

Evolution of coastal ecosystems in the Ussuriysky Bay Head since the final phase of the Middle Holocene



Belyanin P.S.*, Belyanina N.I.

The Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Radio Str., 7, Vladivostok, 690041, Russia

ABSTRACT. Pollen record obtained from sediments of the high floodplain terrace of the River Knevichanka, allowed to reconstruct the evolution of coastal vegetation in the Ussuri Bay Head over the last 5350 years cal BP. It was found that broad-leaved plants under warm and moisture climate during the final phase of the mid-Holocene Thermal Maximum were more widespread in the mountain ecosystems than at present. Mixed grass meadow, small-leaved plant communities were dominated on the accumulative plain, with common birch, hybrid birches and alder. The cooling that began at the end of the Middle Holocene and continued in the beginning of the Late Holocene led to a decrease of broad-leaved trees and a wider distribution of small-leaved ones in the vegetation. At the end of the Late Holocene, in the Ussuriysky Bay Head, were formed the oak-broadleaf forests with fir and Korean pine which represent the modern appearance of ecosystems.

Keywords: mid-Holocene Thermal Maximum, Late Holocene, palynological analysis, paleovegetation, vegetation changes

For citation: Belyanin P.S., Belyanina N.I. † Evolution of coastal ecosystems in the Ussuriysky Bay Head since the final phase of the Middle Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 280-285. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-280

1. Introduction

At the Ussuriysky Bay Head there is an extensive accumulative plain “dragging” into the valleys of the rivers Knevichanka and Artyomovka. Evolution of the ecosystems in this area during the Holocene is closely associated with both climatic fluctuations, governing the directionality of the plant development, and fluctuations of the sea level, which had a considerable impact on the environment (Korotkii, 1994; Pavlyutkin and Belyanina, 2002; Elbakidze, 2014; Anderson et al., 2017). The forming under that process sediments are the information bearing objects for the reconstruction of the history of the evolution of the environment in the past.

The aim of this work is to reconstruct the coastal vegetation evolution in the Ussuriysky Bay Head under multidirected climatic fluctuations in the final phase of the mid-Holocene Thermal Maximum optimum and in the Late Holocene.

2. Materials and methods

2.1. Collection, preparation of the sediments samples

Sections 1706–1 and 1810–1 reveal 190 and 80 cm of loose sediments of the high floodplain terrace of the Knevichanka River, respectively. Section 1706–1 is located on the right bank, 550 m downstream of the automobile bridge (N43°25′11.62″; E132°11′57.88″), at an absolute height of 2.3 m, with a water level of 0.8 m in the river. Section 1810–1 is located on the left bank 320 m upstream of the road bridge (N43°25′13.99″; E132°11′34.56″).

2.2. Palynological analysis

Sediments samples were taken at intervals of 5–10 cm. Fossil pollen particles were extracted from the sediments using standard methods, which included treatment with 10% KOH, separation of minerals with

*Corresponding author.

E-mail address: pavelbels@yandex.ru (P.S. Belyanin)

Received: May 15, 2024; **Accepted:** June 28, 2024;

Available online: August 26, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



a solution of KJ and CdJ₂ (2.2 g/cm³), after which the samples were mounted in glycerol jelly (Pokrovskaya, 1950). Pollen and spores in glycerol jelly were identified and counted using an optical microscope Axio Scope A1 at ×400 magnification. Proportion of each pollen taxon was calculated in percent of the pollen sum arboreal taxa, dwarf shrubs and herbs. Proportion of plant groups (trees and shrubs – AP, herbs, grass, and dwarf shrubs – NAP, spores – SP) was calculated in percent of the total amount of microfossils. At least 250 pollen grains of arboreal and dwarf shrubs plants were counted in each sample. Identifications of pollen grains were made with the aid of pollen atlases (Pokrovskaya, 1950; Nakamura, 1980).

2.3. Radiocarbon dating

Radiocarbon dating of samples of buried soil and plant detritus was carried out in the Laboratory of Geochronology, St. Petersburg State University (Kh.A. Arslanov and F.B. Maksimov). Obtained radiocarbon dates 3020 ± 100 BP (LU-8779) and 4650 ± 110 BP (LU-8780) were calibrated using OxCal 4.4 with the “IntCal 20” calibration curve (Ramsey, 2017; Reimer et al., 2020) to 3190 ± 130 cal BP and 5350 ± 160 cal BP respectively.

3. Results and discussion

The palynological and chronological data obtained for cross-section 1706–1 showed that sedimentation of sediments in the depth range of 190–150 cm occurred in the final phase of the optimal phase of the Middle Holocene from 5350 cal BP, under warmer climatic conditions than modern ones. The taxonomic composition of local pollen zone (LPZ) 1 indicates the widespread development on the valleys slopes of the Ussuri Bay Head of mixed forests with a predominance of *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora*, *Abies holophylla*, *Phellodendron amurense*, *Tilia*, *Syringa*, *Juglans mandshurica* and other broad-leaved trees. Sedge-forb meadows were dominated in the alluvial plains of the Ussuri Bay Head. Small-leaved forests with a predominance of white birch and alder were widespread along the riverbeds and lakes.

The taxonomic structure of the palynospectra of LPZ 2, identified in the depth range of 150–78 cm, indicates a cooling event that occurred at the beginning of the Late Holocene. The widespread of *Pinus koraiensis* and *Abies holophylla* vegetation decreased slightly, on the slopes of northern exposures they replaced by *Picea*. At the same time, the proportion of broad-leaved trees also decreased. The participation of small-leaved plants, primarily tree *Betula*, *Alnus* and *Duschekia*, has increased. The coastal plains in the Ussuri Bay Head were occupied by sedge and reed meadows.

High participation in LPZ 2 of spores of the *Osmunda cinnamomea*, which prefers moist and shady habitats, indicates the dominance in the valleys of the Ussuri Bay Head of closed mixed coniferous broad-leaved forests, where the substrate and forest floor maintain a high level of humidity under the monsoon climate.

LPZ 3, identified in the depth interval 78–0 cm is described of vegetation evolution at the end of the Late Holocene. The taxonomic composition of the palynospectra indicates that the distribution of *Pinus koraiensis* and *Quercus mongolica* has increased on the slopes in the Ussuri Bay Head valleys. Sedge-forb meadows and reed thickets were dominated in the coastal plains. The presence of lotus pollen grains indicates the existence of freshwater lakes on the coastal plains of the Ussuri Bay Head.

4. Conclusions

Changes in the taxonomic composition of palynospectra in the sediments of the first terrace above the floodplain of the Knevichanka River allowed reconstructed vegetation of the coastal ecosystems in the Ussuriysky Bay Head. They showed that under warm climate during the final phase of the mid-Holocene Thermal Maximum the polydominant forests prevailed on the coastal slopes. Broadleaved plants were widespread more widely than at the present time. On the alluvial plains were dominated by small-leaved plant communities.

The decline in heat in the Late Holocene resulted in a degradation of broad-leaved vegetation and expansion of small-leaved species. During the final phase of the Late Holocene was the time when the structure of the modern plant formations was formed. There is the principal species on the slopes included *Quercus mongolica*, *Ulmus*, *Phellodendron amurense*, *Abies holophylla*, *Juglans mandshurica* and *Syringa*. Sedge-red grass meadows and overgrowth of reeds on the alluvial plains in the Ussuriysky Bay Head dominated.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

- Anderson P.M., Belyanin P.S., Belyanina N.I. et al. 2017. Evolution of the vegetation cover of the western coast of Peter the Great Bay in the Late Pleistocene-Holocene. *Tikhookeanskaya Geologiya [Pacific geology]* 36(4): 206–215. (in Russian)
- Elbakidze E.A. 2014. The scale of the Holocene ingression of the Sea of Japan in South Primorye. *Tikhookeanskaya Geologiya [Pacific geology]* 33(2): 102–108. (in Russian)
- Korotkii A.M. 1994. Sea level fluctuations in the Sea of Japan and coastal zone landscapes (stages of development and trends). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniia Rossiiskoi Akademii nauk [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]* 3: 29–42. (in Russian)
- Nakamura J. 1980. Diagnostic characters of pollen grains of Japan, Part I. Special Publications from the Osaka Museum of Natural History.
- Pavlyutkin B.I., Belyanina N.I. 2002. Quaternary deposits of Primorye: Some results of systematization and further prospects of study. *Tikhookeanskaya Geologiya [Pacific geology]* 21(3): 80–93. (in Russian)
- Pokrovskaya I.M. 1950. Pollen analysis. Moscow: Gosgeolizdat. (in Russian)
- Ramsey C. 2017. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon* 59: 1–25.

Reimer P., Austin W., Bard E. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon* 62(4): 725–757.

Эволюция прибрежных экосистем в кутовой части Уссурийского залива с последней фазы среднего голоцена

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Белянин П.С.* , Белянина Н.И.

Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук, ул. Радио, 7, Владивосток, 690041, Россия

АННОТАЦИЯ. Пыльцевая летопись, полученная по отложениям высокой пойменной террасы р. Кневичанки, позволила реконструировать эволюцию прибрежной растительности в кутовой части Уссурийского залива за последние 5350 лет кал. л. Определены особенности структуры растительности в заключительной фазе среднего голоценового термического максимума, а также при климатических колебаниях в позднем голоцене. Установлено, что в условиях теплого и влажного климата в заключительную фазу среднего голоцена в горных экосистемах широколиственные растения были более широко распространены, чем в настоящее время. На аккумулятивных равнинах преобладали разнотравные луга, мелколиственные растительные сообщества с доминированием березы обыкновенной, гибридной березы и ольхи. Похолодание, начавшееся в конце среднего голоцена и продолжавшееся в начале позднего голоцена, привело к сокращению участия широколиственных деревьев и более широкому распространению мелколиственных растений в растительном покрове. В конце позднего голоцена в верховьях Уссурийского залива сформировались дубово-широколиственные леса с пихтой и сосной корейской, которые представляют собой современный облик растительности.

Ключевые слова: оптимум голоцена, поздний голоцен, палинологический анализ, палеорастительность, изменения растительности

Для цитирования: Белянин П.С., Белянина Н.И.† Эволюция прибрежных экосистем в кутовой части Уссурийского залива с последней фазы среднего голоцена // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 280-285. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-280

1. Введение

В верховьях Уссурийского залива расположена обширная аккумулятивная равнина, «втягивающаяся» в долины рек Кневичанка и Артемовка. Эволюция растительности этой территории в голоцене тесно связана как с климатическими колебаниями, определявшими направленность развития растений, так и с колебаниями уровня моря (Короткий, 1994; Павлюткин и Белянина, 2002; Элбакидзе, 2014; Андерсон и др., 2017). Сформировавшиеся при этом осадки являются информативными объектами при реконструкции истории развития окружающей среды в прошлом.

Цель работы – реконструировать эволюцию прибрежной растительности в кутовой части Уссурийского залива при разнонаправленных кли-

матических колебаниях в заключительной фазе оптимума среднего голоцена и в позднем голоцене.

2. Материалы и методы

2.1. Отбор проб и подготовка лабораторных образцов

Разрезы 1706–1 и 1810–1 вскрывают толщу рыхлых отложений высокой пойменной террасы р. Кневичанки мощностью 190 и 80 см соответственно. Разрез 1706–1 заложен на правом берегу, в 550 м ниже по течению от автомобильного моста (43°25'11.62" с.ш.; 132°11'57.88" в.д.), на абсолютной высоте 2,3 м, при отметке уреза воды в реке 0,8 м. Разрез 1810–1 расположен на левом берегу, в 320 м выше по течению от автомобильного моста,

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: pavelbels@yandex.ru (П.С. Белянин)

Поступила: 15 мая 2024; **Принята:** 28 июня 2024;

Опубликована online: 26 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



на абсолютной высоте 1,8 м (43°25'13.99" с.ш.; 132°110'34.56" в.д.)

2.2. Палинологический анализ

Образцы из разрезов отбирались с интервалом 5–10 см. Спорово-пыльцевой анализ проведен по стандартной методике, включающей обработку 10% KOH, отделение минералов раствором KJ и CdJ₂ (2.2 г/см³), после чего образцы помещали в глицериновое желе (Покровская, 1950). Пыльцу и споры идентифицировали и подсчитывали с помощью оптического микроскопа Axio Scope A1 при увеличении ×400. Доля каждого таксона пыльцы рассчитывалась в процентах от суммы пыльцы деревьев, кустарников, трав и кустарничков. Доли групп растений (деревья и кустарники – AP, травы, злаки и карликовые кустарники – NAP, споры – SP) рассчитывали в процентах от общего количества микрофоссилий. В каждой пробе подсчитывали не менее 250 пыльцевых зерен древесных и кустарниковых растений. Идентификацию пыльцевых зерен проводили с помощью пыльцевых атласов (Покровская, 1950; Nakamura, 1980).

2.3. Радиоуглеродное датирование

Радиоуглеродное датирование образцов погребенной почвы и растительного детрита выполнено в лаборатории геохронологии СПбГУ (Х.А. Арсланов и Ф.Б. Максимов). Полученные радиоуглеродные даты 3020 ± 100 л.н. (ЛУ–8779) и 4650 ± 110 л.н. (ЛУ–8780) были откалиброваны с помощью OxCal 4.4 с калибровочной кривой «IntCal 20» (Ramsey, 2017; Reimer et al., 2020) до 3190 ± 130 кал. л. н. и 5350 ± 160 кал. л. н. соответственно.

3. Результаты и обсуждение

Полученные палинологические и хронологические данные по разрезу 1706–1 показали, что седиментация отложений в интервале глубин 190–150 см, происходило в заключительную фазу оптимальной фазы среднего голоцена с 5350 кал. л.н., в более теплых климатических условиях, чем современные. Таксономический состав локальной пыльцевой зоны (ЛПЗ) 1 свидетельствует о широком развитии на склонах долины на склонах горного обрамления кутовой части Уссурийского залива смешанных лесов с преобладанием *Pinus koraiensis*, *Pinus densiflora*, *Abies holophylla*, *Phellodendron amurense*, *Tilia*, *Syringa*, *Juglans mandshurica* и других широколиственных деревьев. На аллювиальных равнинах, примыкающих к вершине Уссурийского залива, доминировали осоково-разнотравные луга. Вдоль русел рек и озер были развиты мелколиственные леса с преобладанием белой березы и ольхи.

Таксономическая структура палиноспектров ЛПЗ 2, выделенной в интервале глубин 150–78 см, указывает на похолодание, произошедшее в начале позднего голоцена. Доля *Pinus koraiensis* и *Abies*

holophylla растительности несколько уменьшилась, уступив место *Picea* на склонах северных экспозиций. В это же время сократилась доля широколиственных деревьев. Одновременно, возросло участие мелколиственных растений, в первую очередь березы, ольхи и кустарниковой ольхи. Прибрежные равнины в кутовой части Уссурийского залива, заняли осоково-тростниковые луга.

Высокое участие в ЛПЗ 2 спор папоротника *Osmunda cinnamomea*, предпочитающего увлажненные и затененные места обитания, указывает на преобладание в бассейне р. Кневичанки сомкнутых хвойно-широколиственных лесов, в которых субстрат и лесная подстилка в муссонном климате имеют стабильно повышенную влажность.

Изменение растительности в конце позднего голоцена описывает ЛПЗ 3, выделенная в интервале 78–0 см. Таксономический состав палиноспектров свидетельствует, что на склонах долин в кутовой части Уссурийского залива возросло распространение *Pinus koraiensis* и *Quercus mongolica*. На прибрежных равнинах доминировали осоково-разнотравные луга и заросли тростника. Наличие пыльцевых зерен лотоса свидетельствует о существовании пресноводных озер на прибрежных равнинах Уссурийского залива.

4. Выводы

Пыльцевая летопись, полученная по отложениям высокой пойменной террасы р. Кневичанки, позволили реконструировать эволюцию растительности в кутовой части Уссурийского залива. Палинологические данные показали, что в условиях теплого климата в заключительную фазу оптимальной фазы среднего голоцена на прибрежных склонах преобладали полидоминантные леса, в которых широколиственные деревья были распространены более широко, чем в настоящее время.

Снижение температуры в позднем голоцене привело к сокращению участия в растительности широколиственных деревьев и усилению участия мелколиственных растений. На заключительном этапе позднего голоцена сформировалась современная структура растительности. На склонах основными компонентами стали *Quercus mongolica*, *Ulmus*, *Phellodendron amurense*, *Abies holophylla*, *Juglans mandshurica* и *Syringa*. На прибрежных равнинах Уссурийского залива широкое развитие получили осоково-разнотравные луга и заросли тростника.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И. и др. 2017. Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене-голоцене. Тихоокеанская геология 36(4): 206–215.

Элбакидзе Е.А. 2014. Масштабы голоценового вклинивания Японского моря в Южном Приморье, Тихоокеанская геология 33(2): 102–108.

Короткий А.М. 1994. Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции). Бюллетень Дальневосточного отделения Российской Академии Наук 3: 29–42.

Павлюткин Б.И., Беянина Н.И. 2002. Четвертичные отложения Приморья: Некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения. Тихоокеанская геология 21(3): 80–93.

Покровская И.М. 1950. Пыльцевой анализ. Москва: Госгеоллиздат.

Nakamura J. 1980. Diagnostic characters of pollen grains of Japan, Part I. Special Publications from the Osaka Museum of Natural History, Osaka, Japan 13: 1–91.

Ramsey C. 2017. Methods for summarizing radiocarbon datasets. Radiocarbon 59: 1–25.

Reimer P., Austin W., Bard E. et al. 2020. The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). Radiocarbon 62(4): 725–757.