

ОСОБЕННОСТИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ДОЛИНЕ РЕКИ РАЗДОЛЬНАЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Элбакидзе Е.А.,

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Аннотация. Сложная картина палеоклиматических и связанных с ними трансгрессивно-регрессивных фаз в течение Фландрской трансгрессии голоцена определена на основе изучения смен экологических комплексов диатомей из осадков донных отложений I надпойменной террасы р. Раздольной в Южном Приморье. Исследуя лагунно-морской, озерно-аллювиальный и болотный диатомовые комплексы, можно говорить о степени колебаний уровня Японского моря и масштабе проникновения морских вод в речную долину. Глубина вторжения морской вод составила до 23 км вглубь от побережья и зафиксирована в период оптимума голоцена, когда уровень моря мог быть на 2-3 м выше современного, что несомненно отражалось на процессах формирования берегов.

Ключевые слова: *диатомовые водоросли, Японское море, река Раздольная, голоцен, Южное Приморье*

PECULIARITIES OF SEDIMENTATION IN THE VALLEY OF THE RAZDOLNAYA RIVER VALLEY IN THE HOLOCENE

Elbakidze E. A.,

Far Eastern Geological Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

Annotation. The complex picture of paleoclimatic and related transgressive-regressive phases during the Holocene Flanders Transgression is determined on the basis of the study of changes in the ecological complexes of diatoms from sediments of the bottom sediments of the I supra-flood terrace of the Razdolnaya River in Southern Primorye. By studying lagoonal-marine, lake-alluvial and marsh diatom complexes, it is possible to speak about the degree of fluctuations in the level of the Sea of Japan and the scale of sea water intrusion into the river valley. The depth of seawater intrusion was up to 23 km inland from the coast and was recorded during the Holocene optimum, when the sea level could be 2-3 m higher than the present one, which undoubtedly affected the processes of coastal formation.

Key words: *diatoms, Holocene, Sea of Japan, Razdolnaya River, Southern Primorye*

Введение. Изучение отложений из прибрежных водоемов и речных долин – важный этап к пониманию изменений уровня моря. Диатомовые водоросли, чувствительные к колебаниям солености, глубины и гидрологических условий, служат индикаторами морских колебаний. Повышение уровня моря в среднем голоцене повлияло на диатомовые палеосообщества в дельтах рек, что позволяет реконструировать изменения в речных экосистемах. Одним из таких объектов является устье р. Раздольной в Южном Приморье, представляющее собой надежный источник информации для изучения влияния трансгрессивно-регрессивных фаз. Река Раздольная имеет горный характер, но постепенно теряет черты горной реки и на территории России ниже Барановского прохода становится рекой равнинного типа, ширина основного русла составляет 100-150 м. Глубина реки колеблется от 0,5 до 5 м., скорость течения достигает 1,5 м/с. Дно реки галечное и песчаное (рис. 1) [4]. Целью данной работы было определение глубины проникновения морских вод в нижние части речных долин на побережьях и масштабов их затопления при колебаниях уровня моря на основе результатов

комплексного анализа диатомовой флоры из голоценовых отложений I надпойменной террасы р. Раздольной в Южном Приморье.

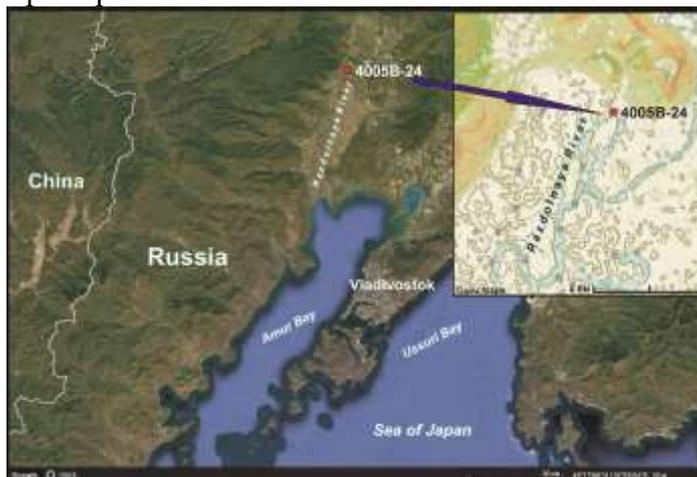


Рис. 1. Расположение изученного разреза I надпойменной террасы р. Раздольной 4005Б-24 (Южное Приморье).

Материал и методы. Материалом для исследования послужили образцы осадков, отобранные из отложения I надпойменной террасы (разрез 4005 Б-24) высотой 3 м на правом берегу р. Раздольной, в 23 км от морского побережья (рис. 1). Вскрытые отложения представлены песками, супесью и суглинком. Всего методом диатомового анализа изучено 20 проб. Техническая обработка проводилась по стандартной методике [3,6]. Особое внимание было уделено таксономической ревизии встреченных таксонов, идентификация которых была осуществлена с помощью определителей [8, 13-15]. Названия таксонов приведены в соответствии с Algaebase [1]. Эколого-географические характеристики диатомей заимствованы из монографии С.С. Бариновой и др [2] и ряда других публикаций [10-12]. Для построения диатомовой диаграммы и выделения диатомовых зон применялась программа Tilia (<http://www.tiliait.com>). В последнее время для повышения объективности результатов интерпретации данных при реконструкции условий осадконакопления широко используются различные методы статистической обработки, позволяющие выявить и количественно представить закономерности развития седиментационных бассейнов с учетом взаимосвязей. Выделение диатомовых зон происходило с помощью программы CONNIS, на основе кластерного анализа. По остаткам древесины из отложений разреза получены радиоуглеродные датировки, свидетельствующие о том, что они сформировались во время оптимума голоцена [5, 7, 9].

Результаты и их обсуждение. Изученная диатомовая флора представлена 226 видами и внутривидовыми разновидностями, принадлежащих к 39 родам, которые относятся к различным экологическим группам: болотные (БЛ), пресноводные бентосные (ПБ), пресноводные планктонные (ПП), солоноватоводные (СВ), морские бентосные (МБ), переотложенные (ПР). На основе неоднократной смены доминирующих таксонов и изменений в экоструктурах комплексов было выделено четыре диатомовых зоны (rDZ1, rDZ2, rDZ3, rDZ4) и четыре подзоны (rDZ1.1, rDZ1.2, rDZ3.1, rDZ3.2.). Это связано с изменением экологических условий в долине реки, непосредственным контактом с морем и, как следствие, присутствием в отложениях не только пресноводных и болотных, но и морских форм диатомей. Активное участие переотложенных видов диатомей - *Actinocyclus gorbunovii*, *Aulacoseira praegrnulata* var. *praegrnulata* f. *curvata*, *A. praegrnulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica*, *Ellerbeckia arenaria* f. *teres* может быть связано с усилением глубинной эрозии реки, размывом прибрежных отложений и переносом диатомей вместе с терригенным материалом.

Комплекс rDZ1 (3–1.75 м) характеризуется преобладанием таксонов из групп болотных видов (БЛ) (до 33%) и пресноводных планктонных (до 27%) на фоне доминирования группы

переотложенных форм (ПР) (до 87%). Наиболее обильны из БЛ-группы – *Hantzschia amphioxys* (20.8%), *Eunotia praerupta* (10.2%), а также ПП-группы *Pinnularia borealis* (10.9%), ПО-группа представлена *Aulacoseira praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (83.1%). Изменение численности представителей доминирующих экологических групп, позволило выделить в интервале, охарактеризованном комплексом rDZ1, две подзоны. Из отложений данной зоны по остаткам древесины получена радиоуглеродная датировка 7240 ± 120 л. 14С (Ки-2365) [5], что соответствует переходу от бореала к атлантику.

Доминирующую группы подзоны rDZ1.1 (3–2.8 м) составляют виды ПР-группы (до 52%), в ней высокие оценки обилия имеет *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (50.8%). Также отмечается участие ПБ-группы (до 27%) – *Pinnularia borealis* (10.9%), на фоне постепенного увеличения числа БЛ-группы (до 22%) – *H. amphioxys* (20.8%).

Комплекс rDZ1.2 (2.8-1.75 м) характеризуется доминированием представителей ПР группы (до 87%), высокие оценки обилия имеет – *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (83.1%), на фоне увеличения числа БЛ-группы (до 33%) – *H. amphioxys* (20.8%), *Eunotia praerupta* (10.2%). Для отложений получена радиоуглеродная датировка 6530 ± 75 л. 14С (Ки-2359) [9].

Комплекс rDZ2 (1.75-1.3 м) фиксирует доминирование групп ПП (до 67.5%) и БЛ (до 27%). Из ПП-группы высокими оценками обилия отмечены – *Aulacoseira italica* (33%), *A. ambigua* (17%), *A. granulata* (9.5%), *Fragilaria construens* var. *venter* (5.4%), из группы БЛ особо отмечены – *Eunotia glacialis* (15%), на фоне постепенного увеличения числа группы солоноватоводных (СВ) (до 9%) – пресноводная бентосная *Sellaphora americana* (4.4%) и морских бентосных. Суммарное количество встреченных представителей МБ группы (до 23%) доминант – *Diploneis elliptica* (1%), также отмечается резкое сокращение численности ПР-группы (до 9%). Из этих отложений получена радиоуглеродная датировка 4600 ± 60 л. 14С (Ки-3679) [9].

Комплекс rDZ3 (1.3–0.45 м) характеризуется уменьшением, но еще преобладанием группы ПП (до 53%), на фоне увеличения численности групп МБ (до 42%) и СВ (до 23%), при безусловном доминировании ПР-группы (до 80%). Высокими оценками обилия ПБ группы отмечены – *Amphora libyca* (до 8.9%), крупнотворчатая *Epithemia adnata* (до 6.9%), МБ-группы – представитель песчаных мелководий *Diploneis interrupta* (до 16.7%) и представитель эпипелитона *D. smithii* (до 13.8%), ПР группы – *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (до 76%). В данной зоне также выделено две подзоны.

Подзона rDZ3.1 (1.3–1.1 м) отмечается максимальным ростом численности видов МБ (до 43%) высокими оценками обилия отмечены для *Diploneis interrupta* (до 16.7%), *D. pseudovalis* (до 12.8%), *D. smithii* (до 9.9%) и СВ групп (до 13%) – *Cosmioneis pusilla* (до 1.6%), на фоне постепенного сокращения числа ПБ-группы (до 30%) – *Pinnularia schroederi* (до 4.8%), *P. viridis* (до 3.8%) и эвригалинная *Rhopalodia gibberula* (до 4.7%) и роста ПР-группы (до 38%) – *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (до 9%).

Доминирующую группу подзоны rDZ3.2 (1.1-0.45 м) составляет ПР-группа (до 75%) – *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (до 73%), на фоне роста численности СВ-группы (до 20%) – *Cosmioneis pusilla* (до 4.7%) и сокращения общего участия представителей МБ-группы (до 18%) – *D. smithii* (до 13.8%), *D. elliptica* var. *elliptica* (до 5.3%). В группе ПП наблюдается увеличение численности и стабилизация (до 22%), диатомеи данной группы представлены *A. ambigua* (до 8.9%), эпифитом *E. adnata* (до 6.9%).

Комплекс rDZ4 (0.45-0 м) характеризуется преобладанием ПР-группы (до 95%) – *A. praegr anulata* var. *praeislandica* f. *praeislandica* (до 90%), на фоне сокращения участия всех остальных групп, при незначительном присутствии ПП- и МБ-групп, единично встречены виды *A. italica*, *E. adnata* и *D. elliptica*. Формирование рассматриваемых отложений относится к фазе похолодания на границе суббореал-субатлантик, чему не противоречит и радиоуглеродная датировка 1930 ± 40 л. 14С (Ки-3678), полученная по древесине из основания этого слоя [9].

Данное исследование показало, что диатомовые сообщества изменялись в ответ на колебания палеоклиматических условий и уровня моря в течение голоценового оптимума. Эти результаты способствуют лучшему пониманию взаимодействия между климатом, уровнем моря и диатомовыми сообществами в прошлом.

Выводы.

Анализ диатомовых сообществ был использован для реконструкции колебаний уровня моря. Несмотря на большую долю ископаемых видов, полученные данные позволили выявить закономерности в палеосообществах диатомовых водорослей в условиях трансгрессии и регрессии.

Выявлено максимальное проникновение морской воды на 23 км вверх по речной долине. Это произошло во время голоценового оптимума (периода наибольшего потепления в голоцене).

Максимальное проникновение морской воды указывает на то, что уровень Японского моря в период оптимума голоцена поднимался на +3 м выше современного.

Литература

1. Гири М.Д., Г.М. Гири, AlgaeBase. World-wide electron. (Nat. Univ. Ireland, Galway, 2024) <https://www.algaebase.org>.
2. Барина С.С., Л.А. Медведева, О.В. Анисимова, Биоразнообразие экологических индикаторных водорослей, (Pilies Studio, Tel Aviv, 2006), с. 1-498.
3. Забелина М.М., И.А. Киселев, А.И. Прошкина-Лавренко, В.С. Шешукова, Диатомовые водоросли. Отнесение к пресноводным водорослям СССР. (Сов. наука, Москва, 1951), с. 1-619.
4. Муранова А. П. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 2. Нижний Амур (от с. Помпеевки до устья) — Л.: Гидрометеиздат, 1970. — 592 с.
5. Павлюткин Б.И., Белянина Н.И. Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеанская геология. 2002. Т. 21, № 3. С. 80-93.
6. Прошкина-Лавренко А.И., Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные), (Наука, Ленинград. деп., Л,1974), с. 1-403.
7. Пушкарь В.С., Черепанова М.В. Диатомовые комплексы и корреляция четвертичных отложений северо-западной части Тихого океана. Владивосток: Дальнаука, 2008. 174с.
8. Цой И.Б., Обрезкова М.С. Атлас диатомовых водорослей и силикофлагеллат голоценовых осадков морей Восточной Арктики России.: ТОИ ДВО РАН, 2017. 146 с.
9. Элбакидзе Е.А. Масштабы голоценовой ингрессии Японского моря в Южном Приморье // Тихоокеанская геология. 2014. Т. 33, № 2. С. 102-109.
10. G.R. Hasle, Norw. J. Bot. 25(2), 77-110 (1978).
11. Bertolli L.M., D.M. Talgatti, T.M.S. Nascimento, L.C. Torgan, Biota Neotropica, 20(1), 1-18 (2020).
12. Harper D.A.T., Numerical paleobiology, (John Wiley & Sons, New York, 1999), pp. 345-468.
13. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. 1 Teil: Naviculaceae. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 1986. Band 2/1. 876 p.
14. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. 1 Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surrillaceae. - Stuttgart, New York: VEB Gustav Fischer Verlag. 1988. Band 2/1. 598 p.
15. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. 3 Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 1991. Band 2/3. 576 p.