УДК 911.2:504.53

ДИНАМИКА ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕЙ СИБИРИ**Воробьева И.Б.***ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы» СО РАН, Иркутск, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

В настоящее время сельское хозяйство, наряду с промышленностью, стало мощным фактором воздействия на окружающую среду. Распашка земель меняет профиль почвы, разрушает структуру, приводит к обеднению верхних горизонтов, способствует усилению водной эрозии и дефляции. В Красноярском крае степень сельскохозяйственной освоенности в несколько раз превосходит аналогичный показатель по Российской Федерации, а уровень распаханности земель – один из самых высоких по стране. При распашке целинных земель происходит замена естественной растительности на монодоминантную, а поверхность почвы покрыта растительностью только часть года, что приводит к вымыванию элементов питания за пределы корнеобитаемого слоя и их выносу за пределы поля. Анализ динамики климата территории исследования показал, что количество атмосферных осадков в основном близко к норме с отклонениями как в сторону увеличения, так и уменьшения. Гидротермический режим почв, расположенных на склонах, находится в большой зависимости от распределения солнечной радиации. Установлено, что для естественного чернозема выявлены два больших цикла, когда температура и влажность находились в противоположных фазах, тогда как почвы антропогенной модификации (пашни) не показали четких температурных циклов. Почва обладает инерционными свойствами и эффектом последствия, которые связаны с предшествующими сезонными фазами. Обнаружено, что этот эффект зависит от предшествующих экстремальных по гидротермическим условиям лет. Увеличение влажности способствует образованию подвижных форм органического вещества и его вымыванию за пределы почвенного профиля. Последующие года – теплые с низким количеством осадков, и вследствие недостатка влаги произошло концентрирование в почвах мобильных соединений. Антропогенно преобразованная почва обнаружила те же закономерности, что и природный аналог, а содержание водорастворимых форм углерода обнаруживает меньшую амплитуду колебаний.

Ключевые слова: температура, влажность, естественные, антропогенно измененные почвы, мобильное органическое вещество

DYNAMICS OF HYDROTHERMAL CONDITIONS AND ORIGINALITY OF CHANGES IN NATURAL AND ANTHROPOGENICALLY CHANGED SOILS NAZAROVSKAYA FOREST-STEPPE ZONE OF MIDDLE SIBERIA**Vorobeva I.B.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

Currently, agriculture, along with industry, has become a powerful factor in the impact on the environment. Plowing changes the soil profile, destroys the structure, leads to the impoverishment of the upper horizons, contributes to increased water erosion and deflation. In the Krasnoyarsk region, the degree of agricultural development is several times higher than in the Russian Federation, and the level of ploughing is one of the highest in the country. When plowing virgin lands, natural vegetation is replaced by monodominant, and the soil surface is covered with vegetation only part of the year, which leads to the leaching of nutrients beyond the root layer, and their removal outside the field. The analysis of the dynamics of the climate of the study showed that the precipitation mainly close to normal with variance in the direction of increase or decrease. The hydrothermal regime of soils located on the slopes is highly dependent on the distribution of solar radiation. It is established that for natural Chernozem, two large cycles were revealed, when the temperature and humidity were in opposite phases, while the soils of anthropogenic modification (arable land) did not show clear temperature cycles. The soil has inertial properties and the effect of aftereffect, which are associated with the previous seasonal phases. It was found that this effect depends on the previous extreme hydrothermal conditions years. The increase in humidity contributes to the formation of mobile forms of organic matter and its leaching beyond the soil profile. The following years – warm with low rainfall and due to lack of moisture was concentrated in soils of mobile compounds. Anthropogenically transformed soil revealed the same patterns as the natural analogue, and the content of water-soluble forms of carbon exhibit a lower vibration amplitude.

Keywords: temperature, humidity, natural, anthropogenically altered soils, mobile organic matter

Вся история человечества – это история экономического роста и последовательно-го разрушения среды обитания. Одним из основных воздействий на окружающую среду является сельскохозяйственное производство. В Красноярском крае степень сельскохозяйственной освоенности (63%) в несколько раз превосходит аналогич-

ный показатель по Российской Федерации, а уровень распаханности (43%) здесь один из самых высоких по стране. Это объясняется благоприятными природными условиями и длительным периодом освоения.

Сильнее всего на природную среду влияет земледелие, которое может приводить к разрушению почвенных экосистем, поте-

ре плодородия, водной и ветровой эрозии, уплотнению почвы. При распашке целинных земель происходит замена естественной растительности на монодоминантную, из которой отчуждается значительная часть фитомассы, к тому же на пашнях поверхность почвы покрыта растительностью только часть года. Это приводит к вымыванию элементов питания из корнеобитаемого слоя, и их выносу с латеральным поверхностно-склоновым и почвенно-грунтовым стоком за пределы поля [1, 2].

Анализ данных государственного мониторинга земель и других систем наблюдения за состоянием окружающей среды Красноярского края показывает, что качество земель во всех районах интенсивно ухудшается [3]. Почвенный покров подвергается деградации, загрязнению, захламлению и уничтожению, катастрофически теряет устойчивость к разрушению, способность к воспроизводству плодородия вследствие истощительного и потребительского использования земель.

В природных условиях доминирует естественный круговорот веществ: минеральные вещества, забираемые растениями из почвы, после отмирания растений снова возвращаются в нее. Если же в результате отчуждения урожая система нарушается, становится необходимым применение удобрений, что наносит вред всей системе.

Цель исследования: показать особенности изменений естественных и антропогенно измененных почв по показателям динамики температуры, влажности и мобильного органического вещества.

Материалы и методы исследования

Исходные данные экологического состояния почвы (температура и влажность) получены в результате полевых работ, проводившихся с 1986 по 2014 г. в Назаровской котловине, на Березовском лесостепном стационаре Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН в различные по гидроклиматическим условиям годы. В работе основное внимание уделено анализу временных рядов температуры и влаги в слое почв 0–20 см и 0–50 см естественной и антропогенно измененной почвы (пашни) и динамики мобильных форм соединений углерода.

Объекты исследований расположены на склоне юго-восточной экспозиции с крутизной 10–15° (рис. 1). Чернозем слабовыщелоченный среднесиловый с бобово-подорожничково-овсянковой раститель-

ностью с хвощом (т. 5). Плотность почвы увеличивается с глубиной, структура – хорошая. Фиксируется буроватый оттенок переходного горизонта – идет процесс выщелачивания. По ходам корней – скопление гидроокислов железа, а оглеение и железисто-марганцевые стяжения обусловлены скоплением влаги, за счет более плотного горизонта C_k , в связи с чем периодически создается глеевая обстановка. Кислотно-основные свойства почвы меняются от слабокислой до щелочной. Сумма поглощенных оснований уменьшается с глубиной. В почвенном поглощающем комплексе доминирует кальций. Количество органического углерода убывает вниз по профилю. Содержание P_2O_5 резко уменьшается с глубиной, распределение K_2O – равномерное по всему профилю. Влажность почвы уменьшается с глубиной.

Антропогенной модификации чернозема слабовыщелоченного среднесилового – пашни (т. 6) характерна неровная поверхность поля с небольшими струйчатыми размывами. До глубины 6 см пахотный горизонт рыхлый, с глубиной почва уплотняется, что связано с вымыванием из верхнего горизонта тонкодисперсных частиц и аккумуляции их над «плужной подошвой». Выравнивающая планировка поля и периодическое перемешивание верхних слоев при распашке в значительной мере изменили морфологическое строение почвы. Пахотная почва имеет более узкий диапазон значений pH внутри почвенного профиля, чем его природный аналог. Заметно меньше обменных оснований, с глубиной их содержание увеличивается. Количество подвижных форм фосфора и калия незначительно, что обусловлено использованием питательных элементов растениями, а впоследствии отчуждаются с урожаем. Необходимо постоянное пополнение, внесение удобрений. В пахотном горизонте характерна довольно высокая обогащенность азотом и органическим углеродом, с последующим резким убыванием (более чем в три раза) переходном.

Для характеристики климатических условий района исследований были использованы данные метеостанции «Шарыпово», расположенной в 10 км от территории исследования.

Применялись методы: ландшафтно-геохимический, сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, профилно-генетический, картографический и статистический.

Рис. 1. Территория исследования. Склон юго-восточной экспозиции: чернозем слабовыщелоченный среднемошный – т. 5; антропогенная модификация чернозема слабовыщелоченного среднемошного – пашня – т. 6. Назаровская котловина, Средняя Сибирь

Образцы почв отбирались и анализировались по общепринятым методикам и соответствующим ГОСТам.

Образцы почв отбирались ежегодно в середине вегетационного периода, в июле, на одних и тех же участках. К этому времени все процессы в почвах разных местоположений приобретают относительно стабильные значения, максимальное накопление фитомассы. Многолетние исследования позволили получить оригинальный материал по изменению гидро-термических показателей естественной и антропогенно измененной почвы Назаровской лесостепи.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ динамики климата территории исследования показал, что количество атмосферных осадков в основном близко к норме (444 мм) с отклонениями как в сторону увеличения (до 668 мм в 1996 г.), так и уменьшения (до 276 мм в 1989 г.), то есть количество осадков может различаться более чем в два раза. За время наблюдений осадков выше нормы было в 1987, 1996, 2000, 2004, 2014, 2015 и 2017 гг. Минимальные количества были зафиксированы в 1989, 1998, 1999 и 2011 гг., т.е. сумма осадков за год имеет устойчивый положительный тренд начиная с 2000 г. Средне-

довая температура воздуха, за время наблюдений, показала отрицательные значения только в 1996, 2009 и 2010 гг. Максимальные значения были выявлены в 1995, 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. (свыше 3,0 °C при норме 0,9 °C).

По данным Института космических исследований Годдарда, 2017 г. стал одним из самых жарких за все время наблюдений. Национальное управление океанических и атмосферных исследований США установило, что 2017 год занимает второе место по жаркости вместе с 2015, а лидером является 2016. «К 2016 г. температура поверхности Земли поднялась на 1,1 °C по сравнению с доиндустриальной эпохой (конец XIX в.). В 2017 и 2015 г. показатели оказались одинаковыми: на 0,9 °C теплее», – уточняют учёные. Особенно заметен рост температуры в северном полушарии Земли [4].

Вегетационные периоды, в течение которых проводились наблюдения, существенно различались по метеорологическим условиям. Гидротермический режим почв, расположенных на склонах, находится в большой зависимости от распределения солнечной радиации. Установлено, что для естественного слабовыщелоченного среднемошного чернозема, за время наблюдений выявлено два больших цикла, когда температура и влажность находились в противоположных фазах (рис. 2).

Рис. 2. Динамика температуры и влажности почвы (0–5 см) – т. 5 (а) и антропогенно измененной – т. 6 (б)

В первый цикл, продолжающийся с 1987 до 2001 г., влажность колебалась в интервале от 10 до 60%, а температура – от 15 до 29°C. Следующий цикл начался с 2001 г. и продолжается по настоящее время. Подобные циклы были выявлены при ранее проведенных исследованиях [5–7]. Следует отметить, что обнаружена большая амплитуда колебаний (влажность от 6 до 59%). Значений ниже влажности завядания во втором цикле больше (2005, 2008 и 2012 гг.). Температурная кривая второго цикла имеет более плавный вид, амплитуда колебаний от 12 до 25°C. По-

добные явления выявлены и другими авторами [8].

Почвы антропогенной модификации слабовыщелоченного среднесиловатого чернозема не выявили четких температурных циклов. Интервал колебаний – температура почвы за все время наблюдений изменялась от 17 до 29°C. В пахотном слое усиливалось летнее прогревание, увеличивалась амплитуда изменений колебаний влажности (от 5 до 50%). Расход влаги в верхней части профиля был более интенсивным, что объясняется физическим испарением с поверхности поля и потреблением влаги корнями культурных растений.

а)

б)

Рис. 3. Динамика гидротермических показателей (отношение температуры/влажности) в слое (0–5 см) – т. 5 (а), антропогенно измененной – т. 6 (б) и органического углерода

Почвы, находящиеся в сельскохозяйственном использовании, испытывают интенсивное воздействие агротехнических мероприятий, приводящих к существенному изменению физико-химических и водно-физических свойств. Температура поверхности чернозема слабовыщелоченного (т. 5) в естественных условиях на 1,5–2,5 °С ниже, чем пашни, с глубиной отличие усиливается – на 10 см до 3,5 °С.

В режиме динамики мобильных форм углерода и влажности естественной почвы установлены закономерности, так, максимальные запасы влаги в слое 0–50 см зафиксированы в 1997 г. (1964 т/га), а минимальные – в 1989 (96 т/га). В последние годы запасы

влаги в слое 0–50 см остаются на достаточно высоком уровне. Антропогенная модификация естественной почвы выявила следующие закономерности: максимальные запасы влаги в слое 0–50 см – также в 1997 г., но в последующие годы запасы влаги стабильно больше, чем в естественных условиях, что, возможно, связано с посевными культурами и обработкой почвы. Максимальные значения водорастворимого органического углерода чернозема слабовыщелоченного установлены в 1989, 1997, 2001, 2004, 2006 и 2007 гг., минимальные – в 1991, 1992, 1993 (рис. 3). В последующее время значения держатся на относительно высоком уровне. Для пашни характерны следующие показатели: максимальные кон-

центрации мобильного органического установлены в 1989, 1997, 2001 и 2003 гг., минимальные – в 1987, 1992, 1996 и 2008 гг.

Известно, что почва обладает инерционными свойствами и эффектом последствия, которые многие авторы связывают с предшествующими сезонными фазами. В нашем случае это эффект от предшествующих экстремальных по гидротермическим условиям лет.

Так, 1988, 1996, 2001, 2004, 2006, 2007, 2010 и 2011 гг. были экстремальными по высокому содержанию влаги, пониженным температурам почвы и уменьшенному количеству водорастворимых форм углерода. Увеличение влажности способствует образованию подвижных форм органического вещества и его вымыванию за пределы почвенного профиля. Следующие, за перечисленными 1989, 1987, 1998, 2003, 2005, 2008, 2012 гг. – теплые с низким количеством осадков. Вследствие недостатка влаги произошло концентрирование в почвах мобильных соединений.

Для почвы, находящейся в постоянном сельскохозяйственном использовании (пашня) характерны те же закономерности, только гидротермические показатели более выражены (отношение температуры/влажности) имеют более высокие значения (от 0,4 до 7,8), а содержание водорастворимых форм углерода показывает меньшую амплитуду колебаний.

Заключение

В результате изучения гидротермических показателей естественных и антропогенно измененных почв Назаровской лесостепи Средней Сибири (на примере чернозема слабовыщелоченного среднего и его антропогенной модификации – пашни) установлено, что для почвы, находящейся в естественном состоянии, за время наблюдений выявлено два больших цикла, когда температура и влажность находились в противоположных фазах. Тогда как почва антропогенной модификации – пашни не выявила четких температурных циклов, что связано с регулярным механическим воздействием, приводящим к существенному изменению физико-химических и водно-физических свойств почвы.

Поскольку почва обладает инерционными свойствами и эффектом последствия, связанными с предшествующими сезонными фазами, выявлено, что 1988, 1996, 2001, 2004, 2006, 2007, 2010 и 2011 гг. были экстремальными по высокому содержанию влаги, пониженным температурам почвы и умень-

шенному количеству водорастворимых форм углерода. Увеличение влажности способствует образованию подвижных форм органического вещества и его вымыванию за пределы почвенного профиля. Следующие за перечисленными 1989, 1987, 1998, 2003, 2005, 2008, 2012 гг. – теплые с низким количеством осадков. Вследствие недостатка влаги произошло концентрирование в почвах мобильных соединений. Антропогенно преобразованная почва обнаружила те же закономерности, что и природный аналог, только гидротермические показатели (отношение температуры/влажности) имеют более высокие значения (от 0,4 до 7,8), а содержание водорастворимых форм углерода показывает меньшую амплитуду колебаний.

Список литературы / References

1. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Известия РАН. Серия географическая. 1992. № 5. С. 5–12.
2. Глазовская М.А. Biogeochemical organization of ecological space in natural and man-made landscapes as a criterion of their stability // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 1992. № 5. P. 5–12 (in Russian).
3. Давыдова Н.Д. Геосистемный подход в изучении природных и антропогенно-нарушенных комплексов // Вестник ТГУ. 2014. Т. 19. № 5. С. 1507–1511.
4. Davydova N.D. Geosystem Approach in the Study of Natural and Man-Made-Disturbed Complexes // Vestnik TGU. 2014. V.19. № 5. P. 1507–1511 (in Russian).
5. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, 2015. 297 с.
6. State Report on the State and Protection of the Environment in Krasnoyarsk Krai in 2014. Krasnoyarsk, 2015. 297 p. (in Russian).
7. Пушкарев В. Эксперты NASA назвали 2017 год одним из самых жарких за 138 лет наблюдений. Жарче было только в 2016-м // Комсомольская правда. 19.01.18. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ufa.kp.ru/daily/26784.7/3817629/> (дата обращения: 01.07.2019).
8. Pushkarev V. NASA experts named 2017 one of the hottest observations in 138 years. It was hotter only in 2016 // Komsomol'skaya pravda. 19.01.18. [Electronic resource]. URL: <https://www.ufa.kp.ru/daily/26784.7/3817629/> (date of access: 01.07.2019) (in Russian).
9. Vorobyeva I.B. Changes in the Southern Siberian Forest-Steppes / Eurasian Steppes. Ecological Problems and Livelihoods in a Changing World, Plant and Vegetation 6. Netherlands. Springer Science Business Media B.V. 2012. Volume 6. P. 425–444. DOI: 10.1007/978-94-007-3886-7_16.
10. Коломыц Э.Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008. 427 с.
11. Kolomyts E.G. Local mechanisms of global changes of natural ecosystems. M.: Nauka, 2008. 427 p. (in Russian).
12. Котляков В.М. О причинах и следствиях современных изменений климата // Солнечно-земная физика. 2012. № 21. С. 110–114.
13. Kotlyakov V.M. On causes and effects of current climate changes // Solnechno-Zemnaya Fizika. 2012. № 21. P. 110–114 (in Russian).
14. Базикина Г.С., Овечкина С.В. Влияние цикличности на водный режим и карбонатный профиль черноземов центра Европейской части России и сопредельных территорий // Почвоведение. 2016. № 4. С. 475–488. DOI: 10.7868/S0032180X1604002X.
15. Bazykina G.S., Ovechkin S.V. The influence of climate cycles on the water regime and carbonate profile in chernozems of Central European Russia and adjacent territories // Eurasian Soil Science. 2016. T. 49. № 4. P. 437–449. DOI: 10.1134/S1064229316040025.