

Экологический анализ диатомовых отложений оз. Ханка.

Кабаева Валерия Евгеньевна

бакалавр 4 курса кафедры туризма и экологии

Владивостокский Государственный Университет Экономики и Сервиса (ВГУЭС)

Россия. Владивосток

*В данной статье рассматривается экологический анализ диатомовых водорослей отложений оз. Ханка, с помощью которого мы смогли восстановить условия среды формирования и возраст отложений новокачалинской свиты Ханкайской впадины. При изучении новокачалинской свиты были выделены два комплекса диатомей, которые характеризуются высоким видовым разнообразием и выпадением из верхнего комплекса планктонной *Miosira jouseana* и увеличение частоты встречаемости *Miosira areolata*. В статье дана характеристика зон *Miosira jouseana* и *Miosira areolata* и исследованы экологические условия формирования. Выбраны стратиграфически важные виды из диатомовых комплексов, определить характер их исчезновения и на этой основе с учетом данных абсолютного датирования установить диатомовые биозоны. Проведен анализ палеоклиматических и фациальных условий формирования неогеновых отложений.*

Ключевые слова и словосочетания: диатомеи, миоцен, нижний комплекс, верхний комплекс, зона *Miosira jouseana*, зона *Miosira areolata*, экологические условия.

Ecological analysis of diatoms of the deposition of Lake Khanka.

Kabaeva Valeria Evgenievna

Bachelor 4 courses of the Department of Tourism and Ecology

Vladivostok State University of Economics and Service

Russia. Vladivostok

*This article considers the ecological analysis of diatoms of the sediments of Lake Khanka. We were able to restore the environmental conditions of formation and age sediments of the Novokachalinsky suite of the Khankaiskaya basin. Two sets of diatoms were identify in the study of the Novokachalinsky suite, which are characterized by high species diversity and loss from the upper plankton complex *Miosira jouseana* and an increase in the frequency of occurrence *Miosira areolata*. The article describes the zones of *Miosira jouseana* and *Miosira areolata* and investigate the ecological conditions of formation. Stratigraphically important species from diatom complexes have been selected, the nature of their disappearance has been determined and, based on the absolute dating data, diatomic biosons have been established. The analysis of paleo-climatic and facies conditions of formation of the Neogene sediments.*

Keywords: diatoms, the Miocene, the lower range, the upper range, zone *Miosira jouseana*, zone *Miosira areolata*, ecological conditions.

Диатомовые водоросли – это преимущественно одноклеточные организмы, обитающие в морях, пресных водоемах и на влажной почве. Отличаются от других водорослей наличием уникальных панцирей, образованных кремнезёмом. Панцирь диатомей достаточно прочен и очень хорошо сохраняется в осадках, что делает диатомеи прекрасным микропалеонтологическим материалом. Диатомеи активно участвуют в формировании биогенных отложений, называемых диатомитами. С одной стороны,

диатомиты несут важнейшую информацию о состоянии природной среды древних геологических эпох, а с другой являются ценным минеральным сырьем, широко используемым в промышленности.

С помощью экологического анализа диатомовых водорослей мы смогли восстановить условия среды формирования и возраст отложений новокачалинской свиты Ханкайской впадины, сложенной в основном туфодиатомитами и диатомитами.

Проанализированные образцы из тонкообломочных озерных отложений новокачалинской свиты содержат богатую флору диатомей хорошей сохранности. Анализ таксономического состава флоры, ее видового разнообразия и доминирования определенных таксонов позволяет выделить в новокачалинской свите два комплекса диатомей: нижний и верхний комплекс.

Нижний комплекс характеризуется относительно высоким видовым разнообразием: 75 видов, принадлежащих 41 роду, при отсутствии ярко выраженных доминантов, кроме *Aulacoseira praegrnulata* var. *praegrnulata* f. *praegrnulata* и *Aulacoseira praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica*, формирующих туфодиатомитовые слои [1]. Для комплекса получена серия датировок в интервале 18,1 – 14,9 млн. лет. Экологическая структура комплекса свидетельствует о сублиторальных условиях его формирования в достаточно прогреваемом проточном озерном водоеме. Низкая же степень доминирования при достаточно высоком видовом разнообразии – признак быстрого квазипериодического изменения условий окружающей среды [2].

Верхний комплекс диатомей отличается от нижнего, отсутствием многих субтропических диатомей (*Actinella brasiliensis*, *A. punctata*, *Cymbella australica*, *Desmogonium guianense*, *D. rabenhorstianum*, *Sellaphora americana*) [1], а также значительным увеличением разнообразия и частот встречаемости бентических диатомей, особенно родов *Tetracyclus*, *Staurosira*, *Planothidium* – типичных реофильных форм. Среди тетрациклюсовой флоры доминирует *Tetracyclus clypeus* (= *T. ellipticus* var. *clypeus*) (до 62-70 %). Второй особенностью верхнего комплекса является выпадение из него планктонной *Miosira jouseana* и увеличение частоты встречаемости *Miosira areolata*. По сути, это интервал осадков можно считать акме-зоной *Miosira areolata*.

Зона *Miosira jouseana* – нижняя часть новокачалинской свиты, самая верхняя часть нижнего миоцена – нижняя часть среднего миоцена.

Абсолютный возраст: 18,1-14,9 млн. лет.

Критерии границ: нижняя граница связана с исчезновением *Actinocyclus lobatus* и первым появлением в отложениях *Actinocyclus tunkaensis*, *Miosira tscheremissinovaе* и *Aulacoseira taiganosica*. С нижней границей связано и заметное снижение частоты

встречаемости курватных форм *Aulacoseira*. Верхняя граница проводится по исчезновению вида-индекса и первому появлению *Mesodictyon foveis*.

Комплекс диатомей: характерный комплекс представляют *Actinella brasiliensis*, *Aulacoseira praegrnulata* var. *praegrnulata* f. *praegrnulata*, *A. praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica*, *Ellerbeckia arenaria* var. *teres*, *Fragilariforma bicapitata*, *Fragilaria miocenica* var. *miocenica*, *Gomphonema miocenica*, *Melosira undulata* var. *undulata*, *Miosira jouseana*, *M. areolata*, *Staurosira construens*, *S. venter*, *S. elliptica*, *Tetracyclus lacustris* var. *elongatus* [1]. Для *Melosira undulata* характерен высокий полиморфизм створок.

Корреляция: по доминированию *Aulacoseira praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* и широкой морфологической изменчивости *Melosira undulata* коррелируется с диатомовыми экозонами 1-2 нижней части средне миоценовой формации *Shanwang* провинции Шандонь Восточного Китая; нижняя часть верхнеджилиндинской подсвиты (Витимское плоскогорье западной части Забайкалья) с высокой частотой встречаемости *Miosira jouseana*; комплекс диатомей анаргинской свиты Чарской впадины Северного Забайкалья [3].

В целом же экологическая структура комплекса свидетельствует о сублиторальном генезисе его формирования в достаточно прогреваемом (тепловодных видов до 42%) озерном водоеме при влиянии речного стока. Теплый облик комплекса отражает главный климатический оптимум на границе раннего и среднего миоцена – *Monterey carbon excursion*.

Зона *Miosira areolata* – верхняя часть новокачалинской свиты, верхняя часть среднего миоцена.

Абсолютный возраст: 14,9-11,6 млн. лет.

Критерии границ: нижняя граница связана с исчезновением вида-индекса и первым появлением *Mesodictyon foveis*, верхняя граница зоны определяется по вымиранию вида-индекса зоны.

Корреляция: по доминированию *Aulacoseira praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* и началом эволюционного развития видов родов *Amphorotia*, *Cymbella*, *Pinnularia*, *Staurosira*, *Staurosirella* коррелируется с диатомовыми экозонами 3-5 верхней части средне миоценовой формации *Shanwang* провинции Шандонь Восточного Китая; нижняя часть верхнеджилиндинской подсвиты (Западное Забайкалье); комплекс диатомей анаргинской свиты Чарской впадины Северного Забайкалья [4].

Отмечаются более низкое видовое разнообразие по отношению к нижележащему комплексу, нечеткая морфологическая изменчивость полиморфных видов родов *Aulacoseira*, *Melosira* и *Tetracyclus*, а также выраженное доминирование *Aulacoseira*

praegratulata (58,5%), что свидетельствует о более постоянных условиях среды обитания диатомей. Значительная доля планктонных видов (до 78,7%) говорит об увеличении площади озера и его глубины [5]. В эволюционном плане отмечается развитие видов родов *Cyclotella* и *Stephanodiscus*, что является характерной особенностью соответствующего этапа в развитии диатомовой флоры. Учитывая, что первые представители рода *Cyclotella* появляются в конце среднего миоцена, комплекс диатомей зоны *Miosira areolata* следует датировать поздним–средним миоценом. Кроме этого, в данном комплексе происходит замещение *Miosira jouseana* (Moiss.) Moiss. на *M. areolata* (Moiss.) Moiss [1]. Отмечается практически полное (за редким исключением) отсутствие родов *Actinocyclus* и *Mesodictyon* при доминировании видов рода *Aulacoseira*.

Для обоих комплексов отмечен высокий полиморфизм представителей рода *Tetracyclus*, не наблюдающийся в отложениях иного возраста, а также присутствие маркирующей только эти отложения *Aulacoseira taiganosica*, что может считаться важными референтными признаками данных отложений [6].

С палеогеографической позиции контраст комплексов может объясняться началом прогрессирующего похолодания и преобладания озерно-аллювиального седиментогенеза над типичным озерным, что связывается с развитием широкой сети речных долин. Низкая же степень абсолютного доминирования при достаточно высоких видовом разнообразии и степени выравненности – признак быстрого изменения условий окружающей среды. Возможно, что на этом интервале времени зимний муссон начинает преобладать над летним, что сказалось и на характере обводненности озерных бассейнов.

Климат, как комплексный экологический фактор, играет важную роль не только при распределении организмов на планете, но и ответственен за их эволюционные преобразования. Кроме эволюционных преобразований палеоклиматические изменения приводили к перестройке экосистем, в целом, и формирующих ее ценозов, в частности. Такие перестройки в качестве одной из основ лежат в построении экостратиграфических схем и их детализации [7].

Особенности переноса океанического тепла и влаги в позднем кайнозое являлись одним из важнейших факторов, оказывающих влияние на изменения палеоклиматов Востока Азии. При этом чрезвычайно велика роль арктической полярной шапки, действующей по принципу природного холодильника.

Серия глобальных потеплений и похолоданий, периодичность которых сокращается, есть свидетельство постепенного перехода планеты из режима “greenhouse” (теплый дом) в режим “icehouse” (холодный дом).

По крайней мере, две эпохи потепления зафиксированы высокому содержанию CO₂

в атмосфере в раннем и среднем миоцене. Одна из них (ранне-миоценовый углеродный экскурс) охватывает период от 24 до 22,8 млн.л., другая (миоценовый климатический оптимум – монтерейский углеродный экскурс) приходится на границу между ранним и средним миоценом (17,7-14 млн.л.) [8]. Разделяющая их эпоха похолодания, не была таковой в привычном смысле слова. Она оставалась намного теплее современной. Климатический оптимум миоцена в Приморье был сглажен действием Восточно-Азиатского антициклона и действием Приморского холодного течения. Что же касается муссонного воздействия, то для раннего и начала среднего миоцена сезонность не была ярко выражена, даже в период похолодания (22,8-17,7 млн.л.) [9]. Только с наступившим похолоданием после миоценового оптимума сезонность стала приобретать контрастные черты на фоне усиливающегося зимнего муссона, что отражено как в спорово-пыльцевых спектрах, так и в диатомовых комплексах отложений новокачалинской свиты. Такая тенденция продолжалась и в позднем миоцене и плиоцене.

Вторая половина среднего миоцен и поздний миоцен характеризуются направленным похолоданием, связанным с резким расширением южной полярной шапки (14,1-13,2 млн.л.) млн.л.), особенно ярко это похолодание проявилось в середине первой половины позднего миоцена (позднемиоценовый углеродный экскурс – 10,2-9,6 млн.л.). В целом же, поздний миоцен в Приморье характеризовался относительно “теплой” первой половиной и значительным ухудшением климатических характеристик во второй (мессинский углеродный экскурс – 5,3-7,7 млн.л.) [10]. Для конца миоцена отмечается сильнейший этап аридизации ЗападноСибирской равнины, связанный с активизацией Сибирского антициклона, что выразилось в образовании покрова субаэральных красноцветных карбонатных глин. Относительная аридизация климата отмечена и в Приморье. В Северном Китае, особенно в пределах Тибетского плато, в это время формируются обширные поля лессовых отложений.

Комплекс зоны *Miosira areolata*, соответствующий верхней части новокачалинской свиты, теряет многих представителей тепловодного элемента. Для комплекса характерно значительное увеличение разнообразия и частот встречаемости бентических диатомей, особенно родов *Tetracyclus*, *Staurosira*, *Planothidium* – типичных реофильных форм. Комплекс отражает начальную фазу перехода от озерного седиментогенеза к аллювиальному, что соответствует широкому развитию речных долин в Приморье.

Для этого времени, видимо, характерно усиление контраста между летним и зимним муссонами за счет активизации летнего. Это подтверждается и находками листовой флоры. Отчетливое проявление сибирского антициклона было синергетически связано с глобальным похолоданием и соответствующей экспансией ледниковой шапки Южного

полюса [11]. На территории Приморья продолжает существовать обширная сеть озерных водоемов с накоплением диатомитов. Возраст зоны 14,9–1,8 млн лет.

Низкая степень абсолютного доминирования при достаточно высоких видовом разнообразии и степени выравненности в комплексе диатомей зоны *Miosira areolata* – признак быстрого изменения условий окружающей среды в сторону похолодания. Начиная с этого времени идет активизация зимнего муссон, который начинает преобладать над летним, что сказалось и на характере общей обводненности озерных бассейнов.

Достаточно резкие климатические изменения второй половины среднего миоцена, сказались на росте видового богатства, но привели к снижению палеопродуктивности. Важной особенностью верхнего комплекса является высокий полиморфизм видов родов *Melosira*, *Aulacoseira*, и *Tetracyclus*, что также говорит о нестабильности среды обитания и проявлению возможных фенотипических реакций на изменения в ней (таблица 3) [13].

В ходе проведенных исследований диатомей отложений оз. Ханка были сделаны следующие выводы:

- Новокачалинская диатомовая флора с двумя комплексами отнесена к зонам *Miosira jouseana* и *Alveolophora areolata* среднего миоцена.

- Возраст комплексов диатомей и их положение в геохронологической шкале определен как по возрасту диатомовых биозон, так и по абсолютному датированию по трекам деления урана в вулканических стеклах.

- Комплексы диатомей отражают главный климатический оптимум на границе ранний – средний миоцен и непосредственно палеоклиматическую ситуацию среднего миоцена.

- На временной границе между биозонами (14.9 млн. лет) отмечается переход от озерных фаций к аллювиальным.

- Нижний комплекс (первая половина среднего миоцена) охарактеризовался с умеренно теплым климатом, на фоне которого происходили короткопериодические колебания, в следствие чего было обнаружено высокое видовое разнообразие (42 рода, 98 видов и разновидностей). Достаточно обширная поверхность озерного водоема привела к отсутствию четко выраженного доминирования. Так как зимний период характеризовался отсутствием ледоста, то в экологическом отношении доминируют тихопелагические и планктонные формы. Активизация муссона при отсутствии сильно выраженного контраста между летним и зимним муссоном привела климат к теплоумеренному типу.

- В верхнем комплексе (вторая половина среднего миоцена) тенденция к похолоданию при отсутствии резких колебаний и стабилизации среды привела к снижению видового разнообразия (42 рода, 98 видов и разновидностей). Достаточно обширная

поверхность озерного водоема, увеличение глубины и усиление действия речного стока привело к четко выраженному доминированию *Aulacoseira praegrnulata* (58,5%) и *Melosira undulata* (13%). Зимний период характеризовался отсутствием ледостава и поэтому в экологическом отношении доминируют планктонные формы. Стабилизация муссона при усилении контраста между летним и зимним муссонами привела климат к холодно умеренному типу.

Список используемых источников

1. AlgaeBase. Species Search [Electronic resources] // AlgaeBase World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. – URL: <http://www.algaebase.org/search/species>.
2. Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / З.И. Глезер, А.П. Жузе, И.В. Макарова и др. – Л.: Наука, 1974. – Т. 1. – 400 с.; 1988. – Т. 2. – Вып. 1. – 115 с.
3. Диатомовые водоросли. Особенности строения клетки, размножение, распространение, значение. Основные представители [Электронный ресурс] // StudFiles. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/4695270/page:8/>.
4. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей: в 3 т. Т. 2 / авт.: А.П. Жузе, И.А. Киселева, В.С. Порецкий, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова-Порецкая; под ред. А.Н. Криштофовича. – М.: Государственное издательство геологической литературы, 1949. – 444с.
5. Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей: в 3 т. Т. 3 / авт.: М.М. Забелина, И.А. Киселева, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова; под ред. А.Н. Криштофовича. – М.: Государственное издательство геологической литературы, 1950. – 635с.
6. Отдел диатомовые водоросли – Bacillariophyta [Электронный ресурс] // Studopedia. – Режим доступа: <http://studopedia.ru/otdel-diatomovie-vodorosli-BACILLARIOPHYTA>.
7. Макарова И.В. Диатомовые водоросли морей СССР: монография / И.В. Макарова. – Санкт-Петербург: Наука: Ленингр. отд-ние, 1988. – 115с.
8. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли донных отложений озер как показатель изменений озерных экосистем: монография / Н.Н. Давыдова. – Санкт-Петербург: Наука, 1984. - 470 с.
9. Павлюткин Б.И. Среднемиоценовая ханкайская флора Приморья: монография / Б.И. Павлюткин. – Владивосток: Дальнаука, 2005. - 216 с.

10. Денисов Е.П. Новейшая тектоника и позднекайнозойский вулканизм Южного Приморья и прилегающих областей: монография /Е.П. Денисов. – Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во, 1965. - 82 с.
11. Павлюткин Б.И. Проблемы стратиграфии миоцена Приханкайской впадины (Дальний Восток Россия) / Б.И. Павлюткин, В.С. Пушкарь, М.В. Черепанова, Т.И. Петренко // Тихоокеанская геология. – 2004. – № 4. – С. 73-85.
12. Павлюткин Б.И. Стратегия палеоген-неогеновых отложений приморья / Б.И. Павлюткин, Т.И. Петренко – В.: Дальнаука, 2010. – 166 с.
13. Лихачева О.Ю. Зональная диатомовая шкала и основные геобиологические события неогена Приморья / О.Ю Лихачева, В.С. Пушкарь, М.В. Черепанова, Б.И. Павлюткин // Вестник ДВО РАН. – 2009. – №4. – С. 64-72.