

УДК 561.26:551.791(470)

## О ГЕОСИСТЕМЕ ЦЕНТРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ В НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ И НЫНЕ ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА

Г.А.Анциферова

*Воронежский государственный университет*

Центр Восточно-Европейской равнины рассматривается как многоуровневая геосистема, сложно построенная в пространстве и во времени. Экосистема на уровне отдельного водоема, изученная с использованием метода диатомового анализа, в своем составе имеет все компоненты, характеризующие геосистему в целом. Состояние и эволюция геосистемы на региональном уровне в неоплейстоцене восстанавливаются по изменениям, происходящим в пределах отдельных экосистем в каждую из межледниковых эпох и ныне. Возрастной диапазон, в течение которого прослеживается эволюция геосистемы, насчитывает более 500 тысяч лет, начиная со времени раннего неоплейстоцена, и до ныне.

Восточно-Европейская равнина является важным регионом северного полушария для восстановления новейшей геологической истории. Неоднократные изменения климата в неоплейстоцене сопровождались повторением циклов оледенение – межледниковье, при которых происходила смена контрастных состояний природных обстановок. Время, соответствующее данному циклу, связано с последовательными этапами стабилизации биосферы, которым соответствуют определенные литологические разности отложений. В ледниковую эпоху регион делился на две зоны – ледниковую и перигляциальную. Их распространение, в первую очередь, предопределялось мощностью ледниковых покровов. Воздействие ледниковой эпохи на межледниковую проявлялось опосредованно. С экзарационной деятельностью ледников связано происхождение крупных озерных котловин, приуроченных к краевым зонам оледенений. Разновозрастные ледниковые отложения выступают не только как стратиграфические реперы в определении возраста межледниковых осадков. Как поставщики биогенного материала они предопределили эпохи озерного кремнеаккумуляции с повышенным содержанием биогенного кремнезема. В мучкапских, лихвинских и микулинских озерах происходило накопление диатомитов, диатомитовых мергелей и гиттий. В пределах центральных районов Восточно-Европейской равнины в полной мере проявились экзарационная и аккумулятивная деятельность ледников и осадконакопление в межледниковые эпохи.

Диатомовый анализ относится к палеоботаническим методам изучения озерных, озерно-болотных и озерно-старичных отложений. Непосредственными объектами исследований являются ископаемые и современные озерные экосистемы. Основа построений и выводов заключается в наблюдении изменений систематического и экологического составов микрофитоценозов (сообществ) диатомовых водорослей на уровне родовых, видовых и внутривидовых таксонов. Восстанавливается эволюция диатомовой флоры и водоемов с последовательными фазами и этапами стабилизации в течение отдельных межледниковых. При изучении неоп-

лейстоценовых отложений повсеместно используется спорово-пыльцевой метод. Его материалы демонстрируют смены флоры и растительности на водосборных площадях. Сравнение диатомовых и спорово-пыльцевых данных по разрезам межледниковых отложений позволяет проводить их причинно-следственную интерпретацию, то есть обосновывать взаимообусловленность событий, происходящих на водосборных бассейнах и в водоемах.

Так на практике подтверждается одновременность восстанавливаемых событий. Одновременность событий, по В.И.Красилову, определяется не приуроченностью к моментам абсолютного времени, а признаками их сосуществования, взаимодействия [1]. Изучение следов взаимодействия входит в компетенцию палеогеоэкологии. Диатомовый анализ является одним из частных методов в экосистемном подходе в стратиграфии. Это основа решения вопросов межледниковых озерного осадконакопления и проблем палеогеоэкологии и экологии. Он позволяет проводить стратиграфическую, преимущественно экологическую корреляцию неоплейстоценовых отложений.

Современные положения по экостратиграфии разработаны во второй половине XX века В.В.Меннером, В.И.Красиловым, Ю.Б.Гладенковым, В.А.Зубаковым, С.В.Мейеном [1-7]. Эти исследователи обобщили опыт построений В.И.Вернадского, В.Н.Сукачева и многих других о биосфере, биоценозе, биогеоценозе, геоэкоценозе, палеогеоэкологии [8-10].

В свете сложившихся представлений В.Б.Сочава (1978) выделил понятие “геосистема”. Он обозначил данным термином – географическая система, – земные пространства всех размерностей, в пределах которых объединены отдельные компоненты природы с системными, многосторонними взаимообусловленными связями, целостные и одновременно делимые. Геосистемы могут иметь как планетарные, так и региональные и локальные масштабы. Причем как цельность они взаимодействуют с космической сферой, а в современную эпоху и с ноосферой [11]. Ведущими факторами, образующими геосистему, являются пространственный и абиоти-

ческий. Современное учение о геосистемах является основой прикладной науки о динамике природной среды в настоящее время.

Материалы по неоплейстоценовой пресноводной диатомовой флоре, совместно со спорово-пыльцевыми данными, позволяют продемонстрировать и охарактеризовать состояние и динамику природной среды центральных районов в прошедшие межледниковые эпохи и ныне. Они дают возможность рассматривать центр Восточно-Европейской равнины как единую геосистему. В результате проведенных исследований геосистема выступает как многоуровневое явление, сложно построенное в пространстве и во времени. Как показывают наблюдения, изменения, происходящие в пределах экосистемы отдельного водоема в каждую из межледниковых эпох и ныне, отражают состояние геосистемы в целом.

Геосистема центра Восточно-Европейской равнины, в пределах которой располагаются изученные разрезы, согласно геолого-геоморфологическому районированию территории, в межледниковые эпохи и ныне подразделяется на геосистемы основных водосборов. Это бассейны Верхнего Дона, Верхнего Приднепровья, Верхней Оки, Ярославско-Костромского Поволжья.

Возрастной диапазон, в течение которого по диатомовой флоре прослеживается эволюция геосистемы, насчитывает более 500 тысяч лет, начиная со времени раннего неоплейстоцена – позднедонского ледникового и мучкапского межледниковья и далее, в условиях средне-позднеоплейстоценовых лихвинского и микулинского межледниковий, в валдайскую, голоценовую и в современную эпохи. Возрастные и коррелятивные критерии, разработанные для разновозрастных диатомовых флор, позволяют определять возраст межледниковых озерных экосистем.

Понятие геосистемы близко к определению экосистемы. Однако, общепринятое понятие экосистемы заключается в представлении, что это единый природный комплекс, который образуют живые организмы и среда их обитания.

Экосистему водоема создает сложное взаимоотношение абиотической и биотической составляющих. Обусловленные определенными гидрологическими, гидрохимическими и гидрофизическими факторами, существующими в водоемах, объемом биогенного материала, биогеоценозы (биота) в совместной деятельности приспособливают среду обитания к своим потребностям. Одновременно при этом они меняют свой состав по мере изменения параметров состояния среды. При изучении озерной экосистемы методом диатомового анализа понятие экосистема трактуется как биологическое, поскольку абиотические характеристики водной среды определяются на основании систематического и экологического состава биотической составляющей, в данном случае, представленной микрофитоценозами диатомовых водорослей. Восстанавливаются соот-

ношения групп диатомей по географическому распространению, условиям местообитания, отношению к галобности, активной реакции водной среды. Исследование экосистем современных водоемов заключается в прослеживании аналогичных параметров. Это позволяет судить о глубинах водоемов, колебаниях уровня водного зеркала, минерализации вод, термическом режиме, характеристике рН, их трофности, а также о степени зарастания высшей водной растительностью.

Полнота разрезов межледниковых отложений и их информативность обуславливаются происхождением и размерами озерных котловин. Крупные озерные котловины, экосистемы которых развивались практически в течение всего того или иного межледниковья, имеют ледниковое происхождение и приурочены к краевым зонам оледенений. В каждую межледниковую эпоху расположение озерных котловин ледникового выпихивания и размыва смещалось к границам предшествующих оледенений.

Например, в бассейне Верхнего Дона в краевой зоне донского оледенения наблюдается тип озерных котловин ледникового выпихивания и размыва, которые имели значительные размеры. Польшапинское озеро состояло из двух сближенных параллельных акваторий, имеющих соответственно длину 30 и 40 км, ширину 10-12 и 8-14 км, то есть их площадь достигала десятки и сотни км<sup>2</sup>. Полные мощности осадков, по С.М.Шику и М.И.Маудиной, составляют от 40 до 50 м. Акватория Тамбовского озера также имела значительные размеры. Толща озерных осадков в пределах каньонообразного Тамбовского Рва достигает мощности 63 м [15,16]. Эти крупные водоемы существовали в течение мучкапского межледниковья. Межледниковое озеро, осадки которого вскрыты в разрезе Смелый в Верхнем Приднепровье, развивалось в позднем неоплейстоцене в продолжение всего микулинского межледниковья.

Остаточные подпрудные озера, а также озера, образовавшиеся в понижениях рельефа, обводнившихся в результате таяния многолетней мерзлоты, глыб погребенного льда и некоторые другие, имели ограниченные размеры котловин и существовали в течение времени, например, достаточного для их заполнения осадками. Пространственно озера подобного типа чаще располагаются вне границ предшествовавшего оледенения.

В природе существует чрезвычайное разнообразие озер, однако, есть критерии, позволяющие понимать сущность и состояние среды каждой водной экосистемы. В настоящее время используется классификация современных озер, основанная на определении уровня биологической продуктивности и соотношения процессов образования и деструкции органического вещества, главным образом скорости его накопления. Для европейских озер в области распространения валдайского оледенения Э.Науманном, Л.Л.Россолимо и др. исследователями раз-

работано деление озер на олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные и дистрофные [12,13]. Согласно классификации О.Ф.Якушко, по глубине озера умеренной географической зоны делятся на глубокие с максимальными глубинами более 25 м, среднеглубокие – 15-25 м, неглубокие – 5-15 м и мелководные – озера с максимальными глубинами до 5 м [14]. Данные, полученные с использованием диатомового анализа, подтверждают, что классификация озер по степени трофности в пределах центральных районов в полной мере распространяется и на межледниковые озера.

В экосистемах глубоких-среднеглубоких озер в течение каждого из межледниковий происходила последовательная смена режимов трофности от олиготрофного до мезотрофного, эвтрофного. В неглубоких и мелководных водоемах, обычно существовавших в течение ограниченного временного интервала межледниковья, часто наблюдался первоначально повышенный режим трофности – мезотрофный, мезотрофно-эвтрофный, эвтрофный.

В результате проведения диатомового анализа по разрезам строятся диатомовые диаграммы. Они графически демонстрируют процесс сукцессии диатомовой флоры и эволюции озерных экосистем. В результате проведения спорово-пыльцевого анализа также создаются соответствующие диаграммы. Сравнение диатомовых и спорово-пыльцевых диаграмм по разрезам межледниковых отложений позволяет увязывать эволюцию отдельных озерных экосистем с процессами, происходящими на водосборах и с общими палеогеографическими перестройками геосистемы региона в целом. Они связаны с общеклиматическими изменениями и течение позднеледниковий, межледниковий и раннеледниковий, когда происходило накопление озерных осадков, содержащих остатки диатомей. Проведенные исследования позволяют утверждать, что микрофитоценозы диатомовых водорослей и флора и растительность на водосборных площадях, то есть биота, развивающаяся в водных и в субэаральных условиях, реагируют на общеклиматические изменения практически одновременно. Границы смены трофности водоемов, прослеживаемые по сукцессиям диатомовых водорослей, и границы палинозон, восстанавливаемые по сменам палинокомплексов, сопоставимы.

Вследствие способности экосистемы водоема к саморегуляции, в основном обеспечиваемой биологическими компонентами, она в каждый отдельный момент своего существования стремится противостоять возникающим изменениям состояния среды. Это предопределяет ее стабильность. Смена трофности озерного водоема отражает стремление биотической и абиотической составляющих геосистемы на разных уровнях, то есть на водосборных площадях и в водных экосистемах, к саморегуляции. Используя системный подход в исследовании озерных экосистем, убеждаемся, что выделение фаз и этапов развития диатомовой флоры и водоемов со-

ответствует этапам развития флоры и растительности на водосборных площадях [17,18].

Эта совокупность преобразований подчинена закономерностям развития геосистемы центра Восточно-Европейской равнины, которые в целом присущи тому или иному межледниковью. Так реализуется выделенный В.Б.Сочавой принцип инвариантности, то есть единства процессов преобразования (изменения) и сохранения (инвариантности) [11].

Сукцессии диатомовых водорослей характеризуют явление инвариантности. При смене режимов трофности и последовательной смене соответствующих микрофитоценозов наблюдается смена фаз и этапов развития водных экосистем. Это явление показывает моменты переходов экосистемы из одного равновесного состояния в другое и характеризует состояние озерной экосистемы в пределах различных инвариантов. Выделяются три типа сукцессий диатомовых водорослей, а именно вегетационная, цикличная и эволюционная [19]. Вегетационная сукцессия обуславливается абиотическими факторами состояния водной среды на уровне фаз развития, а цикличная отражает эволюцию абиотической составляющей на уровне этапов эволюции водоема в процессе смены режима трофности. Очевидно, правомерно выделение вегетационной и цикличной инвариантности. Уровень эволюционной инвариантности водных экосистем, основанный на эволюционной сукцессии диатомовой флоры, характеризует время существования экосистемы в пределах определенного межледниковья. Она дает возможность определять возраст вмещающих отложений и время существования отдельной водной экосистемы в неоплейстоцене в течение того или иного межледниковья, или в пределах отдельного временного интервала межледниковья. При этом проявляется воздействие ледниковой эпохи, в частности, в связях: границы оледенения – типы озерных котловин и ледниковые отложения – поступление биогенного материала.

Восстановление эволюции диатомовой флоры и озерных экосистем в неоплейстоцене и в современную эпоху подтверждает четкую взаимообусловленность природных и антропогенных процессов. Так выстраивается ряд переменных состояний экосистем в течение межледниковья и в результате восстанавливается целостная картина состояния геосистемы.

Значение подобных построений трудно переоценить. Они позволяют обосновать проведение биоиндикационного мониторинга двух типов – ретроспективного и современного. Ретроспективный мониторинг межледниковых озерных экосистем является прослеживанием связи общих палеогеографических перестроек на водосборных площадях и в водоемах. По территориальному охвату ретроспективный и современный мониторинги подразделяются на региональный, в пределах центра Восточно-Европейской равнины и локальный, в пределах основных водосборных бассейнов. Они включают

восстановление состояния геосистемы водоем – водосборный бассейн.

Биоиндикационный мониторинг охватывает межледниковые эпохи во временном интервале несколько более 500 тысяч лет (начиная со времени позднедонского ледникового и до голоцена). Тип современного мониторинга включает в себя восстановление условий осадконакопления в голоцене и в современных водных экосистемах.

В результате сопоставления ископаемых и рецентных комплексов диатомей появилась возможность охарактеризовать состояния водных экосистем в условиях антропогенного воздействия и выделить среди низших водорослей (диатомовых и синезеленых) виды-индикаторы загрязнения, а также прогнозировать модели их дальнейшего развития, в том числе и глобальные. Современный мониторинг показывает тотальное неблагополучие состояния среды водных экосистем.

Проведение биоиндикационного мониторинга является прикладным использованием системного анализа в исследовании геосистемы центра Восточно-Европейской равнины в неоплейстоцене и ныне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Красилов В.А. Эволюция и биостратиграфия. – М., 1977. – 256 с.
2. Меннер В.В. Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагунных и континентальных свит. – М., 1962. – 375 с.
3. Красилов В.А. Палеоэкосистемы // Изв. АН СССР. Сер. геологическая. – 1970. – № 4. – С.144-150.
4. Красилов В.А. Зональная стратиграфия и принцип регионального параллелизма // Геология и геофизика. – 1974. – №8. – С. 11-18.
5. Гладенков Ю.Б. Экосистемный подход в стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геологическая. – 1978. – №1. – С.5-23.
6. Красилов В.А., Зубаков В.А., Шульдинер В.И., Ремизовский В.И. Экостратиграфия. Теория и методы. – Владивосток, 1985. – 148 с.
7. Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. – М., 1989. – 216 с.
8. Вернадский В.И. Биосфера. – М., 1967. – 266 с.
9. Сукачев В.Н. Соотношение понятий биогеоценоз, экосистема и фацция // Почвоведение. – 1960. – № 6. – С.34-42.
10. Сукачев В.Н. Избранные труды. Т. II. – Л., 1973. – 349 с.
11. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск, 1978. – 319 с.
12. Науманн Э. Цель и основные проблемы региональной лимнологии // Тр. Косинск. биол. станции. – 1927. – Вып.6. – С.3-11.
13. Россолимо Л.Л. Теоретические основы освоения озерных ресурсов // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. – М., 1967. – С.5-13.
14. Якушко О.Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер Северной Белоруссии. – Минск, 1971. – 206 с.
15. Шик С.М., Маудина М.И. Рославльские межледниковые озерные отложения Окско-Донской равнины // Проблемы антропогена центральных районов Русской платформы. – Воронеж, 1979. – С.42-58.
16. Маудина М.И., Еремин А.В. Новые данные об озерных отложениях Тамбовского Рва // Пограничные горизонты неогена и антропогена территории КМА и Верхнего Дона. – Воронеж, 1982. – С.80-89.
17. Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. – М., 1989. – 183 с.
18. Анциферова Г.А. Эволюция диатомовой флоры и межледникового озерного осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины в неоплейстоцене // Тр. НИИ Геологии Воронеж. ун-та. Вып. 2. – Воронеж, 2001. – 198 с.
19. Анциферова Г.А. Типы сукцессий низших водорослей – ископаемых (диатомовых) и рецентных (диатомовых и синезеленых) // Вестн. Воронеж. ун-та. Геология. – 2000. №5(10). – С.52-58.