

**МОРСКОЕ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЕ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ
ПРИМОРЬЯ В СРЕДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ****Ю.А. Микишин, И.Г. Гвоздева, Е.А. Элбакидзе***ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: yurimikishin@fegi.ru, gvozdika@fegi.ru, ekato21@mail.ru*

Поступила в редакцию

Комплексное изучение морских отложений, залегающих на юго-западной окраине Приморья (р-н пос. Хасан), позволило детально рассмотреть палеогеографию побережья во второй половине атлантического периода голоцена, около 6 500–6 000 л.н. / 7 400–6 800 календарных л.н. Формирование морской обстановки осадконакопления, в результате развития послеледниковой трансгрессии океана, началось около 6 500 л.н. / 7 400 к.л.н. На аккумулятивной равнине побережья образовался мелководный морской залив, в который впадала р. Туманная (Туманган), крупнейшая в бассейне Японского моря. Устьевая область реки создавала в заливе обстановку лавинной седиментации, развивавшейся со средней скоростью 16–24 мм/год. Завершающий этап осадконакопления, наступивший после 6 200 л.н. / 7 100 к.л.н., проходил при замедлении трансгрессии моря, уровень которого достиг максимальной высоты на данном участке побережья +1 м. Распространение на прилегающей к побережью территории многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и повышенным участием термофильного граба однозначно указывает на оптимальные климатические условия. Окончание морского осадконакопления произошло около 6 000 л.н. / 6 800 к.л.н., после чего оно длительное время, до середины субатлантического периода голоцена, не возобновлялось.

Ключевые слова: атлантический период голоцена, послеледниковая трансгрессия, лавинная седиментация, ландшафтно-климатические изменения, радиоуглеродное датирование, спорово-пыльцевой комплекс, диатомей, литология морских осадков, Приморье.

ВВЕДЕНИЕ

Юго-западная окраина Приморья, примыкающая к государственной границе с Китаем и Северной Кореей, занимает наиболее южное положение на Дальнем Востоке России. Лежащая между южным берегом бухты Экспедиции и устьем р. Туманной (Тумангана) территория протягивается примерно на 40 км с севера на юг и на 25 км – с запада на восток. Характерной ее особенностью является низменная аккумулятивная равнина с мелководными озёрами и лагунами, на дне которых вскрыты морские отложения мощностью до 8–12 м (рис. 1). Первые результаты их изучения показали, что морское осадконакопление происходило в среднем голоцене [7, 10, 16, 19]. В это время, на максимуме послеледниковой трансгрессии Мирового океана, в ингрессионных заливах побережья Приморья сформировалась основная по объему пачка морских отложений [11–13, 17, 31]. На дне бухты Рейд Паллады (вершины зал. Посьета), примыкающей к

юго-западной окраине Приморья, их максимальная мощность (11 м) зафиксирована в разрезе скв. 2 [5]. Снизу вверх их представляют следующие фации: 1 – «мелководная лагуна» (абс. отметки интервалов залегания -32.4–31.5 м), 2 – «мелководный залив» (-31.5–-30.3 м), 3 – «открытое мелководье» (-30.3–-27.0 м), 4 – «более глубокое открытое море» (-27.0–-21.4 м). Время их формирования сопоставлено авторами со шкалой периодизации голоцена Блитта-Сернандера: 1 и 2 отнесены к позднему бореалу–раннему атлантику, 3 – к раннему атлантику, 4 – к позднему атлантику–суббореалу. Провести подробное стратиграфическое расчленение среднеголоценовых отложений в соответствие с короткопериодичными изменениями природы тогда не удалось. Короткопериодичные, или быстрые, изменения продолжительностью нескольких сотен лет установлены во многих регионах северного полушария [3, 6], в том числе и на юге Приморья [21–24, 44, 45]. Первые результаты изучения среднеголо-

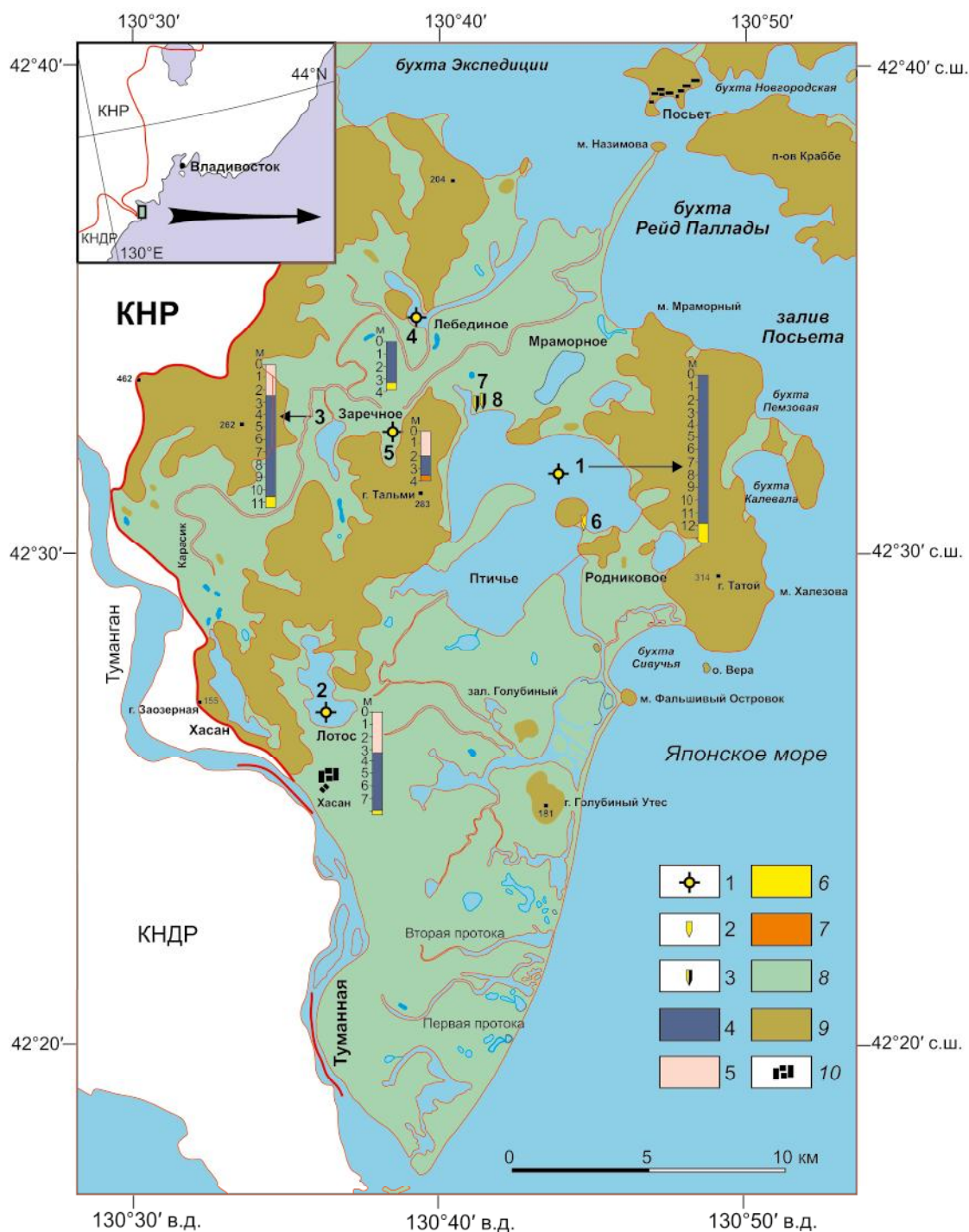


Рис. 1. Расположение изученных разрезов среднеголоценовых отложений юго-западной окраины Приморья.

1 – скважины, 2 – шурфы, изученные авторами, 3 – обнажения, изученные другими исследователями, 4 – среднеголоценовые морские отложения, 5 – верхнеголоценовые озёрные и болотные отложения, 6 – верхнеплейстоценовые аллювиально-морские отложения, 7 – кора выветривания коренных пород, 8 – низкая аккумулятивная равнина и террасы, 9 – холмы и низкорельефные массивы, 10 – населенные пункты. Разрезы: 1 – «скв. Тальми», 2 – «скв. Дорицини», 3 – «скв. Сак-Пау», 4 – «скв. Лебединый», 5 – «скв. Марь», 6 – «Лагерный» [19], 7 – «5-метровая терраса оз. Тальми» [1, 2], 8 – «1-94» [7, 10].

ценовых морских отложений юго-западной окраины также не позволяли выполнить для них столь детальное стратиграфическое расчленение. Для достижения этой цели, а также уточнения условий морского осадконакопления, было проведено дополнительное, подробное изучение отложений разреза «скв. Тальми» гранулометрическим, спорово-пыльцевым и диатомовым анализами.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разрез «скв. Тальми» расположен в акватории лагуны-озера Птичьё, в 1.7 км от северного берега (42°31'22"с.ш., 130°45'01"в.д.) (рис. 1). Скважина пробурена установкой УГБ-50 со льда в начале марта 1991 г. Колонковое бурение позволило получить керн с ненарушенной структурой диаметром 127 мм. Сверху вниз, от поверхности дна (глубина озера в месте бурения составила 1.5 м) были вскрыты следующие слои, в м:

0.0–0.5 – Песок мелкозернистый илистый, темно-серого цвета, с ракушечным детритом;

0.5–1.0 – Суглинок песчаный, синевато-черного цвета, мягкопластичной консистенции, с включением раковин моллюсков и их обломков;

1.0–11.9 – Глина чёрного цвета, мягкопластичной консистенции, с включением раковин моллюсков и их обломков;

11.9–13.5 – Песок мелкозернистый пылеватый, зеленовато-серого цвета, плотный, сухой.

Отложения изучались в образцах керна мощностью 5 см. Гранулометрический состав исследован в 64 пробах, отобранных с шагом 20 см. Анализ выполнен комбинированным методом водно-механического анализа [26] Т.С. Ивашинниковой (Береговой исследовательский центр Дальневосточного государственного университета).

Спорово-пыльцевой анализ выполнен в 44 образцах, взятых с интервалом 25–40 см, в верхнем (0–2 м) слое – через 5–10 см. Обработка проб выполнялась по стандартной методике [25]. Участие таксонов в спорово-пыльцевых спектрах подсчитывалось отдельно в группах пыльцы древесных пород, трав и спор. Реконструкция палеорастительности выполнялась на основе соответствия субфоссильных спорово-пыльцевых спектров современному растительному покрову [18], характеристика которых на юго-западной окраине Приморья была существенно дополнена исследованиями в 2020 г.

Диатомовым анализом изучено 40 образцов, отобранных с шагом 15–45 см. Техническая подготовка проб к анализу выполнялась по стандартной методике [9]. Систематика и эколого-географическая характе-

ристика водорослей приведена по данным литературных источников [4, 37–42].

Фауна моллюсков в морских отложениях была ранее изучена в 33 пробах [16].

Абсолютный возраст определялся радиоуглеродным анализом в центре ускорительной масс-спектрометрии Ливерморской национальной лаборатории, Калифорния, США (3 датировки, индекс SAMS), в университете штата Аризона, США (4 даты, индекс AA), в Вудсхолском океанографическом институте, Балтимор, США (2 даты, индекс OS) и лаборатории палеоклиматологии кайнозоя института Геологии и Минералогии СО РАН (2 даты, индекс СОАН). Калибровка дат выполнялась в программах «Cal Pal» [46] и «Marine 04» [36] – для образцов морского генезиса.

Стратиграфическое расчленение отложений проведено в соответствии со схемой периодизации голоцена Блитта-Сернандера, модифицированной для Северной Евразии [32].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Гранулометрический анализ позволил выделить в отложениях разреза «скв. Тальми» 10 литологических горизонтов, группирующихся в 4 слоя (табл. 1).

Первый слой, вскрытый в основании разреза на глубине 13.5–11.9 м, образован сухими пылеватыми песками зеленовато-серого цвета, формировавшимися, скорее всего, в условиях открытого морского мелководья, вблизи устья крупной реки (горизонт 10). Содержание мелкопесчаной фракции составляет в нем 60 %, примесь глинистой фракции (< 0.01 мм) – почти 20 %. Накопление слоя состоялось в начале позднего плейстоцена [27].

Второй слой, мощностью 5.2 м (11.9–6.7 м), отразил начальную стадию среднеголоценового осадконакопления, происходившего в морском заливе в условиях спокойной седиментации. Он представлен осадками с наиболее тонким гранулометрическим составом: пелитами и алевроито-пелитами, с высоким, в среднем 50–80 %, содержанием глинистой фракции и включением раковин морских моллюсков (горизонты 9–6). Как показывает изучение современных отложений прибрежной зоны южного Приморья, столь высокое содержание пелитовой фракции наблюдается только в донных осадках полузакрытых (либо полностью закрытых) акваторий, в которые впадают равнинные реки, несущие большое количество взвешенного обломочного материала [27]. На юго-западной окраине Приморья такой рекой могла быть только Туманная (Туманган) – крупнейшая в бассейне Японского моря.

Таблица 1. Гранулометрический состав отложений разреза «скв. Тальми».

литологические горизонты	глубина залегания, м	содержание фракций, % крайние/средние значения				
		1–0.1 мм пески	0.1–0.01 мм алевриты	0.01–0.001 мм пелиты	< 0.001 мм коллоиды	$\Sigma < 0.01$ мм
(1) пески мелкие, илистые	0.5–0.0	<u>81–86</u> 83	<u>6–11</u> 8	<u>2–4</u> 3	<u>4–7</u> 5	<u>8–9</u> 8
(2) алевриты крупные, песчанистые	1.0–0.5	<u>17–36</u> 27	<u>46–77</u> 61	<u>4–6</u> 5	<u>2–22</u> 6	<u>6–27</u> 11
(3) алевриты мелкие	4.0–1.0	<u>3–10</u> 6	<u>50–85</u> 64	<u>4–27</u> 14	<u>4–28</u> 15	<u>8–47</u> 30
(4) пелиты алевритовые	4.6–4.0	<u>1–2</u> 1	<u>31–48</u> 38	<u>20–37</u> 31	<u>27–30</u> 29	<u>50–67</u> 60
(5) алевриты мелкие	6.7–4.6	<u>2–13</u> 6	<u>40–72</u> 56	<u>9–36</u> 20	<u>4–29</u> 17	<u>18–55</u> 37
(6) пелиты крупные	7.7–6.7	<u>1–2</u> 1	<u>38–43</u> 41	<u>25–31</u> 28	<u>26–31</u> 29	<u>56–61</u> 57
(7) пелиты мелкие	8.7–7.7	<u>1–3</u> 2	<u>11–28</u> 19	<u>15–51</u> 33	<u>36–55</u> 45	<u>69–87</u> 79
(8) алеврито- пелиты	9.5–8.7	<u>2–4</u> 3	<u>45–51</u> 47	<u>21–27</u> 24	<u>19–27</u> 24	<u>46–51</u> 48
(9) пелиты мелкие	11.9–9.5	<u>0–6</u> 1	<u>6–27</u> 15	<u>32–59</u> 39	<u>37–53</u> 45	<u>69–91</u> 84
(10) пески мелкие, пылеватые	13.5–11.9	60	22	9	9	18

Третий слой, имеющий мощность 5.7 м (6.7–1.0 м), накапливался при повышенной гидродинамической активности, по сравнению с условиями образования предыдущего слоя свидетельствующей о большей открытости (возможно, полностью открытого) палеозалива, существовавшего на месте современной лагуны-озера Птичьё. Осадки представлены, преимущественно, мелкими алевритами, с маломощным, менее 1 м, алеврито-пелитовым прослоем (горизонты 5–3). Они также содержат раковины двустворчатых моллюсков и их обломки.

Поверхностный слой разреза (1–0 м) образовался в мелководном морском заливе, возможно вблизи устья реки, что видно по обилию в нем песка, почти полностью представленного мелкой фракцией. Его содержание увеличивается снизу вверх по разрезу в среднем с 17 до 86 %, а глинистой фракции, напротив, падает до 10 % (горизонты 2–1). Включение раковин моллюсков отмечается в нижней части слоя, в горизонте 2.

Спорово-пыльцевой анализ. На спорово-пыльцевой диаграмме (рис. 2) выделяются один спорово-пыльцевой спектр (СПС) и два спорово-пыльцевых комплекса (СПК).

1. СПС «Та-1» из верхнеплейстоценовых песков описан в их кровле, на глубине 11.95–11.90 м. Среди

пыльцы древесных пород доминирует пыльца широколиственных деревьев, в основном дуб (54 %), ильм (9 %) и орех (7 %). Хвойные породы представлены пыльцой кедра корейского (16 %), сосны (до 3 %), пихты и ели (0.2–0.4 %). Пыльцы мелколиственных пород крайне мало: берез – менее 6 %, ольхи и ивы – 1.5 %.

2. СПК «Та-2» содержится в нижнем слое морских глин, в интервале 11.9–1.75 м. В общем составе комплекса преобладает пыльца деревьев и кустарников, указывающая на доминирование лесной растительности в районе разреза. Среди нее первенствуют широколиственные породы, в основном дуб (36–67 %), реже отмечался ильм (4–10 %), орех (2–7 %), липа (до 4 %), граб (1–5, в среднем 2.4 %) и лещина (до 3 %). Остальные таксоны (аралия, ясень, клен, сирень, бархат, калина, виноград, бук) встречаются редко. Среди пыльцы хвойных пород преобладает кедр корейский (4–34 %), реже отмечается сосна (*Pinus densiflora*) – до 3 %, ель – до 2 %, пихта – до 1 % и лиственница – до 0.3 %. Пыльца мелколиственных деревьев чаще представлена березами (2–17 %), нежели ольхой и ивами. Среди пыльцы трав много полыни (37–72 %), реже отмечаются осоки, разнотравье, злаки, розоцветные и водные растения.

3. СПК «Та-3», заключенный в верхнем горизонте морских отложений (1.75–0.0 м), также свидетель-

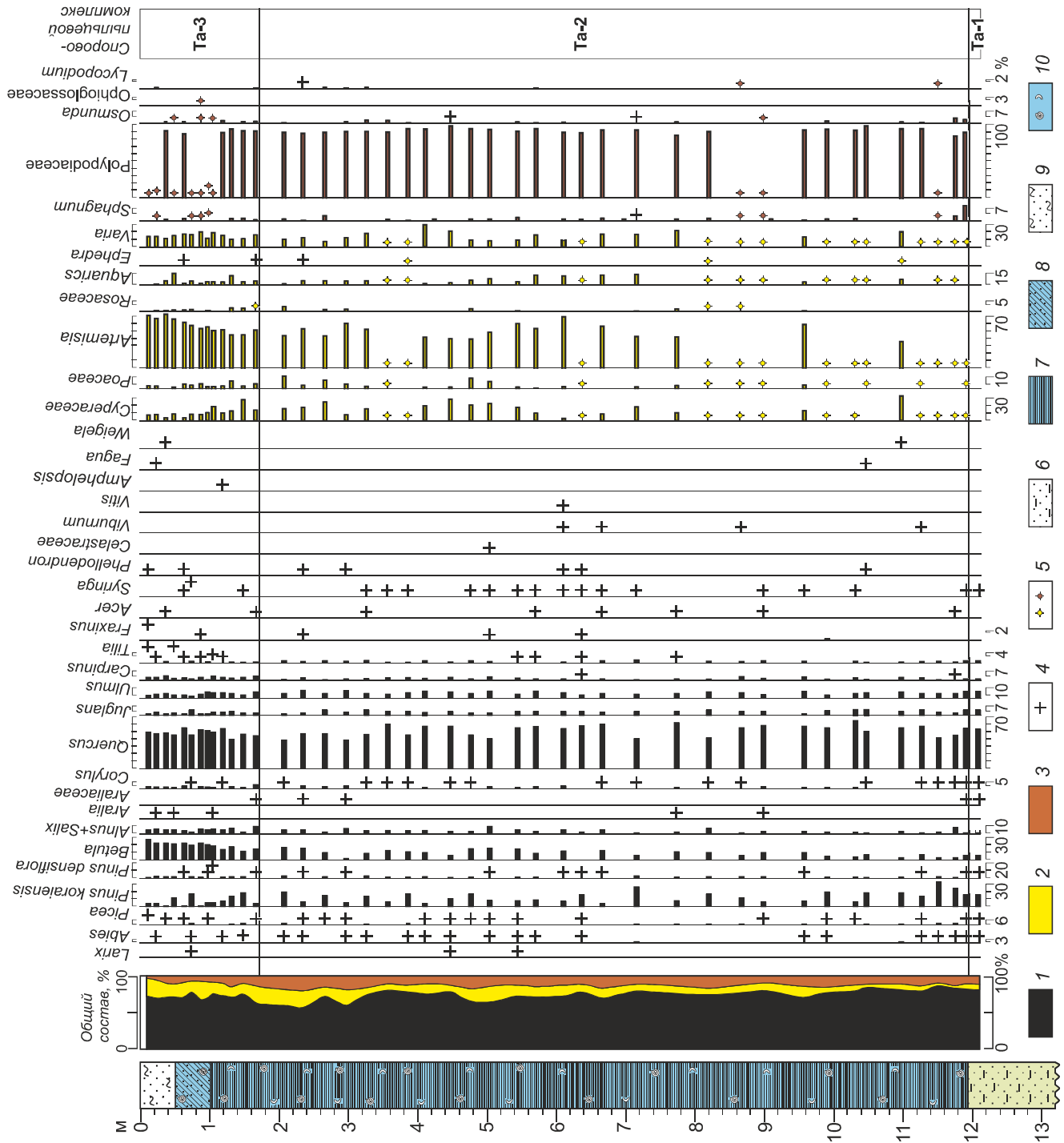


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма огложений разрезов за «скв. Тальми».

Пыльца и споры: 1 – пыльца деревьев и кустарников, 2 – пыльца трав, 3 – споры, 4 – содержание пыльцы и спор менее 1%, 5 – содержание пыльцы трав и спор не подсчитано из-за малого числа обнаруженных зерен. Литология: 6 – песок мелкозернистый, пылеватый, 7 – глина, 8 – супесчаный, 9 – глинистый, 10 – раковины моллюсков и их обломки.

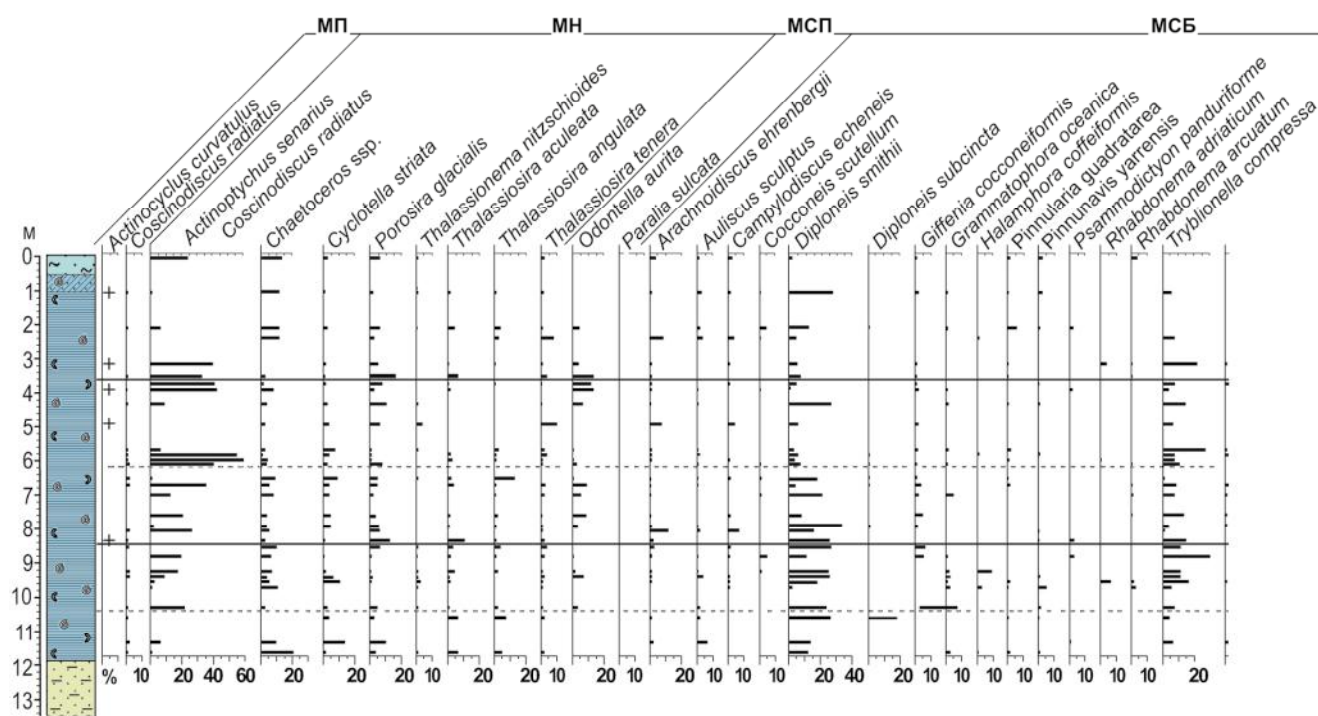


Рис. 3. Диатомовая диаграмма отложений разреза «скв. Тальми».

Экологические группы диатомей: МП – морские пелагические, МН – морские неритические, МСП – морские sublittoralные планктонные, МСБ – морские sublittoralные бентосные, СВП – солоноватоводные планктонные, СВБ – солоноватоводные бентосные, ПВ – пресноводные, ПО – переотложенные. Условные обозначения см. на рис. 2.

ствует о преобладании лесной растительности на территории, прилегающей к палеозаливу. Среди пыльцы древесных пород доминируют широколиственные деревья: дуб (40–55 %), ильм (2–8 %), граб (2–6.5, в среднем 4 %), орех (2–7 %), лещина (до 5 %) и липы (до 2 %). Второе место принадлежит мелколистным деревьям, за счет двукратного повышения роли берез (12–27 %). Почти в два раза реже, по сравнению с предыдущим комплексом, фиксируется пыльца кедра корейского (1–19 %). Травы, по-прежнему, представлены большим содержанием пыльцы полыни, в меньшей степени – разнотравья, злаковых и осоковых растений. Среди спор сохраняется господство папоротников семейства Polypodiaceae, и, намного реже – *Osmunda*.

Диатомовый анализ. Диатомовая флора в отложениях разреза «скв. Тальми» представлена 135 видами и внутривидовыми таксонами. Они относятся к следующим экологическим группам: морских пелагических, морских неритических, морских sublittoralных планктонных, морских sublittoralных бентосных, солоноватоводных планктонных и бентосных диатомовых водорослей, обитавших в палеозаливе, существовавшем на месте современной лагуны-озера

Птичье. Кроме них выделяется группа пресноводных и переотложенных диатомей, принесенных в морские осадки водами р. Туманной. На основе смены доминирующих таксонов диатомей и соотношения представителей разных экологических групп в отложениях разреза выделены 3 диатомовых комплекса (рис. 3).

Первый комплекс (интервал 11.9–8.5 м) отличается преобладанием sublittoralных бентосных диатомей, включающих, в том числе, виды, получающие развитие в опресненных прибрежных участках морей. Наибольшую численность среди них, с оценками «доминанты» и «субдоминанты», имеют рода *Diploneis* и *Tryblionella*, обитающие на илистых грунтах морей [35, 47]. Морские неритические диатомей отмечаются реже, в основном *Actinopterychus senarius*, любитель хорошо прогреваемых мелководий [33], *Chaetoceros ssp.* и *Cyclotella striata*. Существенную примесь имеют также пресноводные и переотложенные диатомей.

В комплексе выделяются два подкомплекса, из которых ДК-1.1, в интервале разреза 11.9–10.5 м, отмечает преобладание (31–53 %) морских sublittoralных бентосных диатомей. Доминантом среди них является мезогалоб *Diploneis smithii* (до 25 %), субдо-

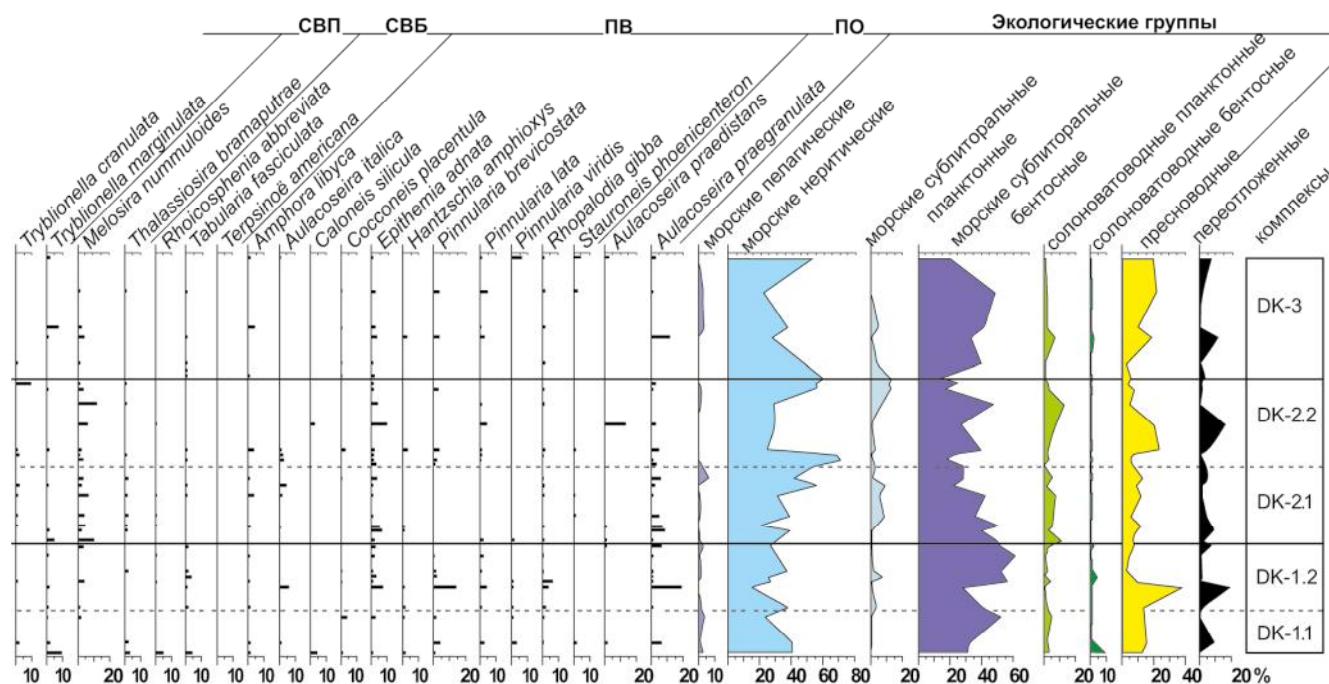


Рис. 3. Диатомовая диаграмма отложений разреза «скв. Тальми» (продолжение).

минантом – *D. subcincta* (до 18 %). Среди неритических диатомей субдоминантом является *Chaetoceros* (до 18 %), массовым – *Cyclotella striata* (до 13 %), характерная, в том числе, и для эстуарных обстановок. Подкомплекс DK-1.2 (10.5–8.5 м) показывает дальнейшее увеличение доли бентосных диатомей, среди которых наблюдается близкое участие как *Tryblionella compressa* (6–30 %), так и *Diploneis smithii* (1–25 %). Среди неритических диатомей (14–37 %) возрастает присутствие *Actinoptychus senarius* (до 21 %). В группе сублиторальных планктонных диатомей до 11 % повышается количество *Odontella aurita*, предпочитающей прибрежные, в том числе и опресненные воды морей и эстуарии рек [33]. Усиление опресняющего воздействия речного стока на воды палеозалива, достигавшего максимальной степени за весь период осадконакопления, подчеркивается резким ростом разнообразия (49 таксонов) и численности (до 38 %) пресноводных диатомей.

Второй комплекс (8.5–3.6 м) отличается преобладанием неритических диатомей, роль которых возрастает снизу вверх по разрезу почти в 1.5 раза и, соответственно, снижается участие сублиторальных бентосных видов. Среди первых доминируют *Actinoptychus senarius* и *Porosira glacialis*; вторых чаще представляют *Diploneis smithii* и *Tryblionella compressa*.

В комплексе выделяются два подкомплекса, нижний из которых, DK-2.1 (8.5–6.3 м), фиксирует умеренный рост численности морских неритических (в среднем с 28 до 35 %), в меньшей степени, солонатоводных планктонных (с 2 до 5 %) и морских пелагических (до 6 %) диатомей, происходящий на фоне ослабления роли сублиторальных бентосных видов (до 51 %). Среди первых возрастает значение *Actinoptychus senarius* (до 35 %) и *Porosira glacialis* (до 12 %). В группе солонатоводных планктонных диатомей возрастает участие *Melosira nummuloides* (до 8 %) – обычного таксона для прибрежно-морских и эстуарных участков [43]. Среди сублиторальных бентосных видов сохраняется доминирующее значение мезогалоба *Diploneis smithii* (3–32 %) и снижается – *Tryblionella compressa* (1–15 %). Подкомплекс DK-2.2. (6.3–3.6 м) отражает увеличение роли неритических диатомей, достигающих максимального, до 70 %, содержания. Доминирующий вид *Actinoptychus senarius* достигает в нем максимального развития (до 59 %), как и субдоминант *Porosira glacialis* (до 16 %). Содержание створок сублиторальных бентосных видов уменьшается в большей степени (до 47 %), в отличие от первого подкомплекса, при этом участие мезогалоба *Diploneis smithii* падает до минимальных значений (в среднем до 6 %).

Третий комплекс (3.6–0.15 м) отличается ослаблением роли планктонных неритических (в среднем с 50 до 34 %), морских сублиторальных и солоноватоводных планктонных видов, наряду с повышением участия сублиторальных бентосных диатомей, в первую очередь обитателей опресненных участков морей. Среди неритических таксонов уменьшается значение *Actinoptychus senarius* (до 23 %), *Porosira glacialis* (до 6 %), *Cyclotella striata* (до 3 %) и *Thalassiosira aculeata* (до 4 %). На глубине 1.15 м появляется *Terpsinoë americana* – солоноватоводный тропический эпифит [34], свидетельствующий о значительном летнем прогреве вод палеозалива. Существенный рост численности наблюдается среди мезогалобов *Diploneis smithii* (до 26 %) и *Pinnunavis yarrensii* (до 2 %), а также *Cocconeis scutellum* (до 5 %). Принесенные речными водами створки пресноводных диатомей вновь фиксируются чаще (в среднем 17 %).

Анализ малакофауны в отложениях разреза «скв. Тальми» показал присутствие 5 видов брюхоногих и 10 – двустворчатых моллюсков, позволяющих выделить 3 комплекса раковин [16]. Первый из них, относящийся к начальному этапу морского осадконакопления, обнаруживается в нижнем горизонте морских глин, в интервале 11.9–10.5 м. Он включает *Tritia acutidentata* и *Turbonilla multigrata* – обычных морских гастропод, обитающих ныне в хорошо прогреваемых бухтах южного Приморья. Во второй комплекс (10.5–1.0 м) входят устрица *Crassostrea gigas* и другие моллюски (*Mya cf. japonica*, *Tritia acutidentata*), живущие на устричных банках. Третий комплекс, развитый в поверхностном слое (1.0–0 м) песчаных осадков, образован *Macoma incongrua*, *Ruditapes philippinarum*, *Tegula rustica* и *Batillaria cumingii*, обитавших в завершающую стадию устричного поселения. Комплексы отражают 3 этапа формирования малакофауны [16], обусловленные изменениями условий осадконакопления. На первом из них на месте современной лагуны-озера Птичье сформировалась мелководная бухта, в которой появились поселения моллюсков с преобладанием *Tritia acutidentata*. Второй этап характеризовался формированием устричных банок, развивавшихся на илистых грунтах в мелководной полузакрытой бухте со слабо опресненными водами, на которые указывает присутствие моллюска *Potamocorbula amurensis* – эвригаллиного морского вида. Кроме них в бухте в большом количестве развивались тепловодные моллюски тропическо-субтропического распространения *Anadara cf. inaequalis*, *Dosinia angulosa* и *Trapezium liratum*, свидетельствующие о значительном прогреве воды в летний период. И если последний из них и сейчас

живет в прибрежных водах южного Приморья, то первые два – только у берегов южной Кореи и Китая [30]. Они появляются на глубине 10.5 м и исчезают на уровне 1.75 м. На третьем, завершающем этапе развития малакофауны произошло отмирание устричной банки и заселение обмелевшей бухты эвригаллиными морскими и солоноватоводными видами [16].

Радиоуглеродный анализ. Уже первые результаты радиоуглеродного датирования раковин моллюсков из разреза «скв. Тальми» [10] заставили усомниться в их соответствии действительному возрасту отложений. Две даты по раковинам одного вида (*Anadara inaequalis*), залегающих в интервале 10.30–1.75 м (абсолютные отметки -11.40–2.85 м), показали одинаковый возраст: около 4900–4800 радиоуглеродных лет назад (далее л.н.), соответствующих 5200–5000 календарным годам (далее к.л.н.) (табл. 2). Позже по раковинам другого вида (*Crassostrea gigas*) были получены еще две даты: близкая к ним, около 4800 л.н. / 5000 к.л.н., с глубины 10.40 м (-11.50 м) и более древняя – около 5300 л.н. / 5700 к.л.н., с уровня 8.95 м (-10.05 м) [19]. Датировки указывают на заключительные моменты поздней фазы атлантического периода, согласно хронологическому эталону голоцена, модифицированному для Северной Евразии [32]. В то же время, для отложений этого возраста на побережье юго-западного Приморья установлен иной характер СПК [21, 23]. Также эти даты противоречат хронологии развития послеледниковой трансгрессии Мирового океана. Ее ход, хорошо изученный на побережье юго-восточного Китая [48], показал, что на абсолютных отметках -10–12 м уровень океана мог находиться в течение длительного интервала времени: около 7150–6750 л.н. / 8000–7600 к.л.н. – на стабильном в тектоническом отношении районе, 6600 л.н. / 7500 к.л.н. – в зоне слабых поднятий, и 6350–6200 л.н. / 7300–7100 к.л.н. – на участках слабых опусканий, прилегающих к дельтам крупных рек. Омоложение дат разреза, следовательно, очень значительно и может составлять от 1 до 2.3 тыс. лет. Столь «масштабные» инверсии возраста, видимо, не являются исключительными при радиоуглеродном анализе раковин морских моллюсков. Определение возраста среднеголоценовых осадков колонки 1877, залегающих на глубине 4–3 м от поверхности дна (-22.5–21.5 м) в бухте Рейд Паллады, показало как омоложение, близкое к 1 тыс. лет, так и удревнение дат на 2.5 тыс. лет, если считать точной дату 6200 л.н. из основания слоя [5, 29]. Значительное удревнение (не менее 1 тыс. лет) одной из дат было отмечено и при изучении неолитической раковинной кучи на побережье бухты Бойсмана [14]. Как и предыдущее, оно было «списано» на переотложение раковинного материала. Точнее аб-

Таблица 2. Радиоуглеродные датировки среднеголоценовых отложений юго-западной окраины Приморья.

№ п/п	Разрез	Геоморфологическая позиция, координаты	Лаб. №	Глубина отбора, м	Материал	Возраст образца	
						Радиоуглеродный, л.н.	Календарный, к.л.н.
1	«скв. Тальми» [19]	оз. Птичьё, 42°31'22" с.ш., 130°45'01" в.д.	CAMS-33129	10.40	раковина <i>Crassostrea gigas</i>	4870 ± 50	5230 ± 99
2	то же [10]	там же	OS-2319	10.30– 10.25	раковина <i>Anadara inaequivalvis</i>	4760 ± 30	5015 ± 61
3	то же [19]	там же	CAMS-33130	8.95	раковина <i>Crassostrea gigas</i>	5330 ± 50	5685 ± 58
4	то же [10]	там же	OS-2320	1.8–1.75	раковина <i>Anadara inaequivalvis</i>	4770 ± 30	5025 ± 61
5	то же [19]	там же	CAMS-33131	0.65	раковина <i>Crassostrea gigas</i>	4060 ± 60	4085 ± 88
6	«скв. Дорицини» [19]	оз. Лотос, 42°26'51" с.ш., 130°38'48" в.д.	AA-36901	7.90	то же	6760 ± 40	7280 ± 54
7			AA-36956	7.90	древесина	6140 ± 60	7048 ± 89
8			AA-36455	4.70	то же	6250 ± 40	7170 ± 69
9	«Лагерный» [19]	перешеек п-ова Лагерный на оз. Птичьё, 42°30'28" с.ш., 130°45'51" в.д.	AA-36382	0.70–0.60	раковина <i>Crassostrea gigas</i>	3220 ± 35	3035 ± 58
10	«5-метровая терраса оз. Тальми» [1, 2]	древний береговой вал на северном берегу оз. Птичьё	ГИН-739 а	0.80–0.40	раковины <i>Anadara subcrenata</i>	5630 ± 110	6000 ± 124
11			ГИН-739 б	та же	то же	6000 ± 130	6405 ± 135
12	«1-94» [10]	там же, карьер, 42°32'47" с.ш., 130°43'02" в.д.	OS-3026	0.50	раковина <i>Anadara subcrenata</i>	5320 ± 45	5660 ± 49
13			OS-3028	1.50	то же	5360 ± 35	5715 ± 49
14	«Виноградная- 272» [44]	терраса на берегу р. Виноградная, в 1.2 км ниже моста 42°42'59" с.ш., 130°57'02" в.д.	СОАН-7179	1.95–1.90	торф	7995 ± 45	8871 ± 93
15			СОАН-7181	1.75–1.68	то же	6555 ± 40	7470 ± 28

солютный возраст морских отложений отразили даты, полученные из разреза «скв. Дорицини» на оз. Лотос, нынешняя акватория которого входила в единый палеозалив, существовавший на юго-западной окраине Приморья. Для интервала разреза 7.90–4.70 м (-6.9–3.7 м) он составил 6800–6100 л.н. / 7300–7000 к.л.н. (табл. 2). Из трех определений предпочтительнее выглядит дата 6250 л.н. / 7200 к.л.н. по древесине с глубины 4.70 м (-3.7 м). На ней, по-видимому, почти не сказались искажения возраста, как показывает дата

около 6200 л.н. / 7100 к.л.н., полученная для морских осадков побережья бухты Бойсмана, залегающих на близкой отметке -2 м [20, 21]. Накопление верхних горизонтов слоя, содержащего СПК «Та-2» (-13.00–2.85 м), следовательно, происходило во второй половине средней фазы атлантического периода голоцена, около 6250–6200 л.н. / 7200–7100 к.л.н.

Нижние горизонты, слагающие основание разреза «скв. Тальми», скорее всего, начали формироваться около 6500 л.н. / 7400 к.л.н., поскольку для более

раннего времени, около 6550 л.н. / 7500 к.л.н., в отложениях террасы в долине р. Виноградной (вблизи побережья бухты Экспедиции) установлен иной СПК, отражающий распространение хвойно-широколиственных лесов с большей, чем сейчас, ролью кедра и меньшим (7–12 %) участием дуба [44]. Если бы нижние горизонты разреза накапливались ранее 6500 л.н. / 7400 к.л.н., то они бы содержали этот же СПК. Велика вероятность, что именно он был обнаружен в осадках фации «более глубокое открытое море» из скв. 2 на дне бухты Рейд Паллады [5]. Аналогичные изменения в растительности почти в те же сроки недавно были отмечены и для низкогорных территорий других районов южного Приморья, таких как Шуфанское плато [45]. Они однозначно указывают на более прохладные, нежели современные, климатические условия начальной фазы относительного похолодания середины атлантического периода голоцена. Восстановление климатических параметров до современного уровня, скорее всего, произошло очень быстро. Как показало изучение морских отложений разреза «Шкотово» (-2.49–5.60 м) на побережье Уссурийского залива, СПК, заключенный в них и аналогичный «Та-2», также начал формироваться не позже 6400 л.н. / 6900 к.л.н. [8], принимая во внимание возможное омоложение даты, полученной по раковине.

Для верхнего слоя отложений разреза (0.0–1.75 м), лежащего на глубине -1.5–3.25 м, получена лишь одна дата по раковине, около 4000 л.н. / 4100 к.л.н. (табл. 2). Она явно омоложенная, т.к. указывает на его формирование в начале средней фазы суббореального периода голоцена. Такому заключению противоречит СПК «Та-3», содержащийся в нем. Он имеет более термофильный характер, нежели установленный для начального потепления климата среднего суббореала, сближающий его со спорово-пыльцевым комплексом «I-2» из отложений «скв. 3» (-0.9–2.4 м) на побережье бухты Бойсмана [20, 21]. Последний отразил растительность, развивавшуюся в более теплых климатических условиях, нежели современные, около 6200–5900 л.н. / 7100–6700 к.л.н. Позднее верхняя граница события была удревнена до 6000 л.н. / 6800 к.л.н. [23], сохранив его в средней фазе атлантика. Учитывая близкую геоморфологическую позицию, занимаемую вышеописанными слоями морских отложений на морском побережье, и однотипные пыльцевые спектры, содержащиеся в них, считаем возможным применить хронологические рамки 6200–6000 л.н. / 7100–6800 к.л.н. и для времени формирования верхнего горизонта разреза «скв. Тальми».

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Морская обстановка осадконакопления на юго-западной окраине Приморья начала формироваться при достижении уровнем Японского моря абсолютной отметки -13 м. Анализ результатов радиоуглеродного датирования морских отложений и накопленные за последние десятилетия данные по составу датированных голоценовых спорово-пыльцевых комплексов юго-западного Приморья [21, 22, 23, 44], позволяют отнести это событие к 6500 л.н. / 7400 к.л.н. Следует заметить, что согласно существующей схеме (современная, основанная на детальном изучении, до сих пор отсутствует) хода послеледниковой трансгрессии Японского моря на побережье южного Приморья, в эти сроки уровень моря уже занимал современное положение [12, 13]. Такое несоответствие с полученными нами результатами во многом объясняется слабой изученностью заключительного периода послеледниковой трансгрессии на этом участке морского побережья. Кроме того, большинство использованных радиоуглеродных датировок, по которым построены кривые колебания уровня моря, получены по раковинам, которые, как можно видеть, часто подвержены значительному искажению возраста.

Вторжение морских вод в пределы суши юго-западной окраины в ходе послеледниковой трансгрессии осуществлялось по системе понижений на поверхности позднеплейстоценовой аккумулятивной равнины, к которым приурочены нынешние котловины крупных озер. В западной части окраины, севернее оз. Хасан (вблизи государственной границы с Китаем), морские воды появились быстро, возможно, менее чем через 100 лет после начала вторжения, преодолев абсолютную отметку -10 м. Вблизи этого места, за 30 км к северу от современного положения, скорее всего, и находилась в то время устьевая область р. Туманной (Тумангана), крупнейшей артерии бассейна Японского моря. Она оказывала определяющее влияние на осадконакопление, создавая обстановку лавинной седиментации [15] во вновь образованном морском заливе. Средняя скорость осадконакопления, учитывая максимальную мощность глинистых отложений (8–12 м) и период развития палеообстановки (около 500 лет), составляла в разных частях от 16 до 24 мм/год.

Комплексное изучение отложений разреза «скв. Тальми» позволило выделить в истории морского осадконакопления на юго-западной окраине Приморья 3 этапа.

Ранний этап, зафиксированный толщей пелитовых осадков (интервал 11.90–6.70 м), развивался в условиях низкой волновой активности, обеспечить

которую могла лишь аккумулятивная береговая форма, возникшая на южных границах окраины, возможно между низкогорными массивами (в ту пору островами Голубиный утес и Фальшивый островок). Аккумулятивный барьер полностью, или большей частью, прикрывал возникший палеозалив от сильных волнений южных направлений. В противном случае в основании разреза должны были залегать песчано-галечные осадки береговых фаций. Образовавшаяся полузакрытая акватория поддерживала водообмен с бухтой Экспедиции через проливы, находившиеся севернее современной лагуны-озера Птичьё. Также по ним поступали и большие массы обломочного материала во взвешенном состоянии, вынесенные р. Туманной. Состав диатомей (комплекс 1, подкомплекс 2.1), с преобладанием сублиторальных бентосных видов над неритическими планктонными таксонами, свидетельствует о небольших глубинах палеозалива, а высокая численность мезогалобов и обитателей эстуарных участков морей – о пониженной солености воды. Современным аналогом данной палеообстановки может служить вершина Амурского залива, куда впадает крупная р. Раздольная. Среди диатомовых водорослей в донных осадках мелководного Тавричанского лимана, прилегающего к устью реки, недавно обнаружено высокое, до 21 %, содержание мезогалоба *Diploneis smithii* [28], аналогичное первому комплексу. Фауна моллюсков (присутствие *Rapana venosa*) также подтверждает развитие мелководной акватории со спокойным гидродинамическим режимом, существовавшим в разных частях палеозалива (районы озер Лотос и Заречное). О хорошей прогреваемости палеозалива в летний период, превышавшей современную, вероятно из-за мелководности, свидетельствуют тропическо-субтропические виды моллюсков родов *Anadara*, *Dosinia* и *Trapezium*. Состав фауны говорит о слабом опреснении вод палеозалива [16], что входит в противоречие с данными по диатомеям, и расположением вблизи устья столь крупной реки. Его разрешением, на наш взгляд, может служить предположение, что существенное опреснение палеозалива не было постоянным, а происходило эпизодически, во время сильных наводнений в бассейне р. Туманной, вызванных прохождением тайфунов. Моллюски почти ежегодно переживают такие периоды опреснения, что хорошо видно по их современному распространению в вершине Амурского залива. Не исключено, что во время катастрофических наводнений могла происходить и массовая гибель моллюсков вместе с другими представителями морской фауны, как это иногда (последний раз около 70 л.н.) происходит в бухте Экспедиции, куда прорываются воды р. Туманной. В остальное время, со спокойным гидрометеорологическим режи-

мом, опреснение было намного меньше, и соленость вод, возможно, повышалась до 27–29 ‰, как в современных бухтах района с влиянием речного стока. Растительность на юго-западной окраине и прилегающей территории была близка к современной, отличаясь от нее большей лесистостью, отраженной в общем составе СПК высокой ролью пыльцы деревьев и кустарников (среднее содержание 75 %, против 63 %). Широкое распространение получили многопородные широколиственные леса, в которых преобладал дуб. Высокое содержание пыльцы дуба, в среднем в 1.5 раза превышающее субфоссильный уровень, указывает, скорее всего, на развитие густых лесов, а не дубовых редколесий, как сейчас на прибрежной территории. Содержание пыльцы большинства других широколиственных пород (в первую очередь термофильного граба) показывает, что их роль в древостоях соответствовала современной роли в растительности, в отличие от меньшего участия берез. Бук отсутствовал в лесах юго-западной окраины; незначительное присутствие его пыльцы в отложениях объясняется дальним ветровым заносом. Хвойно-широколиственные леса, произраставшие Черных горах, также имели нынешний уровень участия в растительности, которая указывает на развитие относительного похолодания климата, близкого к современным условиям [21].

Средний этап осадконакопления запечатлен пачкой мелкоалевритовых осадков (интервал 6.70–1.75 м). Их накопление проходило в условиях большей гидродинамической активности по сравнению с предыдущей обстановкой. Ее могло обусловить только волнение южных румбов, проникновение которого в акваторию палеозалива стало возможным после размыва южного аккумулятивного барьера, вызванного, вероятно, ускорением темпов послеледниковой трансгрессии океана. Не менее половины объема глинистых фракций, поставляемого р. Туманной, стало выноситься в открытое море. Состав диатомей (подкомплекс 2.2) подтверждает тенденцию на увеличение открытости и глубины акватории: участие планктонных неритических видов возрастает почти в 1.5 раза; значение сублиторальных бентосных водорослей, соответственно, снижается до минимального уровня. Соленость вод повысилась, что фиксируется ослаблением роли мезогалоба *Diploneis smithii*. Периодическое опреснение вод палеозалива продолжалось, о чем свидетельствует высокая численность вышеупомянутого таксона и некоторых эстуарных видов в ряде горизонтов (6.65, 4.45, 3.70 и 2.20 м). Повышенные солености вод в межпаводочные периоды не привело к изменениям в составе фауны моллюсков. Среди них фиксируются все те же представители устричного комплекса и тепловодные виды – свидетели хорошей

прогреваемости вод в летний период. Последняя, тем не менее, не может служить доказательством более теплого климата, который, судя по отсутствию изменений в растительном покрове юго-западной окраины, по-прежнему оставался близким к современным условиям (высокая температура вод подтверждается составом диатомовой флоры и для завершающего этапа, но тепловодные виды моллюсков тогда не развивались). В конце среднего этапа на наветренных берегах палеозалива (северный берег оз. Птичь, участок равнины между ним и оз. Родниковым) в результате мощного шторма (цунами ?) образовались высокие береговые валы, сложенные валунно-галечными отложениями с включением многочисленных раковин тропической *Anadara*. Серия дат по ним указывает на позднеатлантический возраст события, около 6000–5300 л.н. / 6400–5700 к.л.н. (табл. 2). Даты омоложения, что доказывается самим присутствием раковин тепловодных моллюсков, вымерших в конце данного этапа [16]. Действительный возраст береговых валов, скорее всего, не превышает 6200 л.н. / 7100 к.л.н. Нивелировка показала, что их высота составляет 3 м, а не 5 [1, 2]. При высоте пляжа в открытых бухтах побережья 2.5 м [5], очевидно, что уровень Японского моря в момент формирования валов находился вблизи его современного положения.

Завершение морского осадконакопления произошло на окончание средней фазы атлантического периода голоцена, около 6200–6000 л.н. / 7100–6800 к.л.н., отметившись в разрезе слоями алевритов, в том числе песчанистых, и мелкозернистых илистых песков. Появление в отложениях песков, скорее всего, было связано с приближением устьевой зоны р. Туманной к району современной акватории лагуны-озера Птичь. Для последнего этапа была характерна наименьшая скорость осадконакопления, в среднем около 9 мм/год, которая, тем не менее, привела к обмелению палеозалива, что объясняется как небольшой начальной глубиной, не превышавшей 3 м в районе разреза, так и замедлением темпа трансгрессии Японского моря. Судя по небольшой высоте аккумулятивной формы (+1.5 м) на перешейке полуострова Лагерного (рис. 1, разрез 6), сформированной в условиях ослабленной волновой активности, повышение уровня моря составило не более 1 м над современным положением. Береговая форма сложена крупнозернистыми песками с большим содержанием раковин устриц, поступающих в прибрежные наносы, вероятно, с отмерших к тому моменту устричных банок [16]. Изменения в составе диатомей (комплекс 3), выразившиеся в резком снижении доли неритических видов и повышении роли сублиторальных бентосных таксонов, указывают на уменьшение глубины палеоводо-

ема, а присутствие тропического эпифита *Terpsinoë americana* – на хороший летний прогрев вод. Усиление влияния опресненных речных вод на процесс осадконакопления фиксируется двукратно возросшим значением мезогалоба *Diploneis smithii* и максимальным, в среднем, содержанием створок пресноводных диатомей. Характер растительного покрова однозначно указывает на более теплые (оптимальные) климатические условия, нежели современные, в которых развивалась заключительная фаза морского осадконакопления. На прилегающей к палеозаливу территории распространились многопородные широколиственные леса с преобладанием дуба, в которых возросло участие термофильного граба и различных видов берез. Хвойно-широколиственные леса, значительно ослабившие свои позиции в растительности, сохранились лишь фрагментарно, на водоразделе Черных гор.

ВЫВОДЫ

Комплексное изучение голоценовых морских отложений в разрезе «скв. Тальми» позволило детально рассмотреть палеогеографию побережья юго-западной окраины Приморья во второй половине атлантического периода голоцена, около 6500–6000 л.н. / 7400–6800 к.л.н. На аккумулятивной равнине побережья в это время существовал мелководный морской залив, возникший в результате послеледниковой трансгрессии океана. Осадконакопление в нем полностью контролировала р. Туманная (Туманган), крупнейшая в бассейне Японского моря. Устьевая область реки, из которой выносились огромные массы взвешенного обломочного материала, создавала обстановку лавинной седиментации со средней скоростью 16–24 мм/год, обуславливая мелководность палеозалива. На его дне за всю 500-летнюю историю существования накопилось до 8–12 м глинистых отложений. В эволюции морской обстановки осадконакопления выделено 3 этапа. Ранний из них, начавшийся около 6500 л.н. / 7400 к.л.н., когда воды Японского моря, затопив верхнеплейстоценовую аккумулятивную равнину, сформировали полузакрытый залив, в который не проникали волны открытого моря. Низкая волновая активность подтверждается накоплением мощного (до 5 м) слоя тонкообломочных глин. Состав диатомей свидетельствует о небольших глубинах и периодических опреснениях палеоводоёма, вызванных наводнениями в бассейне р. Туманной. О хорошей прогреваемости вод в летний период, превышавшей современную, свидетельствует развитие в них тепловодных моллюсков. Средний этап, начавшийся, возможно, через 150–200 лет с начала возникновения морской обстановки, характеризовался условиями открытого залива с повышенной волновой активностью,

что подтверждается образованием слоя мелкоалевритовых глин. До половины наиболее тонкой, глинистой составляющей взвешенных наносов стало уходить в открытое море, что привело к снижению скорости осадконакопления и, вероятно, увеличению глубины водоема. Судя по отсутствию изменений в фауне моллюсков (то же присутствие тепловодных видов), оно было небольшим и не привело к существенному уменьшению летнего прогресса вод. Состав диатомей поддерживает тенденцию на увеличение открытости палеоводоема, большей глубины и солёности его вод: участие планктонных неритических видов возрастает почти в 1.5 раза, сублиторальных бентосных – сильно снижается. В конце этапа, около 6200 л.н. / 7100 к.л.н., когда уровень моря приблизился к современному положению, на наветренных с юга берегах палеозалива в результате мощного шторма образовались высокие береговые валы, сложенные валунно-галечными отложениями с обильными включениями раковин моллюска *Anadara*. Характер растительности, не менявшийся в течение обоих этапов осадконакопления, указывает на развитие относительного похолодания климата, по параметрам близкого к современным условиям (а также в пользу кратковременности события). Широкое распространение получали многопородные широколиственные леса с большей ролью дубов, нежели в нынешних древостоях. Парковые дубняки с хорошо развитым травянистым покровом, характерные для современных ландшафтов, отсутствовали на прилегающей к морскому побережью суше. Поздний этап морского осадконакопления, после 6200 л.н. / 7100 к.л.н., проходил при замедлении трансгрессии моря, уровень которого достиг максимальной высоты за весь средний голоцен на данном участке побережья – +1 м. Существенного увеличения глубин палеоводоема, не превышавших первых метров в начале этапа, не произошло, т.к. было компенсировано возросшей скоростью осадконакопления. Изменения в составе диатомей, выразившиеся в резком снижении доли неритических видов и повышении участия сублиторальных бентосных таксонов, указывают на обмеление палеоводоема; присутствие в их составе тропического эпифита – на хороший прогрев вод. Возросшее значение диатомей-мезогалобов свидетельствует об усилении опреснения водоема, вызванного влиянием речных вод. Приближение устьевой зоны р. Туманной к восточным берегам палеозалива зафиксировано и стремительным возрастанием доли мелкого песка в отложениях разреза. Распространение на прилегающей к побережью территории многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и повышенным участием термофильного граба однозначно указывает на оптимальные климатические условия.

Завершение морского осадконакопления произошло около 6000 л.н. / 6800 к.л.н. После этого, вплоть до середины субатлантического периода, оно здесь не возобновлялось.

Работа выполнена в рамках государственного задания Дальневосточного геологического института ДВО РАН (тема № 122048000201-8). Авторы выражают благодарность Я.В. Кузьмину (Институт геологии и минералогии СО РАН) и С.А. Горбаренко (Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН), за помощь, оказанную при радиоуглеродном датировании образцов методом ускорительной масс-спектрометрии в лабораториях США, а также Т.С. Ивашинниковой, Береговой исследовательский центр Дальневосточного федерального университета, за проведение гранулометрического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев М.Н. Антропоген Восточной Азии. М.: Наука, 1978. 207 с.
2. Алексеев М.Н., Голубева Л.В. К стратиграфии и палеогеографии верхнего плейстоцена южного Приморья. Бюлл. комиссии по изуч. четвертичного периода. 1980. Т. 50. С. 96–107.
3. Арсланов Х.А., Дергачев В.А., Максимов Ф.Е., Кудрявцева И.В. Хронология короткопериодных вариаций климата в голоцене на северо-западе России и корреляция с вариациями солнечной активности // Ученые зап. Казанского ун-та. Серия естеств. науки. 2022. Т. 164. № 1. С. 135–165. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2022.1.135-165>
4. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Русское изд-во "Pilies Studio", 2006. 498 с.
5. Берсенева Ю.И., Горовая М.Т., Аннин В.К. Четвертичные отложения и палеогеография залива Посъет (Японское море). Палеогеографический анализ и стратиграфия антропогена Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 144–169.
6. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
7. Верховская Н.Б., Кундышев А.С. Растительность побережья залива Петра Великого в оптимальную фазу голоцена. Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений побережья залива Петра Великого (Японское море). М.: Багира-Пресс, 1995. С. 8–17.
8. Гвоздева И.Г., Горбаренко С.А., Раков В.А., Луцаенко К.А., Шорников Е.И., Микишин Ю.А. Палеосреда Приморья в среднем и позднем голоцене по комплексным данным разреза Шкотово / Препринт. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 1997. 32 с.
9. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. Практическое руководство. Л.: Наука, 1974. 403 с.
10. Джонс Г.А., Кузьмин Я.В. Радиоуглеродное датирование раковин «тепловодных» моллюсков побережья залива Петра Великого методом ускорительной масс-спектрометрии. Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений

- побережья залива Петра Великого (Японское море). М.: Багира-Пресс, 1995. С. 34–38.
11. Караулова Л.П., Короткий А.М., Царько Е.И. Морской голоцен Приморья. Палинология голоцена и маринопалинология. М.: Наука, 1973. С. 137–141.
 12. Короткий А.М. Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции // Вестн. ДВО РАН, (3): 29–42.
 13. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
 14. Кузьмин Я.В. Палеогеография побережья залива Петра Великого в оптимум голоцена (5000–8000 л.н.). Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений побережья залива Петра Великого (Японское море). М.: Багира-Пресс, 1995. С. 44–70.
 15. Лисицын А.П. Лавинная седиментация и перерывы в осадконакоплении в морях и океанах. М.: Наука, 1988. 309 с.
 16. Луцаенко К.А. Моллюски из голоценовых отложений Хасанского района (Южное Приморье) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1993. Т. 1, № 6. С. 89–91.
 17. Марков Ю.Д. Южноприморский шельф Японского моря в позднем плейстоцене и голоцене. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. 128 с.
 18. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г., Петренко Т.И. Спорово-пыльцевые спектры современных отложений побережья юго-западного Приморья. Методические аспекты палинологии: Материалы X Всерос. палинолог. конф. М.: ИГиР-ГИ, 2002. С. 154–156.
 19. Микишин Ю.А., Кузьмин Я.В., Горбаренко С.А. Новые данные по эволюции рельефа аккумулятивной равнины юго-западного Приморья в голоцене: Тезисы докладов междунар. рабочего совещ. по изучению глобальных изменений на Дальнем Востоке. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 69–73.
 20. Микишин Ю.А., Попов А.Н., Петренко Т.И., Раков В.А., Царько Е.И. Биостратиграфия голоценовых отложений района памятника Бойсмана-2. Археология и культурная антропология Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВО РАН, 2002. С. 41–56.
 21. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Горбаренко С.А., Раков В.А. Голоцен побережья юго-западного Приморья // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.
 22. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Палеосреда о. Русский (южное Приморье) в среднем-позднем голоцене // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 516–522.
<https://doi.org/10.17513/fr.33706>
 23. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Поздняя фаза атлантического периода на юге Приморья // Успехи современного естествознания. 2019. № 12. С. 96–107.
<https://doi.org/10.17513/use.37275>
<http://fegi.ru/elibrary/articles/paleoecology/329-mikishin007/file>
 24. Павлюткин Б.И., Белянина Н.И. Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеан. геология. Т. 21, № 3. С. 80–93.
 25. Палеопалинология. Методика палеопалинологических исследований и морфология некоторых ископаемых спор, пыльцы и других растительных микрофоссилий // Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер. Вып. 141. Л.: Недра, 1966. 352 с.
 26. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. М.: Наука, 1967. 172 с.
 27. Петренко В.С. Основные голоцен-мэлоценовые процессы развития береговой линии риасового побережья Приморья. Климоморфогенез и региональный географический прогноз. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 119–125.
 28. Прушковская И.А. Изменение палеосреды залива Петра Великого Японского моря в позднем голоцене (на основе изучения кремнистых микроводорослей): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Тихоокеанский океанологический ин-т им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток. 2022. 24 с.
 29. Развитие природной среды юга Дальнего Востока (поздний плейстоцен–голоцен). 1988 / А.М. Короткий, С.П. Плетнев, В.С. Пушкарь, Т.А. Гребенникова, Н.Г. Разжигаева, Е.Д. Сахбгареева, Л.М. Мохова. М.: Наука, 1988. 240 с.
 30. Раков В.А. Малакофауна неолитических «раковинных куч» побережья залива Петра Великого. Комплексное изучение разрезов голоценовых отложений побережья залива Петра Великого (Японское море). М.: Багира-Пресс, 1995. 38–44.
 31. Троицкая Т.С., Караулова Л.П., Царько Е.И. Первый опыт детального расчленения морского голоцена южного Приморья по комплексу палеонтологических данных // Бюлл. комиссии по изучению четвертичного периода. Т. 48. М.: Наука, 1978. С. 66–78.
 32. Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена. Новые данные по геохронологии четвертичного периода. К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.). М.: Наука, 1987. С. 39–45.
 33. Черепанова М.В., Лепская Е.В., Андерсон П., Ложкин А.В. Диатомовые водоросли из голоценовых осадков оз. Нерпичье (Камчатка) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-западной части Тихого океана. 2013. Т. 31. С. 89–106.
 34. Alhonen P., Heino A., Tynni R. Über Vorkommen und Bedeutung von *Terpsinoe americana* (Bail.) Ralfs in den Ablagerungen des Litorinameeres // Bull. Geol. Soc. Finland. 1984. V. 56. Part 1–2. P. 117–133.
 35. Bertolli L.M., Talgatti D.M., Nascimento T.M.S., Torgan L.C. The genus *Tryblionella* W. Smith (Bacillariaceae, Bacillariophyta) in southern Brazil salt marshes // Biota Neotropica. 2020. V. 20, N 1. P. 1–18.
<https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2019-0774>
 36. Hughen K.A., Baillie M.G.L., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Bertrand C., Blackwell P.G., Buck C.E., Burr G., Cutler K.B., Damon P.E., Edwards R.L., Fairbanks R.G., Friedrich M., Guilderson T.P., Kromer B., McCormac F.G., Manning S., Bronk Ramsey C., Reimer P.J., Reimer R.W., Remmele S., Southon J.R., Stuiver M., Talamo S., Taylor F.W., Van der Plicht J., and Weyhenmeyer C.E. Marine04 Marine Radiocarbon Age Calibration, 0–26 Cal Kyr BP // Radiocarbon. 2004. V. 46. P. 1059–1086.
 37. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Süßwasserflora von Mitteleuropa. 1. Teil: Naviculaceae // Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, Band 2/1. 1986. 876 p.
 38. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Süßwasserflora von Mitteleuropa. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surrillaceae. Stuttgart, New York: VEB Gustav Fischer Verlag, Band 2/1, 1988. 598 p.
 39. Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae, Süßwasser-

- flora von Mitteleuropa. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. Band. N 2/3, 1991. 576 p.
40. Krammer K. The genus *Pinnularia*, Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 1, 2000. 703 p.
41. Krammer K. *Cymbella*, Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 3, 2002. 584 p.
42. Krammer K. *Cymboplectra*, *Delicata*, *Navicymbula*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*, Diatoms of Europe. Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats. Ruggell: A.R.G. Gantner Verlag K.G. V. 4, 2003. 530 p.
43. McLean R.O., Corrigan J., Webster J. Heterotrophic nutrition in *Melosira nummuloides*, a possible role in affecting distribution in the Clyde Estuary // *British Phycological Journal*. 1981. V. 16, N 1. P. 95–106. <https://doi.org/10.1080/00071618100650081>
44. Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N. Evolution of landscapes in Khasansky district (southwest Primorye) in Late Pleistocene–Holocene. Proceedings of International Symposium «Human Ecosystem Changes in the Northern Circum Japan Sea Area (NCJSA) in Late Pleistocene». Tokyo. 2008. P. 82–94. <http://fegi.ru/elibrary/articles/paleoecology/325-mikishin003/file>
45. Razjigaeva N., Ganzey L., Grebennikova T., Mokhova L., Kopoteva T., Kudryavtseva E., Belyanin P., Panichev A., Arslanov K., Maksimov F., Petrov A., Sudin V., Klimin M., Korniyushenko T. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East // *Boreas*. 2021. V. 50. P. 1043–1058. <https://doi.org/10.1111/bor.12545>
46. Weninger B., Jöris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration & paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universität zu Köln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923. Köln. 2007. <http://www.calpal-online.de/>
47. Witkowski A., Lange-Bertalot H. & Metzeltin D. Diatom flora of marine coasts I. In *Iconographia Diatomologica Annotated Diatom Monographs* (H. Lange-Bertalot, Ed.). V. 7. Taxonomy-Biogeography Diversity. ARG Gantner. Ruggell. 2000. P. 1–925.
48. Zong Y. Mid-Holocene sea-level highstand along the Southeast Coast of China // *Quat. Int.* 2004. V. 117. P. 55–67. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(03\)00116-2](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(03)00116-2)

Рекомендована к печати
после доработки 2024 г.
принята к печати 2024 г.

Yu.A. Mikishin, I.G. Gvozdeva, E.A. Elbakidze

Mid-holocene marine sedimentation at southwestern coastal margin in Primorye, Russia

A comprehensive study of marine sediments deposited at the southwestern margin of Primorye region (Khasan settlement area) allowed us to consider in detail the palaeogeography of the coast in the second half of the Atlantic Period of Holocene, about 6,500–6,000 yr. BP / 7,400–6,800 Cal. yr. BP. Marine environment sedimentation, as a result of the development of postglacial oceanic transgression, began around 6,500 yr. BP / 7,400 Cal. yr. BP. A shallow sea gulf formed on the coastal accumulation plain, into which the Tumannaya (Tumangan) River, the largest in the Sea of Japan basin, flowed. The estuarine area of the river created an avalanche sedimentation environment in the bay, which developed at an average rate of 16–24 mm/year. The final phase of sedimentation, which occurred after 6,200 yr. BP / 7,100 Cal. yr. BP, occurred at a time when the transgression of the sea slowed down and sea level reached its maximum height of +1 m in this coastal area. The distribution of multi-breed broadleaved forests with oak predominance and increased participation of thermophilic hornbeam in the area adjacent to the coast at this time clearly indicates optimal climatic conditions. The end of marine sedimentation occurred around 6,000 yr. BP / 6,800 Cal. yr. BP. It did not resume for a long time, until the middle of the Sub-Atlantic Period of Holocene.

Key words: Atlantic Period of Holocene, post-glacial transgression of the ocean, avalanche sedimentation, landscape and climatic oscillations, radiocarbon dating, pollen assemblage, diatoms, lithology of marine sediments.