

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ ПОЧВЫ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В настоящее время большое внимание уделяется инициации адаптационных процессов в системе «почва-растения» культурных ландшафтов рекреационного назначения. На дерново-подзолистой супесчаной почве проведен физический модельный полевой эксперимент, имеющий целью выявление закономерностей в трансформации гидрологического режима под влиянием мульчирования и некоторых планировочных решений.

Отмечены существенные изменения в объемной влажности почвы (θ), запасах почвенной влаги (ЗВ) и доступности влаги для растений. В среднем за весь вегетационный период отмечен рост θ и ЗВ в слое 0–50 см по сравнению с контролем под влиянием мульчирования почвы сосновым опадом на 28 и 21%, 6–40 и 9–23% в «сухом ручье», под элементами тропиновой сети (пошаговой дорожкой) на 5 и 4–9% соответственно. Гидрологические режимы в рокарии и локальных декоративных незапечатанных фрагментах почвы оказались весьма схожими: однако θ и ЗВ достоверно снижались в первом случае на 13–18 и 6–29%, а во втором – на 2 и 4%. Гидрологический режим контрольного варианта опыта в условиях засушливого вегетационного периода 2014 г. благоприятен для роста ксеромезофитов.

Применение предложенных планировочных решений и мульчирования открывает возможность создания разнообразных устойчивых антистрессовых фитоценозов на одном типе исходной почвы в границах одной рекреационной зоны.

Ключевые слова: почва, почвенно-ландшафтное конструирование, планировочные элементы, агромелиоративные приемы, мульчирование, гидрологический режим почвы, категории почвенной влаги.

Гидрологический режим почв является одним из ключевых факторов, определяющих функционирование экосистем «почва-растение». Научные основы изучения водного режима почв и решения проблем его оптимизации были заложены В.В. Докучаевым и развивались его учениками и последователями [1], [2]. Регулирование водного режима почв достигается различными гидротехническими (открытый или закрытый дренаж, разнообразные способы орошения) и агротехническими мероприятиями (гребневание, бороздование, снегозадержание с помощью стерни и кулис, формирование валов из снега и сети прудов, водоемов) с учетом специфических почвенно-климатических условий и потребностей растений в воде. В частности, накоплению и сохранению влаги в почве способствуют поверхностное рыхление или боронование весной и мульчирование почвы растительными остатками. Мульчирование снижает испарение влаги из почвы в период от схода снежного покрова до смыкания посевов и после уборки урожая до наступления зимы. Накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о том, что под влиянием мульчирования существенно изменяется влажность почвы [4]–[7], являющаяся в свою очередь важнейшим экологическим фактором [8]. Например, в течение засушливых

вегетационных периодов 2011–2012 гг. мульчирование дерново-подзолистой почвы хвойным опадом поддерживало влажность верхнего слоя почвы на высоком и стабильном уровне [9].

В последнее время большое внимание уделяется инициации адаптационных процессов в системе «почва – растения» культурных ландшафтов рекреационного назначения. Основное содержание землеустроительного проектирования в этом случае заключается в создании и поддержании экологически стабильного, способного к самовоспроизводству ландшафта [10]–[12]. Требуется разработка новых систем землепользования, способных воздействовать на почвенные режимы (гидрологический, температурный, воздушный и газовый) и которые базируются на активно развивающемся в настоящее время инженерном почвоведении [13]–[15]. Для решения возникающих задач, возможно использование приемов почвенно-ландшафтного конструирования (разнообразные планировочные решения, применение органических и неорганических сыпучих материалов в качестве поверхностного покрытия) и агромелиоративных мероприятий (вспашка, профилирование поверхности, мульчирование и др.) [13].

В рекреационных ландшафтах целесообразны способы регулирования водного режима почв,

не требующие значительных материальных и трудовых затрат на эксплуатацию оросительных и осушительных систем. В связи с этим предстоит оценить степень их воздействия на гидрологический режим почвы и возможность частичного или полного отказа от традиционных оросительно-осушительных мероприятий. До сих пор научные основы имеющихся технологических решений и агромерилоративных приемов не достаточно разработаны, не велика и существующая достоверная база данных. Поэтому цель данных исследований – разработка научных основ управления элементами водного режима дерново-подзолистой супесчаной почвы с помощью ряда планировочных решений и агромерилоративного приема – мульчирования. Были поставлены следующие задачи: 1) осуществляя регулярный мониторинг, получить динамику режима влажности почвы до глубины 1 м в различных вариантах опыта; 2) оценить запасы почвенной влаги и достоверность полученных различий по вариантам; 3) оценить доступность почвенной влаги для групп растений, характеризующихся разной потребностью во влаге в соответствии с существующими научными представлениями в гидрофизике почв.

Объект и методы исследований

Физический модельный полевой эксперимент проводился в Ногинском районе Московской области, в 18 км от МКАД. Опыт был организован таким образом, чтобы снивелировать пространственную неоднородность почвы и возможные различия в инсоляции и физических свойствах сравниваемых вариантов. Некото-

рые физические и водно-физические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы представлены в табл.1.

Плотность исследуемой почвы в слое 0–40 см оптимальна для супесчаных горизонтов (1.2–1.45 г/см³)[16], [17]. В нижних безгумусных песчаных горизонтах она увеличивается до 1.5 г/см³. НВ изучаемой почвы в слое 0–40 см равнялась 23–25% от объема почвы.

По существующему климатическому районированию Московскую область относят к зоне достаточного увлажнения, средний многолетний коэффициент увлажнения (КУ) за теплый период равен 1.05 [19]. Оценка климатических условий 2014 года по этому параметру показала, что год исследований оказался засушливым (КУ = 0.54). В качестве основных метеорологических параметров за вегетационный период 2014 года использовались данные об осадках (Ос), среднесуточной температуре (tср) и относительной влажности воздуха. Измеренные параметры существенно отличались от среднемноголетних (табл. 2). При средней многолетней величине суммы осадков за теплые месяцы (май – сентябрь) 389 мм Ос в 2014 г. были ниже на 30% (273 мм), tср достигала 16.9°С (выше среднемноголетней на 1.7°С). В исследуемый вегетационный период суммарная испаряемость (Ео) была выше среднемноголетней на 10 %.

Полевой опыт представлен следующими вариантами: 1) контроль (черный пар); 2) мульчирующий материал (сосновый опад, слой 5 см), применяемый под ацидофильные растения (гортензия, рододендрон, хеномелес японский,

Таблица 1. Физические и водно-физические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы

Горизонт	Глубина, см	Гранулометр. состав	Плотность твердой фазы, г/см ³	Плотность, г/см ³	Порозность, %объёмн.	Влажность, (θ), % объёмн.		
						МГ	ВЗ	НВ
Апах	0–30	супесь мелкопесчаная	2.4	1.2	46.0	1.3	6.4	24.8
АЕ	30–40	супесь мелкопесчаная	2.5	1.3	48.4	0.8	6.5	23.0
Е	40–50	песок рыхлый	2.6	1.3	–	0.5	5.1	22.3
В1	50–80	песок связный	2.6	1.5	–	2.1	7.2	22.6
В2	80–130	песок рыхлый	2.6	1.5	–	0.6	7.5	15.4

Примечание:гранулометрический состав определяли методомлазернойдифрактометриииспользованием лазерного анализатора размера частицAnalysette 22 MicroTecplus (Германия).

вереск и пр.). На поверхность почвы укладывали геотекстиля плотностью 200 г/м², а затем по нему – слой мульчи. Испытывались также планировочные и дизайнерские решения: 1) незапечатанный артфрагмент почвы площадью 0.25 м² среди мощения искусственным тротуарным булыжником; 2) элемент тропинойной сети: пошаговая дорожка, организованная плита микварцита (златолит) площадью 0.1–0.3 м² каждая и уложенными друг от друга на ширину шага, где определение влажности почвы (θ) проводилось непосредственно под плитами, т. е. элементами пошаговой дорожки (ЭПД); 3) рокарий, с использованием златолита, оказывающим на почву внешнее давление $R_{вн} = 54$ бара образцы на W брали с вершины рокария); 4) «сухой ручей», где применялась отсыпка природными валунами диаметром $d = 6–10$ см, $R_{вн} = 72$ бара (бурение почвы на W производилось по дну ручья). Подробные схемы планировочных решений (рокарий и «сухой ручей») приведены в ранее опубликованной работе [18]. Технологии создания этих планировочных элементов были известны и ранее, но их научно-методическая основа до сих пор не разработана.

Русло «сухого ручья» сформировало особый микрорельеф: грунт, извлекаемый до глубины 30 см, шел на создание его боковых склонов. В условиях сложившегося микроклимата отмечено снижение испарения влаги из почвы [12]. В результате в почве создаётся особый гидрологический режим, позволяющий формировать фитоценоз, включающий более влаголюбивые растения, тем самым расширять возможный растительный ассортимент.

Рокарий создавался путем формирования на поверхности почвы насыпного холма высотой 30 см. В качестве грунта использовался слой Апах исследуемой почвы. Кладка камня

(златолит) была выполнена особенным образом: плиты ставились на ребро, близко и параллельно одна к другой. В результате между плитами создавались щели размером от нескольких мм до 2.5 см. Сланец укладывался широкой плоскостью на юг, что имело ряд неоспоримых преимуществ: во-первых, камни аккумулируют тепло, увеличивая годовую сумму положительных температур, которой не хватает многим растениям в условиях средней полосы России; во-вторых, конкуренция корневых систем растений, посаженных в образованных златолитом нишах, минимальна. Таким образом, и в рокарии создаются особые микроклиматические условия, но наиболее благоприятные для засухоустойчивых и теплолюбивых растений. Влажность почвы определялась буровым и термостатно-весовым методами, измерение температуры воздуха и относительной влажности воздуха производили термохрон-датчиками марки Termochronviuwer с точностью 0.05°C. Точечная оценка существенностиразности по вариантам опыта производилась с помощью t -критерия Стьюдента [20].

Результаты и обсуждение

В модельном полевом эксперименте выявлена степень влияния ряда планировочных решений и агроландшафтных приемов на режим объемной влажности (θ) дерново-подзолистой супесчаной почвы до глубины 100 см (рис. 1) и запасы влаги (ЗВ) (табл. 3). Мульчирование сосновым опадом достоверно (уровень значимости $\alpha = 0,05$) увеличивало θ в среднем в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см (глубина приведена от дневной поверхности) по сравнению с контролем соответственно на 32.2; 28.3; 22.1 %. Запасы влаги в этих слоях возрастали в среднем на 34.1; 20.9 и

Таблица 2. Метеорологические условия вегетационного периода 2014 г.

Параметр	Месяцы					Среднее (t , КУ) или сумма (O_c , E_o)
	V	VI	VII	VIII	IX	
t , °C	16,0	16,1	21,1	19,2	12,3	16,9
O_c	70,2	73,9	4,0	84,3	40,1	272,5
E_o	105,9	101,5	90,6	113,4	77,8	489,2
КУ	0,66	0,73	0,04	0,74	0,52	0,54

Примечание: O_c – осадки, мм водн. сл.; t – среднесуточная температура воздуха, °C; E_o – испаряемость, мм водн. сл. [$E_o = 0,0018(25+t)^2(100 - A)$], где A – относительная влажность воздуха, %; КУ – коэффициент увлажнения ($KU = O_c/E_o$).

20.2 %, что связано со значительным снижением интенсивности испарения из верхних слоев почвы под влиянием мульчи (относительное испарение E/E_0 из почвы было ниже в 3 раза, чем на контроле, где E/E_0 не превышало 0.98).

Элемент пошаговой дорожки увеличивал θ в среднем в слоях 0–20, 0–50 и 0–100 см на 6.8; 4.7 и 5.8 % соответственно. В целом в исследуемых слоях ЗВ возрастали на 4.0–9.0 %.

В незапечатанном артфрагменте среди мощения искусственным булыжником θ в аналогичных слоях была в среднем на 1.7; 1.9 и 2.3 % выше, чем на контроле. Воздействие данного планировочного решения на свойства почвы наиболее интенсивно проявилось в период с

28.07 по 10.10, когда наблюдалась максимальная температура воздуха. Искусственный булыжник, характеризующийся более высоким коэффициентом температуропроводности $5,1 \cdot \Phi^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ [21], чем исследуемая почва $3,6 \cdot \Phi^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$, нагревал в дневные часы поверхность почвы и усиливал испарение влаги из нее. Таким образом, ЗВ уменьшались в слое 0–50 см на 4.0 %.

В рокарии θ в слое 0–100 см в период с 10.07 по 10.10 была значительно ниже, чем в остальных вариантах опыта (на 4.0–11.0 %). По сравнению же с контролем θ и ЗВ снизились соответственно на 13.0–18.0 и 6.0–29.0 %.

В «сухом ручье» на протяжении всего вегетационного периода θ достоверно возросла

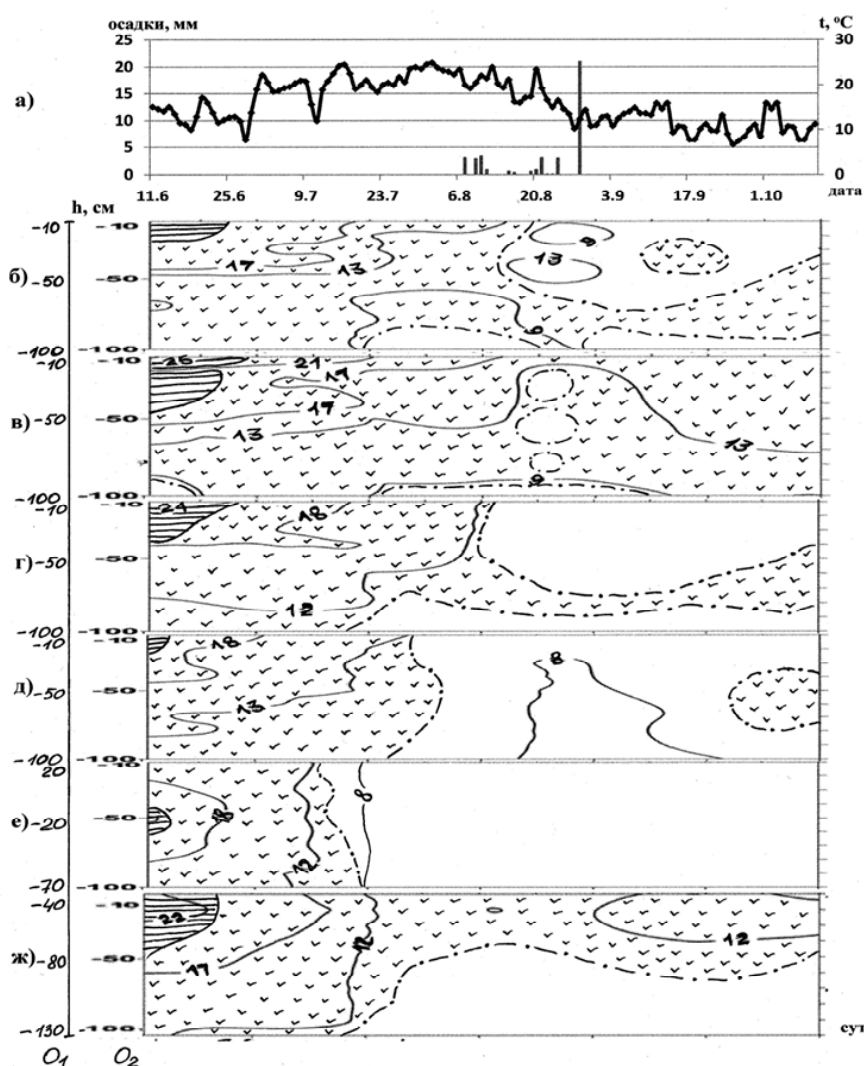


Рисунок 1. Метеорологические параметры (а), карта хроноизоплет по вариантам модельного полевого опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве: контроль (б), мульча (в), ЭПД (г), незапечатанный артфрагмент (д), рокарий (е), «сухой ручей» (ж), 2014 г.

Примечание: O1 и O2 – глубина почвы, где за 0 см принята поверхность почвы на контроле и дневная поверхность варианта опыта, соответственно; НВ, НВ – ВРК, ВРК – ВЗ.

(уровень значимости $\alpha = 0,05$) в слое 0–50 см на 6.0–40.0 %, чем на контроле. Запасы влаги при этом возрастали на 9.0–23.0 %, что связано со снижением интенсивности испарения из верхних слоев почвы под влиянием сплошного способа укладки натурального булыжника по поверхности русла (E/E_0 уменьшалось в отдельные периоды по сравнению с контролем в 2 раза).

Краткосрочное наличие гравитационной влаги ($\theta > НВ$) отмечено на всех вариантах опыта в начале эксперимента, что объясняется влажными погодными условиями весны. Под мульчей (рис. 1-в) область распространения этой категории влаги фиксировалась в течение 14 сут (Т) и до глубины 50 см (h). Под элементом пошаговой дорожки, на контроле и в «сухом ручье» (рис. 1-г, б, ж) Т = 10,9 и 7 сут., а h = 40, 15 и 40 см соответственно. Под мульчей, как и в «сухом ручье» категория легкодоступной влаги (НВ – ВРК) обнаружена в течение одинаково длительного периода (с 25.06 до конца вегетационного сезона). Вероятно, этот период определяли небольшие различия в испарении влаги из почвы: под мульчей и булыжником (E/E_0 не превышало 0.38 и 0.57). Но в «сухом ручье» обозначенная категория влаги фиксировалась не столь глубоко, как под мульчей, что связано, возможно, с теплофизическими свойствами булыжника. В рокарии (рис. 1-е) с 15.07 до 10.10 по всему профилю наблюдалась θ от ВРК до ВЗ, т. е. влага характеризовалась как рыхлосвязанная.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность управления гидрологическим режимом дерново-подзолистой супесчаной почвы посредством применения такого агромелиоративного приема как мульчирование сосновым опадом и некоторых планировочных решений, формирующих особый микрорельеф и позволяющих трансформировать параметры почвенных режимов исходной почвы.

Таблица 3. Средние запасы влаги (ЗВ) дерново-подзолистой супесчаной почвы по вариантам полевого модельного опыта, 11.06 – 10.10.2014 г.

Варианты опыта	ЗВ, мм водн. сл. в слое, см		
	0–20	0–50	0–100
контроль	29.2 ± 8.1	63.1 ± 16.3	113.2 ± 18.5
мульча	35.9 ± 9.8	85.7 ± 20.3	135.1 ± 24.1
незапечатанный артфрагмент	28.1 ± 8.3	64.9 ± 19.1	116.8 ± 28.0
ЭПД	31.8 ± 1.7	72.3 ± 23.7	123.2 ± 31.7
рокарий	24.2 ± 7.5	58.1 ± 22.2	88.0 ± 42.0
«сухой ручей»	28.1 ± 8.8	73.8 ± 21.7	141.9 ± 37.7

Заключение

Использование предложенных планировочных решений в условиях рекреационного ландшафта позволяет существенно влиять на влажность и запасы влаги исследуемой почвы, а также на распределение влаги по категориям ее доступности для растений: в рокарии складываются оптимальные условия для ксерофитов; в «сухом ручье» создается режим, благоприятный для декоративных растительных сообществ мезофитного ряда.

Мульчирование исследуемой почвы сосновым опадом мощностью 5 см позволяет культивировать декоративные растения ацидофилы (мезогигрофиты, и мезофиты).

В незапечатанном фрагменте среди мощения и в естественных природных условиях исследуемая почва пригодна для задач рекреационного озеленения мезоксерофитными растениями.

Применение предложенных планировочных решений и агромелиоративного приема открывает возможность создания разнообразных устойчивых антистрессовых фитоценозов на одном типе исходной почвы в границах одной рекреационной зоны.

10.05.2016

Список литературы:

1. Зайдельман Ф.Р. Деградация почв как результат антропогенной трансформации их водного режима и защитные мероприятия // Почвоведение. – 2009. – №1. – С. 93–105.
2. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. М.: МГУ, 1979. – 432 с.
3. Инишева Л.И. Почвенно-экологическое обоснование комплексных мелиораций: монография. Томск. Изд-во: Том. гос. ун-та, 1992 – 270 с.
4. Masee T., Cary J. Potential for reducing evaporation during summer fallow // J. Soil and water Conserv. 1978. Vol. 33, №3. P. 126–129.

5. Смолин Н.В. Мульчирование почвы в зерновой системе земледелия. Саранск: Изд-во Мордов. Ун-та, 1997. – 116 с.
6. Андерсен Р. Л., Косолап Н. Растительные остатки и контроль сорняков в технологии No-till. // Зерно. 2008.-№ 4.-С. 31–44.
7. Сидорова М. А., Чернова А. Д. Мульчирование органическими материалами как эффективный агромелиоративный прием на дерново-подзолистой почве в условиях засушливых вегетационных периодов //Тр. Международной конференции. Санкт-Петербург, 2012.–С. 391–395.
8. Манучарова Н.А., Ярославцев А.М., Степанов А.Л., Судницын И.И., Кожевин П.А. Влажность как экологический фактор формирования почвенного гидролитического микробного комплекса. //Вестник Моск. Ун-та. Серия 17: Почвоведение. 2012. –№ 1.–С.29–36.
9. Сидорова М.А., Борисова Е.О. Особенности режима влажности модельной дерново-подзолистой почвы при мульчировании еловым опадом //Вестн. Моск. ун-та. Сер.17: Почвоведение. 2014. –№2.–С. 34–39.
10. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. – М.: Мысль, 1980. – 264 с.
11. Волков С.Н. Землеустроительное проектирование и организация землеустроительных работ /С.Н.Волков, Н.Г. Конокотин, А.Г.Юнусов.–М.: Колос, 1998. – 632 с.
12. Голованов А.И., Ландшафтоведение. – М: Колос, 2007. – 216 с.
13. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. – 192 с.
14. Ковалев Н.О, Ковалева И.В. Инженерное почвоведение и почвенно-ландшафтный инжиниринг // Сб.: Почвы в биосфере и жизни человека: монография.– М.: Изд-во ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012, с. 447–469.
15. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. – М.: Наука, 1990. – 261 с.
16. Бондарев А.Г. О значении физических свойств почв в адаптивно ландшафтном земледелии // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2007. № 60. – С. 71-74.
17. Гаель А.Г., Смирнова Л.Ф. Пески и песчаные почвы. –М.: ГЕОС, 1999. – 252 с.
18. Сидорова М.А., Борисова Е.О., Никифорова А.С. Технология трансформации гидрологического и температурного режимов дерново-подзолистой почвы ландшафта рекреационного назначения. // Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 9-11 ноября 2015. – М.: Почвенный им. В.В Докучаева, 2015. – С. 230–233.
19. Лекции по сельскохозяйственной метеорологии / Под ред. М. С. Кулик, В. В. Синельщиков. Л.; Гидрометеиздат, 1966.– 340 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.–5-е изд.–М.: Агропромиздат, 1985.– 351с.
21. Яворский Б.М., Детлаф А.А., Лебедев А.К. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. –Изд-во Оникс, 2006. – 1056 с.

Сведения об авторах

Сидорова Марина Александровна, доцент кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, кандидат биологических наук, доцент

119991, г. Москва, ГСП-2, Ленинские горы, МГУ им.Ломоносова,
ф-т почвоведения, каф. физики и мелиорации почв

E-mail: sidorova_ma@mail.ru

Борисова Екатерина Олеговна, аспирант факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова

E-mail: BorisovaEO1@yandex.ru

Никифорова Алла Сергеевна, доцент кафедры физики и мелиорации почв факультета почвоведения Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, доктор биологических наук, доцент

119991, г. Москва, ГСП-2, Ленинские горы, МГУ им.Ломоносова,
ф-т почвоведения, каф. физики и мелиорации почв

E-mail: akefir@rambler.ru