

УДК 556.164

DOI: 10.31774/2222-1816-2020-4-39-57

С. А. Манжина, Ю. Е. Домашенко, Е. В. Комарова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ

Цель: определение значимых параметров и последовательности проведения натуральных исследований, посвященных изучению особенностей и характера диффузионного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Материалы и методы.** Материалы: труды российских и зарубежных ученых, нормативно-правовая документация. Методы: сравнение, анализ и обобщение данных. **Результаты.** Как показывает опыт, значимыми параметрами являются: источник формирования поверхностного стока, гидрографические характеристики водосбора, уровень освоенности территории, почвенные ресурсы, расчлененность рельефа и уклон местности, способы обработки почв, сроки и дозы внесения удобрений, применения пестицидов и т. д. Все это влияет на выбор места расположения репрезентативных участков на водосборе, их размер, определение постоянных и вариативных параметров при проведении исследований. В работе обсуждаются вопросы отбора почвенных проб в процессе предварительных исследований, определения места размещения створа для отбора проб воды из водного объекта и возможности учета величины диффузионных загрязнений в полученных пробах. Приведено обоснование для проведения предварительных лабораторных исследований. Разработан план проведения натуральных исследований, посвященных изучению особенностей и характера диффузионного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. **Выводы.** Выявлено, что в целях организации мониторинга диффузионного загрязнения водных объектов необходимо осуществить ряд исследований как в лабораторных, так и в полевых условиях. Для предварительной оценки выноса биогенов с сельскохозяйственных полей и их поступления в водный объект необходимо произвести предварительный отбор проб почвы и воды. Отбор почвенных проб целесообразно осуществлять по маршрутным линиям от границ сельскохозяйственных полей до водного объекта по уклону местности. Створ для отбора проб воды из водного объекта необходимо согласовывать с расположением организованных источников сброса в него сточных вод и границами действия сельскохозяйственных полей.

Ключевые слова: диффузный сток; диффузионное загрязнение; стоковая площадь; лимитирующие факторы; полевые исследования; лабораторные исследования.

S. A. Manzhina, Yu. Ye. Domashenko, Ye. V. Komarova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

ON ISSUE OF PLANNING THE EXPERIMENT CONDUCTING STUDIES ON NATURAL SURFACE RUNOFF FROM AGRICULTURAL FIELDS



Purpose: determination of significant parameters and sequence of field studies devoted to the study of features and nature of diffusion pollution of water bodies in areas of intensive agricultural activity. **Materials and methods.** Materials: works by Russian and foreign scientists, regulatory documents. Methods: comparison, analysis and synthesis of data. **Results.** As experience shows, significant parameters are: the source of the formation of surface runoff, the hydrographic characteristics of the catchment, the level of development of the territory, soil resources, the dissection of the relief and the slope of the terrain, methods of soil treatment, the timing and dose of fertilization, the use of pesticides, etc. All this influences the choice of the location of representative areas in the catchment area, their size, determination of constant and variable parameters during research. The paper discusses the issues of taking soil samples in the process of preliminary studies, determining the location of the alignment point for sampling water from a water body and the possibility of taking into account the amount of diffusion contamination in the samples obtained. The rationale for conducting preliminary laboratory studies is given. The plan was developed for carrying out field studies devoted to the study of the features and nature of diffusion pollution of water bodies in areas of intensive agricultural activity. **Conclusions.** It was revealed that to organize monitoring of diffusion pollution of water bodies, it is necessary to carry out a number of studies both in laboratory and in the field. For a preliminary assessment of the removal of nutrients from agricultural fields and their entry into the water body, it is necessary to make a preliminary sampling of soil and water. It is advisable to take soil samples along route lines from the boundaries of agricultural fields to a water body along the slope of the terrain. The site for sampling water from a water body must be coordinated with the location of organized sources of wastewater discharge into it and the boundaries of the action of agricultural fields.

Key words: diffuse runoff; diffusion pollution; drainage area; limiting factors; field studies; laboratory research.

Введение. В процессе изучения последствий диффузного стока при проведении натуральных исследований широко используются во всем мире так называемые стоковые площадки, с помощью которых осуществляют моделирование процессов смыва почв, выноса загрязняющих веществ на близлежащие территории и в сопредельные среды [1–15]. Несмотря на широкую практику применения этого метода, при планировании его использования в полевых исследованиях необходимо предварительно определиться с рядом значимых параметров, которые будут оказывать определяющее влияние на результаты экспериментов и, соответственно, полученные выводы и модели функционирования водосборов.

Исходя из этого, целью работы является определение параметров и последовательности проведения натуральных исследований, посвященных изучению особенностей и характера диффузионного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Материалы и методы исследования. В процессе работы были изу-

чены труды российских и зарубежных ученых, нормативно-методическая документация, использовались общедоступные ресурсы интернета. В процессе исследования применялись методы сравнения, анализа и обобщения данных.

Результаты и обсуждение. Известно, что предварительный расчет величины поверхностного стока и количества выносимых им биогенов и взвешенных веществ можно произвести, опираясь на данные статистики, Росгидромета, Минсельхоза и т. д., используя соответствующие эмпирические формулы и зависимости. Однако для целей изучения диффузного стока необходимо наличие более локальных данных, отражающих величину и степень воздействия на окружающую среду. Анализ существующих методик не выявил детально разработанного плана проведения натурных исследований, посвященных изучению особенностей и характера диффузионного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности.

Для определения перечня локальных данных, методов и условий их получения широко используют лабораторные и полевые исследования. В качестве основного полевого метода исследования диффузного стока применяются стоковые площадки [1–4]. Для проведения экспериментов с их помощью необходимо определиться с параметрами площадки, исследуемыми данными и последовательностью проведения работ.

В соответствии со сложившимися представлениями, осадки, выпадающие в теплый период года, могут формировать дождевой сток, в холодный – талый сток. За счет обоих видов осадков формируется инфильтрационный сток, который также подлежит учету в системе водохозяйственного баланса и в качестве источника диффузионного загрязнения водных объектов. Как показывает практика, от вида исследуемого стока зависит размер стоковых площадок и приборное оснащение пункта наблюдения [2–4, 11]. Следует отметить, что в условиях стоковых площадок величину инфильтрационного стока можно определить опытно-расчетным методом, непосред-

ственный отбор его проб с целью исследования состава возможен только в условиях оснащения стокового участка дренажной системой (рисунок 1).

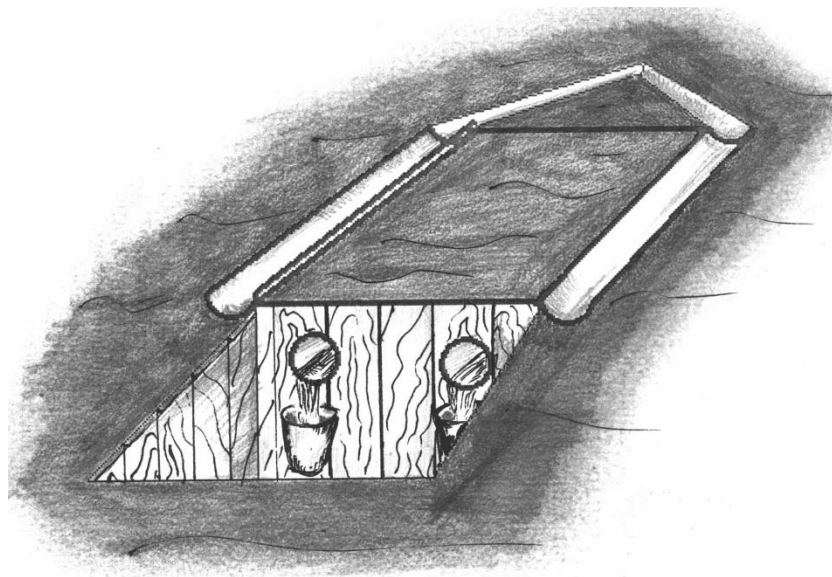


Рисунок 1 – Отбор проб инфильтрационного стока в условиях полевых исследований

Немаловажным фактором является выбор местоположения участков для обследования – представительных участков. Первый показатель, который влияет на выбор представительных участков, – это граница водосбора обследуемого водного объекта, в связи с чем перед началом исследований необходимо четко определиться с границами водосборов водных объектов в пределах сельскохозяйственной территории субъекта РФ и с ее основными орографическими и топографическими характеристиками. Как правило, границы водосборного бассейна крупных рек можно установить по материалам СКИОВО (Схем комплексного использования и охраны водных объектов), однако часто в зону действия сельскохозяйственных полей попадают малые водные объекты, данные о которых отсутствуют в Водном реестре РФ. В этом случае границы водосборного бассейна следует определять, ориентируясь на карты местности с нанесенной гидрографической сетью или на цифровую модель местности (данные ГИС) [16, 17]. Для водных объектов, имеющих СКИОВО, есть морфологические и гидрометрические характеристики для ряда наблюдательных гидрологических постов. В случае исследования малых рек, данные по которым отсутствуют, в со-

став исследовательских работ включается определение морфологических и гидрометрических характеристик водного объекта.

Важно также определиться с гидрографическими характеристиками водосбора, которые лучше всего изучать с помощью топографических карт крупного масштаба в соответствии с рекомендациями Р 52.08.874-2018 [16] и данных Водного реестра по водохозяйственным участкам. Гидрографические характеристики водосбора позволят наилучшим образом определиться с размещением пунктов наблюдения, выбором створов и маршрутов для отбора проб, выявить пути поступления загрязняющих веществ в обследуемый водный объект. На данном этапе необходимо определиться и с составом грунтовых вод в зоне водосборного бассейна, а также с их потенциальными источниками загрязнения.

Второй немаловажный показатель при выборе представительных участков для проведения исследования – репрезентативность участков. Участки для организации опорных пунктов исследования диффузного стока должны учитывать как преобладающую однородность, так и вариативность сельскохозяйственных полей, расположенных в зоне водосборного бассейна. Однородность преобладающих условий в зоне сельскохозяйственного земледелия определяется результатами планировки территорий, направлением движения сельскохозяйственной техники в процессе предпосевной обработки почв и другими характеристиками мезорельефа, которые можно представить в качестве однородных и которые при проведении полевых исследований можно принять как неизменные (constant). Также для каждого выезда на опорные пункты наблюдения в качестве неизменных показателей принимаются погодные условия (за дискретный период времени). Вариативные показатели определяются перечнем особенностей участков, расположенных в исследуемой местности (например, орошаемые и богарные, под паром, пропашные культуры, зябь и т. д.).

При определении количества стоковых площадок на исследуемой территории и мест их заложения необходимо учитывать наличие, тип и ста-

дии развития растительности, способы обработки почв, ведения хозяйственной деятельности (орошаемое, богарное земледелие, сроки и дозы внесения удобрений и их виды, способы борьбы с «сорными» биоорганизмами и т. д.), вариации с уклоном местности, уровнем инсоляции территории, расположения по отношению к водному объекту (удаленности), наличия признаков нарушенности (деградации участка) и пр. Помимо этого, при подборе характеристик местности в целях размещения стоковых площадок необходимо учитывать и лимитирующие факторы территории, которые будут оказывать влияние на формирование стока. Например, лимитирующий фактор длины склона (L) учитывается при принятии в расчет параметров ручейковой эрозии, так как при $L \leq 4,6$ м ручейковая эрозия отсутствует.

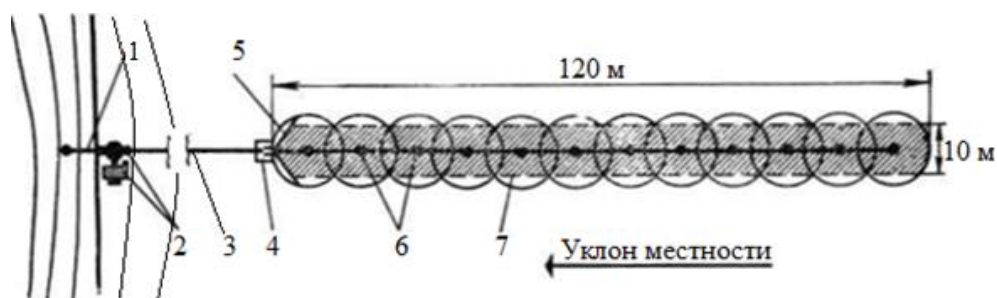
При изучении формирования поверхностного стока талых вод с сельскохозяйственных полей в качестве лимитирующего выступает фактор глубины промерзания почв, который при глубине промерзания менее 50 см становится решающим в предотвращении формирования поверхностного стока. То же и с фактором уклона местности, при малых величинах которого сток не образуется [3, 4]. Г. Т. Балакай и др. (2005) указывают на то, что критерий крутизны склона при изучении формирования, интенсивности и эрозионной активности талого стока определяется зональными и местными условиями при совокупности группы факторов, таких как запасы воды в снеге и почве, интенсивность и продолжительность снеготаяния, вид использования территории (например, под залежь, лесопосадку или пашню) [18].

Для выбора мест размещения стоковых площадок необходимо провести предварительное рекогносцировочное обследование местности, в результате которого составляется план – экспликация земельного участка с описанием основных его характеристик (рельеф, растительность, наличие буферных полос, удаление сельскохозяйственных полей от водного объекта, уклон местности и пр.), с выделением площадей, пораженных эрозией, площадей разной категории пользования и с разной технологией ведения сельскохозяйственного производства и т. д. На основании полученной эксплика-

ции участка определяются с местами отбора почвенных проб. Для данного вида исследований целесообразно производить отбор почвенных проб по маршрутному ходу, проложенному от границ земельных участков сельскохозяйственного использования вниз по уклону местности до водного объекта и в местах с наиболее выраженной эрозией. При осуществлении выбора точек отбора почвенных проб можно, по нашему мнению, пользоваться «Методикой отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференциального применения удобрений» [19]. При отборе почвенных проб следует руководствоваться положениями ГОСТ Р 58595-2019 [20], ГОСТ 17.4.3.01-2017 [21] и ГОСТ 17.4.4.02-2017 [22].

На основании полученной схемы территории обследования и анализа состава почвенных проб, позволяющего выявить наличие и направление миграции агрохимикатов с сельскохозяйственных полей, можно определиться с местами наиболее целесообразного размещения стоковых площадок.

Размеры стоковой площадки будут определяться в соответствии с оптимальными условиями регистрации поверхностного стока и целями исследования. Так, например, М. С. Кузнецов и др. (2004) указывают на то, что оптимальные размеры площадки (исключая склоновые террасы) будут составлять: длина 100–150 м, ширина 20–25 м [23]. Как правило, участки такого размера выбирают для наблюдения за стоком, сформировавшимся за счет атмосферных осадков (например, ливневые дожди или весенний сток талых вод), при возможности их выделения в качестве опытных участков или полигонов для длительно проводимых наблюдений, с установкой на выбранных опорных пунктах пробоотборников и измерительных устройств. Следует отметить, что в российской практике изучения последствий диффузного стока на стоковых площадках имеется опыт проведения полевого эксперимента на большеразмерных участках в условиях их дождевания короткоструйной дождевальная установкой (КДУ) с соответствующей длиной крыла [24]. Схема такого опыта приведена на рисунке 2 [24].



- 1 – водозабор; 2 – насосная станция; 3 – напорный трубопровод;
4 – водомерный ящик; 5 – водонаправляющие стенки стоковой площадки;
6 – дождевальные насадки КДУ; 7 – граница учетного участка

Рисунок 2 – Стоковая площадка размером 10 × 120 м, орошаемая дождевальным крылом короткоструйной дождевальной установки

К. Н. Кулик и др. (2018) считают, что в зависимости от длины склона, его уклона и целей проведения исследований размер стоковых площадок варьируется в следующих пределах (Д × Ш, м): 50 × 300...400; 30...50 × 200; 30...40 × 150; 30 × 100; 30 × 50 [2]. В соответствии с «Методикой дождевания стоковых площадок для исследования эрозионных процессов», разработанной с участием ученых Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии [3], в большинстве вариантов проведения опытов предлагается использовать стандартные размеры стоковой площадки $Д \times Ш = 5 \times 1$ м. Такой размер обусловлен тем, что для обустройства стоковых площадок с имитацией естественных осадков необходимо учитывать не только возможность обеспечения проведения достаточно точных замеров и получения представительных проб, но и экономическую целесообразность затрат на изготовление и монтаж оборудования и проведение опытных исследований. Для примера полевого опыта на малых стоковых площадках на рисунке 3 приведена опытная установка для изучения выноса удобрений в полевых условиях в результате атмосферных осадков и ирригации [25].

Немаловажным показателем, отражающим массу поступающих с территории водосбора диффузионных загрязнений, является отбор проб воды из водного объекта в створах, расположенных в зоне действия сельскохозяйственного земледелия. Отбор и исследование проб воды осу-

ществляется в соответствии с рекомендациями ГОСТ 31861-2012 [26], ГОСТ 17.1.5.05-85 [27] и Р 52.24.353-2012 [28]. Место, периодичность и частоту отбора проб устанавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 17.1.3.07-82 [29] и ГОСТ 17.1.3.08-82 [30].



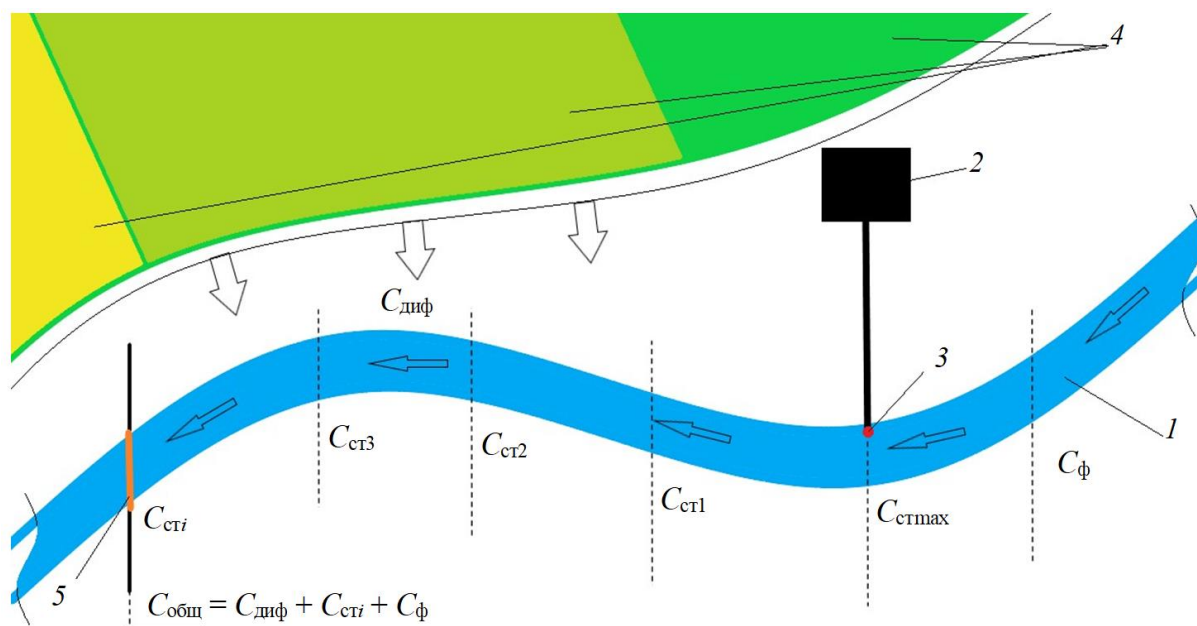
Рисунок 3 – Изучение выноса удобрений в полевых исследованиях на стоковых площадках (источник ARS USDA) [25]

При выборе створа для отбора проб необходимо учесть места выпуска сточных вод из организованных источников, нанести их на карту-схему и определиться с расстояниями до намеченного створа отбора проб (рисунок 4).

В случае сброса из организованных источников тех же веществ, которые, предположительно, поступают в водный объект с сельскохозяйственных полей с поверхностным и подземным стоком, необходимо запросить данные об их количестве в местах размещения выпуска сточных вод. В дальнейшем для выявления их концентраций в створе планируемого отбора проб необходимо будет произвести расчет изменения этих концентраций за счет разбавления и биохимической деструкции [31].

Для анализа проб, отобранных в результате проведения полевых исследований, необходимо использовать соответствующие аккредитованные Росгидрометом методики и приборы (в соответствии с РД 52.18.595-96 по состоянию на 2020 г. [32]), обеспечивающие требуемые пределы обнаружения. Общий состав приборного оснащения лабораторий, сопровож-

дающих эксперименты по изучению диффузного стока, и перечень применяемых методик приведены в таблице 1.



1 – водный объект; 2 – организованный источник сброса сточных вод; 3 – створ сброса сточных вод; 4 – сельскохозяйственные поля; 5 – створ для отбора проб; $C_ф$ – фоновая концентрация, определяемая до места сброса сточных вод, мг/м³; $C_{стmax}$ – концентрация загрязняющих веществ при выпуске сточных вод в водный объект, мг/м³; $C_{ст1}, C_{ст2}, C_{ст3}, \dots, C_{сти}$ – концентрации загрязняющих веществ в сточных водах от организованного источника загрязнения в соответствующих створах вниз по течению, мг/м³; $C_{общ}$ – общая концентрация загрязняющих веществ, поступающих с природного агроландшафта, мг/м³; $C_{диф}$ – концентрация загрязняющих веществ, поступившая с диффузным стоком с сельхозполей, мг/м³

Рисунок 4 – Выбор створа для отбора проб воды на выявление диффузионного загрязнения

Таблица 1 – Приборное и методическое обеспечение аккредитованных лабораторий для исследования диффузного стока с сельхозполей

Контролируемый компонент среды	Контролируемый компонент смеси	Утвержденная методика	Прибор, оборудование*
1	2	3	4
Атмосферные осадки	Нитраты, сульфаты, аммоний, калий, натрий	РД 52.04.333-93	Хроматограф
	Хлорорганические пестициды	РД 52.44.588-2016	Газожидкостный хроматограф
Природные воды	Азот общий и органический	РД 52.24.364-2007	Фотометр
	Натрий	РД 52.24.365-2008	Потенциометр
	Нитраты	РД 52.24.367-2010	Потенциометр
	Нитраты	РД 52.24.380-2017	Фотометр

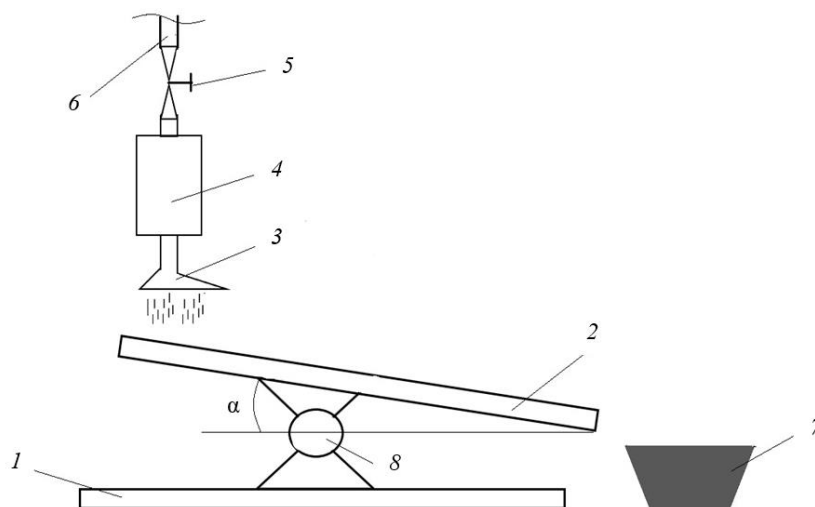
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Природные воды	Нитриты	РД 52.24.381-2006	Фотометр
	Фосфаты	РД 52.24.382-2006	Фотометр
	Аммиак и ионы аммония	РД 52.24.383-2005	Фотометр
	Фосфор общий и органический	РД 52.24.387-2006	Фотометр
	Калий	РД 52.24.391-2008	Пламенный фотометр
	Ионы аммония	РД 52.24.394-2012	Потенциометр
	Жесткость	РД 52.24.395-2007	Титровальное*
	Сульфаты	РД 52.24.401-2018	Титровальное*
	Кальций	РД 52.24.403-2007	Титровальное*
	Сульфаты	РД 52.24.405-2018	Фотометр или спектрофотометр
	Сульфаты	РД 52.24.406-2018	Титровальное*
	Хлорорганические пестициды	РД 52.24.412-2009	Газовый хроматограф
	БПК ₅	РД 52.24.420-2019	Амперметр, титровальное*
	Взвешенные вещества	РД 52.24.468-2019	Весы, муфельная
	Азот общий и органический	РД 52.24.481-2007	Спектрофотометр
	Сульфатов	РД 52.24.483-2005	Печь муфельная
Аммиак, ионы аммония	РД 52.24.486-2009	Весы	
Почвы	Хлорид-ион, сульфат-ион, нитрат-ион, нитрит-ион	РД 52.18.572-96	Хроматограф, кондуктометр
	Триазиновые гербициды симазин и прометрин	РД 52.18.188-2011	Газожидкостный Хроматограф
	Галоидорганические пестициды П,П'-ДДТ, П,П'-ДДЭ, альфа-ГХЦГ, гамма-ГХЦГ, трифлуралин	РД 52.18.180-2011	Газожидкостный хроматограф
	Фосфорорганические пестициды паратион-метил, фозалон, диметоат	РД 52.18.310-2011	Газожидкостный хроматограф
Примечание – * приведено основное; наличие в лаборатории лабораторной посуды (колб, бюреток, стаканчиков) и иного обязательного оборудования подразумевается.			

В качестве моделируемых характеристик при проведении исследований в опорном пункте наблюдения за дискретный период времени, как правило, используют интенсивность и продолжительность дождя, влажность почв, дозы вносимых удобрений, пестицидов при различных вариантах агрофона [3, 25].

Прежде чем выносить опыт в полевые условия, необходимо определиться с граничными значениями лимитирующих факторов, например величиной капель дождя или интенсивностью осадков, при которых начинается формироваться поверхностный сток. Предварительные определения

граничных значений исследуемых факторов необходимо производить на соответствующей лабораторной установке, общая схема которой приведена на рисунке 5.



1 – рама; 2 – короб для размещения исследуемого грунта; 3 – дождевальная насадка; 4 – емкость для воды; 5 – кран; 6 – водоподающая труба; 7 – емкость для отбора проб; 8 – механизм для регулирования угла наклона короба

Рисунок 5 – Схема лабораторной установки

Помимо этого, известно, что на формирование стока и его величину оказывают влияние в ряде случаев не столько лимитирующие значения единичного фактора, сколько сочетание различных уровней факторов, влияющих на него, это может быть обыграно также в предварительном лабораторном эксперименте.

При осуществлении опытов в полевых условиях производят уточнение данных, полученных расчетным путем и при помощи имитационного моделирования на лабораторной установке. В результате лабораторных и полевых исследований, анализа данных многолетних наблюдений за поверхностным стоком, климатическими характеристиками и расходом в реках по годам различной обеспеченности, а также колебаниями уровня и химического состава грунтовых вод производят определение и уточнение значимых для формирования системы экологического мониторинга диффузионного загрязнения водных объектов параметров и характеристик. В состав таких характеристик входят перечень контролируемых показателей,

выбор мест отбора проб, установление сроков и периодичности наблюдений.

Последовательность проведения натурных исследований, посвященных изучению поступления питательных и загрязняющих веществ с сельскохозяйственных полей с диффузным стоком в водный объект, приведена на схеме (рисунок 6).



ВО – водный объект; ИЗ – источник загрязнения

Рисунок 6 – План проведения натурных исследований для изучения диффузного стока с сельскохозяйственных полей

Выводы. Анализ существующих методик не выявил детально разработанного плана проведения натуральных исследований, посвященных изучению особенностей и характера диффузионного загрязнения водных объектов в зонах интенсивной сельскохозяйственной деятельности. Авторы пришли к выводу, что в целях организации натуральных исследований необходимо осуществить ряд последовательных процедур, которые позволят повысить точность получаемых результатов. Эти процедуры можно разделить на три группы: предварительные, уточняющие и проведение эксперимента.

Для выявления миграции веществ с сельскохозяйственных полей и ее направления производят обор почвенных проб, который целесообразно осуществлять по линиям маршрутного хода от границ сельскохозяйственных полей до водного объекта вдоль уклона местности. Створ для отбора проб воды из водного объекта необходимо согласовывать с расположением организованных источников сброса в него сточных вод и границами действия сельскохозяйственных полей.

Значимые для формирования системы экологического мониторинга диффузионного загрязнения водных объектов параметры и характеристики могут быть определены по совокупности полученных данных в процессе лабораторных и полевых исследований, изучения многолетних данных наблюдений за изменением климатических параметров местности, поверхностным стоком и расходом водного объекта в различные по водообеспеченности годы.

Список использованных источников

1 Егоров, И. Е. Полевые методы изучения почвенной эрозии / И. Е. Егоров // Вестник Удмуртского университета. – 2009. – № 1. – С. 157–169.

2 Методология изучения эрозионных процессов в лесоаграрных и техногенных ландшафтах / К. Н. Кулик, А. Р. Зубов, И. Г. Зыков, А. А. Зубов; ФНЦ агроэкологии РАН. – Волгоград, 2018. – 252 с.

3 Методика дождевания стоковых площадок для исследования эрозионных процессов / Ю. П. Сухановский, А. И. Санжаров, О. Г. Чуян, Е. П. Проценко, Н. В. Рязанцева, А. А. Проценко, С. С. Балабанов, В. Б. Горин; под ред. Ю. П. Сухановского. – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2005. – 30 с.

4 Швевс, Г. И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка (на примере Украины и Молдавии) / Г. И. Швевс. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 184 с.

5 Комиссаров, М. А. Эрозия агрочерноземов при орошении дождеванием и моделировании осадков в южной лесостепи Башкирского Предуралья / М. А. Комиссаров, И. М. Габбасова // Почвоведение. – 2017. – № 2. – С. 264–272. – DOI: 10.7868/S0032180X17020071.

6 Tamene, L. Soil erosion studies in Northern Ethiopia / L. Tamene, P. L. G. Vlek // Land Use and Soil Resources. – 2008. – P. 73–100. – DOI: 10.1007/978-1-4020-6778-5_5.

7 Hydrology of small field plots used to study phosphorus runoff under simulated rainfall / M. S. Srinivasan, P. Kleinman, A. N. Sharpley, T. Buob // Journal of Environmental Quality. – 2007, Nov. – 36(6). – P. 1833–1842. – DOI: 10.2134/jeq2007.0017.

8 Meyer, L. D. Philosophy and development of simulated rainfall for erosion control research / L. D. Meyer. – 1963. – 724 p. – (Amerc. Soc. of Agric. Engineers Paper № 63-724).

9 Сухановский, Ю. П. Обоснование параметров модельных дождей в эрозионных исследованиях / Ю. П. Сухановский, В. А. Незнанова, А. И. Санжаров // Докл. ВАСХНИЛ. – 1990. – № 8. – С. 61–63.

10 Методика определения потерь из почвы биогенных веществ с использованием портативной дождевальной установки / Ю. П. Сухановский, В. А. Вытовтов, Ю. А. Соловьева, А. В. Прущик, С. И. Санжарова, А. Г. Титов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 6. – С. 68–71.

11 Hudson, N. W. Field measurement of soil erosion and runoff [Electronic resource] / N. W. Hudson. – Rome, 1993. – Mode of access: <http://www.fao.org/3/T0848E/t0848e00.htm#TopOfPage>, 2020.

12 Манжина, С. А. Возможности контроля поступления загрязнений с диффузионным стоком в зоне интенсивной сельскохозяйственной деятельности / С. А. Манжина // Экология и водное хозяйство [Электронный ресурс]. – 2020. – № 2(5). – С. 49–66. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=63>. – DOI: 10.31774/2658-7890-2020-2-49-66.

13 Соловьева, Ю. А. Применение метода дождевания стоковых площадок для исследования выноса из почвы биогенных веществ / Ю. А. Соловьева, В. А. Вытовтов, А. В. Прущик // Экологические аспекты эрозионных и русловых процессов: межвуз. сб. – М., 2016. – С. 31–34.

14 Афонченко, Н. В. Вынос биогенных веществ при различных способах внесения минеральных удобрений с использованием метода дождевания стоковых площадок / Н. В. Афонченко // Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного производства региона: сб. науч. тр. по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Калуга, 2018. – С. 77–80.

15 Прущик, А. В. Применение дождевальных установок для мониторинга выноса химических веществ из почвы / А. В. Прущик // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. – Краснодар, 2020. – С. 190–192.

16 Определение гидрографических характеристик картографическим способом: Р 52.08.874-2018: утв. Росгидрометом 20.12.18. – СПб., 2018. – 179 с.

17 Буряк, Ж. А. Совершенствование подходов к оценке эрозионной опасности агроландшафтов с использованием ГИС-технологий / Ж. А. Буряк // Научные ведомости. Серия: Естественные науки. – 2014. – № 23(194), вып. 29. – С. 140–146.

18 Балакай, Г. Т. Влияние способов обработки почв на водную эрозию / Г. Т. Балакай, Н. И. Балакай, Д. А. Шевченко // Пути повышения эффективности использования орошаемых земель: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2005. – С. 187–189.

19 Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференциального применения удобрений / В. Г. Сычев [и др.]. – М.: ВНИИА, 2007. – 36 с.

20 ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. – Введ. 2020-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

21 ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2019-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

22 ГОСТ 17.4.4.02-2017. Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – Введ. 2019-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

23 Кузнецов, М. С. Эрозия и охрана почв: учебник / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 352 с.

24 Заславский, М. Н. Эрозиоведение / М. Н. Заславский. – М.: Высш. шк., 1983. – 320 с.

25 National Soil Erosion Research: West Lafayette, IN [Electronic resource]. – Mode of access: <https://ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/national-soil-erosion-research/#>, 2020.

26 ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. – Введ. 2014-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

27 ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. – Введ. 1986-07-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

28 Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод: Р 52.24.353-2012: утв. Росгидрометом 10.05.12: введ. в действие с 02.04.12 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

29 ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. – Введ. 1983-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

30 ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества морских вод. – Введ. 1983-01-01 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

31 Родзиллер, И. Д. Прогноз качества воды водоемов – приемников сточных вод / И. Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1984. – 263 с.

32 Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды: РД 52.18.595-96: утв. Росгидрометом 15.12.96, Госстандартом 20.12.96: введ. в действие с 01.05.98 // Гарант Эксперт 2020 [Электронный ресурс]. – НИП «Гарант-Сервис», 2020.

References

1 Egorov I.E., 2009. *Polevye metody izucheniya pochvennoy erozii* [Field methods of studying soil erosion]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of Udmurt University], no. 1, pp. 157-169. (In Russian).

2 Kulik K.N., Zubov A.R., Zykov I.G., Zubov A.A., 2018. *Metodologiya izucheniya erozionnykh protsessov v lesoagrarnykh i tekhnogennykh landshaftakh* [Methodology for Studying Erosion Processes in Agroforestry and Technogenic Landscapes]. Federal Research Center of Agroecology RAS, Volgograd, 252 p. (In Russian).

3 Sukhanovsky Yu.P., Sanzharov A.I., Chuyan O.G., Protsenko E.P., Ryazantseva N.V., Protsenko A.A., Balabanov S.S., Gorin V.B., 2005. *Metodika dozhddevaniya stokovykh ploshchadok dlya issledovaniya erozionnykh protsessov* [The Sprinkling Technique of Runoff Sites for the Study of Erosion Processes]. Kursk, VNIIZIPE RAAS, 30 p. (In Russian).

4 Shwebs G.I., 1974. *Formirovanie vodnoy erozii stoka nanosov i ikh otsenka (na primere Ukrainy i Moldavii)* [Formation of Water Erosion of Sediment Runoff and their

assessment (on the example of Ukraine and Moldova)]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 184 p. (In Russian).

5 Komissarov M.A., Gabbasova I.M., 2017. *Eroziya agrochernozemov pri oroshenii dozhdevaniem i modelirovanii osadkov v yuzhnoy lesostepi Bashkirskogo Predural'ya* [Erosion of agrochernozems under sprinkler irrigation and rainfall simulation in the southern forest-steppe of the Bashkir Pre-Urals]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 2, pp. 264-272, DOI: 10.7868/S0032180X17020071. (In Russian).

6 Tamene L., Vlek P.L.G., 2008. Soil erosion studies in Northern Ethiopia. *Land Use and Soil Resources*, pp. 73-100, DOI: 10.1007/978-1-4020-6778-5_5.

7 Srinivasan M.S., Kleinman P., Sharpley A.N., Buob T., 2007. Hydrology of small field plots used to study phosphorus runoff under simulated rainfall. *Journal of Environmental Quality*, Nov., 36(6), pp. 1833-1842, DOI: 10.2134/jeq2007.0017.

8 Meyer L.D., 1963. Philosophy and development of simulated rainfall for erosion control research. *Amerc. Soc. of Agric. Engineers Paper № 63-724*, 724 p.

9 Sukhanovsky Yu.P., Neznanova V.A., Sanzharov A.I., 1990. *Obosnovanie parametrov model'nykh dozhdey v erozionnykh issledovaniyakh* [Substantiation of the parameters of artificial rains in erosion studies]. *Dokl. VASKHNIL* [Reports of VASKHNIL], no. 8, pp. 61-63. (In Russian).

10 Sukhanovsky Yu.P., Vytovtov V.A., Solovyova Yu.A., Prushchik A.V., Sanzhárova S.I., Titov A.G., 2016. *Metodika opredeleniya poter' iz pochvy biogennykh veshchestv s ispol'zovaniem portativnoy dozhdeval'noy ustanovki* [Methodology for determining biogenic substances losses from soil using a portable sprinkler]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-industrial Complex], vol. 30, no. 6, pp. 68-71. (In Russian).

11 Hudson N.W., 1993. Field measurement of soil erosion and runoff. Rome, available: <http://www.fao.org/3/T0848E/t0848e00.htm#TopOfPage> [accessed 2020].

12 Manzhina S.A., 2020. *Vozmozhnosti kontrolya postupleniya zagryazneniy s difuzionnym stokom v zone intensivnoy sel'skokhozyaystvennoy deyatel'nosti* [Possibilities for diffusion runoff pollution emission control within the zone of intensive agricultural activity]. *Ekologiya i vodnoe khozyaystvo* [Ecology and Water Industry], no. 2(5), pp. 49-66, available: <http://www.rosniipm-sm1.ru/article?n=63>, DOI: 10.31774/2658-7890-2020-2-49-66. (In Russian).

13 Solov'eva Yu.A., Vytovtov V.A., Prushchik A.V., 2016. *Primenenie metoda dozhdevaniya stokovykh ploshchadok dlya issledovaniya vynosa iz pochvy biogennykh veshchestv* [Application of the method of sprinkling runoff sites to study the removal of nutrients from soil]. *Ekologicheskie aspekty erozionnykh i ruslovykh protsessov: mezhvuzovskiy sbornik* [Ecological Aspects of Erosion and Channel Processes: interuniversity collection]. Moscow, pp. 31-34. (In Russian).

14 Afonchenko N.V., 2018. *Vynos biogennykh veshchestv pri razlichnykh sposobakh vneseniya mineral'nykh udobreniy s ispol'zovaniem metoda dozhdevaniya stokovykh ploshchadok* [Removal of biogenic substances with different methods of applying mineral fertilizers using the method of sprinkling runoff areas]. *Sovremennaya agrarnaya nauka kak faktor povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva regiona: sbornik nauchnykh trudov po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem* [Modern Agricultural Science as Factor in Increasing the Efficiency of Agricultural Production in Region: Proc. of Scientific and Practical Conference with International Participation]. Kaluga, pp. 77-80. (In Russian).

15 Prushchik A.V., 2020. *Primenenie dozhdeval'nykh ustanovok dlya monitoringa vynosa khimicheskikh veshchestv iz pochvy* [Application of sprinkling for monitoring the losses of chemicals from the soil]. *Agrarnye landshafty, ikh ustoychivost' i osobennosti razvitiya: sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoy nauchnoy ekologicheskoy konferentsii* [Agrarian Landscapes, Their Stability and Development Features: Proc. of International Scientific Conference]. Krasnodar, pp. 190-192. (In Russian).

16 *Opređenje hidrografičeskikh kharakteristik kartografičeskim sposobom* [Determination of hydrographic characteristics by cartographic method]. R 52.08.874-2018, approved by Roshydromet 20.12.18, Saint Petersburg, 2018, 179 p. (In Russian).

17 Buryak Zh.A., 2014. *Sovershenstvovanie podkhodov k otsenke erozionnoy opasnosti agrolandshaftov s ispol'zovaniem GIS-tekhnologiy* [Improving approaches to assessing the risk of erosion in agricultural landscapes using GIS technologies]. *Nauchnye vedomosti. Seriya: Estestvennye nauki* [Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences], no. 23(194), iss. 29, pp. 140-146. (In Russian).

18 Balakay G.T., Balakay N.I., Shevchenko D.A., 2005. *Vliyanie sposobov obrabotki pochv na vodnuyu eroziyu* [Influence of soil cultivation methods on water erosion]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya: sbornik statey FGBNU "RosNIIPM"* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. Novocherkassk, pp. 187-189. (In Russian).

19 Sychev V.G. [et al.], 2007. *Metodika otbora pochvennykh prob po elementarnym uchastkam polya v tselyakh differentsial'nogo primeneniya udobreniy* [Methodology for Sampling Soil Samples on Elementary Plots for the Purpose of Differential Application of Fertilizers]. Moscow, VNIIA, 36 p. (In Russian).

20 GOST R 58595-2019. *Pochvy. Otbor prob* [Soils. Sample Selection]. (In Russian).

21 GOST 17.4.3.01-2017. *Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [Nature Conservancy (SSOP). Soils. General Requirements for Sampling]. (In Russian).

22 GOST 17.4.4.02-2017. *Okhrana prirody (SSOP). Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza* [Nature Conservation (SSOP). Soils. Methods of Sampling and Preparation of Samples for Chemical, Bacteriological, Helminthological Analysis]. (In Russian).

23 Kuznetsov M.S., Glazunov G.P., 2004. *Eroziya i okhrana pochv: uchebnik* [Erosion and Protection of Soils: textbook]. 2nd ed., rev. and add., Moscow, KolosS Publ., 352 p. (In Russian).

24 Zaslavsky M.N., 1983. *Eroziovedenie* [Erosiology]. Moscow, Higher School Publ., 320 p. (In Russian).

25 National Soil Erosion Research: West Lafayette, IN, available: <https://ars.usda.gov/midwest-area/west-lafayette-in/national-soil-erosion-research/#> [accessed 2020].

26 GOST 31861-2012. *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob* [Water. General Requirements for Sampling]. (In Russian).

27 GOST 17.1.5.05-85. *Okhrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosferynykh osadkov* [Nature Conservancy (SSOP). Hydrosphere. General Requirements for Sampling of Surface and Sea Waters, Ice and Atmospheric Precipitation]. (In Russian).

28 *Otbor prob poverkhnostnykh vod sushi i ochishchennykh stochnykh vod* [Sampling of Land Surface Waters and Treated Wastewater]. R 52.24.353-2012, approved by Roshydromet 10.05.12. (In Russian).

29 GOST 17.1.3.07-82. *Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva vody vodoemov i vodotokov* [Nature Conservation (SSOP). Hydrosphere. Water Quality Control Rules for Reservoirs and Streams]. (In Russian).

30 GOST 17.1.3.08-82. *Okhrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Pravila kontrolya kachestva morskikh vod* [Nature Conservation (SSOP). Hydrosphere. Sea water quality control rules]. (In Russian).

31 Rodziller I.D., 1984. *Prognoz kachestva vody vodoemov – priemnikov stochnykh vod* [Forecast of Water Quality in Reservoirs – Wastewater Receivers]. Moscow, Stroyizdat Publ., 263 p. (In Russian).

32 *Federal'nyy perechen' metodik vypolneniya izmereniy, dopushchennykh k primeneniyu pri vypolnenii rabot v oblasti monitoringa zagryazneniya okruzhayushchey prirodnoy sredy* [Federal list of measurement techniques approved for use when performing work in the

field of monitoring environmental pollution]. *RD 52.18.595-96*, approved by Roshydromet 15.12.96. (In Russian).

Манжина Светлана Александровна

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Manzhina Svetlana Aleksandrovna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Senior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Домашенко Юлия Евгеньевна

Ученая степень: доктор технических наук

Должность: заместитель директора по науке в области мелиорации

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Domashenko Yuliya Yevgenyevna

Degree: Doctor of Technical Sciences

Position: Deputy Director for Science in the Field of Land Reclamation

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Комарова Екатерина Васильевна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Komarova Yekaterina Vasilyevna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipm@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.08.2020

После доработки 05.10.2020

Принята к публикации 23.10.2020