

10. Корженевский В.В., Квитницкая А.А. Фитоиндикация сульфозионных явлений на грязевулканических брекчиях в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 32-44.
11. Корзников К.А. Растительные сообщества грязевого вулкана Магунтан (о. Сахалин) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2015. – Т. 120. Вып. 1. – С. 61-68.
12. Корзников К.А. Растительные сообщества Южно-Сахалинского грязевого вулкана // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2014. – № 1. – С. 56-65.
13. Корзников К.А. Растительный покров молодых грязевых полей грязевого вулкана Магунтан (о. Сахалин) // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2015. – № 2. – С. 51-55.
14. Мельников О.А. Южно-Сахалинский газоводолитокластитовый («грязевой») вулкан – уникальный объект природы на Дальнем Востоке России. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2002. – 48 с.
15. Мельников О.А., Сабиров Р.Н. Новые данные о современном состоянии былой активности Южно-Сахалинского газоводогрязевого вулкана (о. Сахалин) // Тихоокеанская геология. 1999. – Т. 18, № 3. – С. 37-46.
16. Мельников О.А., Ершов В.В. Грязевой (газоводолитокластитовый) вулканизм острова Сахалин: история, результаты и перспективы исследований // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 6. – С. 87-93.
17. Прытков А.С., Василенко Н.Ф., Ершов В.В. Моделирование извержения Южно-Сахалинского грязевого вулкана в 2011 г. по данным GPS наблюдений // Тихоокеанская Геология. – 2014. – № 3. – С. 79-87.

УДК 613.1+902.06

**ИЗМЕНЕНИЕ ТЕПЛО- И ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ РАВНИННОГО
КРЫМА НА ПРОТЯЖЕНИИ ПОСЛЕДНИХ 3000 ЛЕТ**

Лисецкий Ф.Н., Польшина М.А., Пичура В.И., Буряк Ж.А.

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород,
Россия*

Аннотация. Ритмические изменения климата определяют необходимость обращения к длинным временным рядам с целью выявления низкочастотных колебаний климата. Цель работы состояла в разработке региональных древесно-кольцевых хронологий для современного и античного периодов, установлении связи радиального прироста с климатическими показателями и реконструкции климата древности по дендрохронологическим и палеопочвенным данным. С использованием комплекса статистических методов была выполнена реконструкция средних параметров климата и его хроноорганизации за полувековой период в античное время.

Ключевые слова: климатические изменения, ГИС-технологии, экотон, античная эпоха.

**CHANGE OF HEAT AND WATER SAFETY IN THE PLAIN CRIMEA OF THE LAST
3000 YEARS**

*Lisetskii F.N., Polshina M.A., Pichura V.I., Buryak Zh.A.
Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*

Abstract. Rhythmic climate changes determine the necessity to refer to long time series to detect low-frequency vibrations of climatic parameters. The purpose of work was to develop regional tree-ring chronologies for modern and ancient periods, to establish the connection of radi-

al growth with climatic indicators and reconstruction of ancient climate based on dendrochronological data. Using a complex of statistical methods climatic parameters reconstructions and chrono-organizations of half-century changes in forest site in ancient times were performed.

Keywords. climate change, GIS technology, ecotone, ancient epoch.

Для реконструкции климатических условий прошлого перспективна интеграция результатов, полученных при изучении двух видов палеоэкологических архивов: хронологии по живой и ископаемой древесине (для выявления высокочастотных изменений) и реликтовых свойств погребенных почв (для определения результатов действия многовековых циклов: от 100 до 500 лет). Цель работы состояла в использовании разработанных региональных древесно-кольцевых хронологий для современного и античного периодов, установлении связи радиального прироста с климатическими показателями и реконструкции климата древности по дендрохронологическим и палеопочвенным данным.

Для синтеза климатических показателей тепло- и влагообеспеченности использован биоэнергетический подход [1], позволяющий рассчитать годовую величину затрат радиационной энергии на почвообразование (Q , МДж/(м² год)). Моделирование пространственной изменчивости величины Q проводили в геоинформационном приложении ArcGIS 10.2 с использованием модуля *Spatial Analyst*. По местоположению 32 метеостанций, покрывающих территорию Крыма, и расчетным значениям Q выполнили интерполяцию методом локальных полиномов. Это позволило охарактеризовать переходную полосу смены биоклиматических условий от степной зоны к предгорной лесостепи.

Под насыпью кургана Ак-Кая IX (Белогорский район) было сделано 2325-2350 лет назад [2] перекрытие склепа из бревен молодых дубов (рис. 1). Это позволило получить серии кернов из уникальной по сохранности древесины для последующих дендрохронологических исследований. Мы также отобрали 38 кернов из стволов живых деревьев преимущественно дуба (три вида) со средним возрастом 56 лет (от 22 до 97) в близлежащих к кургану лесных массивах (рис. 2). Керны были получены в сентябре 2016 года с помощью приростного бурава Пресслера (Haglöf 400 mm). Измерения ширины годовичных колец проведены в соответствии с общепринятой методикой на устройстве для измерения годовичных колец LINTAB-6 (с точностью $1 \cdot 10^{-3}$ мм) в комплекте с платформой TSAP-Win (Professional 4.0).



Рисунок 1. Стратиграфия археологического раскопа кургана Ак-Кая IX (а); дубовые бревна в погребении IV в. до н.э. (б); спилы бревна (в, г)

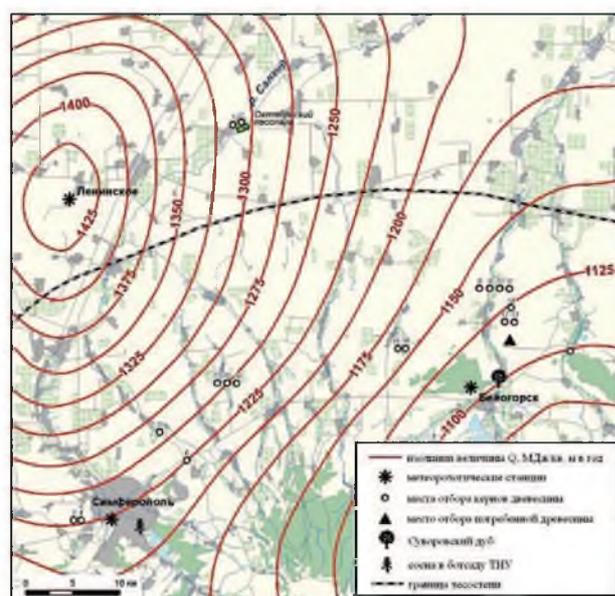


Рисунок 2. Распределение расчетных величин затрат радиационной энергии (Q) в зоне перехода от степной зоны к предгорной лесостепи и местоположение объектов дендрохронологических исследований

Радиальные приросты в ископаемой древесине дуба из кургана античного времени были использованы для построения древесно-кольцевой хронологии длиной 49 лет, которая была сопоставлена с приростами годовых колец у современных дубов в близлежащих лесах (12 площадок). Проведено сопоставление почв, погребенных в IV в. до н. э., но расположенных в климатически различных районах Крыма – предгорной лесостепи (под курганом Беш-Оба IV, Белогорский район) и приморской степи (городище Аирчи, у с. Витино). Современный климат в указанных районах имеет существенные отличия. В причерноморской степи по сравнению с центральными предгорьями за год выпадает на 124 мм меньше осадков, а в наиболее засушливые годы общая сумма не превышает 306 мм, температуры самого теплого и самого холодного месяца на 1,4 °С больше и 1,1 °С меньше соответственно.

Статистическое нормирование проводили для преобразования разнородных исходных данных климатических параметров и радиального прироста в одну безмерную (коэффициентную) плоскость значений. Это позволило с использованием Вейвлет-анализа объективно выявить основные гармоника и определить максимальную степень кросскорреляционной зависимости влияния климата на радиальный прирост деревьев.

Изучение почвенно-климатических отношений позволяет обнаруживать устойчивые результаты долговременных (низкочастотных) изменений природной среды. К примеру, в таком относительно стабильном в климатическом отношении районе, как западная часть Южного берега Крыма (Гераклейский полуостров) с фоновыми коричневыми щелочистыми почвами, хроноряд из разновременных почв [7] показывает их полигенетичность, а данные палеоэкологических исследований в этом районе [6] позволяют предположить, что климатическим условиям около 3 тыс. лет соответствовали рендзины и черноземы, а не коричневые почвы предшествующего периода. В античное время наблюдался качественный переход в экологической обстановке, который, вероятно, отразился в демографическом росте скифского населения Степного Причерноморья и Крыма в конце V–IV вв. до н. э., с последующим запустением степей в конце IV–III вв. до н. э. В Северо-Западном Крыму лесостепь античной эпохи включала древесную растительность из дуба, вяза, с участием клена, тополя, ясеня, ольхи, лещины [5]. Но в современной растительности балок древесных пород немного – груши лесная, лохолистная и обыкновенная, яблоня ранняя, слива колючая. Для реконструкции климатических условий прошлого использован географический аналог – среднерусскую лесостепь (в 600 км к северо-востоку от Северо-Западного Крыма). Сравнительный анализ ландшафтно-климатических обстановок в крымской степи и среднерусской лесостепи позволяет предположить, что лесостепным условиям в античную эпоху на Тарханкутском полуострове могла соответствовать следующая трансформация климатических параметров по сравнению с современностью: превышение сумм осадков от 200 до 230–260 мм в год при уменьшении среднегодовых температур воздуха от 3,4 °С и более. По этим данным можно рассчитать величину Q , при которой могли формироваться леса в условиях Тарханкута: это диапазон 1005–1018 МДж/м² в год.

В контактной зоне побережья Черного моря с приморской степью находится городище Аирчи (9 км западнее Евпатории). Место греческого поселения (вторая половина IV–II вв. до н. э.) было унаследовано скифским городищем II в. до н. э. – I в. н. э. По совокупности физико-химических свойств и фракционного состава гумуса у погребенных почв установлено, что биоклиматические условия в интервале от середины – второй половины II тыс. до н. э. и до середины IV в. до н. э. благоприятствовали формированию почв, близких современным темно-каштановым почвам сухостепной зоны Северного Причерноморья. Основные климатические параметры, которые характеризуют условия, необходимые для формирования таких почв: осадки – от 423 до 450 мм в год, среднегодовые температуры воздуха – от 10,1 до 9,8 °С при величине ГТК 0,6–0,7.

Погребенные почвы под курганом Беш-Оба IV можно диагностировать как серые лесные почвы на элювии карбонатных пород, подстилаемых мергелем с прослоями глин.

Аналогом этих почв (но при более укороченном (на 30-35%) гумусовом профиле) можно считать серые лесные влажные почвы под дубовыми и грабовыми лесами на элювиально-делювиальных лессовидных отложениях тяжелого гранулометрического состава, подстилаемых породами, являющимися водоупорами (в западной лесостепной провинции Украины). Таким образом, палеопочвенные данные свидетельствуют о том, что климат, который предшествовал IV в. до н. э. отличался большим увлажнением, чем в последующее время, включая современный этап формирования природы в предгорной лесостепи.

Таким образом, глобальные климатические изменения не могли нивелировать территориальных различий в зональном распределении почв и растительности, которые проявлялись в древности сходным образом с современной дифференциацией ландшафтов (рис. 1). Даже в относительно однотипные сверхвековые климатохроны проявлялись, а нередко и становились ведущими, внутрирегиональные различия почв и ландшафтов, обусловленные орографическими, позиционными и иными факторами климатообразования.

Проведено сопоставление радиальных приростов в кернах погребенной древесины (рис. 1) и объекта-аналога (дуб пушистый (у с. Пролом)). В результате кросскорреляционного анализа величины Q за период 1987-2016 гг. было определено, что при временных сдвигах результаты реконструкции имеют наилучшее подобие ($r=0,54$) с хронозоной 1922-1961 гг. Это позволило по этому периоду установить особенности климата античного времени для современного ареала предгорной лесостепи. В период от 2310 до 2285 лет назад климат характеризовался следующими величинами показателей: среднегодовая температура воздуха $10,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумма осадков – 457 мм в год, величина годовых энергетических затрат на почвообразование ($Q - 1030\text{ МДж/м}^2$ (при величине вариации 21,5%)). Так как время, которое необходимо для формирования дубово-широколиственных лесов, исчисляется в 100-500 лет [8], то как минимум 24-28 веков назад в крымском предгорье вместо нынешних островных массивов («дубков») на черноземах карбонатных щебнистых и дерновых почвах на элювии плотных карбонатных пород доминировали дубравы под серыми лесными почвами. Таким образом, в предгорной лесостепи внутривековые колебания климата до середины IV в. до н. э. определяли его отличие от современной эпохи в большей степени увлажнения (на 4%) при некотором снижении обеспеченности теплом и более высоком (на 6%) потенциале почвообразования. Это в целом способствовало лучшим условиям для произрастания предгорных дубрав.

Общие закономерности дифференциации условий почвообразования на территории Крымского полуострова были установлены ранее [3] по распределению величин Q . Более детально выполнена интерполяция по расчетным значениям Q для территории Равнинного Крыма с быстрой сменой биоклиматических условий (рис. 2). Примечательно, что в зоне перехода (экотоне) от степной зоны к предгорной лесостепи наблюдается резкий скачок значений: в северо-западном направлении величина Q увеличивается на 75 МДж/м^2 на каждые 10 км. Объективность существования границы «степь-лесостепь» как зонального экотона обоснована по результатам изучения границы между лесостепной и степной зонами, что отражается в таких индикаторных признаках, как влажность почвы, содержание карбонатов, солевой режим и др. [4].

Об амплитуде палеоэтапов позднего голоцена (последние 2800 лет) в определенной степени можно судить по особенностям хроноорганизации климатической системы за период вековой длительности, что могут обеспечить длинные ряды метеопараметров инструментального периода наблюдений. По амплитуде внутривековых колебаний среднегодовых температур ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$) и годовых сумм осадков (до 18%) можно оценить отклонение величины Q от нормы – до $180\text{ МДж/(м}^2\text{ год)}$. При устойчивых изменениях климата такого порядка вероятна возможность пульсирующей миграции почвенно-географических подзон в пределах Равнинного Крыма на 43-52 км. Поэтому для условий Крымского полуострова, где ширина распространения ареалов черноземов южных находится в пределах 20 км, черноземов предгорий – 30-35 км, темно-каштановых почв – 40 км, возможность

трансформирующей эволюции почв на протяжении всего голоцена можно признать обоснованной [3].

Оценка климатических условий в IV в. до н. э. показала, что более благоприятные условия для произрастания лесов в предгорной лесостепи, при которых были сформированы лесные почвы (они сохранились под курганами), существенно не отличались от современности. Это позволяет отнести островной характер современных лесов как реликтов более широко распространенных здесь дубрав не на аридизацию климата в последние 2300 лет, а на счет антропогенного фактора.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект «Геоархеология памятников и древнеземледельческих ландшафтов Крыма» № 15-31-10136.

Литература

1. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 126 с.
2. Колтухов С.Г. Курган IV Аккайского (Белогорского) курганного могильника // Древности Боспора, 2006. – Т. 9. – С. 228 – 259.
3. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Климатическая обусловленность почвообразовательного процесса в Крыму // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология, 2010. – Т. 23 (62). – № 2. – С. 52 – 60.
4. Малая Ю.И. Экологические особенности экотона «Лесостепь-степь» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2012. – Т. 14. – № 1(6). – С. 1489 – 1492.
5. Щеглов А.Н. Северо-Западный Крым в античную эпоху. – Ленинград: Наука, 1978. – 258 с.
6. Cordova C. Crimea and the Black Sea: An environmental history. – London New York: I. B. Tauris, 2016. – 235 p.
7. Lisetskii F.N., Rodionova M.E., Terekhin E.A., Stolba V.F., Ergina E.I. Post-agrogenic evolution of soils in ancient Greek land use areas in the Herakleian Peninsula, Southwestern Crimea // The Holocene, 2013. – Т. 23. – № 4. – С. 504 – 514.
8. Matveev S.M., Chendev Yu.G., Lupo A.R., Hubbart J.A., Timashchuk D.A. Climatic changes in the East-European forest-steppe and effects on Scots pine productivity // Pure and Applied Geophysics, 2017. – Т. 174. – № 1. – С. 427 – 443.

УДК 553.55

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ВЫБОРА НОВОГО МЕСТА ЗАЛОЖЕНИЯ ПОЛИГОНА ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ СЕВАСТОПОЛЯ

Лысенко В.И.

Филиал МГУ имени Ломоносова в г. Севастополе, г. Севастополь. Россия

Аннотация. В работе приводятся данные гидрогеологического строения полигонов ТБО Севастопольского региона второй половины XX века по наши дни. Выбор их местоположения не учитывал возможность заражения фильтратом подземных вод и водозаборов региона. Предлагаемое новое место полигона ТБО находится на значительном удалении от населенных пунктов. Рядом имеются подъездные дороги и проходит линия электропередач. Складирование отходов предполагается осуществлять на площадки, огороженные возвышенностями высотой более 100 м. Подстилающими породами являются мергели и глины верхнего мела, которые имеют мощность более 150 м.

Ключевые слова: Ай-Тодорка, полигон твердых бытовых отходов, мергели, фильтрат, свалочный газ.