

УДК 551.89:551.799(571.642)

СЛЕДЫ ПОХОЛОДАНИЙ НА ЮГЕ САХАЛИНА В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И АТЛАНТИЧЕСКОМ ПЕРИОДЕ ГОЛОЦЕНА

Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г.

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток, e-mail: yurimikishin@fegi.ru

Палинологическое и радиоуглеродное изучение трёх разрезов рыхлых отложений Сусунайской депрессии дало возможность уточнить характер и хронологию палеоклиматических минимумов на юге Сахалина в позднеледниковые и атлантическом периоде голоцене. Наиболее холодные и сухие климатические условия, наступившие около 15000 календарных л.н., соответствовали позднеледниковой стадии ранний дриас в Северной Европе. Они зафиксированы спорово-пыльцевыми спектрами озёрных отложений центральной части Сусунайской депрессии. Спектры отразили распространение лесотундры на юге острова, занимавшей не только депрессию, но и прилегающие к ней склоны гор. В растительном покрове преобладали заросли кустарниковых берёз, в меньшей степени ольховника и кедрового стланника. Лиственница и высокоствольные берёзы встречались редко. Относительное похолодание начала среднего атлантика, около 7800 л.н., имело параметры, близкие к современному климату. Оно привело к смене теплолюбивой широколиственной растительности, господствовавшей во вторую половину ранней фазы атлантического периода голоцене, южно-таёжной тёмнохвойной, с преобладанием пихтово-еловых лесов и примесью широколиственных деревьев. Похолодание начала позднего атлантика, около 6900 л.н., с более сухим климатом, чем современный, вызвало распространение мелколиственных лесов с участием широколиственных пород. Относительное похолодание середины позднего атлантика, около 6300–6100 л.н., отличалось переменной влажностью климата. Более сухое начало события определило развитие смешанных лесов. В среднюю фазу похолодания, около 6200 л.н., усиление влажности климата предоставило пихтово-еловым лесам с участием широколиственных пород ведущую роль в растительности южного Сахалина. На завершающем моменте похолодания, из-за очередного снижения влажности климата, распространились мелколиственные леса.

Ключевые слова: позднеледниковые, атлантический период голоцене, коротко-периодичные похолодания, спорово-пыльцевой комплекс, палеоландшафт, палеоклимат, Сусунайская депрессия

TRACES OF COOLING IN THE SOUTHERN SAKHALIN IN THE LATE-GLACIAL AND ATLANTIC PERIOD OF HOLOCENE

Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G.

Far East Geological Institute Far Eastern Branch RAS, Vladivostok, e-mail: yurimikishin@fegi.ru

Palynological and radiocarbon studies of three sections of mellow sediments in the Susunaiskaya depression made it possible to clarify the nature and chronology of paleoclimatic minima in southern Sakhalin Island in the Late Glacial and Atlantic Period of Holocene. The coldest and driest climatic conditions, which came about 15,000 Cal. yr. BP, corresponded to the Late Glacial stage of the «Oldest Dryas» in northern Europe. They are revealed by the pollen spectra in lacustrine sediments from in the central part of the depression. The spectra reflected the distribution of forest-tundra in the south of the island, which occupied not only the Susunaiskaya depression, but also the slopes mountain ranges adjoining it. The vegetation cover was dominated by thickets of frigid shrubs with domination of dwarf birches to a lesser degree of bush alder (*Alnaster*) and pine (*Pinus pumila*). Larch and high-birch trees were rare. The relative cooling at the beginning of the Middle Atlantic Period, about 7,800 Cal. yr. BP, had parameters close to the modern climate. It led to a change in the warm-requiring broad-leaved vegetation that prevailed in the second half of the Early Atlantic Period of Holocene, a southern-taiga dark coniferous forest with a predominance of fir-spruce forests and an admixture of broad-leaved trees. The cold beginning of the Late Atlantic Period, about 6,900 Cal. yr. BP, due to more dry conditions, caused the spread of small-leaved forests with broad-leaved species. The relative cooling in the middle of the Late Atlantic Period, about 6,300–6,100 Cal. yr. BP, had a temperature background close to the modern and a changeable humidity. Its early phase of event was somewhat drier than the current conditions, determining the development of mixed forests. The middle phase, about 6,200 Cal. yr. BP, is characterized by high humidity, which was provided a leading role of fir-spruce forests with broad-leaved species in the vegetation of the south Sakhalin. The late phase of cooling was much drier than the present time and led to the spread of small-leaved forests.

Keywords: Late-glacial, Atlantic Period of Holocene, short-term cooling, pollen assemblage, paleolandscape, paleoclimate, Susunaiskaya depression

Климат Земли, особенно в северном полушарии, в течение позднего ледникового и голоцене отличался чередованием холодных и тёплых короткопериодичных интервалов, происходивших на фоне глобального потепления [1]. Для позднего ледникового Сахалина прежними исследованиями установлены две холодные палеоклиматические фазы раннего и позднего дриаса. Первая из

них, имевшая климат холоднее и суще современного, определила распространение кустарниковой лесотундры с преобладанием ольховника и кустарниковых, реже высокоствольных, берёз, на западном побережье средней части острова около 13000 радиоуглеродных лет назад (далее л.н.)/16000 календарных л.н. (далее к.л.н.) [2]. Вторая, поздняя фаза холодных и сухих ледниковых

условий привела к очередному господству в растительном покрове острова зарослей фригидных кустарников, в меньшей степени лиственничных и берёзовых лесов. Она обнаружена в придонных горизонтах древних торфяников на восточном побережье среднего Сахалина, имеющих возраст около 10290–10200 л.н. / 12100–11900 к.л.н. [3]. Относимые к этой же климатической фазе отложения на северо-западе острова [4] содержат пыльцевые спектры, отражающие распространение берёзово-лиственничных лесов с участием тёмнохвойных пород, что не позволяет связывать их с суровыми климатическими условиями. Радиоуглеродное датирование также противоречит отнесению их к позднеледниковой, указывая на раннеголоценовый возраст события – около 10000–9500 л.н / 11500–10800 к.л.н.

Похолодания, отмеченные на юге Сахалина в атлантическом периоде голоцена (около 5900 л.н. / 6800 к.л.н., 5600 л.н. / 6400 к.л.н., 5100 л.н. / 5800 к.л.н., 4700 л.н. / 5500 к.л.н.), носили относительный характер, так как имели термический режим не ниже современного уровня [5, 6]. Они определяли периодические экспансии преимущественно тёмнохвойной растительности, вытеснявшей широколиственные леса, господствовавшие на юге острова большую часть периода. Новые результаты изучения отложений Сусунайской депрессии, проведённые в последние годы, позволили существенно дополнить имеющуюся картину разномасштабных похолоданий климата, неоднократно наступавших на юге Сахалина как в позднеледниковые, так и в атлантическом периоде голоцена.

Целью данного исследования послужило уточнение хронологии и изменений палеосреды южного Сахалина во время коротко-периодичных похолоданий климата в позднеледниковые и атлантическом периоде голоцена.

Материалы и методы исследования

Проведено исследование трех разрезов рыхлых отложений Сусунайской депрессии, лежащей на юге о. Сахалин (рис. 1). Споро-пыльцевым анализом изучено 38 образцов, 13 из которых были хорошо насыщены пыльцой и спорами, 3 – низкое количество их зёрен, недостаточное для оценки участия таксонов, и 22 – почти не содержали микрофоссилий. Обработка проб выполнялась по стандартной методике, с двукратным обогащением в тяжёлой калиево-кадмевой жидкости. В каждом образце насчитывалось

300–500 зёрен пыльцы и спор, из которых не менее 250 принадлежит древесным растениям. В общем составе споро-пыльцевых спектров участие групп пыльцы деревьев и кустарников, фригидных кустарников (кедровый стланик, ольховник и кустарниковые берёзы), трав и кустарничков, а также спор устанавливалось от всего количества обнаруженных микрофоссилий. Содержание компонентов спектра подсчитывалось отдельно в группах пыльцы древесных пород (в том числе и фригидных кустарников), пыльцы трав и кустарничков, и спор. Реконструкция палеорастительности выполнялась на базе данных по субфоссильным споро-пыльцевым спектрам Сахалина [7]. Абсолютный возраст отложений определялся в лаборатории палеоклиматологии кайнозоя института геологии и минералогии СО РАН, где было получено 6 радиоуглеродных датировок. Калибровка (приведение к календарному возрасту) радиоуглеродных дат проводилась в программе CALPAL2007_HULU [8]. Стратиграфическое расчленение позднеледниковых отложений проведено в соответствии с зональной стратиграфической схемой Северной Европы [9], голоценовых – со схемой Блитта – Сернандера, модифицированной для Северной Евразии [10].

Рельеф Сусунайской депрессии слагается из аккумулятивных равнин и террас. Центральную часть занимает озёрная равнина, лежащая на абсолютных отметках 50–60 м и не поднимающаяся над руслами рек выше 4 м. Формирование равнины отнесено к эпохе последнего оледенения [11]. Вдоль русла р. Сусу развиты средне-позднеголоценовые аллювиальные террасы, относительной высотой от 3–5 до 7 м. Краевые, приморские части депрессии, сложены морскими и аллювиально-морскими аккумулятивными террасами высотой от 1 до 7–8 м [5].

Растительность Сусунайской депрессии, особенно в центральной части, почти полностью лишена естественного облика. Здесь доминируют сельхозугодия, местами с суходольными и низинными лугами. Вдоль русел рек Сусу и её притоков развиты ольхово-ивовые заросли. Заболоченные краевые зоны на юге и севере впадины заняты лиственничными марями. Горные склоны прилегающих к депрессии хребтов покрыты каменно-берёзовыми травяно-кустарниковыми лесами (Сусунайский) и вейниковыми сообществами, сформировавшимися на месте сведённой тёмнохвой-

ной растительности (Южно-Камышовый), сохранившейся лишь на юге последнего, где представлена пихтово-еловыми лесами с участием широколиственных пород [7].

Климат относится к умеренному муссонному, с достаточно холодной зимой для столь южного положения территории и прохладным туманным летом. По данным ГМС

«Южно-Сахалинск» и «Долинск», средняя температура воздуха самого холодного месяца – января – равняется $-13,7\text{--}13,5^{\circ}$, самого тёплого – августа – $16,9^{\circ}$, среднегодовая – $2,2^{\circ}$. Сумма выпадающих осадков изменяется от 822 до 1000 мм. Большая их часть, 560–650 мм, выпадает в тёплый период года, с апреля по октябрь [7].

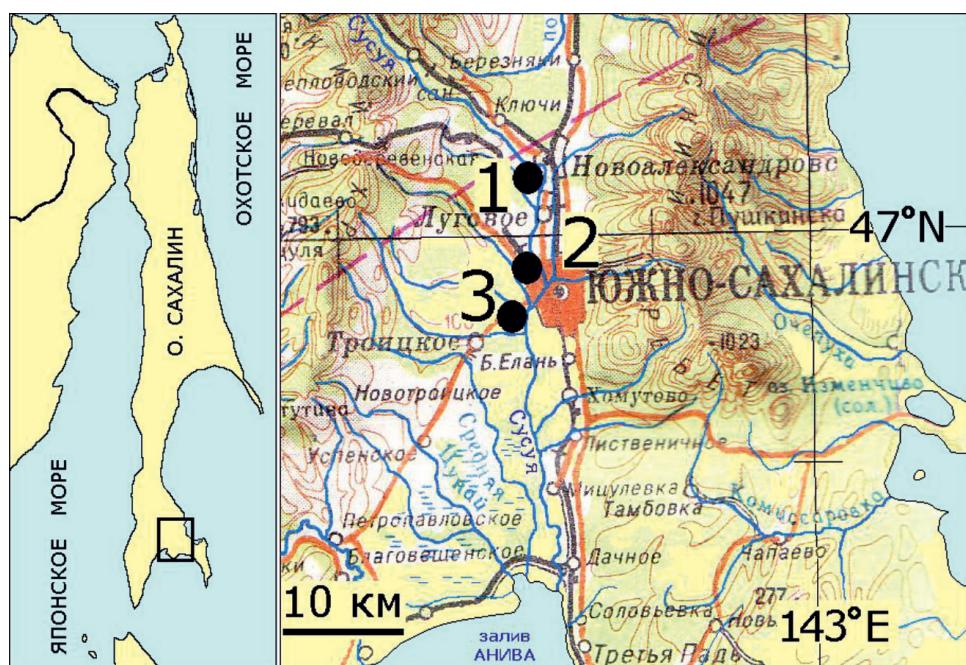


Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов отложений Сусунайской депрессии:
1 – «Сусуя – Ключи», 2 – «Сусуя – Дальнее», 3 – «Сусуя – Владимировка»

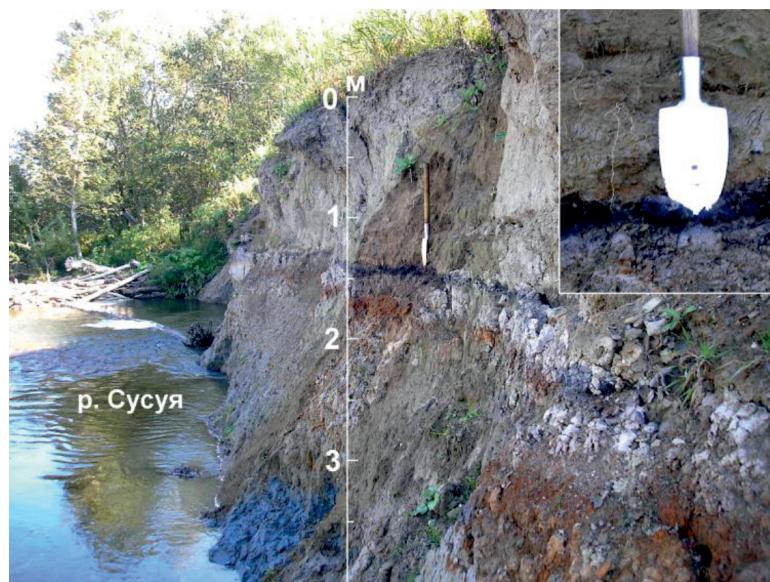


Рис. 2. Обнажение отложений озерной равнины в разрезе «Сусуя – Ключи». Справа вверху крупным планом – горизонт погребённого торфа в интервале 137–144 см, перекрытый аллювием

Результаты исследования и их обсуждение

1. Разрез «Сусуя – Ключи» расположен северо-западнее пос. Новоалександровск, на правом берегу р. Сусуя (рис. 1). Здесь, в 240 м ниже моста, расчищено обнажение отложений озёрной равнины (рис. 2). Сверху вниз в разрезе вскрываются следующие отложения, в см:

- 0–4 – Дерновый горизонт луговой почвы;
- 4–40 – Супесь с галькой до 10–15 %, серовато-жёлтого цвета;
- 40–118 – Песок мелкозернистый, пылеватый, серовато-жёлтого цвета;
- 118–124 – Галечник из мелкой и средней гальки с песчаным заполнителем желтовато-серого цвета;
- 124–137 – Супесь серого цвета, ожелезнённая;
- 137–144 – Торф буровато-чёрного цвета, сильно разложившийся;
- 144–155 – Глина серовато-бурого цвета тугопластичной консистенции, ожелезнённая;
- 155–167 – Глина охристого цвета, тугопластичной консистенции;
- 167–234 – Глина светло-серого цвета, тугопластичной консистенции, сильно ожелезнённая;
- 234–256 – Алеврит светло-серого цвета, ожелезнённый;
- 256–317 – Глина алевритовая голубого цвета, ожелезнённая, в форме трубочек диаметром до 1 см, по вертикально расположенным остаткам стеблей трав;
- 317–340 – Песок алевритовый голубовато-серого цвета;
- 340–357 – Алеврит голубовато-серого цвета с маломощными (0,5–3 см) линзами торфа, не выдержаными по простиранию, с включением остатков вертикально расположенных стеблей трав и мелких веток деревьев;
- 357–362 – Глина буровато-серого цвета, с включением мелкого растительного детрита.

На спорово-пыльцевой диаграмме отложений выделяются следующие спорово-пыльцевые комплексы (СПК) и спектры (рис. 3, А). Спорово-пыльцевой спектр Su_Kl-1 удалось выделить лишь с горизонта 355–357 см; остальные пробы из почти 2,5-метровой пачки озёрных осадков почти не содержали пыльцы и спор. В общем составе спектра пыльца деревьев, фригидных кустарников и травы имеет почти равное представительство, по 30–36 %. Содержание спор не превышает 4 %. В группе пыльцы древес-

ных пород наблюдается господство фригидных кустарников (84 %), образованных в основном кустарниками берёзами (59 %), в меньшей степени ольховником (14 %) и кедровым стлаником (11 %). Небольшое присутствие у пыльцы высокоствольных берёз (9 %), ольхи (3 %), ели (2 %) и лиственницы (< 2 %). Среди пыльцы трав и кустарников преобладают осоковые (61 %), реже отмечается полынь (23 %), намного реже – злаковые, разнотравье и вересковые (по 4–6 %). Немногочисленные споры образованы лишь сфагновыми мхами.

Состав спектра полностью соответствует субфоссильному комплексу приморской лесотунды, развитому ныне на холодном северо-восточном побережье Сахалина [7]. Он отражает лесотундровую растительность с преобладанием зарослей кустарниковых берёз, реже ольховника и кедрового стланика, с небольшим участием тощей лиственницы и высокоствольных берёз. Тёмнохвойные породы в растительности отсутствовали, так как присутствие пыльцы ели обусловлено её заносом с соседнего о. Хоккайдо, где она принимала участие в растительности даже при максимуме последнего оледенения [12]. Лесотундра имела широкое распространение и занимала не только Сусунайскую депрессию, но и склоны прилегающих к ней хребтов. Формирование столь фригидной растительности могло происходить в режиме намного холоднее и суще нынешнего климатического фона. Снижение среднегодовых температур воздуха, по сравнению с современными, составляло не менее 5–6 °C, суммы осадков – 300–500 мм. Эти оценки следует рассматривать как минимальные, поскольку они основываются на метеорологических параметрах территории, распространения лесотунды на Сахалине (среднегодовые температуры воздуха –3–3,6 °, сумма осадков 480–580 мм). Не исключено, что климат события соответствовал северному побережью Охотского моря (температуры воздуха составляют –5–8,5 °, сумма осадков 410–470 мм), где формируются субфоссильные спектры близкого состава [13]. Падение среднегодовых температур, по сравнению с современным уровнем, могло достигать 7–10,5 °, осадков – 400–500 мм. Абсолютный возраст обнаруженного климатического минимума составляет около 12700 л.н. / 15000 к.л.н. (таблица), что позволяет сопоставить его с начальной фазой позднеледниковой Северной Европы – ледниковой стадией раннего, или древнейшего дриаса, имевшей место около 13000–12400 л.н. / 15900–14600 к.л.н. [9].

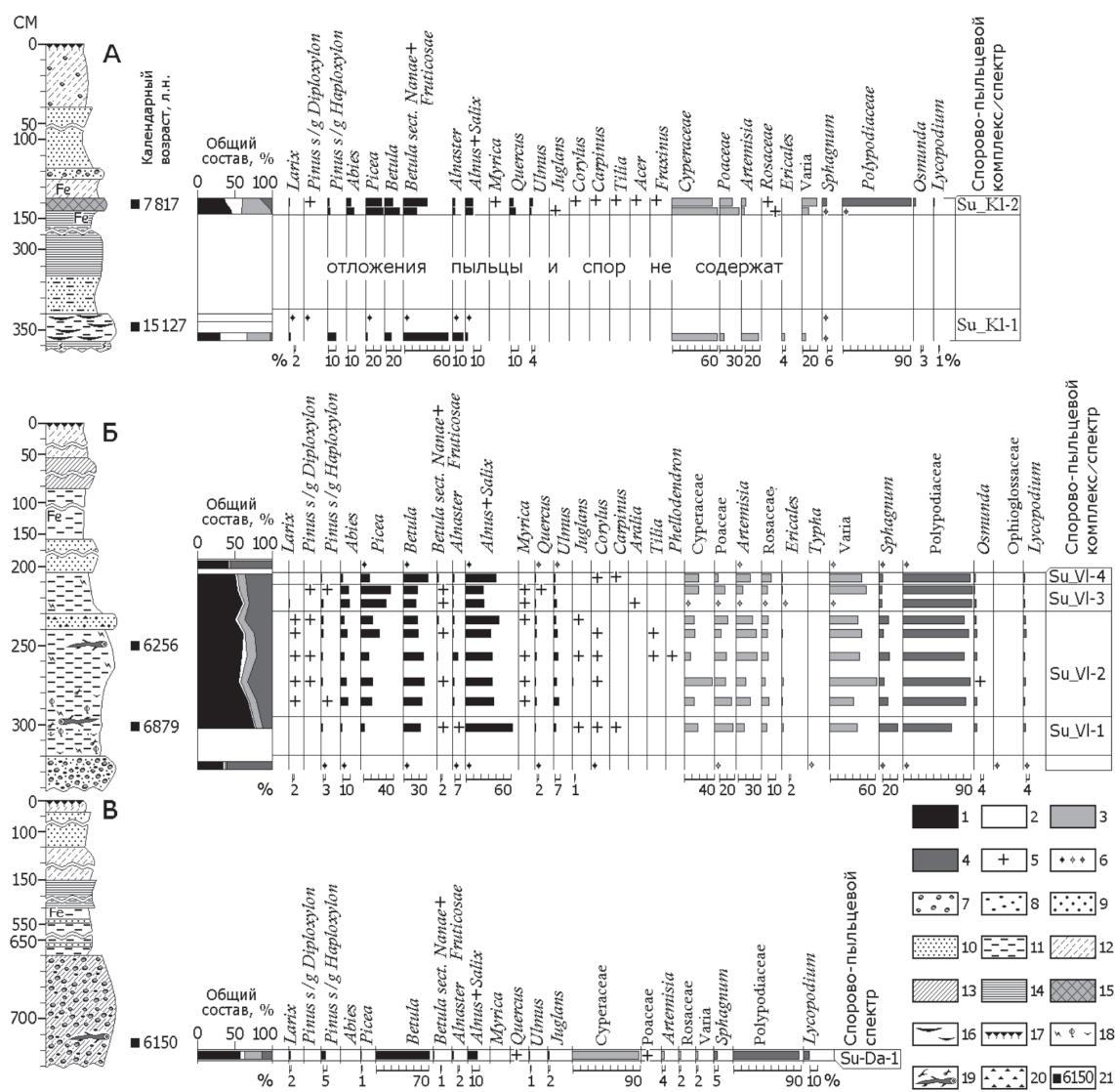


Рис. 3. Спорово-пыльцевые диаграммы отложений разрезов «Сусуя – Ключи» (А), «Сусуя – Владимировка» (Б) и «Сусуя – Дальнее» (В): 1 – пыльца деревьев и кустарников, 2 – пыльца фригидных кустарников, 3 – пыльца трав и кустарничков, 4 – споры, 5 – содержание таксонов < 1%, 6 – % участия не подсчитан из-за малого числа обнаруженных зёрен пыльцы и спор. Литология: 7 – галька, 8 – гравий, 9 – песок крупнозернистый, 10 – песок мелкозернистый, 11 – алеврит, 12 – супесь, 13 – суглинок, 14 – глина, 15 – торф сильно разложившийся, 16 – маломощные (0,5–3 см) прослои слаборазложившегося торфа, 17 – дерновый горизонт современной почвы, 18 – стебли трав, листья, кора деревьев и другой растительный детрит, 19 – обломки веток и стволов деревьев, 20 – древесные угольки, 21 – радиоуглеродная дата

Горизонт сильно разложившегося торфа, перекрывающий озёрные отложения в интервале 137–144 см, содержит СПК Su_Kl-2, в общем составе которого доля пыльцы деревьев (37–45%) превышает содержание пыльцы травянистых растений (28–39%), фригидных кустарников (14–23%) и, особенно, спор (2–12%). В группе пыльцы деревьев и кустарников наблюдается близкое соотношение тёмнохвойных и мелколиственных пород, а также фригидных кустарников, содержание которых колеблется

в пределах 23–38%. Среди пыльцы тёмнохвойных деревьев чаще отмечается ель (21–23%), чем пихта (6–10%). Из светлохвойных пород в незначительном количестве (до 1%) встречается пыльца лиственницы и сосны (*Pinus s/g Diploxyylon*). Пыльца мелколиственных деревьев в большей степени образована берёзами (11–20%), нежели ольхой и ивами (до 12%), фригидных кустарников – кустарниками берёзами (18–33%), чем ольховником и кедровым стлаником (2–3%). Заметно ниже роль

пыльцы широколиственных деревьев с преобладанием дуба (5–8%), ильма (2–4%), присутствием липы, клёна, ясеня, ореха, граба и лещины (по 0,2–0,5%). Редко, до 1%, отмечается пыльца низкорослого восковника (*Myrica*), обитателя болот. В группе пыльцы трав и кустарничков много осоковых (54–61%), злаковых (17–26%) и разнотравья (9–20%). Реже фиксируется пыльца полыни (4–6%), розоцветных (до 1%) и водных растений. Среди спор наблюдается господство папоротников, в основном *Polypodiaceae* (до 90%) и *Osmunda* (до 3%); реже отмечаются сфагновые мхи (до 6%) и плауны.

Состав СПК очень близок к субфоссильному комплексу пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород, развитому в южной части о. Сахалин [7]. Он отразил распространение южнотаёжной тёмнохвойной растительности с примесью широколиственных деревьев, покрывавшей в основном горные склоны. В Сусунайской впадине преобладали мелколиственные, преимущественно берёзовые леса с ильмом и ясенем, а также лиственничники на заболоченных местах. Условия их существования почти отвечали современным, и зафиксировали относительное похолодание климата, происходившее около 7000 л.н. / 7800 к.л.н. (таблица), в начале средней фазы атлантического периода голоценена [10].

2. Разрез «Сусуя – Владимировка» расположен на юго-западной окраине г. Южно-Сахалинска (рис. 1). На правом берегу р. Сусуя, в 1 км ниже по течению от устья р. Владимировка, расчищено обнажение 3-метровой аллювиальной террасы, лежащей на абсолютной высоте около 21 м (рис. 4).

Сверху вниз в разрезе вскрываются следующие отложения, в см:

- 0–32 – Супесь плотная желтовато-серого цвета, с корнями трав;
- 32–52 – Супесь плотная буровато-жёлтого цвета, с корнями трав;
- 52–91 – Суглинок лёгкий серовато-бурового цвета, ожелезнённый;
- 91–153 – Алеврит серого цвета, ожелезнённый по корням трав;
- 153–204 – Песок горизонтально слоистый, мелкозернистый, желтовато-бурового цвета, переслаивающийся с песком буровато-серого цвета;
- 204–230 – Алеврит песчанистый синевато-серого цвета;
- 230–240 – Песок крупнозернистый буровато-серого цвета;
- 240–320 – Алеврит песчанистый синевато-серого цвета, с включением большого количества мелких веток, коры и листьев деревьев в интервале 280–290 см;
- 320–340 и глубже – Галечник из мелкой и средней гальки, с песчано-гравийным заполнителем буровато-серого цвета, ожелезнённый.

В разрезе хорошо заметна смена трёх фациальных разностей аллювия: руслового, залегающего в основании (глубже 320 см), стариичного – в средней части (204–320 см) и пойменного – в верхней (0–204 см). Генезис средней пачки разреза вначале связывался со среднеголоценовой морской ингрессией в долину р. Сусуя [14]. Диатомовый анализ показал её принадлежность к континентальным отложениям. В осадках преобладают пресноводные водоросли, с заметной долей реофилов (*Meridion circulare* Ag., *Diatoma anceps* (Ehr.) Kirchn.), вместе с переотложенными морскими формами неогенового возраста (*Coscinodiscus marginatus* Ehr. и др.).

Радиоуглеродные датировки отложений изученных разрезов южной части о. Сахалин

№ п/п	Разрез, координаты	Лаб. №	Глубина отбора, см	Материал	Возраст образца	
					радиоуглерод- ный, л.н.	календар- ный, к.л.н.
1	«Сусуя – Ключи» 47°03'40.1"с.ш., 142°41'04.1"в.д.	СОАН-6162	340–352	Торф	12730 ± 120	15127 ± 350
2		СОАН-6163	137–144	Торф	6980 ± 100	7817 ± 98
3	«Сусуя – Дальнее» 46°58'19.4"с.ш., 142°42'58.5"в.д.	СОАН-6158	700–730	Древесина	5375 ± 80	6150 ± 106
4	«Сусуя – Владимировка» 46°57'07.8"с.ш., 142°41'38.2"в.д.	СОАН-6159	300	Древесина	6010 ± 110	6879 ± 141
5		СОАН-6160	250	Древесина	5455 ± 50	6256 ± 40
6	В 120 м ниже по течению от разреза «Сусуя – Владимировка»	СОАН-6161	210	Древесина	5395 ± 85	6161 ± 109

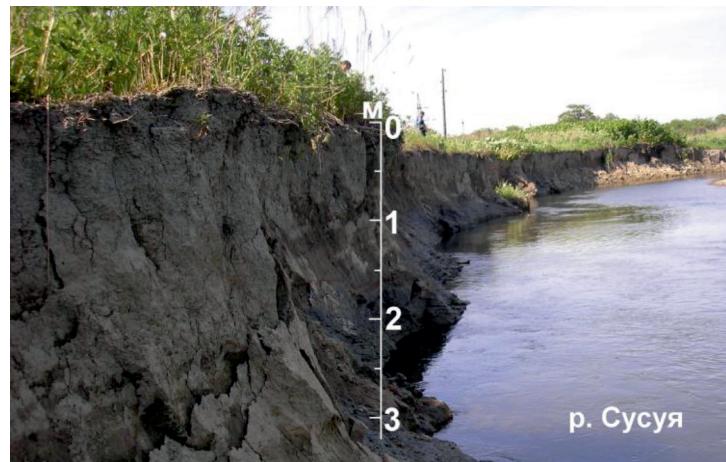


Рис. 4. Обнажение отложений аллювиальной террасы в разрезе «Сусуя – Владимировка»

На спорово-пыльцевой диаграмме отложений выделяются следующие спорово-пыльцевые комплексы и спектры (рис. 3, Б). В нижней части пачки стариичного аллювия (русловой аллювий в основании террасы слабо насыщен микрофоссилями), в интервале 290–320 см, содержится спектр Su_VI-1 с преобладанием в общем составе пыльцы деревьев (76%), и резко подчинённой ролью спор (13%), пыльцы трав (9%) и фригидных кустарников (2%). Среди пыльцы древесных видов растительности господствуют мелколиственные породы, в основном ольха и ивы (63%), реже берёзы (22%). Тёмнохвойные породы представлены несравненно слабее, чаще елью (5%), чем пихтой (2%). Также немного пыльцы широколиственных деревьев, образованной ильмом (2,6%), дубом (1,4%) и в незначительной степени (0,1–0,2%) лещиной, орешком и грабом. Пыльца фригидных кустарников имеет крайне низкое значение, не более 2,5%, и почти полностью образована кедровым стлаником. В группе пыльцы трав отмечается преобладание разнотравья (36%), в меньшей степени злаковых (25%), осоковых (18%), полыни (11%) и розоцветных (7%). Верескоцветные отмечены в количестве 2%. Споры представлены в основном папоротниками *Polypodiaceae* (66%) и *Osmunda* (4%), реже сфагновыми мхами (25%) и плаунами (3%).

Состав спектра близок к характеристике ряда субфоссильных спектров южной части Сахалина [7], в растительности которого, из-за вырубок тёмнохвойных лесов, местами высока роль берёз. Он отразил преобладание в растительности мелколиственных, преимущественно берёзовых лесов

с примесью широколиственных деревьев, и ольхово-ивовых зарослей вдоль рек. Тёмнохвойные породы принимали небольшое участие в лесах на склонах хребтов, прилегающих к Сусунайской депрессии. Условия существования этой растительности приближались к современным по термическому режиму, но были суще, что видно по невысокой роли влаголюбивых тёмнохвойных пород. Они отвечали относительному похолоданию начала позднего атлантика, обнаруженному в последнее время на юге Сахалина [15]. Этому не противоречит радиоуглеродная дата около 6000 л.н. / 6900 к.л.н., полученная с глубины 300 см (таблица). Похолодание в начале позднего атлантика имело глобальный характер, поскольку обнаружено в разных районах Земли [16].

Вышележащая часть стариичного аллювия, в интервале 230–290 см, содержит СПК Su_VI-2. В нём ведущая роль принадлежит пыльце деревьев (50–67%), меньшие доли – спорам (21–37%), пыльце травянистых растений (9–13%) и фригидных кустарников (3–7%). В группе пыльцы деревьев и кустарников преобладают мелколиственные породы, в большей степени ольха и ивы (34–45%), нежели берёзы (19–27%). Второе место занимают тёмнохвойные породы, чаще представленные елью (12–25%), чем пихтой (5–10%). Широколиственные деревья, стоящие в группе на третьем месте (6–9%), в основном образованы ильмом (до 7%) и дубом (до 2%). Другие таксоны (*Tilia*, *Corylus*, *Juglans*, *Phellodendron*) встречены в количестве не более 1%. Последнее место пыльцы фригидных кустарников (2–10%) чаще обеспечено ольховни-

ком, нежели кедровым стлаником. Слабо представлена и пыльца светлохвойных деревьев, как лиственницей, так и сосновой подродом *Diploxyylon* (0,2–0,8%). В таком же мизерном количестве фиксируется и пыльца кустарника восковника. Среди пыльцы трав много разнотравья (32–63%), меньшее полыни (13–27%), осоковых (8–37%), злаковых (8–23%) и розоцветных (5–10%). Вересковые встречаются редко, в количестве не более 2%. В группе спор господствуют папоротники *Polypodiaceae* (80–89%) и *Osmunda* (1–4%), реже отмечаются сфагновые мхи (6–14%) и плауны (2–4%).

Состав СПК имеет общие черты с субфоссильным комплексом долинных лесов подзоны тёмнохвойной растительности юга Сахалина [7], отличаясь от него меньшей ролью пыльцы тёмнохвойных пород и фригидных кустарников и большей – мелколиственных деревьев. Эти отличия позволяют предполагать развитие смешанных лесов с преобладанием берёз в горах и мелколиственной формации с участием широколиственных пород, преимущественно ильма – в Сусунайской депрессии. Характер растительности свидетельствует об относительном похолодании, с температурами, близкими к современным, но с меньшей влажностью климата. Радиоуглеродная дата около 5500 л.н. / 6300 к.л.н. (таблица) позволяет отнести его к середине позднего атлантика.

СПК Su_VI-3, заключённый в верхних горизонтах старичного аллювия, в интервале 210–230 см, зафиксировал возрастание влажности климата, превысившей современный уровень, при сохранении прежнего температурного фона. Более высокое содержание пыльцы тёмнохвойных пород (46–51%), нежели в субфоссильном комплексе, свидетельствует о большей роли пихтово-еловых лесов с участием широколиственных пород (3–5%), по сравнению с современной растительностью южного Сахалина, вытеснивших с горных склонов смешанные леса прежней фазы. В Сусунайской депрессии по-прежнему преобладали мелколиственные леса (содержание пыльцы до 43%) и, скорее всего, лиственничники на заболоченных местах. Влажная фаза похолодания середины позднего атлантика, вероятно, наступила около 5400 л.н. / 6200 к.л.н., учитывая результаты датирования верхнего слоя старичного аллювия в отложениях речной террасы ниже по течению р. Сусуя (таблица).

Спорово-пыльцевой спектр Su_VI-4 из поверхностного горизонта (204–209 см)

старичного аллювия отметил падение содержания пыльцы тёмнохвойной растительности более чем в три раза (до 15%), возрастание доли пыльцы мелколиственных деревьев (до 74%) и сохранение прежней, небольшой роли широколиственных пород (4,5%). Он, следовательно, отметил снижение влажности климата в завершающей фазе относительного похолодания климата, происходившее после 5400 л.н. / 6200 к.л.н.

3. Разрез «Сусуя – Дальнее» находится на северо-западной окраине г. Южно-Сахалинска, в 1,1 км к северу от автомобильного моста у Владимировки (рис. 1). Здесь, на правом берегу р. Сусуя, расчищено обнаружение 7-метровой аллювиальной террасы, лежащей на абсолютной высоте около 30 м. Сверху вниз в разрезе вскрываются следующие отложения, в см:

- 0–28 – Супесь гумусированная черновато-серого цвета с корнями трав;
- 28–110 – Песок мелкозернистый, пылеватый, желтовато-бурового цвета;
- 110–150 – Супесь серовато-бурового цвета;
- 150–540 – Глина тугопластичной консистенции серовато-бурового цвета, ожелезнённая, глубже 300 см переходящая в полуторвёрдую консистенцию;
- 540–660 – Алевриты синевато-серого цвета, ожелезнённые в виде тонких прослоев и корочек, переслаивающиеся с мелко-среднезернистыми песками буровато-серого цвета (мощность прослоев 10–20 см);
- 660–730 и глубже – Галечник из мелкой и средней гальки, преимущественно полуокатанной формы, с гравием и суглинистым заполнителем голубовато-серого цвета, с включением ствола дерева хорошей сохранности диаметром 30 см.

Палинологическим анализом изучена только нижняя часть разреза, глубже 600 см, в которой лишь один образец оказался хорошо насыщенным пыльцой и спорами (рис. 3, В). Спорово-пыльцевой спектр Su_Da-1, обнаруженный в интервале 720–730 см, в общем составе имеет преобладание пыльцы деревьев (57%) и меньшее содержание пыльцы травянистых растений (23%), фригидных кустарников (5%) и спор (14%). Среди пыльцы древесных видов наблюдается господство мелколиственных деревьев, в основном представленных берёзами (72%), реже ольхой и ивами (13%). Значительно меньше пыльцы как фригидных кустарников (8%, с преобладанием кедрового стланика), так и тёмнохвойных пород, среди которых фиксируется только ель

(1%), а также широколиственных деревьев, представленных орехом (до 2%), ильмом и дубом (до 1%). В небольшом количестве, как обычно, присутствует пыльца лиственницы (2%). Пыльца трав, почти полностью, образована осоковыми (88%), гораздо реже (3–4%) полынью, розоцветными и разнотравьем. Среди спор отмечается полное превосходство папоротников Polypodiaceae (87%) над плаунами (8%) и сфагновыми мхами (5%).

Спектр отразил максимальное распространение мелколиственных лесов на юге Сахалина. Тёмнохвойные породы в них почти не встречались, что свидетельствует об уменьшении влажности климата в заключительную фазу похолодания середины позднего атлантика, начало которой зафиксировано спектром Su_VI-4 в разрезе «Сусуя – Владимировка». Результаты радиоуглеродного датирования, около 5375 л.н. / 6150 к.л.н. (таблица), близкие к таковым предыдущей, влажной фазы похолодания, отмечают кратковременность события, продолжавшегося, возможно, не более 100 лет. Подтверждением этому служит возраст начала интенсивного потепления, сменившего данное похолодание около 5300 л.н. / 6100 к.л.н., также обнаруженного на юге Сахалина [17].

Выводы

Изучение отложений Сусунайской депрессии позволило выявить в позднем ледниковом и атлантическом периоде голоцен ряд кратковременных похолоданий, охватывавших южный Сахалин.

1. Максимальное похолодание и иссушение климата, отвечавшее позднеледниковой стадии ранний дриас в Северной Европе, происходило около 15000 к.л.н. Оно вызвало экспансию лесотундровой растительности, представленной зарослями кустарниковых берёз, реже ольховника и кедрового стланника, с небольшим участием лиственницы и древесной берёзы.

2. Относительное похолодание начала среднего атлантика, около 7800 к.л.н., имело климат, близкий к современным условиям, обеспечивший распространение южно-таёжных пихтово-еловых лесов с примесью широколиственных пород.

3. Похолодание начала позднего атлантика, наступившее около 6900 к.л.н., обладало более сухими климатическими условиями, которые привели к развитию мелколиственных лесов с участием широколиственных пород.

4. Относительное похолодание середины позднего атлантика, около 6300–6100 к.л.н., отличалось переменной влажностью при сохранении температур, близких к нынешнему фону. Более сухое начало события определило развитие смешанных лесов, сменившихся пихтово-еловыми лесами во время влажной средней стадии, около 6200 к.л.н. На завершающем моменте похолодания, из-за очередного снижения влажности климата, распространились мелколиственные леса.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Дальневосточного отделения Российской академии наук (15-I-2-063).

Список литературы

- Палеоклиматы и палеоландшафты внетропического пространства Северного полушария. Поздний плейстоцен–голоцен. Атлас-монография / под ред. Величко А.А. – М.: ГЕОС, 2009. – 120 с.
- Короткий А.М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока (низовье р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). – Магадан: Изд-во Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН, 2002. – С. 257–369.
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г., Петренко Т.И. Ранний голоцен Сахалина // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 12. – С. 432–437.
- Igarashi Y., Zharov A. Climate and vegetation change during the late Pleistocene and early Holocene in Sakhalin and Hokkaido, northeast Asia // Quaternary International. – 2011. – V. 237 – P. 24–31.
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Эволюция природы юго-восточной части острова Сахалин в голоцене. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 1996. – 130 с.
- Гвоздева И.Г., Микишин Ю.А. Стратиграфия и палеогеография голоцена юго-западного Сахалина // Естеств. и техн. науки. – 2008. – № 3. – С. 177–183.
- Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Субфоссильные спорово-пыльцевые комплексы Сахалина и прилегающих территорий. – Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. – 162 с.
- Weninger B., Joris O., Danzeglocke U., 2013. CalPal-2007. Cologne Radiocarbon Calibration & Palaeoclimate Research Package. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.calpal.de> (дата обращения: 06.02.18).
- Шарапова А.Ю. Зональная стратиграфическая схема верхнеплейстоцен-голоценовых отложений Северной Европы // Вестник СПбГУ. – сер. 7. Геология и география. – 2005. – Вып. 1. – С. 103–105.
- 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.
- Александрова А.Н. Плейстоцен Сахалина. – М.: Наука, 1982. – 192 с.
- Igarashi Y. Vegetation and climate during the LGM and the last deglaciation on Hokkaido and Sakhalin Islands in the northwest Pacific // Quaternary International. – 2016. – V. 425. – P. 28–37.
- Карташова Г.Г. Спорово-пыльцевые спектры современных отложений в бассейне р. Олы (северное побережье

- Охотского моря). – Спорово-пыльцевой анализ при геоморфологических исследованиях. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – С. 90–105.
14. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Формирование рељефа побережья залива Анива в голоцене // Геодинамические процессы и природные катастрофы в Дальневосточном регионе: тезисы докл. науч. конф., посвящённой 65-летию ин-та морской геол. и геоф. ДВО РАН (Южно-Сахалинск, 26–30 сент. 2011 г.). – Южно-Сахалинск, 2011. – С. 158–159.
15. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Ландшафтно-климатические изменения на юге Сахалина в средне-позднеатлантическое время голоцена // Успехи современного естествознания – 2017. – № 12. – С. 207–214.
16. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. – 2014. – № 2. – С. 5–20.
17. Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G., Orlova L.A. Basic Holocene section of South West Sakhalin // Environment Development of East Asia in Pleistocene-Holocene (boundaries, factors, stages of Human mastering). Abstract of International Scientific Conference. (Vladivostok, Russia, September 14–18, 2009) – Pacific Institute of Geography Russian Academy of Sciences. – Vladivostok, 2009. – P. 149–152.

References

- Paleoklimaty i paleolandshafty vnetropichestkogo prostranstva Severnogo polusharija. Pozdnej pleistocen-golocen. Atlas-monografija / pod red. Velichko A.A. M.: GEOS, 2009. 120 p.
- Korotkij A.M. Palinologicheskie harakteristiki i radiouglernyye datirovki verhnechetvertichnyh otlozhenij Rossiskogo Dalnegra Vostoka (nizove r. Amur, Primore, o. Sahalin, Kurilskie ostrova) // Pozdnechetvertichnye rastitelnosti i klimaty Sibiri i Dalnegra Vostoka (palinologicheskaja i radiouglernaya baza dannyyih). Magadan: Izd-vo Sev.-Vost. nauch. centra DVO RAN. 2002. pp. 257–369.
- Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G., Petrenko T.I. Rannij golocen Sahalina // Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. 2010. no. 12. pp. 432–437.
- Igarashi Y., Zharov A. Climate and vegetation change during the late Pleistocene and early Holocene in Sakhalin and Hokkaido, northeast Asia // Quaternary International. 2011. V. 237 pp. 24–31.
- Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Jevoljucija prirody jugo-vostochnoj chasti ostrova Sahalin v golocene. Vladivostok: Izd-vo Dalnevost. un-ta, 1996. 130 p.
- Gvozdeva I.G., Mikishin Ju.A. Stratigrafija i paleogeografiya golocena jugo-zapadnogo Sahalina // Estestv. i tehn. nauki. 2008. no. 3. pp. 177–183.
- Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Subfossilnye sporovo-pylcevye kompleksy Sahalina i prilegajushhih territorij. Vladivostok : Izd-vo Dalnevost. un-ta, 2009. 162 p.
- Weninger B., Joris O., Danzeglocke U., 2013. Cal-Pal-2007. Cologne Radiocarbon Calibration & Palaeoclimate Research Package. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.cal-pal.de> (data obrashchenija: 06.02.18).
- Sharapova A.Ju. Zonalnaja stratigraficheskaja shema verhnepleistocen-golocenovyh otlozhenij Severnoj Evropy // Vestnik SPbGU. 2005. ser. 7. Geologija i geografija. Vyp. 1. pp. 103–105.
- Hotinskij N.A. Radiouglernaja hronologija i korrelacijia prirodnijh i antropogennyh rubezhej golocena // Novye dannyye po geohronologii chetvertichnogo perioda. K XII kongressu INKVA (Kanada, 1987 g.). M.: Nauka, 1987. pp. 39–45.
- Aleksandrova A.N. Pleistocen Sahalina. M.: Nauka, 1982. 192 p.
- Igarashi Y. Vegetation and climate during the LGM and the last deglaciation on Hokkaido and Sakhalin Islands in the northwest Pacific // Quaternary International. 2016. V. 425. pp. 28–37.
- Kartashova G.G. Sporovo-pylcevye spektry sovremennyh otlozhenij v bassejne r. Oly (severnoe poberezhe Ohotskogo morja). Sporovo-pylcevoj analiz pri geomorfologicheskikh issledovanijah. M.: Izd-vo MGU, 1971. pp. 90–105.
- Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Formirovanie releta poberezhza zaliva Aniva v golocene // Geodinamicheskie processy i prirodnye katastrofy v Dalnevostochnom regione: tezisy dokl. nauch. konf., posvjashchennoj 65-letiju in-ta morskoj geol. i geof. DVO RAN (Juzhno-Sakhalinsk, 26–30 sent. 2011 g.). Juzhno-Sakhalinsk, 2011. pp. 158–159.
- Mikishin Ju.A., Gvozdeva I.G. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija na juge Sahalina v sredne-pozdneatlanticheskoe vremja golocena // Uspehi sovremennoego estestvoznanija 2017. no. 12. pp. 207–214.
- Borisova O.K. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija v golocene // Izv. RAN. Ser. geogr. 2014. no. 2. pp. 5–20.
- Mikishin Yu.A., Gvozdeva I.G., Orlova L.A. Basic Holocene section of South West Sakhalin // Environment Development of East Asia in Pleistocene-Holocene (boundaries, factors, stages of Human mastering). Abstract of International Scientific Conference. (Vladivostok, Russia, September 14–18, 2009) Pacific Institute of Geography Russian Academy of Sciences. Vladivostok, 2009. pp. 149–152.