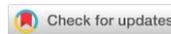


УДК 631.474

DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-5-30



Ссылки для цитирования:

Исаев В.А., Белобров В.П., Иванов А.Л. Динамика факторов почвообразования и их влияние на технологию земледелия в Каменной степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2020. Вып. 104. С. 5-30. DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-5-30

Cite this article as:

Isaev V.A., Belobrov V.P., Ivanov A.L., Dynamics of soil formation factors and their influence on agricultural technology in the Kamennaya Steppe, Dokuchaev Soil Bulletin, 2020, V. 104, pp. 5-30, DOI: 10.19047/0136-1694-2020-104-5-30

Динамика факторов почвообразования и их влияние на технологию земледелия в Каменной степи

© 2020 г. В. А. Исаев*, В. П. Белобров, А. Л. Иванов

ФИЦ “Почвенный институт им. В.В. Докучаева”, Россия,
119017, Москва, Пыжевский пер, 7, стр. 2,

*e-mail: isva@mail.ru.

Поступила в редакцию 20.04.2020, после доработки 23.05.2020,
принята к публикации 11.11.2020

Резюме: Анализ данных многолетних наблюдений в Каменной степи (более 125 лет) за климатическими параметрами (температурой воздуха и количеством осадков), уровнем грунтовых вод (УГВ), видовым составом растительности выявил основные тренды в их изменчивости. С 1969 г. отмечается рост температуры и уменьшение ее вариабельности в течение года. В 2009–2018 гг. она увеличилась на 0.40 за счет холодного сезона. За период 2000–2018 гг. наблюдается рост количества осадков в холодное время года в среднем на 1.2 мм в год и уменьшение в теплое полугодие. Период наблюдений 2009–2018 гг. характеризуется более мягкими и влажными зимами, теплыми и сухими летними месяцами. В конце XX в. и в начале XXI в. отмечен подъем УГВ в среднем до 3.8 м, совпавший с ростом среднегодовой температуры и увеличением общего количества выпадающих осадков. Изменение многолетнего режима грунтового и поверхностного увлажнения привело к расширению ареала

гидроморфных почв, что отрицательно сказывается на традиционной системе земледелия, применяющей обработки почв. Трансформация растительности за 100 лет наблюдений имела несколько этапов с общим трендом к смене степного разнотравья на лугово-степную, кустарниковую и древесные породы. Опыт применения прямого посева на типичных черноземах в течение 4 лет без использования обработок показал его адаптивность к изменяющимся условиям среды, а также тренд на восстановление деградированных свойств почв – увеличение запасов гумуса и подвижного фосфора в 30-сантиметровом слое почв.

Ключевые слова: вариабельность, сумма температур и осадков, уровень грунтовых вод, степь, технология земледелия.

Dynamics of soil formation factors and their influence on agricultural technology in the Kamennaya Steppe

V. A. Isaev^{*}, V. P. Belobrov, A. L. Ivanov

*Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”,
7 Bld. 2 Pyzhevskiy per., Moscow 119017, Russian Federation,
^{*}e-mail: isva@mail.ru.*

Received 20.04.2020, Revised 23.05.2020, Accepted 11.11.2020

Abstract: The analysis of long-term observations in the Kamennaya Steppe (over 125 years) for climatic parameters (air temperature and precipitation), ground water level, vegetation species composition revealed the main trends in their variability. Since 1969 there has been an increase in temperature and a reduction in temperature fluctuation during the year. Over the last 30 years, the difference has reached 1.90, and over the last decade it has grown by 0.40 due to the cold season. The amount of precipitation over the same 50-year period has not changed much. In total, an increase of 45 mm was observed over the decade (1999–2008). In the XXI century, there has been registered an increase in the amount of precipitation in the cold season by 12.7% and a decrease in the warm season, which creates certain prerequisites for climate continentality mitigation during the annual cycle. During the first 70 years of observations, the groundwater level in the well No. 1 was on average at the depth of 6.5 m (5.7–7.3 m). At the end of the XX century and at the beginning of the XXI century, there was marked a pronounced rise in the ground water level, the average depth was 3.8 m, which coincided with the growth of average annual temperature and an increase in total rainfall. In this period changes in the long-term regime of ground and surface soil moisture resulted

in expanding the area of wetlands and hydromorphic soils on the territory of the steppe. The period of 2009–2018 is characterized by a continued increase in average annual temperatures and a decrease in precipitation, which may lead to a seasonal change in temperature and precipitation to milder and wetter winters and warmer and drier summers. Transformation of vegetation for 100 years of observations had several stages with a general trend to change the steppe grasslands to meadow-steppe, shrubs and woody species.

Keywords: variability, sum of temperatures and precipitation, ground water level, steppe, agricultural technology.

ВВЕДЕНИЕ

Каменная степь – уникальный полигон, на котором уже более 125 лет проводится не имеющий аналогов в мире эксперимент по преобразованию природы с целью борьбы с “природными невзгодами”. С момента формирования территории Каменной степи как объекта научного наследия В.В. Докучаева и пристального внимания ученых к процессам почвообразования и почвам на ее территории были организованы многочисленные и систематические наблюдения за изменяющимися природными и антропогенными факторами почвообразования. Среди природных факторов почвообразования наиболее динамичными являются погодноклиматические показатели (температура и осадки), тесно связанный с ними уровень грунтовых вод (УГВ) и растительность. Изменчивость этих показателей во времени и пространстве обуславливает разнообразие почв на региональном и зональном уровне. Антропогенные факторы усиливают вариабельность природных параметров, трансформируя свойства почв и структуру почвенного покрова ([Сорокина, 2007](#); [Хитров, 2009](#); [Чевурдин, 2013](#)).

Обобщение и анализ обширного материала наблюдений и полученных результатов исследований показывают, что антропогенно-хозяйственное внедрение в природные процессы приводит к кратковременным (десятки лет) позитивным изменениям, например, по увлажнению почв, тогда как реакция технологий земледелия на цикличность природных явлений, периодически повторяющихся во времени, запаздывает, либо отсутствует. В связи с этим не удается дать долгосрочный прогноз о состоянии агроландшафта, чтобы своевременно вносить коррективы в ведение сельского

хозяйства и системы земледелия, мелиорацию земель, восстановление свойств и плодородия почв.

На сравнительно небольшой территории природного заказника площадью около 5 тыс. га формируются преимущественно обыкновенные, а также типичные черноземы, лугово-черноземные и черноземно-луговые почвы, солонцеватые и солончаковатые черноземы, солонцы, периодически переувлажненные черноземы, таксономия которых может меняться от сезона к сезону в зависимости от характера и времени выпадающих осадков, их интенсивности, зимних и летних температур.

Одна из важных современных проблем землепользования в Каменной степи связана с переувлажнением почв и обусловлена быстро (до десятка лет) меняющимися во времени погодно-климатическими условиями, связанными с глобальным изменением климата. В данной проблеме переувлажнения исходно автоморфных почв видится много очевидных и неопределенных явлений, связанных с изменяющимися в пространстве процессами почвообразования ([Овечкин, Исаев, 1989](#); [Зайдельман и др., 2012](#); [Разумова и др., 2016](#); [Савин и др., 2016](#); [Хитров, Чевердин, 2007б](#); [Чевердин, 2013](#); [Исаев, Иванов, 2020](#)). Реальных успехов в изучении этих процессов, динамики площадей гидроморфных почв, разработке приемов мелиорации и внедрения передовых технологий земледелия, например, прямого посева, крайне мало. Редкие фазы мониторинга почвенного покрова, последняя из которых закончилась больше 10 лет назад, дают ряд важных данных по динамике развития переувлажненных почв на территории степи ([Хитров, 2009](#)). Этого недостаточно для прогнозирования и характеристики изменений как свойств почв, так и СПП степи в целом.

В Каменной степи одним из факторов переувлажнения черноземов является верховодка, обусловленная в частности глинами, подстилающими почвы и создающими водоупоры при увеличении объемов поступающей влаги свыше полевой влагоемкости ([Овечкин, Исаев, 1989](#); [Сорокина, 2007](#); [Хитров, 2009](#)). Верховодка формируется и исчезает достаточно быстро, и связана с темпами обводнения и иссушения почв, которые непостоянны и, в свою очередь, зависят от природных процессов и антропогенных изменений в ландшафтах, направленных на влагосбережение, защиту

от водной эрозии, дефляции и т. д. Переувлажнение приводит к снижению плодородия черноземов и функционирования биоты в силу изменения водного, воздушного и температурного режимов ([Лебедева и др., 2016](#); [Гребенников и др., 2018](#); [Кутовая и др., 2018](#)), способствует осолонцеванию, разрушению структуры и увеличению плотности почв. Кроме того, переувлажнение вызывает выпревание посевов, затрудняет своевременную и обязательную при традиционной технологии земледелия механизированную обработку почвы, задерживает сроки посева, что в совокупности снижает кадастровую стоимость высокоплодородных земель ([Разумова и др., 2016](#)). Вместе с тем в определенных условиях в засушливые годы гидроморфные почвы служат резервом влаги, что способствует сохранению и развитию растений и обеспечивает получение удовлетворительного для засушливого года урожая.

Цель статьи заключается в анализе многолетних данных по оценке наиболее динамичных факторов почвообразования и связанных с ними проблем использования традиционных и новых почвосберегающих систем земледелия в Каменной степи, адаптированных к современным климатическим условиям, а также направленных на восстановление деградированных свойств и повышение плодородия почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объекты исследований – различные подтипы и виды черноземов (Chernozems) Каменной степи ([Исаев и др., 1986](#); [Исаев, 1988](#); [Зборищук и др., 2007](#)), почвы и почвенный покров опытных полей по изучению влияния обработок на свойства почв ([Исаев, Баранова, 1994](#); [Гармашов и др., 2017](#); [Гребенников и др., 2019](#); [Исаев, Иванов, 2020](#)), а также растительность степных участков и лесополос ([Аврорин, 1934](#); [Камышев, 1971](#); [Бобровская и др., 2008](#); [Казанцева и др., 2008, 2011](#)).

Методика работы основана на полевых исследованиях, проведенных авторами, начиная с 1985 г., а также анализе литературных и архивных данных за многолетний период наблюдений (более 100 лет) за изменяющимися во времени и пространстве факторами почвообразования. Акцент сделан на последние 50 лет, которые были наиболее динамичными за весь 125-летний период

наблюдений.

Данные по температуре, осадкам и глубине грунтовых вод были сгруппированы по десятилетиям. До 1969 г. значимых изменений по этим показателям не наблюдалось. В связи с этим в таблицах приведены данные с 1969 г. – начала изменений и формирования трендов в климатических показателях и УГВ.

Основной метод исследования динамичных факторов почвообразования – сравнительно-географический анализ природных параметров, свойств почв и видового состава растительности во временном цикле. Детальные почвенные исследования по изучению почвосберегающих систем обработки почв, включая прямой посев, ведутся с 2013 г. на опытном поле № 2 с координатами 51°03'16.1" с. ш. и 40°44'45.4" в. д. и размером 250 × 75 м. Был проведен анализ следующих свойства почв: макроагрегатный состав почв методом сухого и мокрого просеивания, равновесная плотность по фиксированным глубинам (0–10, 10–20, 20–30, 30–40, 40–50 см) методом цилиндров объемом 100 см³ и буром Качинского, влажность и агрохимические показатели (содержание гумуса и подвижной формы фосфора в 3-кратной повторности по вариантам с разными обработками через каждые 10 см до глубины 50 см). Статистическая обработка данных выполнена в программе Excel 2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Температура воздуха и осадки. В таблицах 1 и 2 представлены результаты наблюдений за температурой и выпавшими осадками в Каменной степи за последние 50 лет. При сравнении среднегодовых температур за десятилетия, начиная с 1969 г. (табл. 1), выявляется определенный тренд роста температуры за последние 30 лет. Разница составляет 1.9 °С, причем только за 2009–2018 гг. она выросла на 0.4 °С. По коэффициенту вариации выделяются два двадцатилетних периода с высокой вариабельностью температур (КВ = 19.7) и низкой (КВ = 7.3–8.9), что отражает современные тенденции глобального и регионального изменения климата, которые сказываются на испаряемости, развитии растительного покрова, скорости биологических процессов и свойствах определяющих плодородие почв.

Среднее количество осадков в каждом из пяти десятилетий, достаточно постоянно и только в период 1999–2008 гг. отмечается увеличение на 45 мм (табл. 2). В тоже время вариабельность выпавших осадков по годам высокая ($KB = 15.1–20.4$) с максимальным размахом в каждом десятилетнем цикле, начиная с 1969 г., в 243, 290, 284, 279 и 221 мм. Так, в 1984, 1991, 1996 и 2008 гг. выпало менее 400 мм осадков, а в 1970, 1976, 1981, 1990, 2004–2006, 2013 и 2016 гг., напротив, отмечался максимум, свыше 600 мм в год.

Два десятилетия подряд (1999–2018 гг.) количество осадков в зимний период увеличивается в среднем на 1.2 мм в год (табл. 3, 4), причем в период 2009–2018 гг. отмечается резкое снижение выпадающих осадков в летний и осенний периоды (табл. 4), что на фоне роста среднегодовой температуры (сумма средних многолетних температур свыше 100 °С в последние годы увеличилась с 25 690 °С до 29 070 °С) может привести к дефициту влаги в почвах в вегетационный период.

Тенденция повышения температуры воздуха и уменьшения поступления влаги в почву за вегетационный сезон привела в последние годы к возрастанию степени аридизации почв на всей территории степи. То, с чем многие годы боролись с помощью влагосбережения, создавая благоприятные условия для возделывания полевых культур, возвращается с нарастающим глобальным потеплением. При сохранении отмеченных тенденций следует ожидать, что сухостепным условиям будут соответствовать не отдельные месяцы, а вегетационный период в целом, что может привести к потерям потенциала почвенного плодородия и снижению урожайности сельскохозяйственных культур. С этим связана необходимость повышения адаптивного потенциала видов и сортов сельскохозяйственных культур, сопряженная с разработкой агротехнологий, применительно к изменяющимся условиям внешней среды, что является решающим фактором устойчивости земледелия.

Таблица 1. Средние за год и десятилетия температуры воздуха (°C) в Каменной степи (составлено по online данным – <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34139.htm> и литературным источникам; координаты метеостанции – 51.05° с. ш. 40.70° в. д.; высота над уровнем моря 194 м.)

Table 1. Average annual and decadal air temperatures (°C) in the Kamennaya Steppe (coordinates of the weather station – latitude 51.05°; longitude 40.70°; altitude 194 m.)

1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	М*	СО*	КВ*
4.4	6.2	6.5	6.8	6.2	6.4	7.6	3.7	5.7	5.2	5.9	1.16	19.7
1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988			
6.2	4.9	7.5	6.1	7.3	6.0	5.1	6.0	3.5	5.9	5.9	1.16	19.7
1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998			
7.8	7.2	6.9	6.4	5.1	5.6	8.0	5.9	6.0	6.6	6.6	0.94	14.4
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			
7.7	7.2	7.4	7.6	6.1	7.5	7.5	6.5	8.3	8.0	7.4	0.65	8.9
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
7.8	8.7	6.6	7.6	8.2	7.6	8.3	7.9	7.8	7.4	7.8	0.57	7.3

Примечание. * – здесь и далее в таблицах: М – средняя арифметическая, СО – стандартное отклонение, КВ – коэффициент вариации.

Таблица 2. Средние за год и десятилетия суммы осадков (мм) в Каменной степи (составлено по online данным – <http://www.pogodaiklimat.ru/history/34139.htm> и литературным источникам)
Table 2. Average annual and decadal precipitation amounts in the Kamennaya Steppe

1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	М	СО	КВ
416	651	405	467	513	492	408	642	514	504	501	88.2	17.6
1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988			
479	572	633	511	439	343	491	457	541	523	499	79.2	15.9
1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998			
595	618	376	598	563	411	580	334	464	560	510	104.0	20.4
1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008			
534	596	593	459	490	612	676	614	485	397	545	86.8	15.9
2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018			
405	458	485	538	602	442	555	626	523	417	506	76.1	15.1

Таблица 3. Ежемесячное количество осадков (мм), выпавшее в Каменной степи за 20-летний период с 1999 г. по 2018 г.

Table 3. Monthly precipitation (mm) in the Kamennaya Steppe for the 20-year period from 1999 to 2018

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII	Сумма
1999	23	29	17	6	57	43	87	112	29	70	14	47	537
2000	38	27	38	18	37	117	83	13	150	12	8	55	596
2001	35	35	61	42	39	66	62	45	60	50	42	56	593
2002	22	52	16	24	35	41	14	8	87	83	54	23	459
2003	28	11	6	27	18	88	105	38	21	86	35	28	490
2004	64	57	31	31	74	76	67	23	45	62	38	44	612
2005	50	47	20	61	41	85	98	93	9	56	34	80	676
2006	20	28	48	32	67	93	12	93	50	64	90	17	614
2007	80	36	15	37	49	44	42	20	54	33	55	20	485
2008	33	17	45	37	44	43	28	11	51	46	29	13	397
2009	38	47	29	8	41	51	69	9	2	31	32	48	405
2010	45	37	31	48	40	39	81	63	29	65	27	33	458
2011	54	35	9	25	34	81	38	51	24	51	28	55	485
2012	45	37	31	48	40	39	81	63	29	65	27	33	538
2013	27	15	52	5	85	50	59	85	151	45	17	11	602
2014	62	16	28	28	29	133	4	49	7	17	6	63	442
2015	21	50	2	90	46	108	79	5	4	33	83	34	555
2016	64	40	42	98	52	77	21	53	52	31	62	34	626
2017	31	25	29	33	49	50	54	39	49	54	55	55	523
2018	57	26	56	58	22	3	42	9	61	26	8	49	417
Среднее годовое количество осадков за 20 лет													525

Таблица 4. Среднее количество осадков (мм) за сезон в Каменной степи в десятилетнем цикле

Table 4. Average precipitation (mm) per season in the Kamennaya Steppe in a 10-year cycle

Десятилетия	Среднее количество осадков за сезон				Среднее за год
	Весна	Лето	Осень	Зима	
1969–1978	99	153	146	103	501
1979–1988	101	150	143	105	499
1989–1998	106	164	144	96	510
1999–2008	107	175	151	112	545
2009–2018	114	145	123	124	506

Уровень грунтовых вод. Об уровне грунтовых вод в Каменной степи обычно судят по глубине воды в колодце № 1, наблюдения по которому публикуются по данным на 1 сентября каждого года более 125 лет (табл. 5 и 6). За первые 70 лет наблюдений УГВ находился на достаточно стабильных в среднем за десятилетия глубинах 5.7–7.3 м, при изменчивости по КВ от низкой 7.7 до высокой 16.6 (табл. 5).

Временной отрезок, начиная с 1977 г. и вплоть до 2007 г., выделяется повышением УГВ (табл. 6). Наиболее значительный подъем УГВ до 2.65 м пришелся на 1993 г. и в целом на 90-е годы и характеризовался ростом среднегодовой температуры и увеличением общего количества выпадающих осадков (табл. 1 и 2). Многолетняя, достаточно устойчивая до этого времени, система грунтового и поверхностного увлажнения почв существенно изменилась, что отразилось на свойствах черноземов, расширив ареал переувлажненных и гидроморфных почв в Каменной степи ([Хитров, Чевердин, 2007](#)).

Таблица 5. Уровень грунтовых вод (м) в Каменной степи за период с 1892 по 1968 гг. (колодец № 1, координаты – 51.03° с. ш. и 40.70° в. д., абсолютная высота ~ 192 м.)

Table 5. Ground water level (m) in the Kamennaya Steppe for the period from 1892 to 1968 (well No. 1)

Годы наблю- дений	1892	1902	1912	1922	1932	1942	1952	1962
	- 1901	- 1911	- 1921	- 1931	- 1941	- 1951	- 1961	- 1968
М	6.9	6.5	5.7	6.7	7.3	6.1	7.1	5.9
СО	0.76	1.08	0.93	0.98	0.77	0.86	0.58	0.46
КВ	10.0	16.6	16.4	14.7	10.6	14.2	8.2	7.7

Период увеличения обводненности территории степи ([Савин и др., 2016](#)) сменился в 2009–2018 гг. на менее влажный с заметным падением УГВ. С одной стороны, он характеризуется продолжением роста среднегодовых температур и снижением количества выпадающих осадков, с другой, ранее не отмечавшейся тенденцией к сезонной смене трендов по температуре и выпадающим осадкам на более мягкие и влажные зимы и более теплые и сухие летние месяцы.

Таким образом, за 50 лет (начиная с 1969 г.) уровень воды в колодце сначала повысился в 90-е годы в среднем на 3.5 м., а затем снизился до 7.1 м (табл. 6). В настоящее время вода находится на глубинах, характерных для начала измерений в конце XIX в., типичных для автоморфно развивающихся черноземов степи. Вместе с тем следует отметить, что колодец № 1 находится под лесным массивом, где понижение УГВ в определенной степени связано с транспирацией лесным ценозом, чего не было более 100 лет назад. Это явление сказывается на растительном покрове косимой залежи, где отмечается замена луговых трав более ксероморфными степными видами. Происходит уменьшение численности дождевых червей в составе почвенной мезофауны. В летний период, за исключением почв под лесополосами, из-за недостатка влаги они встречаются крайне редко.

Таблица 6. Уровень грунтовых вод (м) в Каменной степи за период с 1969 г. по 2018 г. (колодец № 1)
Table 6. Ground water level (m) in the Kamennaya Steppe for the period from 1969 to 2018 (well No. 1)

Год	УГВ, м								
1969	5.65	1979	3.53	1989	3.35	1999	4.05	2009	6.62
1970	5.47	1980	3.99	1990	2.81	2000	3.52	2010	7.25
1971	4.95	1981	3.31	1991	2.85	2001	3.65	2011	6.70
1972	5.87	1982	3.56	1992	3.95	2002	3.75	2012	6.93
1973	5.70	1983	3.75	1993	2.65	2003	4.17	2013	7.57
1974	5.11	1984	4.92	1994	3.08	2004	3.36	2014	7.74
1975	5.26	1985	5.17	1995	3.89	2005	3.25	2015	7.60
1976	4.88	1986	4.95	1996	4.10	2006	3.44	2016	6.95
1977	4.00	1987	4.29	1997	4.60	2007	4.12	2017	7.06
1978	4.00	1988	3.97	1998	4.20	2008	5.40	2018	-
М	5.1		4.1		3.5		3.9		7.1
СО	0.66		0.66		0.68		0.63		0.41
КВ	12.9		15.9		19.4		16.1		5.7

Снижение УГВ в колодце № 1 продолжается даже зимой, приближаясь к абсолютному минимуму стояния за весь период наблюдений до 8.8 м в январе 1960 г. (в 2018 г. отмечалось даже полное пересыхание колодца).

Важно еще раз обратить внимание на то, что УГВ в скважинах, расположенных на полях, где в севооборотах возделываются разные культуры, не везде коррелирует с уровнем воды в колодце № 1. За период с 1990 г. по 2014 г., по данным ЦТ “Воронежгеомониторинг”, в этих скважинах, в отличие от колодца № 1 под лесом, отчетливо проявляется сезонная динамика УГВ (табл. 7). Большую часть времени в течение года он остается в пределах 1.5–3.0 м, редко поднимаясь до 0.5–1.0 м и опускаясь глубже 5 м, как это было в экстремально засушливый 2010 г.

Таким образом, наряду с глобальными изменениями климатических условий локальные особенности гранулометрического состава подстилающих пород, поверхностного и внутрипочвенного рельефа и стока определяют как глубину УГВ, так и ее сезонную динамику.

Растительность. Степные сообщества в Каменной степи претерпели за 125 лет наблюдений существенные изменения. По замыслу В.В. Докучаева, заповедная некосимая степь (восточнее 40-ой лесополосы) должна была служить эталоном, своеобразным контролем агроландшафтов. Однако в настоящее время она превратилась в лесное урочище, в котором доминирует клен американский с редким подлеском и травяным покровом. Комплекс климатических, гидрогеологических и антропогенных воздействий способствовал развитию не произраставших здесь ранее растений: купырь лесной (*Anthriscus silvestris*), гравилат городской (*Geum urbanum*) как луговые виды, а также будра плосколистная (*Glechoma hederacea*) как лесной вид ([Бобровская и др., 2008](#)).

Многолетние наблюдения показывают, что на участке с абсолютным заповедным режимом первоначально сформировалась лугово-степная растительность (вторичная целина). В 1913 г. в травостое господствовал пырей ползучий (*Elytrigia repens*), присутствовало многочисленное разнотравье, были отмечены также ковыль сарептский (*Stipa sareptana*) и большое число одно- и двулетних видов.

Таблица 7. Среднемесячный УГВ (м) в скважине 04*; абсолютная отметка 189.8 м, координаты 51°03'22.25" с. ш. и 40°44'36.12" в. д.

Table 7. Average monthly ground water level (GWL) (m) in the well 04*; absolute level 189.8 m, coordinates 51°03'22.25" N and 40°44'36.12" E

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XIX	X	XI	XII	M
2014	2.83	2.69	2.30	1.67	1.27	1.31	1.46	1.85	2.09	2.19	2.25	2.14	2.01
2015	2.02	1.92	2.07	1.31	0.94	1.12	1.46	1.93	2.19	2.28	2.38	2.50	1.85
2016	2.57	2.48	1.76	0.96	0.54	0.56	0.71	0.81	1.01	1.20	1.20	1.24	1.25
2017	1.71	2.34	2.48	2.03	1.79	1.69	1.92	2.21	2.37	2.42	2.46	2.44	2.16
2018	2.00	1.73	1.63	1.31	1.05	1.08	1.32	1.49	Нет данных				
2019	Нет данных							1.95**	Нет данных				

Примечание. * – данные получены из территориального центра “Воронежгеомониторинг”; ** – собственные измерения 27.08.2019 при проведении полевых работ.

Постепенно в травостой стали внедряться отдельные всходы деревьев и кустарников. Уже в 30-х годах упоминается о наличии в растительном покрове 2 видов деревьев – груша (*Pirus communis*) и вяз мелкий (*Ulmus minor*) (Аврорин, 1934). Появились и такие кустарники, как жимолость (*Lonicera tatarica*), боярышник (*Crataegus*), шиповник коричный (*Rosa cinnamomea*), слива колючая – терн (*Prunus spinosa*). В травяном покрове стали достаточно заметны кострец (*Bromopsis riparia*), пырей ползучий (*Elytrigia repens*), мятлик узколистный (*Poa angustifolia*).

В 50-х годах произошло увеличение роли типчака и ковылей ([Камышев, 1971](#)). На залежи в это время присутствуют ковыль волосистый (*Stipa capillata*), опушеннолистный (*S. dasyphylla*). В этот период из травостоя практически исчез мятлик луговой (*Poa pratensis*), который вновь появляется в травостое в 2001 г., в то время как *P. angustifolia* из его состава выпадает.

Проведенное в 1972 г. картирование растительности участка ([Пашенко, 1992](#)) показало, что древесно-кустарниковые заросли стали занимать более 63% площади залежи, в состав которых в это время входило уже 10 древесных видов и 13 кустарников. В сохранившемся к этому времени лугово-степном травостое все еще можно было выделить несколько растительных группировок, среди которых следует упомянуть кострово-свербиговое (*Bunias orientalis* + *Bromopsis inermis*); разнотравно-ковыльное сообщество (*Stipa pennata* + *Vicia tenuifolia* + *Campanula glomerata*) и подмаренниково-душищевое (*Origanum vulgare* + *Galium vernum*) сообщества. Из травостоя почти полностью исчезли практически все одно- и двулетние растения: лопушник (*Arctium alpina*), змеголовник тимьяноцветковый (*Dracocephalum thymiflorum*) и др., такие многолетники, как *Poa pratensis*, катран татарский (*Crambe tatarica*) и др. С 1972 г. начинается бурное зарастание этого “микроразоведника” древесными и кустарниковыми видами, которое протекает на фоне возрастающего количества осадков и приближающейся к поверхности почвы “верховодки”. Менее чем за 30 лет к концу прошлого столетия на залежи 1908 г. сформировался сомкнутый кленовый лес. Видовой состав трав в лесу, по описанию растительности в 2001 г. ([Бобровская и др., 2008](#); [Казанцева и др., 2008, 2011](#)), чрезвычайно беден – всего 21 вид – при проек-

тивном покрытии менее 3%. Проведенное в 2010 г. повторное описание кленового леса выявило практически полное отсутствие травяно-кустарничкового яруса.

Влияние динамики факторов почвообразования на технологию земледелия. С XIX в. и до второй половины XX в. климатические параметры (температура и осадки) в годовом цикле имели постоянную вариабельность, что определяло в Каменной степи стабильные условия земледелия, которое опиралось на традиционную систему с обязательными обработками почв. Описанные выше изменения климатических показателей, вызванные природными (длительное, около 30 лет, стояние грунтовых вод на глубине активного влияния на почвенный профиль черноземов) и антропогенными (лесомелиорации, влагосбережение, обводнение территории) факторами, привели к трансформации видового состава растительности, расширению ареалов переувлажненных почв ([Хитров, Чевердин, 2007а, 2007б](#)), изменению их свойств – деградации структуры, дегумификации, формированию плужной подошвы и т. д. ([Зайдельман и др., 2012](#); [Чевердин, 2013](#); [Лебедева и др., 2016](#); [Гармашов и др., 2017](#); [Гребенников и др., 2018](#)).

Автоморфные черноземы приобретают черты характерные для лугово-черноземных почв, особенно в местах стояния верховодки, что сдвигает сроки посева культур на более поздние, пока не просохнет почва. Кроме того, обрабатывающая техника создает на полях неоднородность по плотности и увлажнению почв, формируя агромикрорельеф, что также усложняет посев и требует дополнительных мероприятий по выравниванию поверхности поля. В определенных случаях это создает условия для развития процесса поверхностного гидроморфизма.

Как следствие, возникла необходимость адаптации систем земледелия к меняющимся условиям среды. С этой целью на ключевых участках были проведены комплексные полевые опыты по изучению почвосберегающих систем земледелия, различных модификаций обработок почв, включая прямой посев, с оценкой влияния вносимых доз минеральных удобрений. В зерновом севообороте изучали следующие виды обработок: отвальная вспашка на глубину 20–22 см, безотвальная обработка на глубину 15–17 см, поверхностная обработка дискованием на глубину 10–12 см и

нулевая обработка (прямой посев). Исследования показали, что типичные черноземы в слоях 0–30 и 0–50 см имеют наибольшие запасы гумуса после четырех лет применения технологии прямого посева ([Гребенников и др., 2019](#)) (табл. 8). Максимальная разница в запасах гумуса в слоях 0–30 и 0–50 см отчетливо выражена при сравнении варианта прямого посева, с одной стороны, и вспашки отвальной и безотвальной, с другой.

Через четыре года проведения опытов запасы P_2O_5 в слое 0–30 см увеличились при использовании прямого посева по сравнению с другими обработками (табл. 8). Наиболее низкими запасами этого элемента питания характеризовался вариант с отвальной вспашкой и поверхностной обработкой.

Таблица 8. Запасы гумуса (т/га) и подвижного фосфора P_2O_5 (кг/га) в гумусовом горизонте агрочерноземов Каменной степи на вариантах полевого опыта (поле № 2)

Table 8. Reserves of humus (t/ha) and mobile phosphorus P_2O_5 (kg/ha) in the humus horizon of agrochernozems of the Kamennaya Steppe in the field experiment variants (field No. 2)

Агрохимические показатели	Глубина образца почв, см	Способы обработки почвы			
		Прямой посев (нулевая обработка)	Поверхностная	Вспашка безотвальной	Вспашка отвальная
Гумус	0–30	261.9	207.7	190.8	195.2
	0–50	358.3	304.7	266.6	279.8
P_2O_5	0–30	447.7	384.7	423.2	402.2

Таким образом, на фоне меняющихся динамических факторов почвообразования типичные черноземы Каменной степи хорошо откликаются на систему земледелия с нулевой обработкой (прямой посев), при использовании которой после жатвы на поверхности почв остаются растительные остатки, что обеспечивает рост запасов органического вещества и подвижного фосфора в гумусовом горизонте за достаточно короткий период времени (4 года).

Такая система земледелия в наибольшей степени адаптирована к изменяющимся природным условиям среды, поскольку прямой сев приближен к естественному функционированию почвенного покрова. Как отмечалось, в последние годы вегетационный период в Каменной степи имеет тенденцию к дефициту по увлажнению почв. В этой связи ориентация на прямой посев в системе земледелия оправдана еще и в силу того, что уже опробована и показала позитивные результаты как в засушливой зоне Ставропольского края ([Дридигер и др., 2017](#)), так и в близких к Каменной степи природных условиях Курской области ([Холодов и др., 2016](#)).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее динамичные во времени факторы почвообразования – климат и растительность – претерпели за время наблюдений в Каменной степи существенные изменения. В этой экологической нише рациональное использование почв в земледелии требует оперативной оценки ситуации и трендов изменения показателей факторов почвообразования. Традиционные способы возделывания сельскохозяйственных культур и сами культуры должны соответствовать быстро меняющимся во времени условиям среды. Вариабельность и рост годовых температур в Каменной степи, трансформация в сезонном распределении годовых осадков, усиление аридизации в 2009–2018 гг. вызывает необходимость применения наиболее адаптированной к меняющимся параметрам ресурсо- и почвосберегающей системы земледелия, ориентированной на восстановление деградированных свойств почв. Полученные на базе полевых опытов в Каменной степи результаты по применению различных обработок почв показали, что прямой посев в наибольшей степени адаптирован к изменениям в силу особенностей его технологии, приближенной к природным экосистемам разного типа. Это подтверждают данные, полученные при использовании прямого посева на производственных площадях в засушливых районах Ставропольского края и в научно-производственных опытах в Курской области. Таким образом, выявленные на примере Каменной степи тренды изменений факторов почвообразования во времени отражают, по нашему мнению,

общую динамику глобального потепления в ЦЧО и сопряженных с ним субъектах Федерации, где доминируют черноземные почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврорин Н.А. Растительность разновозрастных залежей Каменной степи // Геоботаника. 1934. Т. 1. Сер. 3. С. 187–195.
2. Бобровская Н.И., Казанцева Т.И., Пащенко А.И., Тищенко В.В. Изменение видового состава луговостепной залежи в процессе ее трансформации в лесную группировку // Ботан. журн. 2008. Т. 93. № 4. С. 620–633.
3. Гармашов В.М., Чевердин Ю.И., Белобров В.П., Гребенников А.М., Исаев В.А., Беспалов В.А. Влияние способа основной обработки почв на агрофизические свойства миграционно-мицелярных агрочерноземов // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 3. С. 26–29.
4. Гребенников А.М., Беспалов В.А., Исаев В.А., Белобров В.П., Юдин С.А., Гармашов В.М., Чевердин Ю.И. Влияние разных способов обработки агрочерноземов на их влажностный и температурный режим в условиях высокой обеспеченности почв влагой // Современное состояние чернозёмов. 2018. Т. 1. С. 376–383.
5. Гребенников А.М., Исаев В.А., Чевердин Ю.И., Гармашов В.М., Нужная Н.А., Корнилов И.М. Влияние способа основной обработки почвы на агрохимические свойства миграционно-мицелярных легкоглинистых агрочерноземов юго-востока ЦЧЗ // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 5. С. 23–26.
6. Дридигер В.К., Невечеря А.Ф., Токарев И.Д., Вайцеховская С.С. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.
7. Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И., Ангелов Е.Н. Деграционные изменения богарных черноземов лесостепной и степной зон Европейской России в результате переувлажнения и мелиоративные мероприятия по восстановлению их плодородия / Деграция богарных и орошаемых черноземов под влиянием переувлажнения и их мелиорация. М.: АПР, 2012. С. 11–27.
8. Зборищук Ю.Н., Рымарь В.Т., Чевердин Ю.И. Состояние черноземов обыкновенных Каменной степи. М., 2007. 158 с.
9. Исаев В.А., Овечкин С.В., Козут Б.М., Хитров Н.Б. Влияние временного переувлажнения на гумусовый профиль степных черноземов ЦЧО // Тез. Докл. Всесоюзн. Конфер. “Агрочвоведение и плодородие почв”. Л. 1986. С. 51–52.

10. *Исаев В.А.* Компонентный состав солонцовых комплексов Каменной степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 1988. Вып. 46. С. 76–77.
11. *Исаев В.А., Баранова О.Ю.* Почвы засушливой зоны и их изменение под влиянием мелиорации // Научные труды Почвенного института имени В.В. Докучаева. М., 1994. С. 196–201.
12. *Исаев В.А., Иванов А.Л.* Обзор исследований периодически избыточно-увлажненных почв в Каменной Степи // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 1. С. 17–23.
13. *Казанцева Т.И., Бобровская Н.И., Пащенко А.И., Тищенко В.В.* Динамика растительности 100-летней степной залежи Каменной степи (Воронежская область) // Ботан. журн. 2008. Т. 93. № 4. С. 620–633.
14. *Казанцева Т.И., Бобровская Н.И., Пащенко А.И., Тищенко В.В.* Особенности динамики и восстановления залежной растительности луговых степей заказника “Каменная степь” // Мат. Всероссийской научной конференции с международным участием “Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы”. СПб, 2011. Т. 2. С. 296–299.
15. *Камышев Н.С.* Флора Каменной и Хреновской степей Воронежской области / Науч. записки Воронежского отд. ВБО. 1971. С. 31–54.
16. *Кутовая О.В., Гребенников А.М., Тхакахова А.К., Исаев В.А., Гармашов В.М., Беспалов В.А., Чевердин Ю.И., Белобров В.П.* Изменение почвенно-биологических процессов и структуры микробного сообщества агрочерноземов при разных способах обработки почвы // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 35–61. DOI: [10.19047/0136-1694-2018-92-35-61](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-35-61).
17. *Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А.* Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов Каменной степи // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. Вып. 83. С. 77–102. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-77-102](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-77-102).
18. *Овечкин С.В., Исаев В.А.* Периодически переувлажненные почвы ЦЧР. Генезис, антропогенная эволюция и рациональное использование почв // Науч. тр. Почвенного института им. В.В. Докучаева, М.: 1989, С. 18–26.
19. *Пащенко А.И.* К вопросу изучения динамики растительного покрова залежей Каменной степи // Природные ресурсы Воронежской области и их охрана. 1992. С. 4–13.
20. *Разумова Н.В., Разумов В.В., Молчанов Э.Н.* Переувлажнение и подтопление почв и земель в Центральном регионе России // Бюллетень

Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. Вып. 82. С. 3–27.
DOI: [10.19047/0136-1694-2016-82-3-27](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-82-3-27).

21. *Савин И.Ю., Марков М.Л., Овечкин С.В., Исаев В.А.* Тренд общей обводненности Европейской части России, выявленный по спутниковым данным GRACE // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2016. Вып. 82. С. 28–41. DOI: [10.19047/0136-1694-2016-82-28-41](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-82-28-41).

22. *Сорокина Н.П.* Факторы дифференциации и агрогенной трансформации почвенного покрова распаханых склонов в Каменной Степи. Каменная Степь: проблемы изучения почвенного покрова // Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2007. С. 97–120.

23. *Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И.* Распространение сезонно переувлажненных и затопленных почв в Каменной степи (2006) // Каменная степь: проблемы изучения почвенного покрова. Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2007а. С. 121–133.

24. *Хитров Н.Б., Чевердин Ю.И.* Причины возникновения и география временно переувлажненных и затопленных почв Каменной Степи // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2007б. Вып. 59. С. 3–13.

25. *Хитров Н.Б.* Структура почвенного покрова Каменной степи. Разнообразие почв Каменной Степи // Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2009. С. 41–71.

26. *Холодов В.А., Ярославцева Н.В., Лазарев В.И., Фрид А.С.* Интерпретация данных агрегатного состава типичных черноземов разного вида использования методами кластерного анализа и главных компонент // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1093–1100.

27. *Чевердин Ю.И.* Изменение свойств почв Юго-Востока Центрального Черноземья под влиянием антропогенного воздействия. Каменная степь. М., Воронеж: РАСХН, ГНУ “Воронежский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени В.В. Докучаева”. 2013. 334 с.

REFERENCES

1. Avrorin N.A., Rastitel'nost' raznovozrastnykh zalezhei Kamennoi stepi (Vegetation of different age deposits of the Kamennaya steppe), *Geobotanika*, 1934, Vol. 3, Series 3, pp. 187–195.

2. Bobrovskaya N.I., Kazantseva T.I., Pashchenko A.I., Tishchenko V.V., *Izmenenie vidovogo sostava lugovostepnoi zalezhi v protsesse ee transformatsii v lesnyuyu gruppirovku* (Changes in the species composition of a meadow-steppe fallow during its transformation into a forest group), *Botan. Zhurn.*, 2008, Vol. 4, pp. 620–633.

3. Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Belobrov V.P., Grebennikov A.M., Isaev V.A., Bepalov V.A., Vliyanie sposoba osnovnoi obrabotki pochv na agrofizicheskie svoystva migratsionno-mitselyarnykh agrochernozemov (The influence of the method of basic soil cultivation on the agrophysical properties of migratory-mycelial agrochernozems), *Vestnik Rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2017, Vol. 3, pp. 26–29.
4. Grebennikov A.M., Bepalov V.A., Isaev V.A., Belobrov V.P., Yudin S.A., Garmashov V.M., Cheverdin Yu.I., Vliyanie raznykh sposobov obrabotki agrochernozemov na ikh vlazhnostnyi i temperaturnyi rezhim v usloviyakh vysokoi obespechennosti pochv vlagoi (Influence of different methods of processing agrochernozems on their moisture and temperature regime in conditions of high soil moisture supply), *Sovremennoye sostoyaniye chernozemov*, 2018, Vol 1, pp. 376–383.
5. Grebennikov A.M., Isaev V.A., Cheverdin YU.I., Garmashov V.M., Nuzhnaya N.A., Kornilov I.M., Vliyanie sposoba osnovnoi obrabotki pochvy na agrokhimicheskie svoystva migratsionno-mitselyarnykh legkoglinistykh agrochernozemov yugo-vostoka TsChZ (Influence of the method of basic tillage on the agrochemical properties of migratory-mycelial light-clayey agrochernozems of the southeast of the Central Reserves), *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki*, 2019, Vol. 5, pp. 23–26.
6. Dridiger V.K., Nevecherya A.F., Tokarev I.D., Vaytsekhovskaya S.S., Ekonomicheskaya effektivnost' tekhnologii No-till v zasushlivoi zone Stavropol'skogo kraya (The economic efficiency of No-till technology in the arid zone of the Stavropol Territory), *Zemledeliye*, 2017, Vol. 3, pp. 16–19.
7. Zaidelman F.R., Tulipov V.I., Angelov E.N., Degradatsionnye izmeneniya bogarnykh chernozemov lesostepnoi i stepnoi zon Evropeiskoi Rossii v rezul'tate pereuvlazhneniya i meliorativnye meropriyatiya po vosstanovleniyu ikh plodorodiya (Degradation changes of bogarny chernozems of forest-steppe and steppe zones of European Russia as a result of waterlogging and reclamation measures to restore their fertility), In: *Degradatsiya bogarnih i oroshaemih chernozemov pod vliyaniem pereuvlazhneniya i ikh melioratsiya* (Degradation of rain-fed and irrigated chernozems under the influence of waterlogging and their reclamation), Moscow, 2012, pp. 11–27.
8. Zborishchuk Yu.N., Rymar' V.T., Cheverdin Y.I., *Sostoyaniye chernozemov obyknovennykh Kamennaya Steppe* (The state of ordinary chernozems of the Kamennaya Steppe), Moscow, 2007, 158 p.
9. Isaev V.A., Ovechkin S.V., Kogut B.M., Khitrov N.B., Vliyaniye vremennogo pereuvlazhneniya na gumusovyy profil' stepnykh chernozemov of the Central Chernozem regions (The effect of temporary waterlogging on the humus profile of the steppe chernozems of the Central Chernozem regions), *Agropochvovedeniye i plodorodiye pochv*, 1986, pp. 51–52.

10. Isayev V.A., Komponentnyi sostav solontsovykh kompleksov Kamennoi stepi (Component composition of solonetzic complexes of the Stone Steppe), *V.V. Dokuchayev Soil Bulletin*, Moscow, 1988, pp. 76–77.
11. Isayev V.A., Baranova O.Yu., Pochvy zasushlivoi zony I ikh izmeneniye pod vliyaniyem melioratsii (Soils of the arid zone and their change under the influence of land reclamation), *Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva* (Scientific works of the V.V. Dokuchaev soil Institute), Moscow, 1994, pp. 196–201.
12. Isaev V.A., Ivanov A.L., Obzor issledovaniy periodicheski isbitochno-uvlashnennih pochv v Kamennoy stepi (Review of studies of periodically over-moistened soils in the Kamennaya step), *Vestnik Rossiyskoy sel'skhozaystvennoy nauki*, 2020, Vol. 1, pp. 17–23.
13. Kazantseva T.I., Bobrovskaya N.I., Pashchenko A.I., Tishchenko V.V., Dinamika rastitel'nosti 100-letney stepnoy zalezhi Kamennoy stepi (Voronezhskaya oblast') (Dynamics of vegetation of the 100-year-old steppe deposit of the Kamennaya Steppe (Voronezh region)), *Botan. Zhurn.*, 2008, Vol. 4, pp. 620–633.
14. Kazantseva T.I., Bobrovskaya N.I., Pashchenko A.I., Tishchenko V.V., Osobennosti dinamiki i vosstanovleniya zalezhnoy rastitel'nosti lugovykh stepey zakaznika "Kamennaya step" (Features of the dynamics and restoration of fallow vegetation of meadow steppes of the Kamennaya Steppe Nature Reserve), *Proc. All-Russian Scien. Conf. with international participation "Domestic geobotany: major milestones and prospects"*, Saint-Petersburg, 2011, pp. 296–299.
15. Kamyshev N.S., Flora Kamennoy i Khrenovskoy stepey Voronezhskoy oblasti (Flora of the Stone and Khrenovo steppes of the Voronezh region), *Nauch. zapiski Voronezhskogo otd. VBO* (Scientific. notes of the Voronezh Dep. UBE), 1971, pp. 31–54.
16. Kutovaya O.V., Grebennikov A.M., Tkhakakhova A.K., Isaev V.A., Garmashov V.M., Bespalov V.A., Cheverdin Yu.I., Belobrov V.P., The changes in soil-biological processes and structure of microbial community of agrochernozems in conditions of different ways of soil cultivation, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, Vol. 92, pp. 35–61. DOI: [10.19047/0136-1694-2018-92-35-61](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-35-61).
17. Lebedeva I.I., Bazykina G.S., Grebennikov A.M., Cheverdin Yu.I., Bespalov V.A., The experience of the complex assessment of the impact of the length of agricultural use on properties and regimes of agrochernozems of the Stony Steppe, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 83, pp. 77–102, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-83-77-102](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-83-77-102).
18. Ovechkin S.V., Isayev V.A., Periodicheski pereuvlazhennyye pochvy TsChR. Genezis, antropogennaya evolyutsiya i ratsional'noe ispol'zovanie

pochv (Periodically waterlogged soils of the Central Chernozem Region. Genesis, anthropogenic evolution and rational use of soils), *Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaev* (Scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute), 1989, pp. 18–26.

19. Pashchenko A.I., K voprosu izucheniya dinamiki rastitel'nogo pokrova zalezhey Kamennoy stepi (The question of studying the dynamics of the vegetation cover of the Kamennaya Steppe deposits), In: *Prirodnyye resursy Voronezhskoy oblasti i ikh okhrana* (Natural resources of the Voronezh region and their protection), Voronezh, 1992, pp. 4–13.

20. Razumova N.V., Razumov V.V., Molchanov E.N., Surface and underground flooding of soils and lands in central Russia, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 82, pp. 3–27, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-82-3-27](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-82-3-27).

21. Savin I.Yu., Markov M.L., Ovechkin S.V., Isaev V.A., Trend in total terrestrial water storage at the European Russia detected based on GRACE DATA, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2016, Vol. 82, pp. 28–41, DOI: [10.19047/0136-1694-2016-82-28-41](https://doi.org/10.19047/0136-1694-2016-82-28-41).

22. Sorokina N.P., Faktory differentsiatsii i agrogennoi transformatsii pochvennogo pokrova raspakhannykh sklonov v Kamennoy Step'i. Kamennaya Step': problemy izucheniya pochvennogo pokrova (Factors of differentiation and agrogenic transformation of the soil cover of plowed slopes in the Stone Steppe. Stone Steppe: problems of studying the soil cover), *Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaev* (Scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute), 2007, pp. 97–120.

23. Khitrov N.B., Cheverdin Yu.I., Rasprostraneniye sezonno pereuvlazhnennykh I zatoplennykh pochv v Kamennoy stepi (2006). Kamennaya step': problemy izucheniya pochvennogo pokrova (Distribution of seasonally waterlogged and flooded soils in the Kamennaya steppe (2006). Kamennaya steppe: problems of studying the soil cover), *Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaev* (Scientific works of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute), 2007a, pp. 121–133.

24. Khitrov N.B., Cheverdin Yu.I., Prichiny vozniknoveniya I geografiya vremennopereuvlazhnennykh I zatoplennykh pochv Kamennoy Step'i (The causes and geography of temporarily waterlogged and flooded soils of the Stone Steppe), *V.V. Dokuchayev Soil Bulletin*, 2007b, Vol. 59, pp. 3–13.

25. Khitrov N.B., Struktura pochvennogo pokrova Kamennoy stepi. Raznoobrazie pochv Kamennoy stepi (Structure of the soil cover of the Stone Steppe. Variety of soils of the Stone Steppe), *Nauchnye trudy Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaev* (Scientific works of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute), 2009, pp. 41–71.

26. Kholodov V.A., Yaroslavtseva N.V., Lazarev V.I., Frid A.S., Interpretatsiya dannykh agregatnogo sostava tipichnykh chernozemov raznogo

vida ispol'zovaniya metodami klasternogo analiza I glavnykh komponent (Interpretation of the aggregate composition data of typical chernozems of different types of use by cluster analysis methods and principal components), *Pochvovedeniye*, 2016, No. 9, pp. 1093–1100.

27. Cheverdin Yu.I., *Izmenenie svoistv pochv Yugo-Vostoka Tsentral'nogo Chernozem'ya pod vliyaniem antropogennogo vozdeistviya. Kamennaya step' (Change of soil properties in the South-East of the Central Chernozem region under the influence of anthropogenic influence. Kamennaya steppe)*, Moscow, Voronezh: RASKhN, GNU “Voronezhskii nauchno-issledovatel'skii institut sel'skogo khozyaistva imeni V.V. Dokuchaeva”, 2013, 334 p.