имеет достаточны высокие показатели ЭЦЗ. При максимально возможном показателе равном 1, его ЭЦЗ составляет 0,4. Другой вид, определенный в исследованной палеопочве, *Myrmecia bisecta* Reissigl имеет ЭЦЗ 0,03. Вероятно,

именно представители диатомовых водорослей во время образования исследованной палеопочвы принимали наиболее активное участие. В этом есть проявление свойства «памяти-почвы» – в сохранности латентных форм существования жизни даже при простевии значительного промежутка времени.

Возраст палеопочвы карьера Батурино – современная южная лесостепь Южного Урала (почвенные образцы любезно предоставлены О.А. Некрасовой, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина) составляет порядка 2073 ± 259 л.н. (NSKA). Почвы формировались в близких к современным условиям функционирования черноземов в южной части лесостепной зоны или северной части – степной [Учаев и др., 2015]. В альгологическом плане палеопочва достаточно бедна по видовому составу, впрочем, как и все исследованные палеопочвенные горизонты. Обнаружено 5 видов водорослей, из них 2 представителя *Bacillariophyta*: *Sellaphora seminulum* (Grunow) DGMann и *Navicula minuscula* Grunow. *Sellaphora seminulum* – редкий для России таксон, тем не менее, интересен факт, что этот пресноводный вид может считаться диагностическим при палеонтологических исследованиях. Работами Sayer (2012), Madgwick (2011) с соавторами доказано, что *Sellaphora seminulum* всегда встречается в перифитоне ряски (*Lemna*) небольших прудов. Таким образом, по мнению Emson (2015), этот вид может быть использован как «прокси-индикатор» (значимый) зарастания пресноводного озера ряской в прошлом. ЭЦЗ *Sellaphora seminulum* максимально среди всех видов, обнаруженных в палеопочвах, составляет 0,9. Этот факт указывает на несомненно большую функциональную нагрузку, которую выполнял этот вид в прошлом. Вторым обнаруженный вид – *Navicula minuscula*, отмечен с одной стороны как вид, типичный для современных почв Южного Урала [Фазлутдинова, 2014], а с другой – типичный представитель фитопланктона северных морей. Причем, это вид с широкой экологической валентностью, может встречаться как в пресных [Макеева, Науменко, 2015], так и соленых водах [Бегун, Звягинцев, 2013].

Примечательно, что в голоценовых палеопочвах на территории Топчихинского района Алтайского края диатомовых водорослей обнаружить не удалось [Огнева, Благодатнова, 2013; Благодатнова, 2014], в то время как на поверхности (современные почвы) были определены 7 видов космополитных *Bacillariophyta*. В лёссовом материале водоросли обнаружены так же не были. Выявленные виды водорослей характерны в основном для лесных экосистем (*Chlorococcum hypnosporum* Starr, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrova, *Chlorella mirabilis* V.M. Andreyeva, *Myrmecia bisecta*, *Pleurochloris commutata* Pascher, *Botrydiopsis arhiza* Borzì, *B.eriensis* Snow). С определенной долей вероятности можно предположить, что на исследованной территории ранее находилась лесная экосистема [Благодатнова, Пивоварова, Огнева, 2015].

Диатомовые водоросли могут быть использованы в качестве маркеров не только для решения вопросов, касающихся восстановления систематических характеристик водорослей былых эпох, но и изучения эколого-трофических взаимоотношений, а в итоге и восстановления палеоэкологической обстановки [Ярков, 2008]. За последнее время накоплен огромный материал о качественном составе диатомовых различных геологических периодов [Кордэ, 1973; Лучинина, 1989; Маринов и др., 2006; Poulsen, 1996]. Показана перспективность использования ископаемых диатомовых водорослей для создания зональной автономной шкалы как стандарта для расчленения и корреляции отдельных интервалов верхней юры Западной Сибири [Трубицына, Ильина, 2007]. Доказана несомненная информативность остатков диатомовых водорослей для выявления картины осадконакопления [Злобина, 2008].

Несомненно, вопросов относительно водорослей в палеопочвах огромное множество. Каковы механизмы освоения этого уникального природного тела нынешними представителями альгофлоры? Каким образом эти низшие организмы влияют на трансформацию палеопочв? Каковы реальные сроки сохранности латентных жизненных состояний в палеопочвах? Для альгодиагностики не только палео-, но и современных почв важно накапливать материал по экологическим спектрам видов диатомовых, особенно экологическому преферентуму каждого из них, чтобы надежно реконструировать палеоусловия древних почв. Какие фитоценотические показатели необходимы для характеристики вида (встречаемость, активность, эколого-ценотическую значимость), используя уже известные расчетные формулы в почвенной альгологии. Насколько корректна такая экстраполяция? Пока что преобладают вопросы, но в перспективности этого направления исследования сомнений не остается.

ЛИТЕРАТУРА

- Аксенова Н.П. 2010. Материалы к флоре эдафотрофных водорослей и цианобактерий лесных экосистем окрестностей г. Ижевска // Вестник Удмуртского университета. №. 6-2. С.26-33
- Алексашина Т.И., Штина Э.А. 1984. Почвенные водоросли лесных биогеоценозов. М: Наука, 150 с.
- Андреева В.М., Сдобникова Н.В., Чаплыгина О.Я. 1983. О почвенных водорослях Оренбургской области // Новости систематики низш. растений. Т. 20. С. 3–10.
- Багаутдинова З.З. 2014. Фитоценотическая организация почвенных водорослей в подзоне южной тайги Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного педагогического ун-та. №. 2 (18). С. 170-174.
- Бегун А.А., Звягинцев А.Ю. Диатомовые водоросли перифитона акваторий, прилегающих к Дальневосточному морскому государственному природному биосферному заповеднику // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2013. Т. 174. С. 271-283.
- Благodatнова А. Г., Пивоварова Ж. Ф., Огнева И. Н. 2015. К вопросу о возможности использования водорослей в диагностике палеопочв (Алтайский край Топчихинский район) // Водоросли и цианобактерии в природных и сельскохозяйственных экосистемах: Матер. II Междунар.науч.-практич. конф., посв. 105-летию со дня рождения проф. Э. А. Штиной (Киров, 19-23 октября 2015). Киров. С. 27-35.
- Благodatнова А.Г. 2010. Организация почвенных водорослей эвтрофного болота // Растит.мир Азиат. России. Т. 1. № 1. С. 95-100.
- Благodatнова А.Г. 2010а. Использование почвенных водорослей в оценке земель, перспективных для рекультивации // Сиб. вестн. сельскохоз. науки. № 10. С. 116-118. URL:<http://elibrary.ru/download/68747689.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благodatнова А.Г. 2010б. Почвенные водоросли болотных экосистем: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск. 16 с.
- Благodatнова А.Г. 2010в. Таксономическая организация почвенных водорослей мезотрофного болота // Биологическая наука и образование в педагогических вузах: матер. VI Всерос. науч.-практич. конф. С. 108-113.
- Благodatнова А.Г. 2013. Цианобактерии и водоросли палеопочв (Алтайский край Топчихинский район) // Ботаническое образование в России: прошлое, настоящее, будущее. Новосибирск. С. 14-16.
- Благodatнова А.Г. 2014. Возможность использования почвенных водорослей в оценке состояния болотных экосистем // Актуал. пр-мы гуманит. и естеств. наук. № 4-1. С. 41-44. URL. <http://elibrary.ru/download/18141915.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Благodatнова А.Г. 2014а. Цианобактериально-водорослевые ценозы как отражение палеоэкологической специфики почв голоцена // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. № 2 (18). С. 163-169.
- Благodatнова А.Г., Пивоварова Ж.Ф. 2010. Особенности таксономической организации почвенных водорослей мелиорированного болота // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. № 1. С. 99-103.
- Благodatнова А.Г. 2011. Зональные и высокоширотные черты альгофлоры эвтрофного болота (Архангельская область) // Биологическая наука и образование в педагогических вузах: Матер. VII Всерос. науч.-практич.конф. С. 144-147.
- Вернадский В.И. 1899. Лекции описательной минералогии. – Типо-литография В. Рихтеръ. URL:<http://cyberleninka.ru/search?q=%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9+1899> (дата обращения: 01.03.2016)
- Вернадский В.И. 1910. Титан в почвах // Почвоведение. Т. 12. С. 255-259.
- Вернадский В.И. 1921. Записка об изучении живого вещества с геохимической точки зрения // Известия Российской Акад. Наук. Сер. 6. Т. 15. С. 120-123.
- Гайсина Л.А., Фазлутдинова А.И., Кабиров Р.Р. 2008. Популяционная альгология. Уфа. 152 с.
- Генкал С.И., Куликовский М.С. 2005. Центрические диатомовые водоросли в сфагновых болотах лесостепной зоны //Актуальные проблемы современной альгологии: матер. III Междунар. конф. Харьков. С. 193.
- Генкал С.И., Трифонова И.С. 2009. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Голлербах М.М. 1935. Водоросли и почва //Природа. №. 2. С. 38-44.
- Давыдова Н.Н., Трифонова И.С. 1985. Диатомовые водоросли - индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Изд-во «Наука», Ленинградское отд-ние. 243 с.
- Добровольский Г.В. 2012. Педосфера как оболочка высокой концентрации и разнообразия жизни на планете // Почвы в биосфере и жизни человека. Моск. гос. ун-т леса. С. 20-34.
- Долматова Л.М. 1974. Диатомовые водоросли неогеновых отложений северо-западной части Тихого океана (Командорские острова, о-в Карагинский) // Микропалеонтология океанов и морей. М.: Наука. С. 76-82.
- Егорова И.Н., Судакова Е.А. 2009. Водоросли в наземных экосистемах Байкальской Сибири // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: матер. II Всерос. конф. Сыктывкар, 5-9 октября 2009. Сыктывкар, С. 182-185.
- Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И. и др. 1951. Диатомовые водоросли // Определитель пресноводных водорослей СССР. М. Вып. 4. 620 с.
- Закеева Г.Ф. 2007. Альгофлора низинных болот степной зоны: на примере Стерлибашевского района Республики Башкортостан: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа. 32с.
- Злобина О.Н. 2008. Трофологическая концепция сохранения и концентрации органического вещества в нефтематеринских отложениях Западно-Сибирского бассейна // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ. Т. 5. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/trofologicheskaya-kontseptsiya-sohraneniya-i-kontsentratsii-organicheskogo-veschestva-v-neftematerinskih-otlozheniyah-zapadno> (дата обращения: 01.03.2016).
- Кабиров Р.Р., Шилова И.И. Почвенные водоросли свалок и полигонов твердых бытовых отходов в условиях крупного промышленного города // Экология. 1990. № 5. С. 10-18.
- Ковалев Р.В. 1966. Почвы Новосибирской области: Отв. редактор РВ Ковалев. Наука; Сибирское отд-ние. С. 422.
- Комулайнен С.Ф. и др. 2008. Водоросли водоемов ресурсного резервата «Джункун» (юго-западная Якутия) //Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Т. 17. №. 2. С. 52.

- Кордэ К.Б. 1973. Водоросли Кембрия. М.: Наука. 147 с.
- Корнева Л.Г., Генкал С.И. 1996. Новые и интересные диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*) из разнотипных озер Дарвинского заповедника (Вологодская область) // Ботан. журн. Т. 81. № 2. С. 15-20.
- Кукк Э.Г. 1969. О проблемах экологии и географического распределения сине-зеленых водорослей // Биология сине-зеленых водорослей. М. С. 9-20.
- Куликовский М.С. 2007. Диатомовые водоросли некоторых сфагновых болот Европейской части России: автореф. дис. ...канд. биол. наук. СПб. 24 с.
- Куликовский М.С., Кузнецова И.В. 2014. Биогеография пресноводных *Bacillariophyta*. Основные концепции и подходы // Альгология. Т. 24, № 2. С. 125-146.
- Лучинина В.А. 1989. Известковые водоросли // Микрофоссилии докембрия СССР. С.30-32.
- Лящевская М.С., Казаков Н.В. 2011. Использование палинологических данных в вопросах генезиса почв на диатомитовых отложениях (Южная Камчатка) // Исследования в области наук о Земле: матер. IX Регион. мол. науч. конф. Петропавловск-Камчатский, 1-2 декабря 2011 г. Петропавловск-Камчатский, С. 105-118.
- Макеева Е.Г., Науменко Ю.В. 2015. Таксономическая структура и экологическая характеристика альгофлоры озера Беле (Республика Хакасия) // Растительный мир Азиатской России. № 2 (18). С. 8-19.
- Маринов В.А. и др. 2006. Биофациальный анализ верхнеюрских и нижнемеловых отложений центральных районов Западной Сибири // Стратигр. геол. корреляция. Т. 14. № 4. С. 81-96.
- Мордкович В.Г., Шатохина Н.Г., Титлянова А.А. 1985. Степные катены. Новосибирск. 117 с.
- Науменко Ю.В. 2000. Водоросли р. Эрзин и его притоков // Krylovia. Сибирский ботанический журнал. Т. 2. №. 1-12.
- Науменко Ю.В. 2007. Первые сведения о водорослях природного парка «Сибирские Увалы» (Западная Сибирь, Россия) // Альгология. Т. 17. № 2. С. 230-236.
- Науменко Ю.В., Птухина О.Ю. 2012. Видовой состав и эколого-географическая характеристика водорослей болот природного парка «Сибирские Увалы» // Вестник Нижневартовского государственного университета. №. 1. С. 23-27.
- Некрасова К.А., Бусыгина Е.А. 1979. Неравномерность пространственного распределения водорослей в почвах // Почвоведение. № 10. С. 83-91.
- Новаковская И.В. 2007. Группировки почвенных водорослей еловых лесов подзон средней и южной тайги и их изменение под влиянием аэротехногенного загрязнения: автореф.дис.... канд. биол. наук. Сыктывкар. 16 с.
- Огнева И.Н., Благодатнова А.Г. 2013. Цианобактериально-водорослевые ценозыпалеопочв (Алтайский край Топчихинский район) // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья и сопредельных территорий: Матер. Междунар. науч.-практич. конф., посв. памяти д-ра биол. наук, проф. Б.И. Дулеповой. Чита. С. 84-90.
- Перельман А.И. 1965. Геохимия эпигенетических процессов. М. 272 с.
- Пивоварова Ж.Ф. 1968. Водоросли засоленных почв лесостепной Барабы: автореф. дис. ...канд.биол.наук. Л. 23 с.
- Пивоварова Ж.Ф., Берман Д.И. 1977. О концентрации диатомовых водорослей в ризосфере полыней // Ботанический журнал. Т. 62. №. 4. С. 588-591.
- Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Илюшенко А.Е. и др. 2015. Фитоценотическая организация группировок почвенных водорослей антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск: Изд-во НГПУ. 217 с.
- Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г. 2016. Фитоценотическая организация альгогруппировок как возможный показатель трофности болотных экосистем // Экология. № 2. С. 109-116. URL:<http://elibrary.ru/download/98107278.pdf>
- Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Багаутдинова З.З. и др. 2014. Таксономическая структура цианобактериально-водорослевой флоры как возможный показатель моделей первичного освоения различных субстратов // Вест. Красн. гос. аграр. ун-та. № 11. С. 111-116. URL:<http://elibrary.ru/download/51746346.pdf> (дата обращения: 30.11.2015).
- Пивоварова Ж.Ф., Благодатнова А.Г., Багаутдинова З.З., Кулятина А.Н. 2014а. Таксономическая структура цианобактериально-водорослевой флоры как возможный показатель моделей первичного освоения различных субстратов // Вестн. Красноярского гос. аграрного ун-та. № 11. С. 111-116.
- Пивоварова Ж.Ф., Илюшенко А.Е., Благодатнова А.Г. и др. 2014б. Почвенные водоросли антропогенно нарушенных экосистем. Новосибирск: Изд-во НГПУ. 146 с.
- Пивоварова Ж.Ф., Факторович Л.В., Благодатнова А.Г. 2012. Особенности таксономической структуры почвенных фотоавтотрофов при освоении первичных субстратов // Растит. мир Азиат. России. Т. 1. № 1. С. 16-21. URL:<http://elibrary.ru/download/94788033.pdf>(дата обращения: 30.11.2015).
- Прошкина-Лавренко А.И. 1963. Диатомовые водоросли бентоса Черного моря. Изд-во Академии наук СССР. 243 с.
- Сдобникова Н.В. 1986. Почвенные водоросли в южных тундрах Таймыра // Южные тундры Таймыра. С. 68.
- Стенина А. С. 2008. Диатомовые водоросли болота, загрязненного пластовыми водами (Бассейн р. Колва, Республика Коми) // Сиб. экол. журн. № 4. Т. 15. С. 583-588.
- Трубицына А.Н., Ильина В.И. 2007. Биостратиграфия келловей-верхнеюрских отложений Шаимского нефтегазоносного района (Западная Сибирь) по диноцистам // Юрская система России: проблемы стратиграфии и палеогеографии. Второе Всероссийское совещание: научные материалы. Ярославль: Изд-во ЯГПУ. С. 235-239.
- Учаев А.П., Некрасова О.А., Дергачёва М.И. и др. 2015. Природные условия формирования палеопочв первой трети субатлантического периода в разрезе Батурино (Южный Урал) // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. № 11. С. 57-67.
- Фазлутдинова А.И. 2014. Диатомовые водоросли лесных экосистем Южного Урала // Лесоведение. № 1. С. 65-73.
- Штина Э.А. 1959. Водоросли дерново-подзолистых почв Кировской области // Тр. Бот. ин-та АН СССР. Сер. 2. Вып. 12. С. 36-141
- Штина Э.А., Антипина Г.С., Козловская Л.С. 1981. Альгофлора болот Карелии и ее динамика под воздействием естественных и антропогенных факторов. Л. 269 с.
- Макарова О.Л., Ермилов С.Г., Юртаев А.А., Мансуров Р.И. 2015. Первые сведения о почвенных клещах (*Acari*) арктического острова Белый (Северный Ямал, Карское море) // Зоологический журнал. Т. 94. № 8. С. 899.
- Ярков А. А.2008. Водоросли океана Тетис Волгоградской области // Стержень. Волгоград. С. 91-113.

- Algal Chemical Ecology. 2008. Ed. Amsler C. D. Heidelberg. 322 pp.
- Bowler et al. 2008. The Phaeodactylum genome reveals the evolutionary history of diatom genomes // Nature. N. 13. DOI: 10.1038/nature07410. URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18923393>
- Emson D. 2015. The Ecology and Palaeoecology of Diatom – Duckweed Relationships submitted for the degree of Doctor of Philosophy University College London URL: http://discovery.ucl.ac.uk/1462713/1/Dave_Emson_PhD.pdf
- Madgwick, G., Emson, D., Sayer, C.D., Willby, N.J., Rose, N.L., Jackson, M.J. & Kelly, A. 2011. Centennial-scale changes to the aquatic vegetation structure of a shallow eutrophic lake and implications for restoration. Freshwater Biology, 56, 12: 2620-2636.
- Poulsen N.E. 1996. Dinoflagellate cysts from marine Jurassic deposits of Denmark and Poland. AASP, Contribution series. N.31. 227 p.
- Quillfeldt. 1997. Distribution of diatoms in the Northeast Water Polynya, Greenland // Journal of Marine Systems. V.10. I. 1–4. January. P. 211-240.
- Sayer, C.D., Andrews, K., Shilland, E., Edmonds, N., Edmonds-Brown, V., Patmore, I.R., Emson, D. & Axmacher, J.A. 2012. The role of pond management for biodiversity conservation in an agricultural landscape. Aquatic Conservation: marine and Freshwater Ecosystems, 22: 626-638.
- Temraleeva A.D. et al. 2014. Cyanobacteria and algae of buried soils and their modern analogues // Paleontological Journal. T. 48. №. 6. C. 667-675.

SOME ASPECTS OF THE USE OF DIATOMS IN DIAGNOSTIC OF ENVIRONMENT

Blagodatnova A.G., Pivovarova G.F., Bagautdinova Z.Z.

In the article the question of the possibility of using a unique group of diatoms in the diagnosis of environmental conditions. Discussed controversial views on the concept of Bacillariophyta as phytoliths. For example, literature data and own research presents diagnostic possibilities of diatoms: Marking soil formation processes, particularly the process of development of primary substrates, the geographical distribution of diatoms in soils. In particular, the features of the taxonomic composition of diatoms in bogs ecosystems, steppe, taiga and some others. The possibility of using diatoms as biological indicators of current conditions and the reconstruction of paleoecological environment. Including special attention given to the possibilities of diagnostic paleoecological conditions through modern representatives Bacillariophyta. However, there is still a lot of questions. It is important to accumulate data on the ecological spectrum of species of diatoms, especially environmental preferendum each of them to reliably diagnose the conditions of modern systems and reconstruct paleosoils conditions. What kind of phytocenotic indicators should be used to characterize the type (incidence, activity, ecol-cenotic significance) using the known formulas in the soil algology. To what extent correct this extrapolation? For now are dominated questions, but the prospects of this direction of research question remains.

Key words: diatom algae, diagnostics conditions, indicators, soil, paleosols, bogs, taiga.

Поступила в редакцию: 05.03.2016
Переработанный вариант: 12.05.2016