

УДК 631.6:631.445.53:631.821.2

DOI: 10.31774/2222-1816-2020-2-18-34

В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

В. Иг. Ольгаренко

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

С. Д. Дзезюра

Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск, Российская Федерация

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ КАРТОФЕЛЯ ЛЕТНЕГО СРОКА ПОСАДКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ АРИДНОЙ ЗОНЫ ЮГА РОССИИ

Цель: научно-техническое обоснование определения динамики фактического водопотребления картофеля летнего срока посадки при различных гидрометеопараметрах для последующего прогноза и назначения сроков полива и поливных норм. **Материалы и методы.** Применение новых подходов в установлении технических характеристик орошения, как одного из определяющих элементов природопользования на оросительных системах в целом и в единичных фермерских хозяйствах в частности, является основой и важным компонентом обеспечения продуктивной безопасности населения, необходимым инструментом в поддержании экологического баланса на землях с очевидными антропогенными рисками, в значительной мере определяет сельскохозяйственное производство и имеет высокую актуальность для развития мелиоративной науки и практики. Исследования проведены в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области при возделывании картофеля летнего срока посадки в условиях поймы Нижнего Дона. **Результаты.** Опытные данные позволили получить эмпирические зависимости динамики фактического водопотребления от суммы температур и дефицитов влажности воздуха для лет различной водообеспеченности по дефициту естественного увлажнения. Они представлены уравнением поверхности с соответствующими эмпирическими коэффициентами, которые составили в среднем за период вегетации: $A_1 - 21,035$; $A_2 - \text{минус } 0,1546$; $A_3 - 0,29705$; $A_4 - 0,0429$; $A_5 - \text{минус } 0,099$; $A_6 - 0,057$. **Выводы.** Анализ данных показал, что установленные связи фактического водопотребления с суммой дефицитов влажности воздуха и суммой температур значительно изменяются по фазам развития картофеля и описываются нелинейными математическими зависимостями, это значительно повышает точность определения водопотребления и эффективность использования водных и энергетических ресурсов. Решение поставленной задачи позволит получить обоснованные эксплуатационные режимы орошения картофеля летнего срока посадки.

Ключевые слова: водный баланс; эксплуатационный режим орошения; динамика влажности почвы; динамика фактического водопотребления; картофель летнего срока посадки; пойма Нижнего Дона.



V. I. Olgarenko, I. V. Olgarenko

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

V. Ig. Olgarenko

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

S. D. Dzezyura

Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

**DETERMINATION METHODS OF ACTUAL WATER
CONSUMPTION OF AGRICULTURAL CROPS BY
THE EXAMPLE OF SUMMER PLANTING POTATOES FOR
THE ARID ZONE CONDITIONS IN THE SOUTH OF RUSSIA**

Purpose: scientific and technical justification for determining the dynamics of the actual water consumption of summer planting potato with various hydrometeorological parameters for the subsequent forecast and specifying the time of irrigation dates and irrigation rates.

Materials and methods. The use of new approaches in determining the technical characteristics of irrigation, as one of the defining elements of nature management on irrigation systems in general and in individual farms in particular, is the basis and an important component of ensuring productive safety of population, a necessary tool in maintaining the ecological balance on lands with obvious anthropogenic risks, largely determines agricultural production and is highly relevant for the development of reclamation science and practice. The studies were carried out in Bessergenevskoe Agricultural Enterprise LLC, Oktyabrsky District, Rostov Region, during the summer planting potato cultivation under the conditions of the Lower Don floodplain. **Results.** The experimental data made it possible to obtain empirical dependences of the dynamics of actual water consumption on the sum of temperatures and air humidity deficits for years of different water availability according to the natural moisture deficit. They are represented by the surface equation with the corresponding empirical coefficients average over the growing season: $A_1 - 21.035$; $A_2 - \text{minus } 0.1546$; $A_3 - 0.29705$; $A_4 - 0.0429$; $A_5 - \text{minus } 0.099$; $A_6 - 0.057$. **Conclusions.** The data analysis showed that the established relationships between actual water consumption and the sum of air humidity deficits and the sum of temperatures vary significantly in the phases of potato development and are described by non-linear mathematical dependencies, which significantly increases the accuracy of determining water consumption and the efficient use of water and energy resources. The solution of this problem will allow getting reasonable irrigation operation modes of summer planting potatoes.

Key words: water balance; operational irrigation regime; soil moisture dynamics; actual water consumption dynamics; summer planting potatoes; floodplain of the Lower Don river.

Введение. Создание высокоурожайных систем земледелия на орошаемых агроландшафтах должно базироваться на принципах соблюдения аргументированного эксплуатационного режима орошения, определении его норм и сроков в контексте сложившейся гидрометеорологической и агротехнической обстановки [1, 2]. Так, в этих целях используют модели

определения водопотребления, полученные на основании эмпирического опыта, которые в свою очередь описывают динамику влияния тепла, энергии, света и других факторов в сложной системе «почва – растение – атмосфера» [3, 4].

Теоретически обоснованы и практикой орошения подтверждены следующие иерархические уровни планирования водопользования и режимов орошения сельскохозяйственных культур: проектный и эксплуатационный режимы, которые в свою очередь подразделяются на плановый и оперативный [5]. Наиболее значимой проблемой в мелиоративной отрасли является научное обоснование и разработка именно эксплуатационного оперативного режима орошения сельскохозяйственных культур, который отличается значительной дифференциацией и учетом всех фактических показателей при реализации внутрихозяйственных планов водопользования для каждого конкретного орошаемого участка, севооборота и хозяйства в целом [6, 7].

Современная ситуация в сельском хозяйстве призывает не только рассматривать необходимый уровень продуктивности агроландшафтов, но и учитывать риски природопользования вместе с получением высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. Обоснование сложных природных связей и деятельности человека обеспечивает надлежащее планирование и оперативное управление технологическими процессами как при проведении отдельных приемов орошения, так и на более высоких иерархических уровнях мелиоративной системы в целом. Современная концепция мелиоративной науки обращает особое внимание на многозадачность управления своими единицами, ставятся задачи определения оптимального водного, теплового, воздушного, питательного, химического и других режимов [1, 8–13].

Применение новых подходов в установлении технических характеристик орошения, как одного из определяющих элементов природопользо-

вания на оросительных системах и в единичных фермерских хозяйствах, является основой и важным компонентом обеспечения продовольственной безопасности населения, необходимым инструментом в поддержании экологического баланса на землях с очевидными антропогенными рисками, в значительной мере определяет сельскохозяйственное производство, имеет высокую актуальность для развития мелиоративной науки [14–19].

Целью исследований в данной работе являлось научно-техническое обоснование определения динамики фактического водопотребления картофеля летнего срока посадки при различных гидрометеопараметрах для последующего прогноза и назначения сроков полива и поливных норм.

Материалы и методы. Решению этой важной проблемы были посвящены экспериментальные исследования, проведенные в ООО «Агропредприятие «Бессергеновское» Октябрьского района Ростовской области при возделывании картофеля летнего срока посадки в условиях поймы Нижнего Дона в период 2012–2014 гг. Годы исследований по влагообеспеченности орошаемого массива за вегетационный период характеризовались по гидротермическому коэффициенту Г. Т. Селянинова как средневлажный, средний и среднесухой (соответственно 2012, 2013 и 2014 гг.) (коэффициент принимал значения 0,95; 0,65 и 0,34). В период вегетации выпало соответственно 162,8; 122,1; 65,2 мм осадков. Относительная влажность воздуха в среднем составила 51, 53 и 50 % соответственно. Сумма среднесуточных температур – 1781, 1837 и 1889 °С соответственно. Поливная норма составила 350 м³/га с поддержанием влажности 0,8–1,0 НВ в расчетном слое почвы 0,6 м. Более детально динамика влагозапасов, гидрометеорологическая и почвенная характеристика рассматриваются в предыдущих работах [20, 21].

Следует отдельно выделить проведенные ранее исследования, а именно статистическую обработку рассматриваемых величин: суммы температур и дефицитов влажности воздуха, эвапотранспирации, и на ее основа-

нии выполненный однофакторный и многофакторный корреляционный анализ. Так, установлено, что температура ($r = 0,88$) и дефицит влажности воздуха ($r = 0,74$) имеют соответственно весьма тесную и тесную связи с эвапотранспирацией. Многофакторным корреляционным анализом установлено, что вариация эвапотранспирации на 79 % (детерминация $r^2 = (0,89)^2 = 0,79$) связана с действием изучаемых факторов – суммой активных температур воздуха и суммой дефицитов влажности воздуха – и может быть математически объяснена влиянием этих данных. Это в целом при соблюдении правильной методологии постановки опыта и обработки экспериментальных данных позволяет говорить о высокой достоверности результатов в указанных условиях соответствия и рассматриваемой почвенно-климатической зоне [21].

Результаты и обсуждение. Общеизвестен методический подход к определению эвапотранспирации по формуле водного баланса, учитывающей все расходы и приходы влаги для условий конкретного орошаемого поля:

$$ET = W_H - W_K + P + M + V_{gr} - V_{sp} - V_u,$$

где ET – эвапотранспирация, мм;

W_H, W_K – влагозапасы в почве к началу и концу расчетного периода, мм;

P – осадки, мм;

M, V_{gr}, V_{sp}, V_u – соответственно величины, оросительной нормы, подпитки грунтовыми водами, поверхностного стока, инфильтрации, мм.

Подпитка грунтовыми водами (V_{gr}) происходит в случае смыкания грунтовых вод и активного (орошаемого) слоя почвы, что в общем случае недопустимо, так как является первопричиной засоления сельскохозяйственных угодий. Инфильтрация (V_u) – обратный процесс в сравнении с подпиткой грунтовыми водами (V_{gr}), он также нежелателен из-за расхода оросительной воды за пределы активного слоя почвы. Поверхностный

сток (V_{sp}) образуется из-за неверно выбранного режима орошения и неправильной агротехники (отсутствие рекультивации агроландшафта и др.), он является первопричиной возникновения ирригационной эрозии.

Под ирригационной эрозией понимается процесс отделения из общей массы почвы ее агрегатов (частиц) и их физическое перемещение под воздействием энергии воды. Возникновение ирригационной эрозии на орошаемых агроландшафтах может как носить площадной характер, так и образовывать локальные промоины и рытвины по трассам поверхностного стока, в результате чего следует ожидать ухудшение водно-физических свойств, изменение и потери общей структуры, снижение плодородия почвы, увеличение дренирования возделываемого агроландшафта и последующее его иссушение.

Отметим, что рассматривается общий случай протекания почвенных процессов. Частные случаи могут отличаться в зависимости от конкретных водно-физических свойств почвы и общего склада почвы и грунта. Так, если водоносный горизонт и находящаяся над ним капиллярная кайма частично присутствуют в толще грунта, а ее верхняя граница проникает в почвенную толщу, то глубокое залегание грунтовых вод не исключает возможности их питания влагой, просачивающейся через почвенно-грунтовую толщу, с образованием грунтового стока и инфильтрации. Однако стоит также отметить явление десукции почвенной влаги растениями, или иссушение почвы, которая в условиях дефицита водного баланса почти равна потенциальной эвапотранспирации. Так, А. А. Роде делает следующий вывод: «...при поддержании влажности почвы на достаточно высоком уровне, хорошо развитый, обеспеченный питательными веществами растительный покров расходует влагу в количестве, близком к испаряемости...». И далее: «...следовательно, испаряемость можно считать пределом величины десукции влаги из почвы, покрытой растительным покровом, при условии достаточно высокой влажности почвы». Испаряемость, или потенциальная эвапотранспира-

ция, также считается абсолютным максимумом для величины эвапотранспирации. Это говорит о некой замкнутости системы «почва – вода – растение – атмосфера» и подтверждает методический подход учета всех приходов и расходов влаги в почве для определения величины эвапотранспирации [22]. Иными словами, рассматривается не просто «общий случай», а общий случай с капиллярно подвешенной влагой, находящейся в квазиравновесном состоянии, без подпитки грунтовыми водами, инфильтрации и образования поверхностного стока и ирригационной эрозии.

В этом случае почвенная влага в межполивной период, представляемая разницей влагозапасов, зависит только от фактического водопотребления, которое обуславливается гидрометеорологическими условиями орошаемого поля, водопотребностью возделываемой культуры, изменяющейся по фазам ее развития, и испарением:

$$\Delta W = -ET_{\phi} + P',$$

где ΔW – изменение влагозапасов почвы, мм;

ET_{ϕ} – фактическое водопотребление сельскохозяйственной культуры, мм;

P' – эффективные осадки, мм.

В результате проведенных производственных исследований установлена динамика фактического водопотребления, суммы температур и суммы дефицитов влажности воздуха по фазам развития картофеля летнего срока посадки (таблица 1).

Опытные данные таблицы 1 при представлении в виде уравнения поверхности с соответствующими эмпирическими коэффициентами (таблица 2) позволили получить эмпирические зависимости динамики фактического водопотребления от суммы температур и дефицитов влажности воздуха по фазам роста и развития культуры (рисунки 1–6):

$$ET_{\phi} = A_1 + A_2 \cdot \sum t + A_3 \cdot \sum d_{\phi} + A_4 \cdot (\sum t)^2 + A_5 \cdot \sum t \cdot \sum d_{\phi} + A_6 \cdot (\sum d_{\phi})^2,$$

где $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$ – эмпирические коэффициенты.

Таблица 1 – Динамика фактического водопотребления, суммы температур и суммы дефицитов влажности воздуха за 2012–2014 гг.

Фаза	Средняя продолжительность вегетации T , сут	Сумма температур $\sum t$, °C	Сумма дефицитов влажности воздуха $\sum d_{\phi}$, мбар	Фактическое водопотребление ET_{ϕ} , мм
Всходы	10	253–271	155,7–225,0	37,9–42,9
Бутонизация	18	448–469	312,0–474,8	107,6–115,5
Цветение	7	175–183	117,3–160,3	37,1–47,3
Прекращение роста ботвы	14	345–371	249,0–386,0	58,1–76,9
Увядание ботвы	13	351–372	229,3–313,3	50,6–62,9
Техническая спелость	9	209–223	177,0–196,7	28,6–39,2
Сумма	71	1781–1889	1240,3–1756,6	319,9–384,7

Таблица 2 – Эмпирические коэффициенты

Фаза	Эмпирический коэффициент					
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6
Всходы	21,08	-0,006	0,109	-0,0011	0,0033	-0,0024
Бутонизация	32,1	0,085	0,001	0,00129	-0,0027	0,0016
Цветение	14,6	-0,0107	0,1709	-0,0074	0,0197	-0,0126
Прекращение прироста ботвы	24,9	$-5 \cdot 10^{-6}$	0,109	$-8,0 \cdot 10^{-6}$	0,00009	$-1,234 \cdot 10^{-5}$
Увядание ботвы	24,5	-0,0317	0,1815	0,0038	-0,0104	0,0069
Техническая спелость	9,03	-0,9645	1,2109	0,2611	-0,6036	0,3489

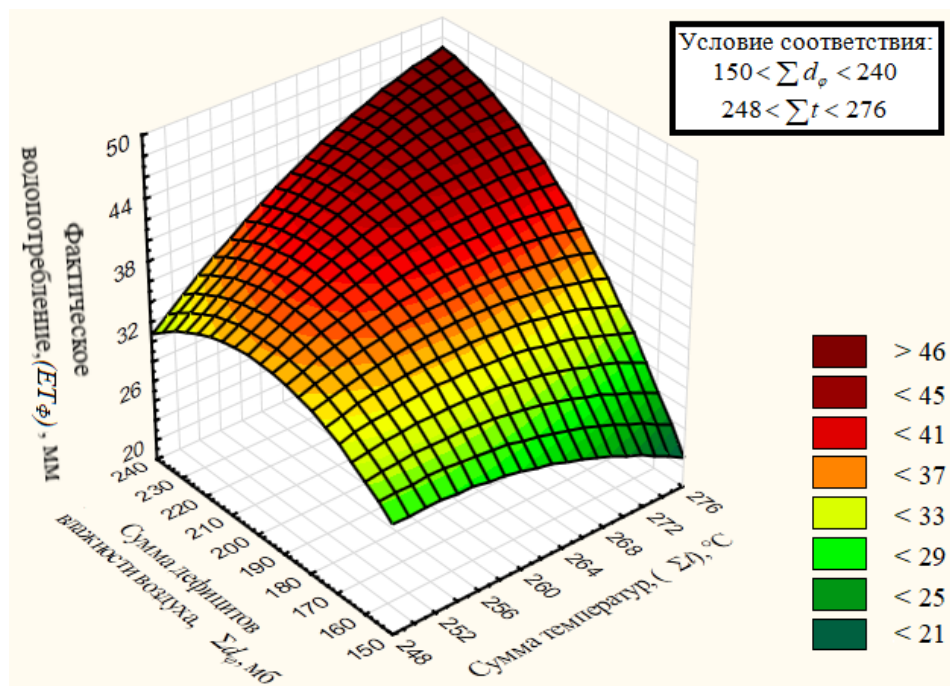


Рисунок 1 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза всходов)

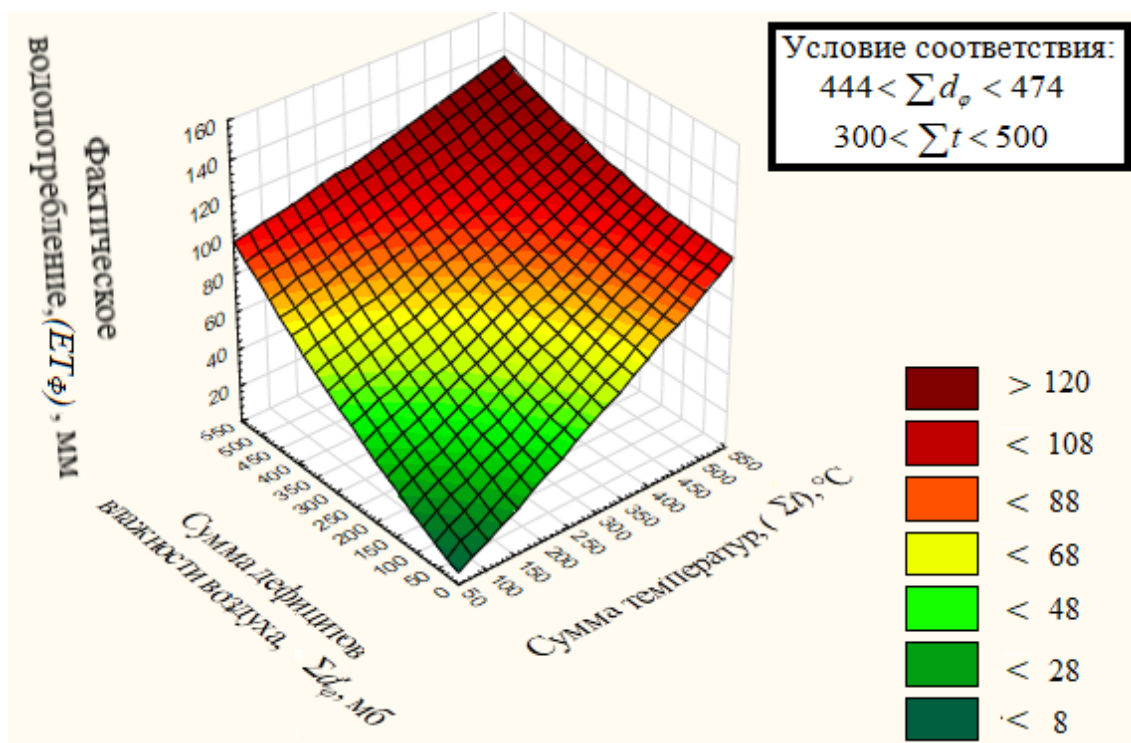


Рисунок 2 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза бутонизации)

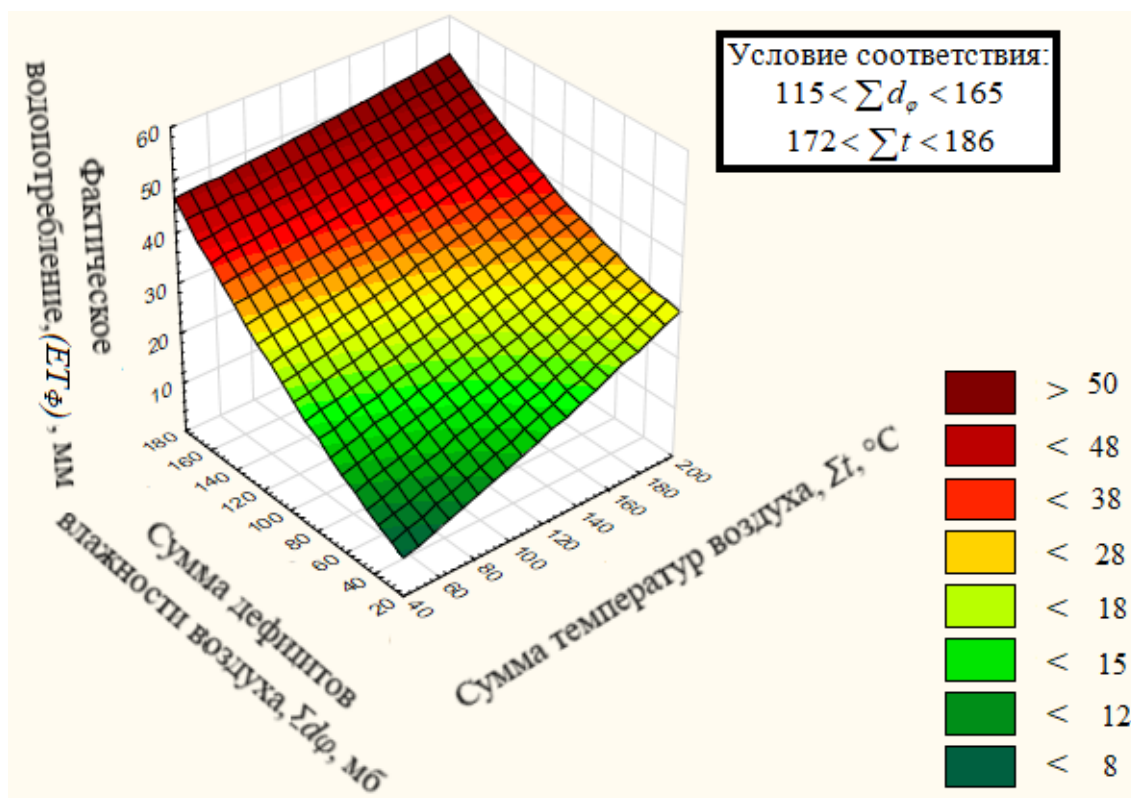


Рисунок 3 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза цветения)

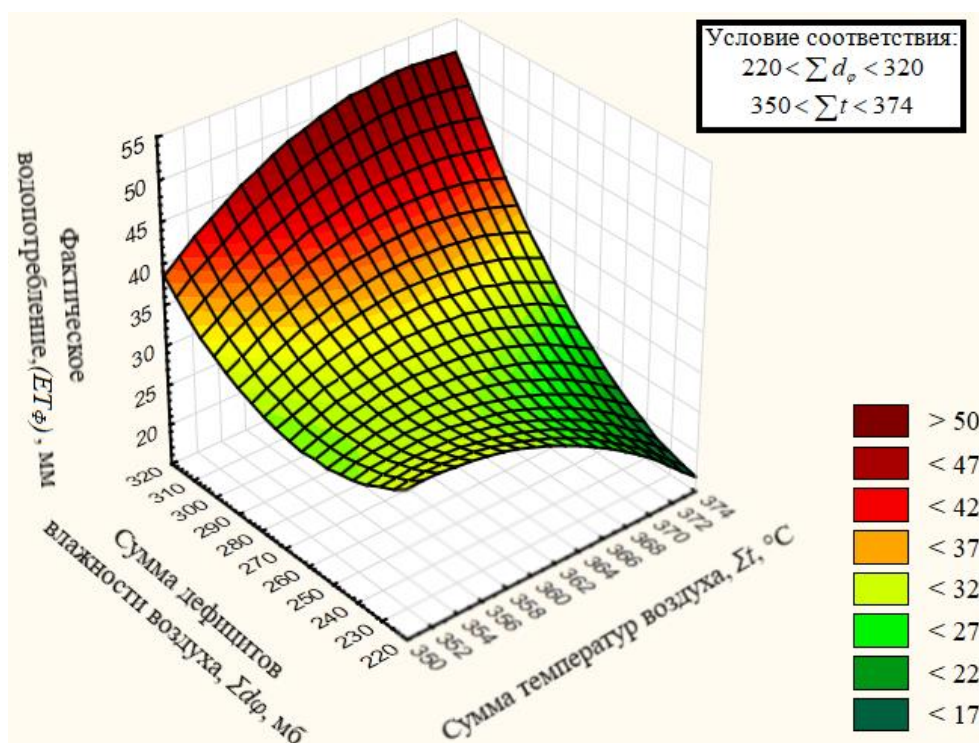


Рисунок 4 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза прекращения роста ботвы)

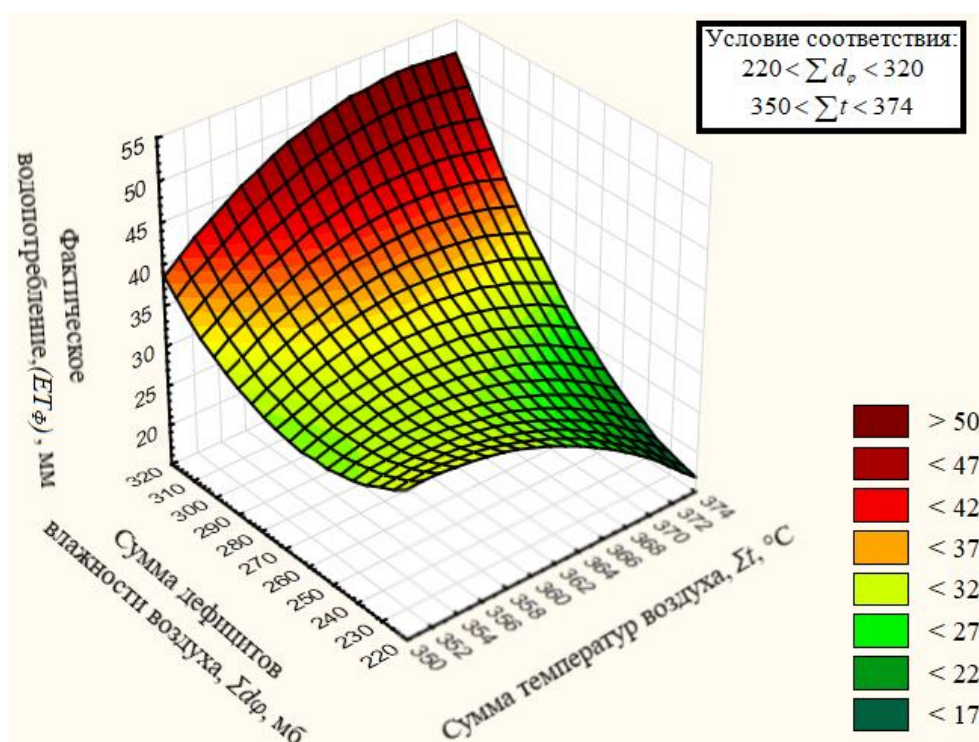


Рисунок 5 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза увядания ботвы)

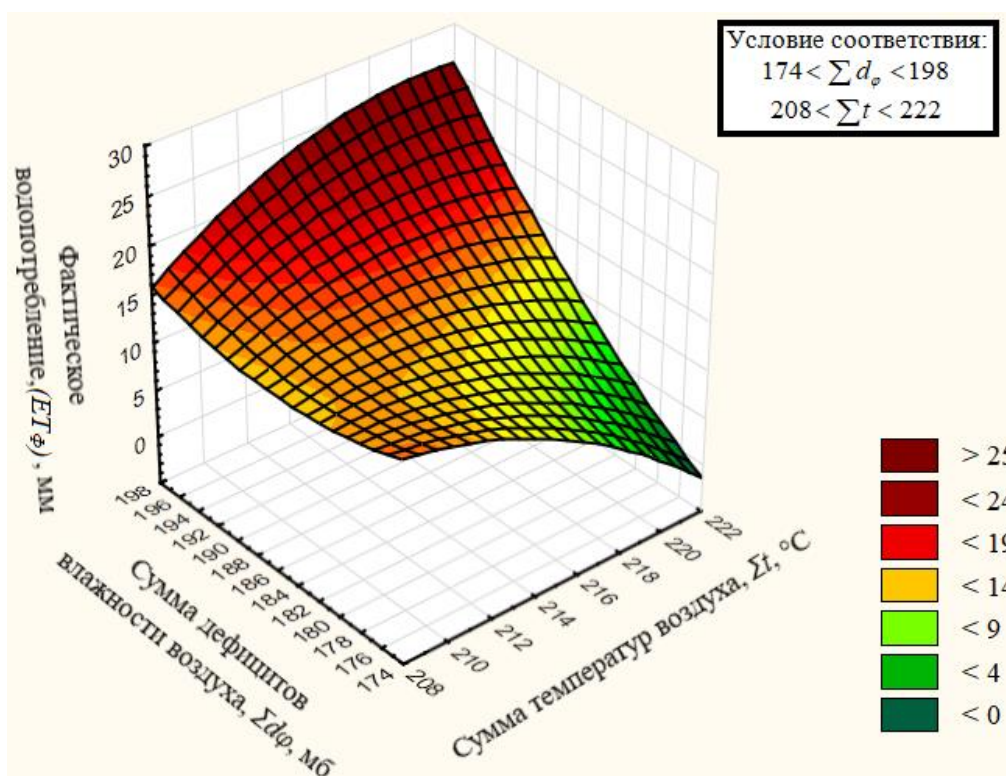


Рисунок 6 – Динамика фактического водопотребления в зависимости от суммы дефицитов влажности воздуха и суммы температур по фазам развития картофеля (фаза технической спелости)

Анализ данных показал, что применение предложенного метода как инструмента для расчета эксплуатационных характеристик режима орошения не связано с ведением трудоемких наблюдений за гидрометеорологическим состоянием агроландшафта, используются наиболее доступные параметры, учитывается фактор времени наступления фенологических фаз культуры, вместе с тем фактически обеспечивается возможность прогноза и назначения сроков полива и объемов поливных норм.

Выводы. Получены эмпирические зависимости динамики фактического водопотребления от суммы температур и дефицитов влажности воздуха для лет различной водообеспеченности по дефициту естественного увлажнения. Они представлены уравнением поверхности с соответствующими эмпирическими коэффициентами, которые составили в среднем за период вегетации: $A_1 - 21,035$; $A_2 - \text{минус } 0,1546$; $A_3 - 0,29705$; $A_4 - 0,0429$; $A_5 - \text{минус } 0,099$; $A_6 - 0,057$.

Установлена динамика фактического водопотребления, суммы температур и суммы дефицитов влажности воздуха.

Анализ данных показывает, что фактическое водопотребление значительно изменяется по фазам развития картофеля и прежде всего связано с биологическими особенностями культуры и гидрометеорологическими условиями возделываемого агроландшафта. Установление его имеет большое значение для определения динамики влагозапасов почвы, определяющих эксплуатационные режимы орошения. Полученные зависимости будут использованы при составлении программы для ЭВМ для прогноза и назначения сроков полива и поливных норм.

Список использованных источников

1 Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., г. Барнаул, 27–28 февр. 2017 г. – Новосибирск: СФНЦ РАН, 2017. – Т. 2. – С. 167–169.

2 Васильев, С. М. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2018. – № 4. – С. 12–13.

3 Васильев, С. М. Мониторинг орошаемого агроландшафта с учетом калибровки данных дистанционного зондирования в рамках геоинформационных технологий / С. М. Васильев, Л. А. Митяева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета [Электронный ресурс]. – 2017. – № 131. – С. 216–231. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>.

4 Ольгаренко, И. В. Методология функционирования экологически сбалансированных оросительных систем / И. В. Ольгаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2010. – № 6(27). – С. 181–186.

5 Ольгаренко, Г. В. Научно-техническое обеспечение программы развития мелиорации земель / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 2–4.

6 Ольгаренко, В. И. Комплексная оценка технического уровня гидромелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2013. – № 6. – С. 8–11.

7 Григоров, М. С. Управление водным режимом почвы при капельном орошении лука / М. С. Григоров, С. М. Григоров, Д. С. Винников // Современное научное знание в условиях системных изменений: материалы Первой нац. науч.-практ. конф. / ФГБОУ ВО «Омский ГАУ». – Омск: Омский ГАУ, 2016. – С. 16–19.

8 Ольгаренко, И. В. Экологически устойчивые мелиоративные системы / И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 6(21). – С. 205–209.

9 Бородычев, В. В. Алгоритм решения задач управления водным режимом почвы при орошении сельскохозяйственных культур / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 8–11.

10 Ольгаренко, Г. В. Проблемы и перспективы технического обеспечения орошения / Г. В. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 2. – С. 8–10.

11 Кравчук, А. В. Роль верхнего порога влажности при назначении режимов орошения сельскохозяйственных культур / А. В. Кравчук // Научное обозрение. – 2015. – № 3. – С. 29–32.

12 Ольгаренко, В. Иг. Управление орошением картофеля летнего срока посадки на пойменных землях Нижнего Дона: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Ольгаренко Владимир Игоревич. – Саратов, 2016. – 20 с.

13 Ольгаренко, В. Иг. Дифференцированные режимы орошения и минерального питания картофеля летнего срока посадки / В. Иг. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2014. – Вып. 52. – С. 160–164.

14 Ольгаренко, В. Иг. Нормирование режимов орошения картофеля в условиях поймы Нижнего Дона / В. Иг. Ольгаренко // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы междунар. науч. конф. – М.: Изд-во ВНИИА, 2016. – Т. 1. – С. 362–366.

15 Дифференцированные оросительные нормы сельскохозяйственных культур для почвенно-климатических условий Республики Крым / А. Н. Бабичев, В. И. Ляшевский, В. А. Монастырский, В. Иг. Ольгаренко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 4(68). – С. 133–137.

16 Controlling floods and droughts through underground storage: from concept to pilot implementation in the Ganges River Basin [Electronic resource] / P. Pavelic [et al.]. – 2015. – 38 p. – Mode of access: www.iwmi.cgiar.org/Publications/IWMI_Research_Reports/PDF/pub165/tr165.pdf, 2020.

17 Venot, J.-P. Governing the ungovernable: practices and circumstances of governance in the irrigation sector / J.-P. Venot, D. Suhardiman // International Journal of Water Governance. – 2014. – № 2. – P. 41–60.

18 Rajovic, G. Water-economic problems in northeastern Montenegro [Electronic resource] / G. Rajovic, J. Bulatovic // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. – 2013. – № 4(16). – P. 35–45. – Mode of access: https://rjoas.com/issue-2013-04/i016_article_2013_05.pdf, 2020.

19 Васильев, С. М. Повышение экологической безопасности способов орошения для формирования устойчивых агроландшафтов в аридной зоне: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 06.01.02 / Васильев Сергей Михайлович. – Волгоград, 2006. – 35 с.

20 Водный баланс и урожайность посадок картофеля в условиях орошаемой поймы Нижнего Дона / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. Иг. Ольгаренко, В. Т. Ткаченко // Вестник Алтайского государственного университета. – 2019. – № 6(176). – С. 47–52.

21 Васильев, С. М. Теоретическое обоснование и расчет биоклиматических коэффициентов на примере возделывания картофеля летнего срока посадки / С. М. Васильев, В. Иг. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. – 2017. – № 4(28). – С. 37–19. – Режим доступа: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=509>.

22 Роде, А. А. Водный режим почв и его регулирование / А. А. Роде. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 119 с.

References

1 Schedrin V.N., Vasiliev S.M., 2017. *Strategicheskie napravleniya razvitiya meliorativnogo sektora v APK* [Strategic directions of developing the reclamation sector in agro-industrial complex]. *Strategicheskie napravleniya razvitiya APK stran SNG: materialy XVI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Strategic directions of develop-

ment of agro-industrial complex of the CIS countries: Proc. the XVI International Scientific-Practical Conference, Barnaul]. Novosibirsk, SFSC RAS, vol. 2, pp. 167-169. (In Russian).

2 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.E., 2018. *Regulirovanie upravlencheskikh protsessov v strukturirovannykh problemnykh situatsiyakh APK* [Regulating managerial processes in structured problematic situations of AIC]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bull. of Russian Agricultural Science], no. 4, pp. 12-13. (In Russian).

3 Vasiliev S.M., Mityaeva L.A., 2017. [Monitoring of irrigated agrolandscape taking into account calibration of remote sensing data within the framework of geoinformation technologies]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 131, pp. 216-231, available: <http://ej.kubagro.ru/2017/07/pdf/23.pdf>. (In Russian).

4 Ol'garenko I.V., 2010. *Metodologiya funktsionirovaniya ekologicheskii sbalansirovannykh orositel'nykh sistem* [Ecologically balanced irrigation systems operation methods]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 6(27), pp. 181-186. (In Russian).

5 Ol'garenko G.V., 2013. *Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie programmy razvitiya melioratsii zemel'* [Scientific and technical support of the land reclamation program development]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 2-4. (In Russian).

6 Ol'garenko V.I., Ol'garenko G.V., Ol'garenko I.V., 2013. *Kompleksnaya otsenka tekhnicheskogo urovnya gidromeliorativnykh sistem* [Comprehensive assessment of the irrigation systems technical level]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 6, pp. 8-11. (In Russian).

7 Grigorov M.S., Grigorov S.M., Vinnikov D.S., 2016. *Upravlenie vodnym rezhimom pochvy pri kapel'nom oroshenii luka* [Soil water regime control during drip irrigation of onions]. *Sovremennoe nauchnoe znanie v usloviyakh sistemnykh izmeneniy: materialy Pervoy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Modern Scientific Knowledge in Conditions of Systemic Changes: Proc. of the First National Scientific-Practical Conference]. Omsk, Omsk State Agrarian University Publ., pp. 16-19. (In Russian).

8 Ol'garenko I.V., Ol'garenko V.I., 2009. *Ekologicheskii ustoychivye meliorativnyye sistemy* [Ecologically sustainable reclamation systems]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proc. of Kuban State Agrarian University], no. 6(21), pp. 205-209. (In Russian).

9 Borodychev V.V., Lytov M.N., 2015. *Algoritm resheniya zadach upravleniya vodnym rezhimom pochvy pri oroshenii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Solution algorithm of managing soil water regime in irrigation of crops]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 1, pp. 8-11. (In Russian).

10 Ol'garenko G.V., 2010. *Problemy i perspektivy tekhnicheskogo obespecheniya orosheniya* [Problems and prospects of technical support of irrigation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Irrigation and Water Management], no. 2, pp. 8-10. (In Russian).

11 Kravchuk A.V., 2015. *Rol' verkhnego poroga vlazhnosti pri naznachenii rezhimov orosheniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Role of upper humidity threshold in assigning the regimes of agricultural crops irrigation]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review], no. 3, pp. 29-32. (In Russian).

12 Ol'garenko V.Ig., 2016. *Upravlenie orosheniem kartofelya letnego sroka posadki na poymennykh zemlyakh Nizhnego Dona. Avtoreferat diss. kand. tekhn. nauk* [Potato irrigation management of summer planting in the floodplain of the Lower Don. Abstract of cand. tech. sci. diss.]. Saratov, 20 p. (In Russian).

13 Ol'garenko V.Ig., 2014. *Differentsirovannyye rezhimy orosheniya i mineral'nogo pitaniya kartofelya letnego sroka posadki* [Differentiated irrigation and mineral nutrition modes of potatoes of summer planting period]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zem-*

ledeliya: sbornik statey FGBNU "RosNIIPM" [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture: Collection of Articles of Russian Research Institute of Land Improvement Problems]. Novocherkassk, iss. 52, pp. 160-164. (In Russian).

14 Ol'garenko V.Ig., 2016. *Normirovanie rezhimov orosheniya kartofelya v usloviyakh poymy Nizhnego Dona* [Rationing of irrigation regimes of potatoes in the conditions of the Lower Don floodplain]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo: problemy i puti resheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Irrigation and Water Management: Problems and Solutions: Proc. of the International Scientific Conference]. Moscow, VNIIA Publ., vol. 1, pp. 362-366. (In Russian).

15 Babichev A.N., Lyashevsky V.I., Monastyrsky V.A., Ol'garenko V.Ig., 2017. *Differentsirovannyye orositel'nye normy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur dlya pochvenno-klimaticheskikh usloviy Respubliki Krym* [Differentiated irrigation norms of agricultural crops for soil and climatic conditions of the Republic of Crimea]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(68), pp. 133-137. (In Russian).

16 Pavelic P. [et al.], 2015. Controlling floods and droughts through underground storage: from concept to pilot implementation in the Ganges River Basin, 38 p., available: www.iwmi.cgiar.org/Publications/IWMI_Research_Reports/PDF/pub165/rr165.pdf [accessed 2020].

17 Venot J.-P., Suhardiman D., 2014. Governing the ungovernable: practices and circumstances of governance in the irrigation sector. *International Journal of Water Governance*, no. 2, pp. 41-60.

18 Rajovic G., Bulatovic J., 2013. Water-economic problems in northeastern Montenegro. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, no. 4(16), pp. 35-45, available: https://rjoas.com/issue-2013-04/i016_article_2013_05.pdf [accessed 2020].

19 Vasiliev S.M., 2006. *Povyshenie ekologicheskoy bezopasnosti sposobov orosheniya dlya formirovaniya ustoychivyykh agrolandshaftov v aridnoy zone. Avtoreferat diss. d-ra tekhn. nauk* [Improving the environmental safety of irrigation methods for the formation of sustainable agricultural landscapes in the arid zone. Abstract of Dr. techn. sci. diss.]. Volgograd, 35 p. (In Russian).

20 Ol'garenko V.I., Ol'garenko I.V., Ol'garenko V.Ig., Tkachenko V.T., 2019. *Vodnyy balans i urozhaynost' posadok kartofelya v usloviyakh oroshayemoy poymy Nizhnego Dona* [Water balance and potato yields in irrigated floodplain of the Lower Don river]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bull. of Altai State University], no. 6(176), pp. 47-52. (In Russian).

21 Vasiliev S.M., Ol'garenko V.Ig., Ol'garenko I.V., 2017. [Theoretical substantiation and calculation of bioclimatic coefficients on the example of summer planting potato cultivation]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(28), pp. 37-19, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=506&id=509>. (In Russian).

22 Rode A.A., 1963. *Vodnyy rezhim pochv i ego regulirovanie* [Soil Water Regime and Its Regulation]. Moscow, Academy of Sciences of the USSR Publ., 119 p. (In Russian).

Ольгаренко Владимир Иванович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: профессор, член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки РФ

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Olgarenko Vladimir Ivanovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Honorable Scientist of the Russian Federation

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Ольгаренко Игорь Владимирович

Ученая степень: доктор технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Olgarenko Igor Vladimirovich

Degree: Doctor of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: danel777888@mail.ru

Ольгаренко Владимир Игоревич

Ученая степень: кандидат технических наук

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: olgarenko_vi@mail.ru

Olgarenko Vladimir Igorevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

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: olgarenko_vi@mail.ru

Дезюра Станислав Дмитриевич

Должность: аспирант

Место работы: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортунова – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Адрес организации: ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346428

E-mail: sdezeura@mail.ru

Dzezyura Stanislav Dmitriyevich

Position: Postgraduate

Affiliation: Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – a branch of the Don State Agrarian University

Affiliation address: st. Pushkinskaya, 111, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346428

E-mail: sdezeura@mail.ru