

А.И. БЕЛОЛЮБЦЕВ, Е.А. ДРОНОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва Российская Федерация

КЛИМАТ КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЕСТЕСТВЕННОИСТОРИЧЕСКИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Цель исследования – изучить современные изменения климатических условий в результате глобального потепления и оценить его роль в развитии почвенно-деградационных процессов, протекающих на склоновых землях южных экспозиций. Исследования выполнены в производственных условиях на базе опытного хозяйства «Михайловское» Московской области. На опытном участке был освоен пятипольный зернотравяной севооборот. Обработки почвы и посев проводили поперёк склона. Повторность 3-кратная, число вариантов – 6, делянок – 36. При сравнении среднемноголетнего значения 100-летнего и 135-летнего ряда наблюдений, отмечается существенное повышение температуры приземного слоя воздуха в январе на 1,0°C и феврале на 0,8°C. Самое заметное повышение среднегодовой температуры воздуха произошло в период с 1988 по 2017 гг. Температура за эти годы была выше климатической нормы (1961-1990 гг.) в 28 случаях из 30, достигнув максимальной отметки в 2015 г. (7,6°C). При этом снежный покров является одним из главных экологических признаков изменения внешней среды, выступая связующим звеном между климатическими и гидрологическими процессами. Главной причиной развития процессов эрозии на склоновых землях южной экспозиции в выделенные для анализа годы стали колебания температуры в суточном ходе во время весеннего снеготаяния.

Изменения климата, температура воздуха, условия увлажнения, склоновые земли, снег, поверхностный сток, эрозия.

Введение. Грубые нарушения требований и технологий обработки пахотных земель стали основной причиной ухудшения экологической ситуации в землепользовании, обусловили ускоренное развитие деградационных процессов в результате водной эрозии на склоновых территориях. Существенное негативное влияние при этом оказывает несоответствие применяемых агротехнологий местным почвенно-климатическим условиям, в частности, способности почвы сопротивляться опасным природно-антропогенным воздействиям. В последние годы эта проблема стала особенно актуальной вследствие потепления климата на планете. Изменение экологической обстановки зачастую приводит к значительным нарушениям в обеспечении безопасного функционирования агро-

ландшафтов и серьезным отрицательным последствиям, несущим угрозу устойчивости всей агросферы.

Необходимость учета и анализа факторов внешней среды вытекает из требований рационального управления процессом производства сельскохозяйственной продукции. Такое управление на данный момент должно не только способствовать получению высоких и устойчивых урожаев, но и удовлетворять возросшим экологическим критериям безопасности при использовании естественных ресурсов территорий – обеспечить их сохранность и восстановление [1].

Материал и методы исследования. Исследования выполнены в производственных условиях на склоне южной экспозиции в Московской области, на базе опытного хозяйства «Михайловское».

Таблица 1

Схема двухфакторного стационарного полевого опыта 6 × 2

А. Обработка почвы	В. Склон
1. Вспашка на глубину 20-22 см, поперёк склона (контроль)	1. 8°
2. Вспашка + щелевание на 40-50 см и нарезанием щелей через 7-8 м	2. 4°
3. Плоскорезная на 18-20 см + щелевание через 1,4 м	
4. Плоскорезная + чизелевание на 38-40 см	
5. Поверхностная на 6-8 см + щелевание через 3-4 м	
6. Поверхностная	

На опытном участке был освоен пятипольный зернотравяной севооборот. Основные обработки применяли дифференцированно (табл. 1). Обработки почвы и посев проводили поперёк склона. Повторность 3-кратная, число вариантов – 6, делянок – 36.

Результаты исследований и их об- суждение. Развитие водной эрозии при снеготаянии на склонах разной крутизны во многом зависит от многолетнего внутригодового распределения факторов внешней среды и соответствия их текущих значений сред- немноголетним величинам.

По данным метеорологической обсерва- тории имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА в таблице 2 представлены временные ряды месячных и годовых норм температуры воз- духа приземного слоя атмосферы, где отме- чается общая устойчивая тенденция к ее повышению. Основной вклад в потепление климата вносят зимние периоды. Сравни- вая среднеемноголетние значения 100-лет- него и 135-летнего ряда наблюдений, стоит обратить внимание на существенное повы- шение температуры приземного слоя возду- ха в январе на 1,0°C и феврале на 0,8°C.

Таблица 2

**Месячные и годовые нормы температуры воздуха, °С
(обсерватория имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА)**

Период, гг.	Кол-во лет	Январь	Февра ль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовая норма
1961-1990	30	-9,3	-7,6	-2,1	5,9	13,2	16,8	18,3	16,7	11,0	5,0	-1,2	-6,0	5,0
1981-2015	135	-9,2	-8,4	-3,3	5,1	12,6	16,6	18,8	16,7	11,0	4,6	-1,6	-6,7	4,7
1881-1980	100	-10,2	-9,2	-4,3	4,4	11,9	16,0	18,1	16,3	10,7	4,3	-1,9	-7,3	4,1
1881-1915	35	-10,8	-9,1	-4,8	3,4	11,8	15,6	18,0	15,8	10,1	3,7	-2,8	-8,0	3,6

Самое заметное повышение средне- годовой температуры воздуха произошло в период с 1988 по 2017 гг. (табл. 3). Этот временной ряд охватывает основной этап наших исследований в стационарном опыте. Температура за эти годы была выше клима- тической нормы (1961-1990 гг.) в 28 случа- ях из 30, достигнув максимальной отметки в 2015 г. (7,6°C).

Таблица 3

**Средние годовые температуры
воздуха, °С. (обсерватория имени
В.А. Михельсона РГАУ-МСХА)**

Год	Температура	Год	Температура
1988	5,7	2003	5,9
1989	7,3	2004	6,1
1990	6,3	2005	6,4
1991	6,3	2006	5,7
1992	6,1	2007	7,3
1993	4,7	2008	7,4
1994	4,8	2009	6,3
1995	6,7	2010	6,9
1996	5,6	2011	6,9
1997	5,3	2012	6,0
1998	5,3	2013	6,9
1999	6,8	2014	7,1
2000	6,7	2015	7,6
2001	6,1	2016	6,8
2002	6,4	2017	6,4

Графический анализ среднегодовой температуры приземного слоя воздуха в рай- оне Петровско-Разумовское г. Москвы за весь многолетний период наблюдений обсерва- тории, с применением трендовой оценки, под- тверждает тенденцию к потеплению климата ($R^2 = 0,95$). От 3,5°C в конце XIX в. средняя го- довая температура выросла до 6,9°C в конце XX – начале XXI вв. На рисунке 1 отчетливо проявляется циклический характер колебания температурного режима. На графике можно отметить период похолодания в начале XX в., всплеск тепла в 30-е годы и существенный его рост в последние десятилетия, особенно с на- чала текущего двадцать первого столетия.

Оценивая условия увлажнения по дан- ным наблюдений обсерватории имени В.А. Ми- хельсона РГАУ-МСХА можно выделить тот же циклический характер в распределении осадков по времени, где годовые их суммы к последне- му анализируемому временному интервалу осреднения (135 лет) возрастают незначи- тельно, или на 34 мм (табл. 4).

Более существенными представляются изменения сумм осадков в годовом ис- числении за весь многолетний период на- блюдений (рис. 2). От уровня 600 мм в год в конце XIX в. наблюдается их увеличение

до 700 мм к началу двадцать первого столетия. Причем, если в конце девятнадцатого века и в начале двадцатого ряд лет отмечен

суммами осадков менее 450 мм, то в конце двадцатого столетия их годовая сумма возрастает до уровня 800 мм и более.

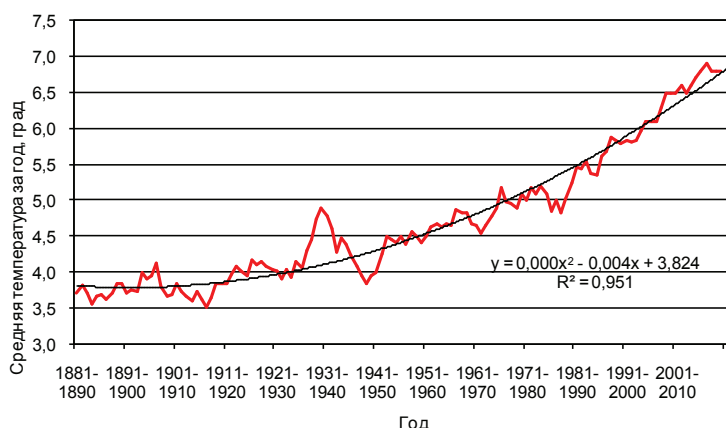


Рис. 1. Динамика изменений среднегодовой температуры воздуха, 1881-2017 гг.

Таблица 4

**Месячные и годовые нормы сумм осадков, мм
(обсерватория имени В.А. Михельсона РГАУ-МСХА)**

Период, гг.	Кол-во лет	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Годовая норма
1961-1990	30	43	37	34	45	54	77	92	78	65	60	58	56	700
1981-2015	135	39	35	36	39	54	73	82	78	63	59	50	46	654
1881-1980	100	35	33	37	40	55	70	83	77	60	55	48	44	636
1881-1915	35	35	35	39	36	52	66	82	74	58	53	49	39	620

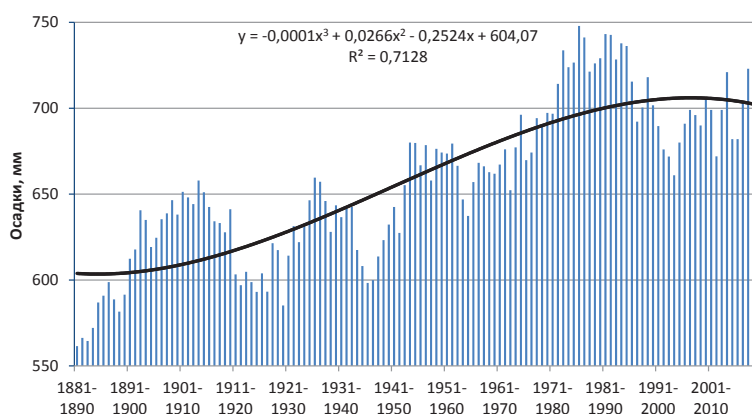


Рис. 2. Динамика изменений годовых сумм осадков, 1881-2017 гг.

За последний 30 летний период, с 1988 по 2017 гг., двадцать один год были с суммой осадков превышающей многолетнюю среднюю величину (656 мм), рассчитанную по 137-летнему ряду наблюдений (табл. 5). При этом средняя сумма годовых осадков за этот период составляет 706 мм. Важно отметить и другую достаточно четкую закономерность в распределении их по сезонам года, обусловленную современными атмос-

ферными процессами и общим текущим потеплением климата, где отмечается устойчивая тенденция перераспределения осадков из теплого сезона в холодный.

Важным показателем, определяющим устойчивость зимних сезонов последних лет по термическому режиму приземного слоя воздуха, является количество дней с температурой выше 0°C, включающих и оттепели (рис. 3).

Таблица 5
Суммы осадков за отдельные годы, мм
(обсерватория имени В.А. Михельсона
РГАУ-МСХА)

Год	Осадки	Год	Осадки
1988	676	2003	710
1989	738	2004	852
1990	889	2005	678
1991	851	2006	631
1992	581	2007	586
1993	819	2008	792
1994	662	2009	733
1995	565	2010	563
1996	555	2011	584
1997	670	2012	806
1998	853	2013	932
1999	574	2014	462
2000	769	2015	682
2001	715	2016	839
2002	540	2017	838

По данным наблюдений агрометпоста Голохвастово, расположенного в Подольском районе Московской области, наличие

существенных изменений этого показателя за указанный временной период не подвергается сомнению. По сравнению со среднесезонными показателями (34 дня) общий рост числа дней с температурой выше 0°C в анализируемые зимние сезоны составил 76%, а количество оттепелей, где температура превышала 2,5°C, увеличилось более чем в 2 раза. Подобная тенденция, характеризующая устойчивость зим по термическому режиму, сохранилась и к настоящему времени, получив одновременно новое качество в развитии этого показателя.

Полученные результаты длительных исследований наглядно подтверждают, что в изучаемый период произошло самое заметное повышение температуры за весь 137-летний срок непрерывных инструментальных наблюдений. При этом отмечается значительное потепление зимних периодов, а также нарастающая экстремальность и разбалансированность холодных сезонов в целом.

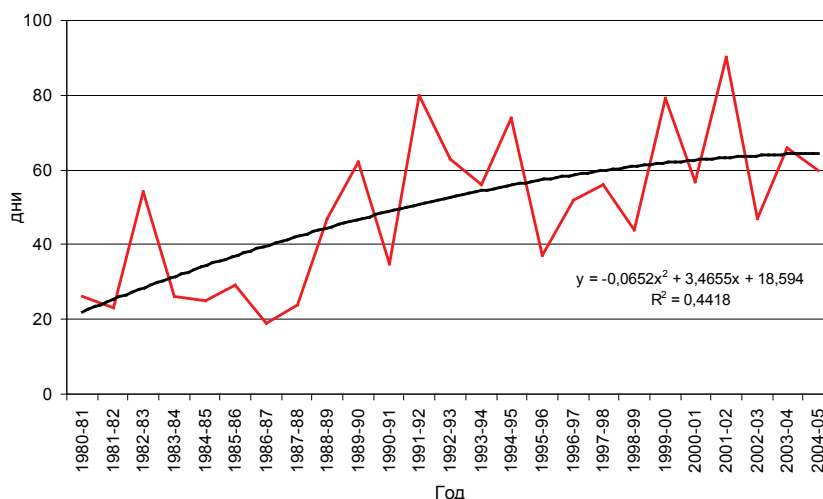


Рис. 3. Динамика изменений количества оттепелей за холодный сезон, 1980-2005 гг. (агрометпост Голохвастово, Московская обл.)

Таким образом, за последние десятилетия произошли существенные изменения климата центрального Нечерноземья в сторону потепления. Общие изменения и колебания основных метеорологических показателей (тепла и влаги) привели для сельскохозяйственного производства к важным результатам:

- возросла продолжительность периода вегетации;
- существенно повысились суммы температур;
- климат стал более экстремальным, нарушилась его устойчивость;

- отмечается тенденция к повышению засушливости вегетационных периодов и его подпериодов;

- температура приземного воздуха зимних периодов существенно повысилась, что в значительной степени определяет условия и успешность перезимовки сельскохозяйственных растений, а также динамику развития эрозионных процессов при снеготаянии в весенний период на пахотных землях.

Условия формирования поверхностного стока талых вод и интенсивность эрозионных процессов главным образом обу-

славливают внешние факторы. Количество осадков и температурный режим за холодный сезон определяют основные теплофизические характеристики почвы, в частности динамику ее замерзания и оттаивания, а также характер гидрологических процессов при снеготаянии в весенний период, в итоге обуславливая и показатели стока талых вод [2].

Современные атмосферные процессы, связанные, прежде всего с изменениями в циркуляции воздушных масс, обусловили аномалии температуры воздуха зимних периодов в сторону потепления. Это внесло существенное изменение в пространственно-временные и количественные показатели увлажнения территорий, в характеристики высоты и характера снежного покрова, особенности его распределения и накопления по различным элементам агроландшафта. В данном случае снег является важным показателем изменений окружающей среды, одним из ее наиболее восприимчивых и наиболее точных индикаторов, являясь связу-

ющим экологическим звеном между гидрологическими и климатическими процессами [3]. Следовательно, учитывая важность этого элемента, оценка состояния снежного покрова и его гидрологических характеристик требует повышенного внимания.

Необходимым условием накопления снега на полях в зимний период являются устойчивые отрицательные температуры и атмосферные осадки в достаточном количестве. Потепление холодных сезонов приводит к заметному сокращению общих снежных запасов на полях и воды в них, нарушая общие закономерности процессов влагонакопления. Так, например, если высота снежного покрова по анализируемым временным периодам снизилась только на 2 см, то запасы воды в нем уменьшились на 11 мм, несмотря на то, что сумма осадков за этот период возросла на 25 мм. Анализ полученных данных (рис. 4) указывает на заметные колебания этих величин и рост атмосферных осадков с начала девяностых годов прошлого столетия.

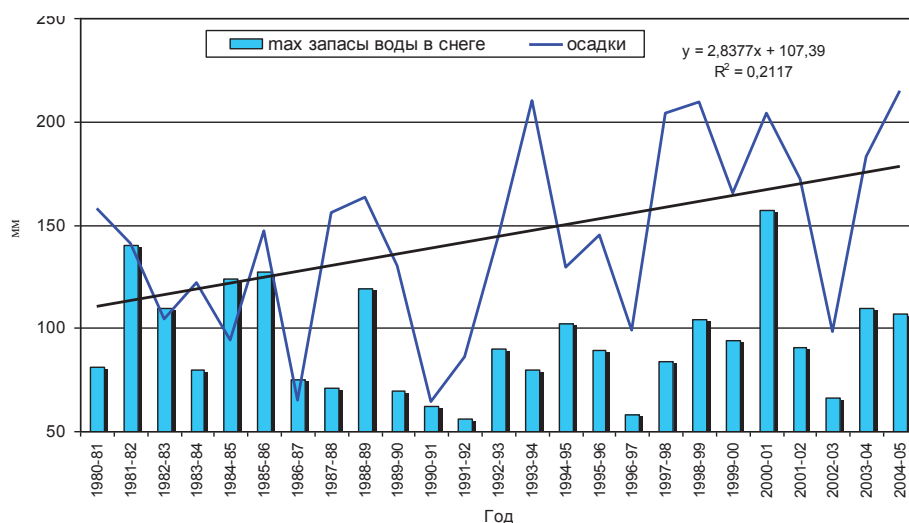


Рис. 4. Динамика изменений количества осадков и запасов воды в виде снега в зимний период, 1980-2005 гг.

Потепление холодных сезонов способствуют сокращению общих запасов снега и воды в нем, повышению влажности почвы и формированию ледяной корки, снижению глубины и повышению степени промерзания пахотного слоя – факторов, потенциально определяющих эрозионную опасность для агроландшафтов и масштабы развития водной эрозии при весеннем снеготаянии.

Как известно, эрозия почв по своим разрушительным последствиям и характеру является односторонним процессом. Поэто-

му при оценке ущерба для плодородия почв склонов разной крутизны и экспозиции важны не только осредненные показатели потерь воды и мелкозема за конкретный временной интервал, но и ущерб в отдельные годы. В этой связи нами был проведен подробный анализ причин и условий развития процессов деградации дерново-подзолистых почв в результате водной эрозии с позиций влияния и роли внешних факторов за весь период наблюдений, где были выделены два года с наибольшим экологическим ущербом плодородию почв (табл. 6).

**Характеристика холодных периодов в годы
с максимальным развитием эрозионных процессов**

Показатель	1987 г (зябь)	1991 г (зябь)
Сток талых вод, (мм): склон крутизной 8°	35,7	18,3
склон крутизной 4°	24,8	11,4
Смыв почвы, (т/га): склон крутизной 8°	0,73	2,89
склон крутизной 4°	0,23	1,74
Средняя мутность талой воды на единицу объема стока, кг/м ³	1,5	15,5
Сумма осадков за период, мм	101	163
Запасы воды в снеге перед стоком, мм	101	31
Глубина промерзания почвы перед таянием снега, см	110	41
Средняя температура воздуха холодного сезона, °С	-8,7	-4,2
Сумма отрицательных среднесуточных температур сезона, °С	-1313	-643
Среднесуточная температура воздуха в период стока, °С	0,6	0,6
Сумма положительных среднесуточных температур воздуха в период стока, °С	6,7	13,3
Средняя из max температур воздуха в период стока, °С	5,1	3,0
Средняя из min температур воздуха в период стока, °С	-3,4	-1,0
Амплитуда колебаний температуры воздуха в период стока, °С	17,2	12,5
Количество дней холодного сезона с температурой выше 0°С	19	35
Дата начала стока	01 апр.	26 февр.
Продолжительность стока, дней	10	14
Непрерывность прохождения стока	в 1 срок	в 2 срока

Оценивая полученные результаты за годы с разной устойчивостью зимних периодов по термическому режиму, можно выделить только общую среднюю суточную температура воздуха (0,6°С) во время таяния снега. Все остальные показатели существенно различались между собой и представляли определенные трудности для их осмысления.

Главной причиной развития процессов эрозии на склоновых землях южной экспозиции в выделенные для анализа годы стали колебания температуры в суточном ходе во время весеннего снеготаяния. В 1987 г. поверхностный сток сформировался и проходил в более контрастных температурных условиях. Отрицательные температуры ночью и невысокие положительные днем обеспечили относительно небольшую интенсивность таяния снега во времени и предупредили гораздо более масштабное разрушение почвы талыми водами. В 1991 г. снеготаяние по интенсивности также было невысоким (2,3...5,2 мм/сутки), но проходило в два этапа, с перерывом между ними в 18 дней. Длительный перерыв между сроками весеннего таяния снега с неустойчивым термическим режимом имел существенные негативные последствия для смывной дерново-подзолистой почвы. Почвозащитная эффективность применяемых агротехнических приемов

и стокорегулирующие свойства самой почвы на втором этапе снеготаяния были очень слабыми из-за дополнительного увлажнения талой водой в первый срок и цементации льдом в межстоковый период на общем фоне отрицательных температур воздуха. В этих условиях, несмотря на гораздо меньший, почти в 2 раза, объем поверхностного стока, сопротивляемость эродированной почвы воздействию потока талой воды была крайне низкой, что в совокупности и привело к критическому разрушению верхнего слоя почвы талыми водами и масштабному смыву мелкозема.

Выводы

В развитии процессов эрозии почв при снеготаянии на склоновых землях южных экспозиций решающая роль принадлежит эколого-климатическим факторам. Это наиболее отчетливо проявляется в последние десятилетия в условиях потепления. Резкое усиление роли неуправляемых экологических факторов, в частности, через изменение температуры воздуха, определяет накопление и распределение зимних осадков, интенсивность, сроки и особенности снеготаяния, состояние почвы и физические процессы, протекающие как на ее поверхности, так и в глубине почвенного профиля. В то же время необходимо подчеркнуть, что

механизм воздействия современных природных факторов и их сочетаний во времени и пространстве, особенно в условиях теплых зим, на процессы разрушения почвы в результате водной эрозии при таянии снега, а также свойства и режимы эродированных дерново-подзолистых почв чрезвычайно сложен и возможен с любым результатом. Это требует внимательного подхода к их анализу и оценке, а также принятию соответствующих решений предупредительного характера при проведении почвозащитных и других агротехнических мероприятий.

Библиографический список

1. Сиротенко О.Д., Абашина Е.В., Павлова В.Н. Чувствительность сельского хозяйства России к изменениям климата, химического состава атмосферы и плодородия почв. // Метеорология и гидрология. – 1995. – № 4. – С. 107-114.
2. Белолубцев А.И., Чебаненко С.И., Кочетов И.С. Особенности формирования

поверхностного стока талых вод в условиях неустойчивых зим. // Известия ТСХА. – 1997. – № 3. – С. 48-56.

3. Воейков А.И. Снежный покров, его влияние на климат, почву и погоду и способы исследования. Избр. соч. Т. 3. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1952.

Материал поступил в редакцию 07.05.2018 г.

Сведения об авторах

Белолубцев Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, д.12; e-mail: belolyubcev@mail.ru

Дронова Елена Александровна – кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, д.12; e-mail: helena_dronova@mail.ru

A.I. BELOLYUBTSEV, E.A. DRONOVA

Federal State budget educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

CLIMATE AS THE MOST IMPORTANT NATURALLY HISTORICAL FACTOR OF EARTH EROSION DEVELOPMENT

the aim of the research is to study modern changes of climatic conditions as a result of global warming and to assess its role in the development of soil-degradation processes of southern exposures occurring on sloping lands. The research was carried out under production conditions on the basis of the experimental farm “Mikhailovskoye” of the Moscow region. On the experimental plot, a five-field grain-crop rotation was developed. Soil cultivation and sowing were conducted across the slope. The repeatability is 3-multiple, the number of variants – 6, plots – 36. When comparing the average long-term value of the 100-year and 135-year series of observations, there is a significant increase in the temperature of the surface air layer in January by 1.0°C and in February by 0.8°C. The most noticeable increase in the average annual air temperature occurred between 1988 and 2017. . The temperature over these years was higher than the climatic norm (1961-1990) in 28 cases out of 30 reaching maximum marks in 2015 (7.6°C). At the same time, the snow cover is one of the main environmental signs of environmental changes acting as a link between climatic and hydrological processes. The main reason for the development of erosion processes on the slope lands of the southern exposure in the years allocated for the analysis became temperature fluctuations in the daily course during the spring snowmelt.

Climate changes, air temperature, conditions of moistening, sloping lands, snow, surface runoff, erosion.

References

1. Sirotenko O.D., Abashina E.V., Pavlova V.N. Chuvstvitelnost selskogo hozyajstva Rossii k izmeneniyam klimata, himicheskogo sostava atmosfery i plodorodiya pochv. // Meteorologiya i gidrologiya. – 1995. – № 4. – S. 107-114.
2. Belolyubtsev A.I., Chebanenko S.I., Kochetov I.S. Osobennosti formirovaniya poverhnostnogo stoka talyh vod v usloviyah

neustoichivyh zim. // Izvestiya TSHA. – 1997. – № 3. – S. 48-56.

3. Voeikov A.I. Snezhny pokrov, ego vliyanie na klimat, pochvu i pogodu i sposoby issledovaniya. Izbr. soch. T. 3. – M. – L.: Izd-vo AN SSSR, 1952.

The material was received at the editorial office
07.05.2018 g.

Information about the authors

Belolyubtsev Alexander Ivanovich, doctor of agricultural sciences, head of the department of meteorology and climatology, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 12; e-mail: belolyubtsev@mail.ru

Dronova Elena Aleksandrovna, candidate of geographical and geological Sciences, associate professor of the department of meteorology and climatology, FSBEI HE RGAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 12; e-mail: helena_dronova@mail.ru

УДК 502/504 : 631.6.02 : 620.193.15

DOI 10.26897/1997-6011/2018-5-82-87

М.С. ЗВЕРЬКОВ^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», г. Коломна, Российская Федерация

² Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр экологии и строительства», г. Коломна, Российская Федерация

ПРЕДЕЛЬНОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ ПРИ УДАРЕ О НЕЕ КАПЛИ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ

Цель исследования заключается в разработке методики определения условия предельного напряженного состояния почвы при ударе о нее капли искусственного дождя. При ударе капля дождя в почве возникают напряжения, называемые вертикальным эффективным давлением. В соответствии с теорией Мора-Кулона построены круги напряжений Мора. Для случая удара капли диаметром 1,73 мм о почву касательное напряжение составило $85,57 \pm 2,99$ кПа (критерий Стьюдента $t_e = 21,27$ и уровень значимости $p < 0,001$) при падении капль с высоты 2,5 м. Для случая удара о почву капль диаметром 2,73 мм сдвиг составил $101,06 \pm 8,91$ кПа ($t_e = 8,93$ и $p < 0,001$) при падении капль с высоты 2,5 м. Аналогичным образом были построены круги Мора для всех исследуемых касательных напряжений. Результаты расчета значений нейтральных напряжений (в жидкой фазе почвы) для удара капль диаметром 1,73 мм о почву находятся в диапазоне от $-5,57 \pm 0,47$ кПа ($t_e = 57,70$ и $p < 0,001$) до $-10,32 \pm 0,72$ кПа ($t_e = 62,22$ и $p < 0,001$) при падении капль с высоты от 1,0 до 2,5 м соответственно. Для случая удара о почву капль диаметром 2,73 мм величины нейтральных напряжений представлены параметрами от $-7,03 \pm 0,37$ кПа ($t_e = 88,63$ и $p < 0,001$) до $-12,55 \pm 2,16$ кПа ($t_e = 24,72$ и $p < 0,001$) при падении капль с высоты от 1,0 до 2,5 м соответственно. Полученные в статье данные подтверждаются результатами исследований разбрызгивания почвы при капельной эрозии.

Капельная эрозия, капля, удар капль, вертикальное эффективное давление, разбрызгивание почвы.

Введение. При выпадении на почву любого (искусственного и естественного) дождя впитывающая способность почвы со временем уменьшается по следующим причинам. Во-первых, происходит постепенное возрастание влажности почвы. Во-вторых, (одновременно с увеличением влажности) от ударов капль воды разрушаются почвенные агрегаты (капельная эрозия), частицы которых в основном разлетаются в радиальном от места удара направлении. Количество и интенсивность разлета таких частиц зависит от характеристик дождя и свойств почвы. Постепенно за время полива такие частицы создают на поверхности кольма-

тируемой почвы тонкий слой, впитывающая способность которого намного меньше впитывающей способности ненарушенной почвы. Поэтому момент появления поверхностного стока также зависит от свойств почвы, ее состояния и характеристик дождя.

Цель исследования – разработка методики определения характеристик напряженно-деформированного состояния почвы, обусловленного ударом капль искусственного дождя.

Задачи исследования, решаемые в рамках данной статьи, заключаются в определении касательных напряжений, проверке условия предельного равновесия