

УДК 911.2:504.53

**ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЕСТЕСТВЕННЫХ
И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ПОЧВ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ****Воробьева И.Б.***ФГБУН Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

Сельскохозяйственное производство является одним из факторов, воздействующих на окружающую среду. Назаровская лесостепь относится к «островной», образуя разделенные массивы на территории Средней Сибири. Это наиболее сельскохозяйственно освоенная территория Красноярского края. При сельскохозяйственном использовании в систему круговорота элементов искусственно вводятся существенные количества азота, калия, фосфора. При распашке целинных земель естественная растительность замещается монодоминантной и значительная часть фитомассы изымается вместе с урожаем. Согласно сведениям государственного мониторинга земель и мониторинга состояния окружающей среды Красноярского края установлено, что почвенный покров подвержен деградации, загрязнению, засорению, разрушению. Выявлено, что изменения происходят в физико-химических и водно-физических свойствах пашни. Обнаружено, что содержание влаги в почвенном профиле отражает процессы увлажнения атмосферы. На южных склонах расположены почвы с меньшим увлажнением и более высокой температурой почвы, на северных – создаются условия для более холодных и влажных почв. На горизонтальной поверхности (т. «Родники») обнаружено максимальное содержание влаги, что подтверждается ранее полученными данными. В почвах, находящихся в постоянном сельскохозяйственном обороте (пашня), наблюдается аналогичная динамика природных процессов, что и в естественных. Только водорастворимые формы углерода в пашне имеют меньшую амплитуду колебаний, чем в естественных условиях. Установлено, что природные почвы, в отличие от их антропогенных модификаций, располагают большими запасами влаги, гумуса и водорастворимых форм углерода. Почвы, расположенные в лесостепной зоне, характеризуются повышенным содержанием гумуса в пахотном горизонте и резким снижением в подпахотном. В почвенном поглощающем комплексе доля магния увеличивается с глубиной. Определена нейтральная и слабощелочная реакция почвенной среды. Выявлены изменения в физико-химических и водно-физических свойствах природных и антропогенно измененных почвах, обусловленные экспозицией склона. Пашни на склонах, обращенных на юго-восток, наиболее благоприятны для сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: островная лесостепь, естественные, антропогенно измененные почвы, температура, влажность, мобильные формы углерода

**HYDROTHERMAL CONDITIONS OF NATURAL AND ANTHROPOGENIC
CHANGED SOILS OF THE NAZAROV FOREST-STEPPE****Vorobeva I.B.***V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, e-mail: irene@irigs.irk.ru*

Agricultural production is one of the effects on the environment. The Nazarovskaya forest-steppe belongs to the «island», forming divided massifs on the territory of Middle Siberia. This is the most agriculturally developed territory of the Krasnoyarsk Territory. During agricultural use, significant amounts of nitrogen, potassium, and phosphorus are artificially introduced into the system of element circulation. When plowing virgin lands, natural vegetation is replaced by monodominant and a significant part of phytomass is removed together with the crop. According to the data of state monitoring of lands and monitoring of the state of the environment of the Krasnoyarsk Territory, it has been established that the soil cover is subject to degradation, pollution, clogging, and destruction. It is revealed that changes occur in the physicochemical and water-physical properties of arable land. It was found that the moisture content in the soil profile reflects the processes of humidification of the atmosphere. Soils with less moisture and higher soil temperature are located on the southern slopes, and conditions for colder and wetter soils are created on the northern slopes. The maximum moisture content was found on the horizontal surface (so-called «Springs»), which is confirmed by the previously obtained data. In the soils which are in a constant agricultural turn (arable land), similar dynamics of natural processes, as well as in natural, is observed. Only water-soluble forms of carbon in arable land have a smaller amplitude of oscillations than in natural conditions. It is established that natural soils, in contrast to their anthropogenic modifications, have large reserves of moisture, humus and water-soluble forms of carbon. Soils located in the forest-steppe zone are characterized by an increased content of humus in the arable horizon and a sharp decrease in arable. In the soil absorbing complex, the magnesium fraction increases with depth. The neutral and weakly alkaline reaction of the soil medium is determined. Changes in the physicochemical and water-physical properties of natural and anthropogenically altered soils due to inclination exposures have been revealed. Arable land on the slopes facing southeast is most favorable for agricultural use.

Keywords: island forest-steppe, natural, anthropogenically altered soils, temperature, humidity, mobile forms of carbon

История развития человечества – это, с одной стороны, экономический прогресс, а с другой – уничтожение природной среды. Общеизвестно, что сельскохозяйственное производство является одним из факторов,

воздействующих на окружающую среду. Большие количества азота, калия и фосфора искусственно вводятся в биологический круговорот химических элементов. Высокое содержание их в почве приводит к по-

вышению концентраций в сельскохозяйственных продуктах и питьевой воде.

В Средней Сибири лесостепи не образуют сплошной полосы, а представляют собой разделенные островные массивы. Назаровская лесостепь относится к «островной» лесостепи, а уровень сельскохозяйственного использования оказывается одним из самых высоких в Красноярском крае. Этому способствовало то, что на этой территории люди жили с древних времен и осваивали эти земли в относительно благоприятных природно-климатических условиях.

При разработке природных почв естественная растительность заменяется монодоминантной. М.А. Глазовская, Н.Д. Давыдова указывали, что на пахотных угодьях культурная растительность произрастает сезонно, а осенью значительная часть выращенной фитомассы убирается. С фитомассой изымаются элементы питания за пределы корнеобитаемого слоя. В последующем происходит вымывание их с поля с латеральным поверхностно-склоновым и почвенно-грунтовым стоком [1, 2]. М.И. Герасимова и др. пришли к выводу, что перемена растительности нарушает нормальный ход биотических процессов в почве, ослабляет биологическую активность, уменьшает количество и состав перегноя [3].

В Государственном докладе о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 г. указано, что качество почвы во всех районах края ухудшается. Почвенный покров подвержен деградации, загрязнению, засорению и разрушению. В результате неконтролируемого использования земель происходит истощение почвы, исчезает устойчивость к разрушению и способность восстанавливать плодородие [4]. Деградация почвы активизируется за счет использования упрощенных сельскохозяйственных технологий в большинстве районов региона. В материалах Красноярского государственного аграрного университета утверждается: «Сельскохозяйственное использование почвы приводит к ежегодной потере перегноя – 0,23 т/га, а 34 % пахотных земель имеют низкое и очень низкое содержание подвижного фосфора» [4].

Высокоплодородные естественные (природные) почвы – черноземы и серые лесные почвы преобладают в сельхозугодьях региона.

Цель исследования: представить трансформирование гидротермических показателей (температура и влажность) почв и мобильного органического вещества при-

родных и антропогенно измененных почв в разных местоположениях.

Материалы и методы исследования

Многие авторы указывают, что уклон поверхности в сочетании с экспозицией склона имеют большое значение для процессов, протекающих в почве, поскольку они влияют на поступление солнечного тепла, стока и накопление влаги атмосферных осадков. Н.С. Кухарук и др. указывают, что время солнечного освещения меньше на склонах, чем на горизонтальной поверхности и именно летом наиболее выражены различия между склонами [5].

Выявлено, что лимит теплоснабжения и увлажнения определяют высокую чувствительность почв к антропогенным воздействиям. В лесостепной зоне, по мнению многих авторов, потенциальное плодородие почв довольно высокое. Реакция среды варьируется от нейтральной до слабощелочной. В почвенном поглощающем комплексе доля магния увеличивается с глубиной. Гумус сосредотачивается в пахотном горизонте, существенно уменьшаясь в подпахотном.

Исследовались почвы, которые расположены на наклонной поверхности юго-восточной и юго-западной экспозиции (рис. 1).

Объекты изучения – чернозем слабовыщелоченный среднemosный с бобово-порожничково-овсцово- растительностью с хвощом (т. 5). Подробные физико-химические свойства почв представлены в работе [6]. Пашня – т. 6 характеризуется неровной поверхностью с небольшими струйчатыми размывами. Систематическая обработка пахотного горизонта существенно меняет морфологическую структуру почвы. Предшествующие исследования (D.T. Mihailovich etc., V. Civic etc.) ранее отмечали повышенную чувствительность лесостепных черноземов к изменениям температуры воздуха и количеству осадков [7, 8].

Настоящее исследование опиралось на месячные данные наблюдений о температуре воздуха и осадках с метеостанции «Шарыпово».

Применялись методы: ландшафтно-геохимические, сравнительно-географические, сравнительно-аналитические, профилно-генетические, картографические и статистические.

В середине лета, в июле, на заданных постоянных точках были взяты образцы почв на химический анализ. Почвенные пробы отбирались и анализировались

по общепринятым методикам химического анализа и согласно ГОСТам [9]. В течение всего периода наблюдений пашни находились под посевами (не считая времени, когда находились под «паром»). Многолетние режимные исследования дали возможность получить данные по исследованию динамики температуры и влажности природных и антропогенно трансформированных почв Назаровской лесостепи.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ годовых сумм осадков по метеостанции «Шарыпово» за 1986–2018 гг. показал их соответствие норме (444 мм). Отдельные положительные и отрицательные колебания осадков приводили к тому, что размах амплитуды осадков превышал двукратный размер.

За исследуемый 33-летний период выявились значительное превышение нормы в течение семи лет, а значения ниже нормы были в течение четырех лет. В 1996, 2009 и 2010 гг. фиксировались отрицательные среднегодовые значения температуры воздуха.

Наибольшие среднегодовые температуры воздуха были отмечены в 1995, 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. – более $3,0^{\circ}\text{C}$ при норме $0,9^{\circ}\text{C}$ (рис. 2).

По данным метеостанции «Шарыпово» в июле средняя температура воздуха колебалась от $15,8$ до $20,3^{\circ}\text{C}$, а количество осадков изменялось более чем в 8 раз (регистрировались значения от 21 до 169 мм).

Установлено, что осадки, выпадающие в летний период, увлажняют только верх-

ний 10–20 см слой почвы, глубже, до 50–80 см, промачивание наблюдается относительно редко. В почве пополнение запасов влаги (влажозарядка) происходит только в осенний период, поскольку затраты на транспирацию и физическое испарение незначительны. Исследования, проведенные в Центральной Канаде, обнаруживают отклик почвенного органического вещества на климатическую динамику [10].

Агротехнические мероприятия оказывают сильное воздействие на почвы, находящиеся в сельскохозяйственном использовании. Это приводит к изменениям их свойств. Многими авторами выявлено, что после распашки снижения запасов гумуса максимальны в первые годы, затем его содержание становится стабильным, но на более низком уровне. Существенные изменения происходят в физико-химических и водно-физических свойствах почвы. В летнее время усиливается прогревание пахотного горизонта, вследствие чего растут температура почвы и амплитуда колебаний влажности. Вследствие повышенного физического испарения и потребления влаги корнями культурных растений в верхней части почвенного профиля происходит самый интенсивный расход влаги.

Количественные измерения позволили утверждать, что пахотные почвы, расположенные на склоне юго-восточной (т. 6) и юго-западной экспозиции (т. «Родники»), имеют похожую величину гумусового горизонта – 34–38 см, количество гумуса отличается незначительно. Содержание гумуса в разы уменьшается в подпахотном горизонте: т. 6 – в 2,5 и т. «Родники» – в 2 раза.

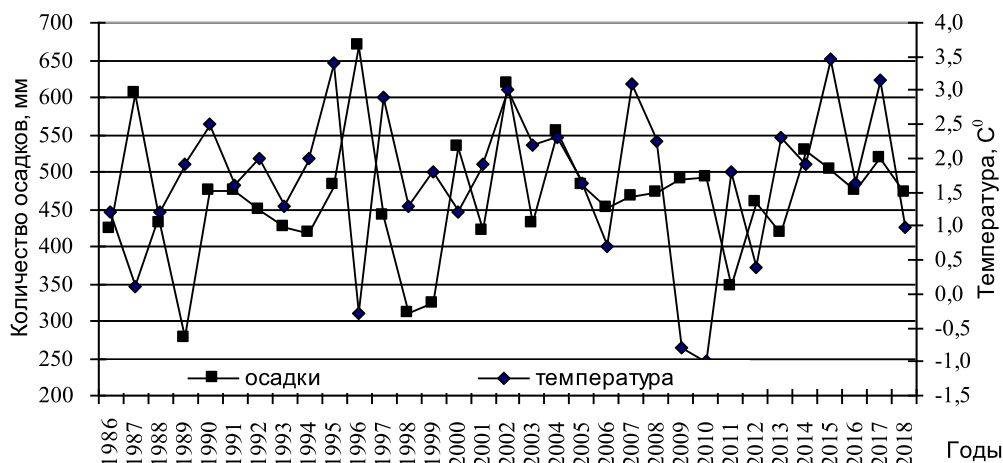


а)

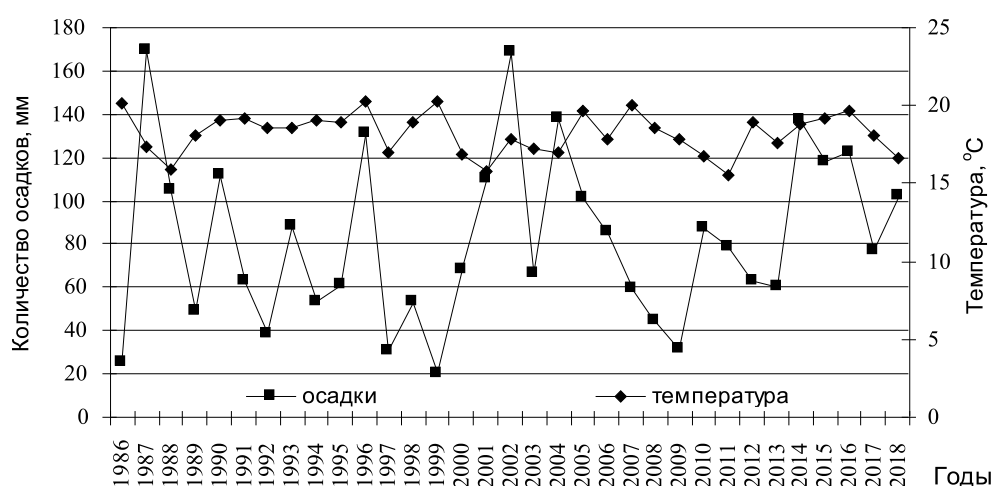


б)

Рис. 1. Территория исследования. Склон юго-восточной экспозиции: чернозем слабовыщелоченный среднемошный (а); склон юго-западной экспозиции, березовый высокотравный лес с темно-серой лесной почвой (антропогенная модификация – пашня) (б) (фото И.Б. Воробьевой)



а)



б)

Рис. 2. Среднегодовая (а) и среднеиюльская (б) температура воздуха и сумма осадков по данным метеостанции «Шарыпово»

В природных почвах и их антропогенных модификациях зафиксированы незначительные изменения показателей pH, в диапазоне слабокислой реакции среды (колебания в пределах 0,55 значений pH) в средней части профиля.

Общеизвестно, что содержание влаги в почве отражает процессы увлажнения атмосферы (рис. 3).

Южные склоны хорошо прогреваются, и на них отмечены почвы с повышенной температурой и пониженным увлажнением, а на северных склонах — почвы с пониженной температурой и повышенным увлажнением. В почве, расположенной на склоне юго-западной экспозиции (т. «Родники»),

обнаружено максимальное содержание влаги, что подтверждается ранее полученными данными.

Исходя из имеющихся метеонаблюдений установлено, что восемь лет из изучаемого периода 1986–2018 гг. по гидротермическим показателям (пониженным температурам, высокому содержанию влаги в почве, малому количеству водорастворимых форм углерода) можно признать чрезвычайными. Ранее проведенные исследования показали, что увеличение влажности почвы способствует образованию подвижных форм органического вещества и его вымыванию за пределы почвенного профиля [6]. Годы, последующие за холодными, как правило,

теплые, с минимальной суммой осадков. В эти теплые годы отмечается дефицит влаги, и подвижные органические соединения концентрируются в почве.

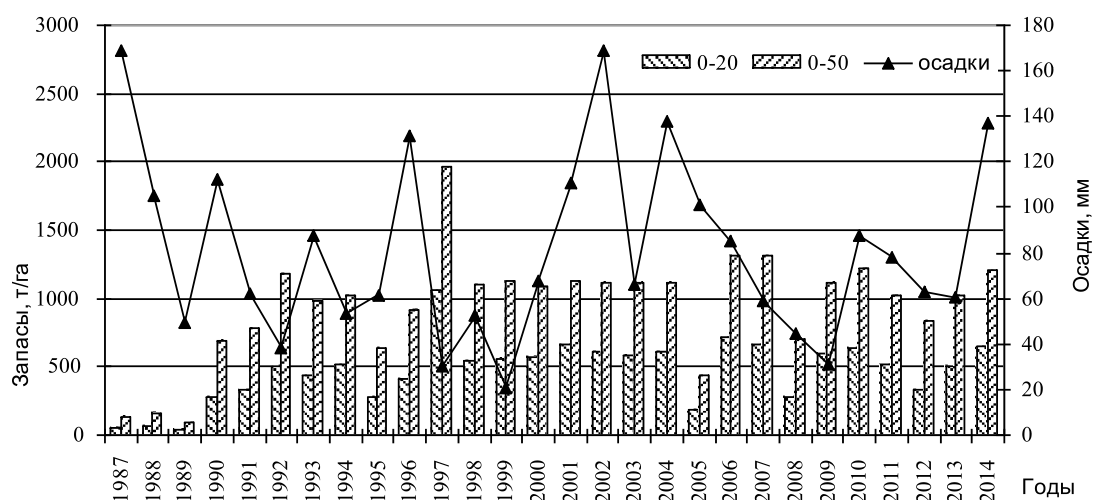
Рассмотрение данных запасов общего углерода, водорастворимых форм углерода (органического, минерального), элементов – кальция, магния и влажности – выявил существенные различия в характере их распределения в почвенном профиле (таблица).

Агротехнические мероприятия (система обработки почвы, севообороты, удобрения, борьба с сорняками и др.), используемые в сельском хозяйстве, приводят к значительным изменениям физико-химических и водно-физических свойств. Установлено,

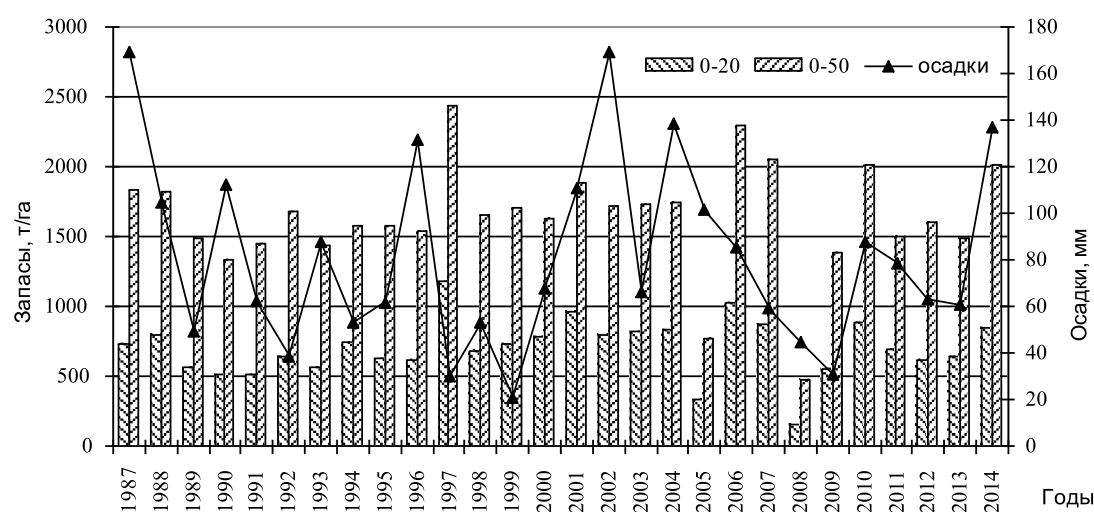
что природные и пахотные почвы имеют общие закономерности в изменении водорастворимых форм углерода, которое выражается в уменьшении амплитуды колебаний.

Заключение

Изучение динамики температуры, влажности и подвижного органического вещества в природных почвах и их антропогенно-измененных модификациях (пашне), расположенных в разных условиях (на склонах юго-восточной и юго-западной экспозиции) выявило некоторые закономерности в изменении температуры, влажности, содержании общего, органического и минерального углерода.



а)



б)

Рис. 3. Динамика запасов влаги в черноземе слабовыщелоченном среднемощном – т. 5 (а) и антропогенно измененном – т. 6 – пашня (б) и количество осадков (июль)

Запасы водорастворимых форм элементов (кг/га) и влаги (мм)

Запасы, кг/га	Юго-восточная экспозиция, глубина, см				Юго-западная экспозиция «Родники», глубина, см			
	Т. 5		Т. 6 (пашня)		лес		пашня	
	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50	0–20	0–50
$C_{\text{общ.}}$, т/га	140	270	107	194	517	617	72	149
$C_{\text{орг.}}$	731	1547	609	759	1159	1839	231	879
$C_{\text{мин.}}$	48	112	194	540	67	115	59	127
Ca	28	346	414	1116	277	495	141	337
Mg	33	41	54	167	31	116	54	115
w, мм	28	70	15	47	55	131	36	103

В результате длительной распашки антропогенные модификации природных почв – пашни приобрели существенные отличия по ряду физических и химических свойств, от своих природных аналогов. Наиболее глубокие изменения зафиксированы в почвенном поглощающем комплексе и водно-физических свойствах.

Выявлено, что природные почвы, в отличие от их антропогенных аналогов, обладают большими запасами влаги, гумуса и водорастворимых форм углерода.

Таким образом, четко прослеживается зависимость физико-химических и водно-физических свойств антропогенно измененных почв от экспозиции склона. Пашни на склоне, обращенном на юго-восток, обладают наиболее благоприятными физико-химическими и водно-физическими свойствами для сельскохозяйственного использования.

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 anthropogenic landscapes as a criterion for their sustainability // 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 to the study of natural and anthropogenically disturbed complexes // Vestnik TGU. Vol. 19. № 5. 2014. P. 1507–1511 (in Russian).
5. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). Смоленск: Ойкумена, 2003. 268 с.

Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mozharova N.V., Prokofieva T.V. Anthropogenic soils (genesis, geography, reclamation). Smolensk: Oikumena, 2003. 268 p. (in Russian).

4. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году. Красноярск, 2015. 297 с.

State report on the state and protection of the environment in the Krasnoyarsk region in 2014. Krasnoyarsk, 2015. 297 p. (in Russian).

5. Кухарук Н.С., Смирнова Л.Г., Нарожная А.Г., Чендев Ю.Г., Глазунов Г.П. Динамика влажности почв заповедных участков лесостепи на фоне внутривековой климатической изменчивости // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2017. № 25 (274). С. 79–90.

Kukharuk N.S., Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., Chende Yu.G., Glazunov G.P. Dynamics of soil moisture in protected areas of the forest-steppe against the background of intrasecular climatic variability // Nauchnyye vedomosti Bel. GU. Seriya: Yestestvennyye nauki. 2017. № 25 (274). P. 79–90 (in Russian).

6. Воробьева И.Б. Динамика гидротермических показателей и особенности изменений естественных и антропогенных измененных почв Назаровской лесостепи Средней Сибири // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 39–44. DOI: 10.17513/use.37211.

Vorobeva I.B. Dynamics of hydrothermal parameters and peculiarities of changes in natural and anthropogenic altered soils of the Nazarovskaya forest-steppe of Central Siberia // Advances in current natural sciences. 2019. № 10. P. 39–44 (in Russian).

7. Mihailovich D.T., Dreskovic N., Arsenis I., Civic V., Durdevic V., Mimich G., Pap I.I., Balazh. Impact of climate change on soil thermal and moisture regimes in Serbia: An analysis with data from regional climate simulations under SRES-A1B. Science of The Total Environment. 2016. Vol. 571. P. 398–409.

8. Civic V., Dreskovic N., Mihailovich D. T., Mimich G., Arsenis I., Durdevic V. Which is the response of soil in the Vojvodina Region (Serbia) to climate change using regional climate simulations under SRES-A1B. Catena, 2017. Vol. 158. P. 171–183.

9. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд. Московского ун-та, 1971. 487 с.

Arinushkina E.V. Manual for the chemical analysis of soils. M.: Izd. Moskovskogo un-ta, 1971. 487 p. (in Russian).

10. Purton K., Pennock D., Leinweber P., Walley F. Will changes in climate and land use affect soil organic matter composition Evidence from an ecotonal climosequence. Geoderma, 2015. Vol. 253–254. P. 398–409.