

УДК 631.621:631.675.2

Д. Г. Васильев, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев

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

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФИЛЬТРАЦИИ ПОЧВ ПРИ ОРОШЕНИИ ОЧИЩЕННЫМИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ В УСЛОВИЯХ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Целью работы являлось исследование процесса фильтрации при орошении сточными водами в условиях Ростовской области для оценки динамики влажностного режима почвогрунтов. Участок исследований расположен в Куйбышевском районе Ростовской области, в геоморфологическом отношении – на водоразделе р. Миус и р. Дедова, а также приурочен к пойменной террасе р. Миус. При решении поставленной задачи приняты законы мелиоративной подземной гидродинамики, которые рассматривают фильтрацию в однородной среде. На выделенном участке ранее гидромелиоративные мероприятия не осуществлялись. Проведенные исследовательские расчеты для условий впервые вводимых в орошение земель поймы р. Миус позволяют сделать вывод, что промачивание почв очищенными сточными водами формирует подвешенные зоны смачивания у поверхности почвы. Установлено, что в течение определенного расчетного времени после подвешивания слой воды начинает все же опускаться, это, в свою очередь, указывает на то, что давление воздуха перед фронтом промачивания с течением времени снижается (коэффициент давления воздуха со временем уменьшается). При этом для различных грунтов время опускания слоя поливной воды до нижней границы корнеобитаемого слоя изменяется приблизительно в 90 раз, общая же длительность межполивного периода для тех же грунтов изменяется лишь в 2,0–2,5 раза. Отмечено, что после ухода воды с поверхности грунта формируется резкая неустойчивость фронта промачивания, т. е. появляются очаги, которые значительно опережают сравнительно ровную поверхность смачивания. При этом промачивание слоя почвы толщиной 1,0 м происходит за 1–50 ч. Несмотря на то, что проницаемость грунтов 1-го и 3-го типов разнится в 1000 раз, время промачивания этого слоя почвы отличается лишь в 3,5–4,0 раза. Результаты проведенных исследований целесообразно использовать при расчете величин поливных норм очищенных сточных вод и времени их подачи на поле.

Ключевые слова: впитывание, грунт, почва, сточные воды, орошение, фильтрация.

D. G. Vasilyev, Yu. E. Domashenko, S. M. Vasilyev

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

RESEARCH OF SOIL FILTRATION PROCESS BY IRRIGATION WITH TREATED WASTEWATER UNDER THE CONDITIONS OF ROSTOV REGION

The purpose of research was to study the filtration process during wastewater irrigation in Rostov region to assess the dynamics of soil moisture regime. The research area is located in Kuibyshevskiy district of Rostov region, geomorphologically – on the watershed of the Mius and the Dedov rivers as well as confined to the floodplain terrace of the river Mius. In solving the given problem, the laws of ameliorative underground hydrodynamics which consider filtration in a homogeneous environment were adopted. Irrigation and drainage prac-

tices were not implemented previously on the selected site. These research calculations for conditions of the floodplain lands of the Mius river for the first time put into operation allow to conclude that soil soaking with treated wastewater forms the suspended wetting zones at the soil surface. It has been found that within a certain estimated time after suspension, the water layer begins to drop which in turn indicates the air pressure decline with time before the wetting front (the air pressure coefficient decreases with time). At the same time for various soils the lowering time of irrigation water layer to the lower boundary of the root zone changes approximately by a factor of 90, while the total duration of the inter-irrigation period for the same grounds changes only by 2.0–2.5 times. It is noted that after water discharge from land surface, a sharp instability of the wetting front is formed, that is, points that considerably exceed the relatively even wetting surface appear. At the same time the wetting of a soil layer 1.0 m thick occurs within 1–50 hours. Despite the fact that permeability of the 1st and 3rd soil types varies by a factor of 1000, the wetting time of this soil layer differs only by a factor of 3.5–4.0. The results of the conducted research are expedient for calculating the value of irrigation rates of treated wastewater and the time of their supply to the field.

Key words: soaking, ground, soil, wastewater, irrigation, filtration.

Введение. Орошение оказывает значительное воздействие на геологическую среду и способствует изменению режима влажности пород в зоне аэрации и фильтрационному выщелачиванию пород, повышению интенсивности проявления инженерно-геологических процессов, таких как просадки, суффозия, активизация оползней, обвалы, поверхностная эрозия [1].

Распределение водного потока по профилю почвы зависит прежде всего от ее литологического строения, особенностей пористых сред и транзитного потока загрязнителей на уровень грунтовых вод. На скорость впитывания воды в почву комплексное влияние оказывают такие факторы, как удельная поверхность, пористость почвы, ее начальная влажность, структурность и водопрочность агрегатов, корневая система и др. [2, 3].

Технические свойства порового пространства почв и геологических структур позволяют определить особенности их строения, установить морфологические параметры пористых сред. Изучение макронеоднородности почвенных разрезов позволяет прогнозировать транзитную составляющую инфильтрационного потока на уровень грунтовых вод при орошении и выбирать расчетную модель солепереноса и ее структуру [4–6].

Повторное использование очищенных сточных вод возможно в районах с благоприятными природными условиями для сельскохозяйственного производства. Особый интерес представляет изучение процесса впитывания

вания очищенных сточных вод и пополнения запасов влаги в почвенном профиле. Он характеризуется динамичностью и позволяет дать полное представление о гидрофизических свойствах активного слоя почвы, если иметь результаты исследований соответствующих почвенно-физических характеристик [7, 8].

Целью работы являлось исследование процесса фильтрации при орошении сточными водами в условиях Ростовской области для оценки динамики влажностного режима почвогрунтов.

Материалы и методы. Участок исследований расположен в Куйбышевском районе Ростовской области, в геоморфологическом отношении – на водоразделе р. Миус и р. Дедова, а также приурочен к пойменной террасе р. Миус. На выделенном участке ранее гидромелиоративные мероприятия не осуществлялись.

Геологическое строение участка изысканий на разведанную глубину 5,0–7,0 м представлено делювиальными и аллювиальными глинистыми отложениями верхнечетвертичного возраста и палеогеновыми отложениями. Разрез представлен сверху вниз¹.

Слой 1 (dQIII). Суглинок от желто-бурого до бурого цвета тяжелый пылеватый твердой консистенции, макропористый, просадочный, незасоленный, с включением гипса и карбонатов. В кровле слоя пронизан корнями и корнеходами. Мощность слоя изменяется от 1,0 до 6,2 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 17,2 до 56,7 м.

Слой 2 (dQIII). Суглинок от бурого до серо-бурого цвета тяжелый пылеватый твердой консистенции, непросадочный, незасоленный. Вскрытая мощность слоя изменяется от 0,4 до 3,5 м.

Слой 3 (aQIII). Суглинок от черного до буро-серого цвета тяжелый пылеватый тугопластичной консистенции, непросадочный, незасоленный.

¹ Отчет об инженерно-геологических изысканиях. Новое строительство орошаемого участка в ОАО «Имени Калинина» Матвеево-Курганского района Ростовской области, 2014. – 163 с.

Вскрытая мощность слоя – 6,7–6,8 м.

Слой 4 (Р). Песчаник серого цвета, выветрелый. Вскрытая мощность слоя изменяется от 0,2 до 1,8 м.

С поверхности грунты перекрыты почвенно-растительным слоем мощностью до 0,2–0,5 м.

При решении поставленной задачи приняты законы мелиоративной подземной гидродинамики, которые рассматривают фильтрацию в однородной среде. На основе принципов осреднения течений по глубине к такой однородной среде приводится фильтрация в неоднородно-слоистом грунте, состоящем из слоев разной проницаемости. Считается, что проницаемость n -слойной толщи определяется литологией отдельных слоев, зависящей от их генезиса. В связи с этим принимается, что проницаемость грунтов изменяется по глубине дискретно, т. е. в пределах каждого данного слоя она постоянна, а на границах слоев изменяется разрывно.

Результаты и обсуждение. Процесс промачивания почвы во время полива и после него происходит главным образом под действием сил тяжести, давления воды и капиллярности. Силами упругости воды и скелета грунта, а также силами инерции обычно можно пренебречь. Лишь в зоне капиллярной влаги сжимаемость воды, содержащей пузырьки воздуха, может оказаться значительной. В этой зоне следовало бы учитывать сжимаемость воды с пузырьками воздуха и рассматривать упругий режим фильтрации. Однако высота зоны промачивания за один полив невелика (обычно не превышает 1,0–1,5 м), и поэтому упругий режим фильтрации быстро становится близким к жесткому. Следовательно, можно считать, что при промачивании почвы режим фильтрации жесткий [9].

Фильтрацию очищенных сточных вод будем рассматривать в поливной и межполивной периоды. При этом решения приводятся для двух предельных случаев:

- с учетом средней транспирации σ_0 , испарения на фронте водона-

сыщения ε и капиллярного вакуума на этом фронте h_k , но без учета сжатия воздуха ниже фронта насыщения ($\alpha = 0$);

- с учетом испарения ε , капиллярности на фронте промачивания h_k и сжатия воздуха ниже этого фронта ($\alpha > 0$), но без учета транспирации растений ($\sigma_0 = 0$).

Исходные данные для определения фильтрации очищенных сточных вод в грунтах зоны аэрации представлены в таблице 1. Представленные типы грунтов выбраны на основании их встречаемости на исследуемом участке орошения сточными водами.

Таблица 1 – Исходные данные для определения фильтрации очищенных сточных вод в грунтах зоны аэрации

Тип грунта	Коэффициент фильтрации k , м/сут	Дефицит насыщения n	Водоотдача n_s	Высота капиллярного вакуума h_k , м
1 Суглинок от желто-бурого до бурого цвета тяжелый пылеватый твердой консистенции, макропористый, просадочный	0,010	0,35	0,01	4,0
2 Суглинок от бурого до серо-бурого цвета тяжелый пылеватый твердой консистенции, непросадочный	0,001	0,50	0,01	4,0
3 Песчаник серого цвета	0,100	0,35	0,10	1,5

Глубина слоя воды на поверхности почвы $h_w = 0,01$ м; мощность зоны аэрации $H_0 = 8$ м; транспирация $\sigma_0 = 0$; 64; 85 мм; коэффициент снижения давления воздуха $\alpha = 0$; 0,01; испарение $\varepsilon = 0$; 0,001; 0,005 м/сут.

Рассмотрим случай, когда сжатие воздуха равна нулю ($\alpha = 0$), а транспирация нет ($\sigma_0 \neq 0$).

Согласно следующему выражению определяем предельную глубину промачивания почвы при поливах l_s при $\sigma_1 = 64$ мм [9]:

$$l_s = h_w(p + \sqrt{p^2 + q}),$$

где h_w – сплошной слой воды на дневной поверхности почвы, м;

p – давление воздуха перед фронтом промачивания, м;

q – планируемая урожайность, т/га.

Результаты расчета предельной глубины промачивания почвы при поливах очищенными сточными водами переносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета предельной глубины промачивания почвы при поливах

ε , м/сут	Предельная глубина l_s (м) для грунтов типа		
	1	2	3
0	2,14	8,11	51,5
0,001	1,89	7,76	49,2
0,005	1,13	6,43	49,1

Из данных таблицы 2 видно, что для песчаных и супесчаных грунтов (типа 3) предельная глубина промачивания l_s практически не ограничена. Испарение ε существенно влияет на величину l_s лишь в суглинистых грунтах (тип 1).

Далее определим время промачивания грунта на заданную глубину $l = 1,0$ м при $\sigma_0 = 0$ и различных значениях ε из выражения [9]:

$$t = \frac{nl}{k - \varepsilon} \left[1 - \frac{1}{R} \ln(1 + R) \right],$$

$$R = \frac{(k - \varepsilon)l}{k(h_w + h_k)},$$

где R – безразмерный коэффициент, зависящий от водопотребления растений;

k – коэффициент фильтрации;

ε – испарение в нижней границе слоя (на фронте промачивания), м/сут;

l – глубина промачивания грунта, м;

h_k – высота капиллярного вакуума, м.

Результаты расчета времени промачивания грунта при поливах очищенными сточными водами переносим в таблицу 3.

Отсюда следует, что промачивание слоя почвы толщиной 1,0 м проис-

ходит за 1–50 ч. Несмотря на то, что проницаемость грунтов 1-го и 3-го типов разнится в 1000 раз, время промачивания этого слоя почвы отличается лишь в 3,5–4,0 раза.

Таблица 3 – Результаты расчета времени промачивания грунта при поливах очищенными сточными водами с учетом испарения

ε , м/сут	Время промачивания t (сут) для грунтов типа		
	1	2	3
0	0,354	0,143	0,0862
0,001	0,377	0,124	0,0863
0,005	0,361	0,145	0,0865

На следующем этапе находим оптимальную глубину промачивания грунтов во время полива h_0 при $\varepsilon = \varepsilon_s = 0$, $h_k = 0$, $h_p = 2$ м и время расходования влаги до допустимого предела при $\sigma_0 = 85$ мм (таблица 4) согласно выражению [9]:

$$t = \frac{2n}{\sigma_0(\beta + 1)} \ln\left(1 + \frac{1}{u}\right),$$

где n – дефицит насыщения на нижней границе слоя почвы, мм;

σ_0 – средняя величина транспирации по глубине корнеобитаемого слоя и по времени, мм/сут;

β – коэффициент упругости;

u – изменение напора в точке фильтрации в момент времени t , м [10].

$$t_{\text{д}} = \frac{n - n_s}{\sigma_0},$$

где $t_{\text{д}}$ – продолжительность межполивного периода, сут;

n_s – коэффициент водоотдачи почвы, мм [9].

Таблица 4 – Промачивание грунта при поливах очищенными сточными водами в зависимости от их проницаемости

Время (сут) для грунтов типа 1–3	1	2	3
t	45,8	16,0	2,0
$t_{\text{д}}$	13,5	18,5	28,0
$t + t_{\text{д}}$	58,3	35,5	29,0

Полученные данные показывают, что оптимальная глубина промачивания грунтов в зависимости от их проницаемости изменяется не очень сильно. При этом для различных грунтов время опускания слоя поливной воды до нижней границы корнеобитаемого слоя t изменяется приблизительно в 90 раз, общая же длительность межполивного периода для тех же грунтов $t + t_d$ изменяется лишь в 2,0–2,5 раза.

Определим глубину опускания слоя поливной воды l и высоту слоя h для различных моментов времени $t^* \leq t$ (таблица 5) согласно выражению [9]:

$$h = h_0[\beta(1+u)e^{-\tau} - u],$$

где h_0 – глубина промачивания грунтов во время полива, м;

$e^{-\tau}$ – безразмерный коэффициент, зависящий от коэффициента пьезопроводности и принимаемый постоянным в выделенном слое l поливной воды.

Таблица 5 – Определение глубины опускания слоя поливной воды и высоты слоя

t^*	Тип грунта		
	1	2	3
Значения $l(t^*)$, м			
0	1,38	1,00	0,57
0,25t	1,58	1,25	0,95
0,5t	1,79	1,50	1,33
t	2,00	2,00	2,00
Значения $h(t^*)$, м			
0	1,38	1,00	0,57
0,25t	0,96	0,79	0,49
0,5t	0,58	0,49	0,40
t	0	0	0

Из данных таблицы 5 видно, что опускание слоя поливной воды и уменьшение его толщины происходят практически равномерно (с постоянной скоростью). При этом чем больше транспирация и испарение и меньше проницаемость, тем больше эффект подвешивания поливных вод.

Если для питания растений используется не только рыхлосвязанная

вода, но и часть прочносвязанной воды, то время t_d увеличится, особенно для суглинков (содержание прочносвязанной воды примерно равно $n_0 - n$, где n_0 – пористость).

Выводы

1 Проведенные исследовательские расчеты для условий впервые вводимых в орошение земель поймы р. Миус позволяют сделать вывод, что промачивание почв очищенными сточными водами формирует подвешенные зоны смачивания у поверхности почвы.

2 Установлено, что в течение определенного расчетного времени после подвешивания слой воды начинает все же опускаться, это, в свою очередь, указывает на то, что давление воздуха перед фронтом промачивания с течением времени снижается (коэффициент давления воздуха α со временем уменьшается). При этом для различных грунтов время опускания слоя поливной воды до нижней границы корнеобитаемого слоя изменяется приблизительно в 90 раз, общая же длительность межполивного периода для тех же грунтов изменяется лишь в 2,0–2,5 раза.

3 Отмечено, что после ухода воды с поверхности грунта формируется резкая неустойчивость фронта промачивания, т. е. появляются очаги, которые значительно опережают сравнительно ровную поверхность смачивания. При этом промачивание слоя почвы толщиной 1,0 м происходит за 1–50 ч. Несмотря на то, что проницаемость грунтов 1-го и 3-го типов разнится в 1000 раз, время промачивания этого слоя почвы отличается лишь в 3,5–4,0 раза.

4 Результаты проведенных исследований целесообразно использовать при расчете величины поливных норм очищенных сточных вод и времени их подачи на поле.

Список использованных источников

1 Чарыкова, С. А. Инженерно-геологические проблемы гидромелиорации территорий Южной Молдавии / С. А. Чарыкова, С. А. Богомолов, И. Н. Минькеева // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XVII Междунар. симп. им. акад. М. А. Усова сту-

дентов и молодых ученых, г. Томск, 1–6 апреля 2013 г. / ФГАОУ ВО НИ ТПУ. – Томск: ТПУ, 2013. – С. 485–487.

2 Голованов, А. И. Водообмен и оросительные нормы / А. И. Голованов // Природообустройство. – 2008. – № 3. – С. 5.

3 Карпенко, Н. П. Анализ защитных свойств пород зоны аэрации и оценка защищенности грунтовых вод в зоне сброса загрязняющих стоков / Н. П. Карпенко // Природообустройство. – 2014. – № 2. – С. 70–75.

4 Алексеев, В. В. Исследование профилей увлажнения почвы с уплотненным слоем при дождевании и поверхностном поливе / В. В. Алексеев // Природообустройство. – 2016. – № 4. – С. 92–96.

5 Исследование предпочтительных потоков влаги в лугово-черноземной почве Саратовского Заволжья / С. В. Затицкий [и др.] // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 585–598.

6 Серебренников, Ф. В. Построение модели впитывания воды при поверхностном поливе с учетом гидрофизических свойств почвы / Ф. В. Серебренников // Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы V Всерос. науч.-практ. конф. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов: КУБиК, 2011. – С. 240–245.

7 Николаенко, А. Н. Моделирование рециклинга коллекторно-дренажных вод для орошения почв / А. Н. Николаенко, А. А. Кавокин // Проблемы управления водными и земельными ресурсами: материалы Междунар. науч. форума, г. Москва, 2015 г. – Ч. 2. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – С. 51–59.

8 Вабищевич, П. Н. Математическое моделирование промачивания зоны аэрации в условиях близкого залегания грунтовых вод / П. Н. Вабищевич, А. О. Данияров // Математическое моделирование. – 1994. – Т. 6, № 11. – С. 11–24.

9 Методы фильтрационных расчетов гидромелиоративных систем / С. В. Васильев [и др.]. – М.: Колос, 1970. – 440 с.

10 Шестаков, В. М. Динамика подземных вод / В. М. Шестаков. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. – 368 с.

References

1 Charykova S.A., Bogomolov S.A., Min'keeva I.N., 2013. *Inzhenerno-geologicheskiye problemy gidromelioratsii territoriy Yuzhnoy Moldavii* [Engineering and geological problems of water reclamation of the territories of Southern Moldova]. *Problemy geologii i osvoyeniya nedr: tr. XVII Mezhdunarodnogo simposiuma im. akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchennykh* [Problems of Geology and Subsurface Development: Proceedings of the XVII International symposium of students and young scientists named after academician M.A. Usov]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., pp. 485-487. (In Russian).

2 Golovanov A.I., 2008. *Vodoobmen i orositelnyye normy* [Water exchange and irrigation norms]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 3, p. 5. (In Russian).

3 Karpenko N.P., 2014. *Analiz zashchitnykh svoystv porod zony aeratsii i otsenka zashchishchennosti gruntovykh vod v zone sbrosa zagryaznyayushchikh stokov* [Analysis of the protective properties of the rocks in the aeration zone and assessment of groundwater protectability in the zone of polluting effluents discharge]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 2, pp. 70-75. (In Russian).

4 Alekseev V.V., 2016. *Issledovaniye profiley uvlazhneniya pochvy s uplotnennym sloyem pri dozhdevanii i poverkhnostnom polive* [Investigation of soil moistening profiles with a compacted layer during sprinkling and surface irrigation]. *Prirodoobustroystvo* [Environmental Engineering], no. 4, pp. 92-96. (In Russian).

5 Zatinatsky S.V. [and others], 2007. *Issledovaniye predpochtitelnykh potokov vlagi v lugovo-chernozemnoy pochve Saratovskogo Zavolzhya* [Investigation of preferential moisture

fluxes in meadow-chernozem soil of Saratov Transvolga region]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 5, pp. 585-598. (In Russian).

6 Serebrennikov F.V., 2011. *Postroyeniye modeli vpityvaniya vody pri poverkhnostnom polive s uchetom gidrofizicheskikh svoystv pochvy* [Model building of water absorption under surface irrigation taking into account the hydrophysical properties of soil]. *Agrarnaya nauka v XXI veke: problemy i perspektivy: materialy V Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii FGOU VPO «Saratovskiy GAU»* [Agrarian Science in the 21st Century: Issues and Prospects: Proceed. V All-Russian scientific-practical conference Saratov State Agrarian University]. Saratov, KUBiK Publ., pp. 240-245. (In Russian).

7 Nikolaenko A.N., Kavokin A.A., 2015 *Modelirovaniye retsiklinga kollektornodrenazhnykh vod dlya orosheniya pochv* [Modeling the recycling of collector-drainage waters for soil irrigation]. *Problemy upravleniya vodnymi i zemelnymi resursami: materialy Mezhdunarodnogo nauchogo foruma, Moskva, 2015* [Problems of Water and Land Resources Management: materials of the International scientific forum, Moscow]. Moscow, State Agrarian University of Russia Publ., part 2, pp. 51-59. (In Russian).

8 Vabishchevich P.N., Daniyarov A.O., 1994. *Matematicheskoye modelirovaniye promachivaniya zony aeratsii v usloviyakh blizkogo zaleganiya gruntovykh vod* [Mathematical simulation of the aeration zone wetting under conditions of nearly water table]. *Matematicheskoye modelirovaniye* [Mathematical Simulation], v. 6, no. 11, pp. 11-24. (In Russian).

9 Vasilyev S.V. [and others], 1970. *Metody filtratsionnykh raschetov gidromeliorativnykh sistem* [Methods of filtration calculations of irrigation and drainage systems]. Moscow, Kolos Publ., 440 p. (In Russian).

10 Shestakov V.M., 1979. *Dinamika podzemnykh vod* [The dynamics of groundwater]. Moscow, Moscow University Publ., 368 p. (In Russian).

Васильев Дмитрий Геннадьевич

Должность: аспирант

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

Vasilyev Dmitry Gennadievich

Position: Graduate Student

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: кандидат технических наук

Должность: начальник отдела

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: Domachenko_u@list.ru

Domashenko Yuliya Yevgenyevna

Degree: Candidate of Technical Sciences

Position: Head of the Department

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

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

E-mail: Domachenko_u@list.ru

Васильев Сергей Михайлович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: заместитель директора по науке

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

Vasilyev Sergey Mikhaylovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Deputy Director of Science

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