

Эволюция почв в связи с современным потеплением климата

2017. О. И. Худяков, в. н. с., д. б. н., О. В. Решоткин, н. с., к. б. н.,
Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН,
142290, Россия, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, 2,
e-mail: oix@rambler.ru

В связи с потеплением анализируется современное состояние климата относительно климатической нормы. В количественном выражении климатическая норма является характеристикой любого параметра климата атмосферы или почвы, взятой за период 1961–1990 гг. в суточном, декадном, месячном, сезонном и среднемноголетнем циклах. В настоящее время изменения климата отмечаются на глобальном, континентальном и региональном уровнях. На глобальном уровне особенно сильное потепление климата отмечается за последние 100 лет, когда средняя десятилетняя температура воздуха повысилась от минимальных своих значений (1891–1900 гг.) до настоящего времени на 1,2–1,3 °С. Современное потепление затронуло все континенты, при этом температура воздуха на континентах повысилась, относительно климатической нормы, на 0,3–1,5 °С.

Анализ изменения климата на региональном уровне проведён за период экспериментальных наблюдений (1921–2015 гг.) на примере почв зонального ряда Европейской территории России: торфянистый глеезём лесотундры, подзолистые почвы средней тайги, дерново-подзолистые почвы южной тайги и светло-каштановые почвы сухой степи. Установлено, что каждой почве характерна определённая норма климатических параметров. Для исследованного зонального ряда почв показано, что современное потепление климата сопровождается увеличением температуры воздуха и почв и как следствие этого смещением почвенно-климатических зон в северном направлении. Современное потепление климата по температурному параметру стало соизмеримо с климатическим оптимумом голоцена. Создаются благоприятные условия для продвижения лесных сообществ к северу, что возможно приведёт к развитию подзолистого типа почвообразования на занятых лесом тундровых территориях. Для лесных почв северной и средней тайги в условиях современного потепления климата почвообразование будет сопровождаться ослаблением подзолистого и усилением дернового почвообразовательного процесса. Для светло-каштановых почв сухих степей можно ожидать усиление аридизации и связанных с ней процессов засоления почв.

Ключевые слова: эволюция почв, климат почв, климатическая норма, потепление климата.

Soil evolution in relation to modern climate warming

O. I. Khudyakov, O. V. Reshotkin,
Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science RAS,
2 Insitutskaya, Pushchino, Moscow region, Russia, 142290,
e-mail: oix@rambler.ru

In connection with warming, the current state of the climate relative to the climate normal is analyzed. In quantitative terms, the climate normal is a parameter of any characteristic of climate of atmosphere or soil sampled from 1961 to 1990 in a daily, ten-day, monthly, seasonal, or annual cycle. Currently, climatic changes occur on global, continental and regional level. On the global level, especially strong climate warming has been observed over the past 100 years: the average ten-year air temperature increased, as compared with its lowest (1891–1900), by 1.2–1.3 °C by now. Modern warming has affected all continents, while the air temperature on the continents has increased, as compared with the climate normal, by 0.3–1.5 °C.

Analysis of climate change on the regional level was carried out during the period of experimental observations (1921–2015) by the example of soils in the zonal range of the European part of Russia: peat gleyzems of forest-tundra, podzolic soils of middle taiga, sod-podzolic soils of southern taiga, and light-chestnut soils of dry steppe. It is established that each soil is characterized by a certain normal of climatic parameters. For zonal series of soils under research it was shown that the current climate warming is accompanied by the increase in air and soil temperature and, consequently, by displacement of soil-climatic zones in the north. The current climate warming, according to the temperature parameter, has become commensurate with the climatic optimum of the Holocene. Favorable conditions are created for promotion of forest communities to the north, which may lead to development of a podzolic type of soil formation in forest-occupied tundra territories. For forest soils of the northern and middle taiga, under conditions of the current climate warming, soil formation will be accompanied by weakening podzolic soil and intensification of sod soil-forming processes. One can also expect increase in aridization and salinization of chestnut soils of dry steppes.

Keywords: soil evolution, soil climate, climate normal, climate warming.

В настоящее время проблема климатической эволюции почв приобрела значительную актуальность. Ранее считалось, что климат, в связи с медленной его изменчивостью в историческом аспекте, не оказывает определяющего влияния на эволюцию почв [1]. Однако наложение природного потепления климата на продукты производственной деятельности человека (и в первую очередь углекислый газ) достаточно быстро привели к потеплению климата или так называемому парниковому эффекту [2, 3].

По В. В. Докучаеву климат является одним из факторов почвообразования. Климат, как экологический фактор, определяет развитие биологических, химических, физических и множество других процессов в образовании и жизни почвы как биокосного тела природы. Он определяет развитие процессов почвообразования на планетарном уровне, на уровне формации, на зональном уровне и на уровне биопеdocеноза. В этой связи особую роль играет климат в условиях современного потепления, которое стало соизмеримо с палеоклиматическим голоценовым оптимумом [4]. В настоящее время проблема современного потепления климата приобретает особую актуальность вследствие возможных глобальных изменений климата в ближайшие 25–50 лет. Определение возможной эволюции каждой зональной почвы стало одной из основных проблем генетического почвоведения. Основной причиной этого является чрезвычайно быстрое потепление климата на глобальном, континентальном и региональном уровнях [5].

Задача исследования: анализ изменений температурного режима почв и их влияния на возможную эволюцию (развитие) почв природных зон Европейской территории России.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являются почвы различных природных зон Европейской территории России: торфянистый глеезём лесотундры, подзолистые почвы средней тайги, дерново-подзолистые почвы южной тайги и светло-каштановые почвы сухой степи. Климатические условия формирования почв характеризуются данными наблюдений за температурой воздуха и температурой почвы на глубинах от 20 до 320 см на метеостанциях Петрунь, Петрозаводск, Кострома и Элиста.

В основу характеристики климата почвы нами предложена климатическая норма (КН). Климатическая норма – это средняя величина

любого параметра климата, взятая за период 1961–1990 гг. [6, 7]. В экологическом почвоведении КН – это экологический стандарт формирования каждой почвы, относительно которого анализируется динамика температуры воздуха, почвы и осадков в многолетнем и сезонном циклах. Кроме того, КН параметров климата рассматривается как базовая характеристика условий почвообразования зональной почвы и изменчивости климата во времени. Исходную климатическую информацию брали из справочника по климату СССР [8], веб-сайта ВНИИГМИ-МЦД [9] и из Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [3].

Результаты и обсуждение

Современное потепление климата носит глобальный, континентальный и региональный характер.

Глобальное изменение климата. За время экспериментальных наблюдений температурный параметр климата носит колебательный характер, при котором периоды похолодания сменяются периодами потепления, при этом отмечается общий тренд повышения температуры воздуха, в котором можно выделить две особенности колебания. Первая особенность заключается в том, что колебания температуры отмечаются, когда средняя температура воздуха была ниже климатической нормы. Холодный период отмечается от начала экспериментальных наблюдений до 1980 г. Период похолодания сменился современным периодом потепления (1980–2015 гг.). В этот период среднедесятилетняя температура воздуха превысила глобальную климатическую норму к 2000 г. на 0,7 °С. Таким образом, за период наблюдений отмечается общий тренд устойчивого повышения глобальной температуры воздуха от минимальных её значений до современной температуры на 1,26 °С, что соответствует климатическому оптимуму палеоклимата голоцена [4, 10].

Изменение климата континентов. Современное потепление климата на всех континентах сопровождается повышением температуры воздуха от 0,3 до 1,5 °С, вызвав те или иные экологические последствия (табл.).

Изменение климата регионов анализируется на примере изменения климата Европейской территории России [3, 6, 7, 11, 12].

За последние 100 лет, по данным сети Росгидромета, потепление климата в среднем

по России составило 1,29 °С при среднем глобальном потеплении на 0,74 °С. За период наблюдений похолодание климата на территории России продолжалось от начала наблюдения (1880 г.), когда средняя температура воздуха была ниже КН на 0,8 °С до 1980 г., когда температура воздуха стала соответствовать КН. За период 1976–2006 гг. среднее потепление по России составило 1,33 °С. Сравнение динамики температуры воздуха территории России с ходом температур на континентальном и глобальном уровнях показывает абсолютную их синхронность при общей закономерности, при которой потепление климата приходится на 80-е гг. прошлого столетия, когда температура воздуха превысила климатическую норму.

Климатическая норма температуры воздуха. В зональном ряду почв Европейской территории России КН температуры воздуха изменяется в диапазоне от -4,4 до 9,8 °С. В зоне

распространения мерзлотных почв лесотундры КН температуры воздуха отрицательная. Своих максимальных положительных значений среднедесятилетняя температура воздуха достигает в зоне распространения почв сухой степи (рис. 1).

За период от начала экспериментального наблюдения за температурой воздуха сухих степей период похолодания, когда температура воздуха была ниже КН, продолжался до 60–70-х гг. Для почв таёжных и лесотундровых территорий период похолодания продолжался до 70–80-х гг. прошлого столетия. Для почв сухих степей период похолодания сменился периодом, когда температура воздуха соответствовала КН (1970–1990 гг.). В таёжных и тундровых территориях период похолодания окончился в 80-х годах. Для лесотундровых территорий повышение температуры воздуха отмечается в отрицательном диапазоне

Таблица

Изменение температуры воздуха по континентам и его последствия [2]

Континент, океан, регион, город	Повышение температуры относительно климатической нормы, °С	Экологические последствия в связи с потеплением
Азиатский: Китай, Индия, Пакистан	От 0,8 до 1,5	На континенте увеличились площади аридных и пустынных зон, снизился сток рек. В Пакистане реки практически пересохли
Европейский	От 1,2 до 1,4	Засухи в Испании, Франции, наводнения в Германии, Чехии, Словакии, в странах бассейна р. Дунай
Американский	От 0,6 до 0,8	Увеличение штормов, тайфунов. В летнее время увеличился межосадковый засушливый период (засуха)
Антарктида	От 0,5 до 1,5	Таяние льда, изменение ледовой обстановки. Поступление огромных масс талой воды в Мировой океан
Арктика	От 1,0 до 1,5	Уменьшилась ледовая обстановка и большая часть Северного Ледовитого океана стала проходимой для кораблей. Снизилась ледовая обстановка вокруг Канады и Исландии. В морях стали разваливаться айсберги и таять паковые льды. На побережье Северного Ледовитого океана происходит таяние вечной мерзлоты, появляются байджерахи и солифлюкция
Повышение температуры Мирового океана	От 0,6 до 1,2	Привело к более быстрому обмену между тёплыми и холодными водами, что привело к более частым тайфунам
Тёплое течение Гольфстрим	Проникло на 500–800 км в Арктику	Нарушение ледовой ситуации на Северном Ледовитом океане изменило скорости течения воды
Россия: европейская часть, Азия: Чукотка, Дальний Восток, Сибирь	От 0,3 до 0,4	Изменились зимние климатические условия. Увеличилась глубина сезонного протаивания почвы. Изменилась циклональная активность, ослаблен зимний Сибирский антициклон
Москва	до 2,5	За 125 лет регулярных климатических исследований среднегодовая температура воздуха повысилась с 3,5 до 6,0°С [12]
Прогноз по осадкам	Увеличение в северных и центральных районах и уменьшение в южных	

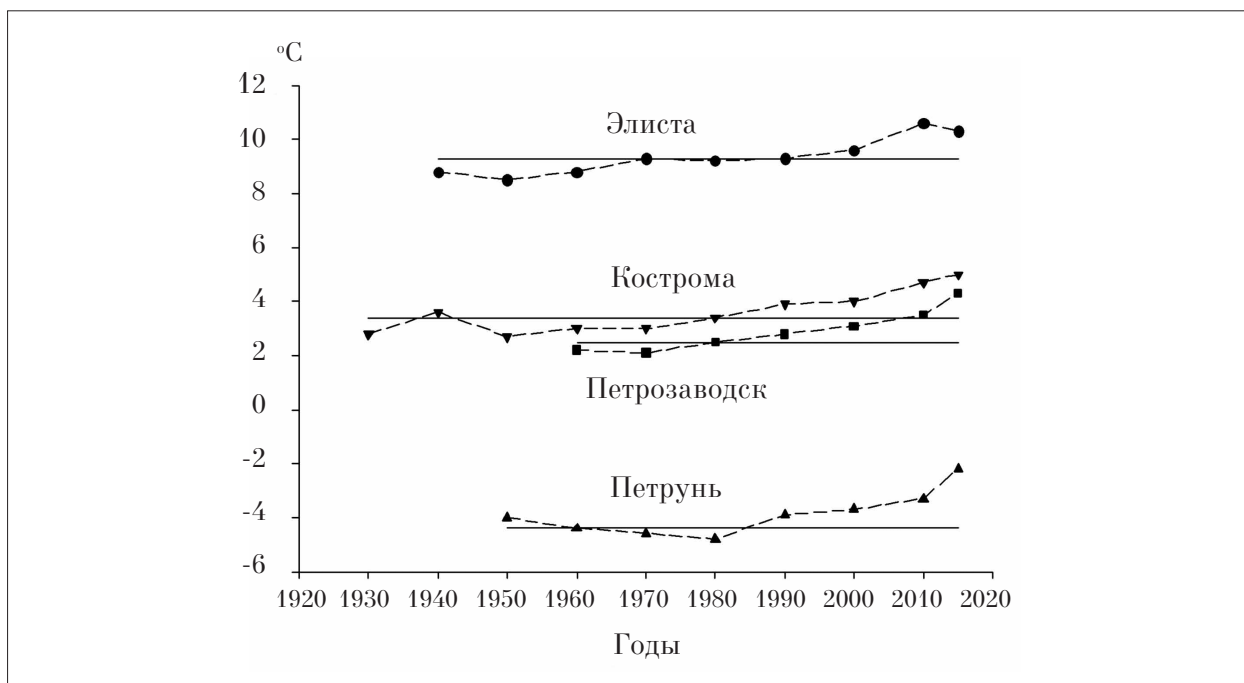


Рис. 1. Динамика температуры воздуха (пунктирная линия) относительно климатической нормы (сплошная линия) по метеостанциям: Петрунь (лесотундра), Петрозаводск (средняя тайга), Кострома (южная тайга), Элиста (сухая степь)

температур. Это свидетельствует о том, что потепление климата отмечается в холодный период года.

Температурный режим почв Европейской территории России. В качестве базовой температуры формирования зональных почв Европейской территории России используется КН температурного параметра климата почвы. Для каждой зональной почвы характерна строго определенная КН температурного параметра. В зональном ряду КН среднегодовой температуры почвы на глубине 20 см изменяется от 0,8 °С в торфянистых глеезёмах лесотундры до 11,8 °С в светло-каштановых почвах сухих степей.

Глубина проникновения температуры 10 °С в вегетационный сезон изменяется от 70 см в почвах лесотундры до 320 см в почвах южной тайги. В почвах сухих степей температура 10 °С проникает на глубину ниже 320 см. В почвах южной тайги отмечается термоизоплета 15 °С, КН её проникновения в почву достигает 75 см. Самыми тёплыми почвами зонального ряда являются почвы сухих степей, в которых отмечаются температуры 20 и 25 °С (рис. 2).

Для почв зонального ряда Европейской территории России потепление климата в первое десятилетие XXI века сопровождается накоплением в них тепла. В почвах уменьшается глубина сезонного промерзания и длительность нахождения в мёрзлом состоянии,

о чем мы судим по глубине сезонного проникновения нулевых температур в почву по отношению их к КН. Глубина проникновения температуры 0 °С за период 2001–2010 гг. существенно уменьшилась относительно КН во всех почвах кроме почв южной тайги. Особенно значительно она уменьшилась в песчаных почвах лесотундры, а в почвах сухих степей температура 0 °С на глубине 20 см и ниже за период 2001–2010 гг. вообще не наблюдается.

Заключение

Для каждой почвы Европейской территории России характерна строго определённая КН параметров климата атмосферы и почвы, относительно которой анализируется современное изменение климата.

Для почв ЕТР общий тренд потепления климата отмечается в последние тридцать пять лет (1980–2015 гг.), когда отмечается устойчивое повышение температуры воздуха, сопровождающееся смещением климатических зон по температурному параметру в северном направлении, при котором в период современного климатического потепления почвы лесотундры формируются в температурных условиях, характерных для условий северной тайги. Для почв лесотундры в сезонном цикле современное потепление климата, относительно КН, отмечается в холодный период года,

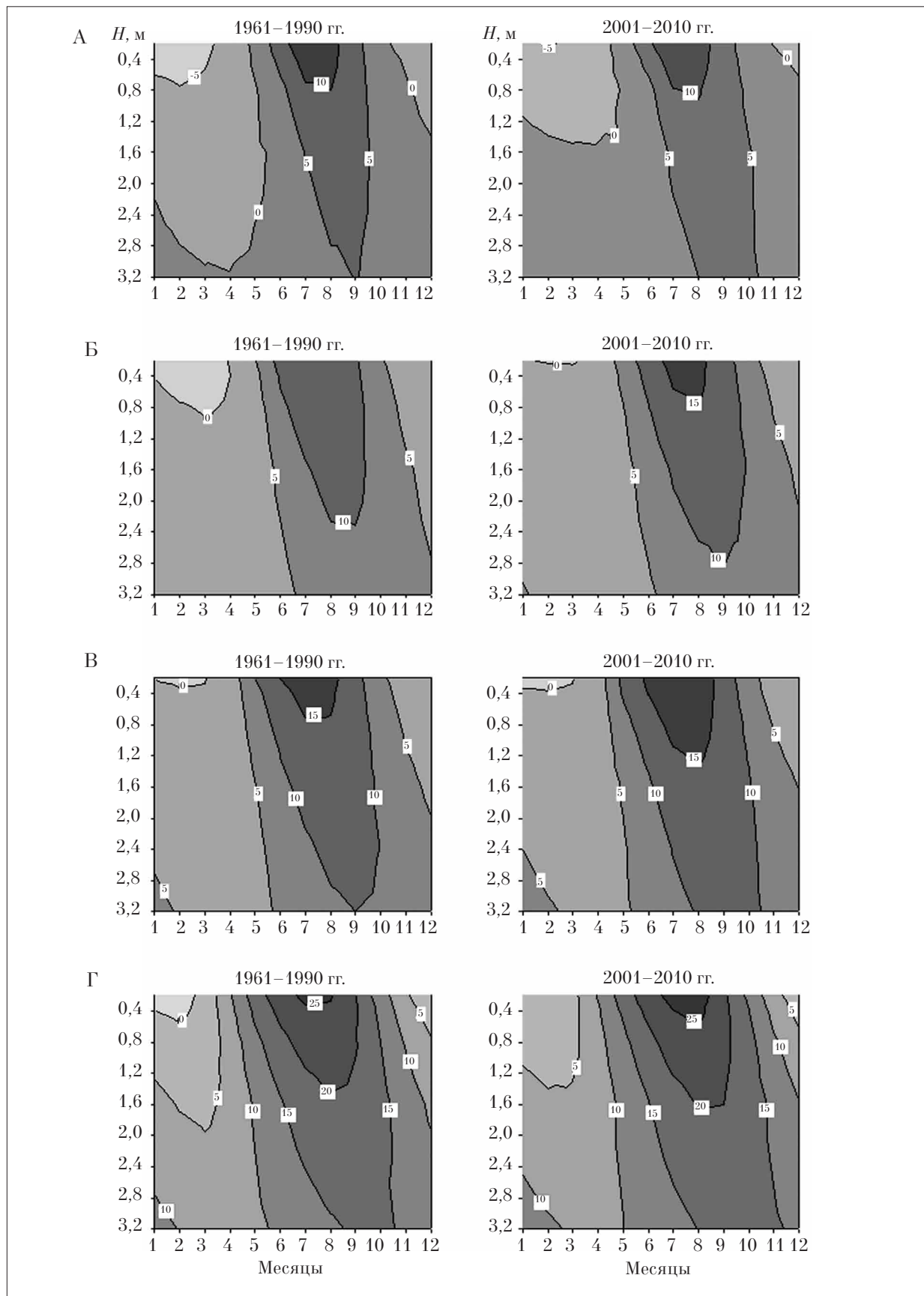


Рис. 2. Температура почв (средняя за период 2001–2010 гг.) почвенно-климатических зон относительно климатической нормы (1961–1990 гг.). А – торфянистый глеезём лесотундры (Петрунь), Б – подзолистая почва средней тайги (Петрозаводск), В – дерново-подзолистая почва южной тайги (Кострома), Г – светло-каштановая почва сухой степи (Элиста)

что способствует меньшему выхолаживанию почвы в холодный период года. В тёплый период года потепление климата в условиях КН осадков сопровождается повышением температуры почвы, что создает благоприятные условия для продвижения лесных сообществ к северу, что приведет к появлению на занятых лесом тундровых территориях подзолистого типа почвообразования, характерного почвообразованию в северной тайге.

В период потепления, когда средняя десятилетняя температура воздуха приближается к верхнему пределу КН или превышает его, подзолистые почвы средней тайги формируются в условиях, характерных для дерново-подзолистых почв, формирующихся в условиях южной тайги. Учитывая то, что потепление климата происходит при осадках, соответствующих КН, можно предположить ослабление подзолистого и усиление дернового почвообразовательного процесса.

Для почв сухих степей хорошо обеспеченных теплом территорий, эволюция почв связывается с изменением атмосферного увлажнения. За период экспериментальных метеонаблюдений для светло-каштановых почв современное потепление климата сопровождалось колебанием осадков в пределах КН, в то время как по температурному параметру отмечается устойчивый тренд потепления, при котором среднее десятилетняя температура воздуха за период 2001–2010 гг. превысила КН на 1,2–1,3 °С и стала соизмерима с температурой пустынных почв. В этом случае можно ожидать усиление аридизации и связанных с ней процессов засоления светло-каштановых почв.

Литература

1. Добровольский Г.В., Куст Г.С. Основные пути и методы прогноза эволюции почв под влиянием глобальных изменений климата // Вестник Московского ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1994. № 2. С. 3–14.
2. Всемирная конференция по изменению климата (Москва, 2003): Труды конф. М., 2004. 620 с.
3. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2008. 29 с.
4. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
5. Фолланд К., Паркер Д. Мониторинг глобального климата и оценивание изменений климата // Всемирная конф. по изменению климата: Труды конф. М., 2004. С. 76–90.
6. Худяков О.И., Решоткин О.В. Динамика климата южных чернозёмов Западной Сибири в связи с потеплением // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. № 1 (8). С. 2092–2095.

7. Худяков О.И., Решоткин О.В. Динамика температуры песчаных и суглинистых почв лесотундры Полярного Урала в связи с потеплением климата // Почвоведение 2014. № 12. С. 1467–1482.
8. Справочник по климату СССР. Вып. 1, 3, 13, 29. Метеорологические данные за отдельные годы. Ч. VIII. Температура почвы.
9. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электронный ресурс] <http://www.meteo.ru>.
10. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
11. Горячкин С.В. Влияние изменения природной среды и климата на северные регионы // Региональные аспекты развития России в условиях глобальных изменений природной среды и климата. М.: НИЦЭНА, 2001. С. 125–132.
12. Сенников В.А., Россинская Т.М. Изменение климата по 125-летним наблюдениям метеорологической обсерватории им. М.В. Михельсона // Всемирная конф. по изменению климата: Тез. докл. М., 2003. С. 453.

References

1. Dobrovolskiy G.V., Kust G.S. The main ways and methods of forecast of soil evolution under the influence of global climate change // Vestnik Moskovskogo un-ta. Ser. 17. Pochvovedeniye. 1994. № 2. P. 3–14 (in Russian).
2. Proceedings of the World Climate Change Conference (Moscow, 2003). M., 2004. 620 p. (in Russian).
3. Assessment report on climate change and its consequences in Russian Federation. General Summary. M.: Roshydromet, 2008. 24 p.
4. Khotinskiy N.A. The Holocene of Northern Eurasia. M.: Nauka, 1977. 200 p. (in Russian).
5. Folland C., Parker D. Monitoring of global climate and assessment of climate change // Proceedings of the World Climate Change Conference. M., 2004. P. 76–90 (in Russian).
6. Khydyakov O.I., Reshotkin O.V. Climate dynamics of southern chernozems in Western Siberia due to climatic warming // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. 2012. V. 14. № 1 (8). P. 2092–2095 (in Russian).
7. Khydyakov O.I., Reshotkin O.V. Dynamics of the temperature in sandy and loamy forest-tundra soils of the Polar Urals in relation to climate change // Eurasian Soil Science. 2014. V. 47. № 12. P. 1245–1258.
8. Reference book on climate of the USSR. Issue 1, 3, 13, 29. Meteorological data on separate years. Part VIII. Soil temperature. (in Russian).
9. All-Russian Scientific Research Institute of Hydro-meteorological Information – World Data Center [Electronic resource] <http://www.meteo.ru> (in Russian).
10. Khromov S.P., Mamontova L.I. Meteorological dictionary. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 568 p. (in Russian).
11. Goryachkin S.V. The influence of environmental and climate changes on northern regions // Regionalnye aspekty razvitiya Rossii v usloviyakh globalnykh izmeneniy prirodnoy sredy i klimata. M.: NTsENA, 2001. P. 125–132 (in Russian).
12. Sennikov V.A., Rossinskaya T.M. Climate changes according to 125-year-long observations at the Mikhelson weather station // Vsemirnaya konferentsiya po izmeneniyu klimata, Tez. dokl. M., 2004. P. 453 (in Russian).