

УДК 631.6:54

А. А. Пахомов

Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград,
Российская Федерация

ПРОГНОЗНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕЛИОРАНТОВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГО-ДОНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Целью исследований являлось прогнозирование эффективности применения мелиоранта-почвоулучшителя на орошаемых землях Волго-Донского междуречья. Методы математической статистики и планирования эксперимента использовались для построения прогнозных зависимостей между показателями свойств почв, определяющих их плодородие после внесения мелиоранта-почвоулучшителя. Математическая реализация снижения деградационных процессов применялась в рамках задачи стохастического моделирования. В качестве показателя, объединяющего действия случайных факторов внешней среды, можно рассматривать величину риска потерь урожайности культуры от процессов деградации ξ , %. Снижение риска потерь урожайности достигается путем использования мелиоранта-почвоулучшителя в оптимальной дозе внесения в почву N , кг/га. Величина риска потерь урожайности от процессов деградации ξ и техническая возможность ее предупреждения в различные годы определяются при сопоставлении разных показателей отклонения. В результате проведенных исследований предложен показатель η , учитывающий вероятность процессов деградации. Для каштановой зоны орошаемых почв отмечено, что от содержания гумуса в прямой зависимости находятся водопрочность и объемная масса, а также элементы питания после внесения мелиоранта-почвоулучшителя. Наблюдается увеличение гумуса до 3,2 %. На исследуемых участках содержание водопрочных агрегатов повысилось до 51,35 % (при контроле – 43,21 %). Уменьшение объемной массы до 1,10 т/м³ (контроль – 1,28 т/м³) способствовало разуплотнению пахотного горизонта. Природные мелиоранты на основе местного сырья целесообразно применять для восстановления деградированных земель в засушливых условиях, в том числе решения проблем влагосбережения и влагонакопления.

Ключевые слова: деградация почвенного покрова, мелиорант-почвоулучшитель, дефицит водопотребления, глауконитовый песок, бентонитовая глина, гумус, водопрочность, влагосбережение.

A. A. Pakhomov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russian Federation

PREDICTED DEPENDENCES OF EFFICIENCY OF AMELIORANTS USE ON VOLGA-DON INTERFLUVE IRRIGATED LANDS

The purpose of research is to predict the efficiency of ameliorants on Volga-Don interfluvial irrigated lands. Mathematical statistics methods and experiment planning are used to build predicted dependencies between indicators of soil properties determining their fertility after applying ameliorants. The mathematical implementation of degradation processes reduction was applied in the framework of stochastic modeling tasks. The risk value of crop yield losses from degradation processes ξ , % can be considered as an indicator that combines the action of random environmental factors. Reducing the risk of yield losses is achieved by using

an ameliorant in an optimal dose of N , kg/ha soil application. The risk magnitude of yield losses from degradation processes ξ and technical possibility of its prevention in different years are determined by comparing different deviation indicators. Taking into account the possibility of degradation processes a criteria η , is provided as a result of studies. It is noted that water stability and bulk density as well as nutrient elements after ameliorant application depend on humus content in direct proportion for chestnut soils of irrigated areas. There is a 3.2 % humus increase. In the studied areas the content of water-stable aggregates increased to 51.35 % (by the control – 43.21 %). Decreasing the bulk density to 1.10 t/m³ (control – 1.28 t/m³) contributed to arable horizon decompaction. Natural ameliorants based on local raw materials are advisable to use for degraded lands recovery in arid conditions, including the problems of moisture saving and moisture accumulation.

Keywords: soil degradation, ameliorant, water consumption deficit, glauconite sand, bentonite clay, humus, water stability, water-saving.

Введение. Волго-Донское междуречье расположено в северо-западной части Волгоградской области. Восточно-Донская гряда представляет собой всхолмленную, пологоволнистую возвышенную равнину, сильно изрезанную балками и оврагами. Эрозионная расчлененность овражно-балочной сетью составляет 2,0–2,5 км на 1 км² и достигает местами 3,0 км на 1 км² (бассейн б. Сухой Голубой). Развитию сильно разветвленной сети балок и оврагов способствуют многие факторы – наличие близкого базиса эрозии Дона, быстрое весеннее снеготаяние, легкоразмываемость меловых пород, ступенчатый и волнистый рельеф местности с крутыми склонами и др. На лессовидных суглинках сформировались каштановые средне- и легкосуглинистые почвы, преимущественно маломощные. На пологих, покатых, сильнопокатых и крутых склонах межбалочных водоразделов получили распространение каштановые, темно-каштановые и каштановые неполноразвитые в различной степени смытые или размывные почвы. Ежегодный рост оврагов и промоин отнимает у района значительные орошаемые площади. В связи с этим остро стоит проблема восстановления орошаемого почвенного покрова с применением мелиорантов на основе местного сырья [1–3].

Цель исследований – прогнозирование эффективности использования мелиоранта-почвоулучшителя на орошаемых землях Волго-Донского междуречья.

Материалы и методы. Объектом наших исследований являлся разработанный мелиорант-почвоулучшитель, состоящий из глауконитового песка и бентонитовой глины в дозе до 20 т/га [2]. Для построения прогнозных зависимостей между показателями свойств почв, определяющих их плодородие после внесения мелиоранта-почвоулучшителя в соответствии с рекомендациями, использовались методы математической статистики и планирования эксперимента [4, 5]. Для осуществления прогноза были взяты наиболее распространенные на орошаемых участках каштановые почвы Волго-Донского междуречья. С учетом требований снижения деградиционных процессов с помощью мелиоранта-почвоулучшителя алгоритмическая реализация применялась в рамках задачи стохастического моделирования. Корреляционно-регрессионные обоснования характеристик факторов, обуславливающих почвенное плодородие, осуществлялись при помощи общеизвестных лицензионных программ Microsoft Excel и Statistica [6–8].

Результаты и обсуждение. Каштановые почвы являются самыми распространенными в междуречье. Площадь темно-каштановых почв составляет 27105 га (15 %), каштановых – 111265 га (61 %), солонцов каштановых – 16215 га (9 %), других почв – 27511 га (15 %).

Содержание гумуса в исследуемых каштановых почвах до внесения мелиоранта-почвоулучшителя составляло 3,02 %, обеспеченность данных почв подвижным фосфором высокая (контроль – 183,11 мг/кг почвы), обменным калием также высокая (контроль – 442,20 мг/кг почвы). Реакция почвенного раствора изменяется от нейтральной в верхних слоях почвы до слабощелочной в нижних. Плотность сложения почвы в верхних слоях составляет 1,28 т/м³ (при контроле – 1,29 т/м³), с глубиной несколько возрастает (1,39 т/м³). Плотность твердой фазы слоя до 1 м равна 2,72 т/м³. Наименьшая влагоемкость – 19,8 %. Значительная плотность почвы пахотного и подпахотного слоев неблагоприятно отражается на ее воздухо- и водопроницаемости, а также формировании корневой системы, росте и разви-

тии растений в целом. Водопрочность агрегатов находится в пределах 43,21 % (при контроле – 38,60 %). Каштановая почва опытного участка имеет невысокое содержание легкорастворимых солей, причем их количество увеличивается вниз по профилю. По содержанию легкорастворимых солей почву можно отнести к незасоленной. Для исключения негативных явлений в первую очередь необходимо проведение противоэрозионных мероприятий, а также внесение мелиорантов с последующим накоплением и сохранением влаги в почве, ее обогащением гумусовыми веществами [1, 9, 10].

В ряде работ [11–14] подчеркивается, что мелиоранты-почвоулучшители способствуют повышению засухоустойчивости зерновых культур, накоплению и сохранению почвенной влаги, структурообразованию почвенного покрова. При этом плодородие почвы возрастает за счет накопления основных питательных веществ, снижения токсичности тяжелых металлов, улучшения физических свойств почв и т. п.

В зависимости от того, насколько оптимальные дозы внесения мелиоранта-почвоулучшителя соответствуют лучшему накоплению влаги и повышению содержания гумуса, формируется эколого-мелиоративный результат функционирования системы «почвенное плодородие – мелиоранты».

В качестве показателя, объединяющего действия случайных факторов внешней среды, можно рассматривать величину риска потерь урожайности от процессов деградации ξ , %. Снижение риска потерь урожайности от процессов деградации достигается путем применения мелиоранта-почвоулучшителя в оптимальной дозе внесения в почву N , кг/га. Задав математические ожидания соответствующих параметров, можно добиться независимости основных свойств компонентов от случайных условий внешней среды. В противном случае задача усложняется и требует простых дополнительных преобразований в приводимых ниже моделях.

Величина риска потерь урожайности от процессов деградации ξ и техническая возможность ее предупреждения $N(k_i, l_j)$ при сопоставлении

в различные годы имеют разные показатели отклонения $[\xi - N(k_i, l_j)]$. При этом нарушается оптимальный режим удовлетворения растений водой, и максимальный дополнительный чистый доход от орошения $D_{\max}(\xi)$ уменьшается на величину ущерба от процессов деградации, так как в засушливые годы в хозяйства подаются завышенные объемы воды.

Вышесказанное можно выразить математически:

$$D_{\max}(\xi) - y \cdot [\xi - N(k_i, l_j)], \quad (1)$$

где y – удельный ущерб от деградационных процессов, руб./га.

В данном аспекте можно выделить два этапа постановки задачи: расчет нагрузки оптимальной дозы мелиоранта-почвоулучшителя на почвенный покров, однозначно определяющей снижение деградационных процессов и количественные показатели поверхностного стока с орошаемого массива, и установление оптимальных параметров показателей почвенного плодородия в течение оросительного сезона. Снижение почвенного плодородия в течение оросительного сезона зависит от случайных факторов, влияющих на составляющие величины на конкретном орошаемом участке, и определяется функцией распределения $F_{\text{ЭП}}(x)$.

В ходе исследований можно выделить следующие варианты обеспеченности оросительного сезона: засушливые, умеренно сухие и влажные годы. В засушливые годы, когда риск потерь урожайности не может быть компенсирован использованием мелиоранта-почвоулучшителя в оптимальной дозе $N(S, \text{ДП})$, появляется ущерб от деградации – $f(y)$, где $y(S, \text{ДП}) = \text{ДП} - N(S, \text{ДП})$.

В умеренно сухие годы, когда риск потерь урожайности может быть предотвращен внесением мелиоранта-почвоулучшителя в оптимальной дозе $N(S, \text{ДП})$, величина ущерба от деградации будет равна разности между максимальным удельным дополнительным чистым доходом при снижении ущерба от деградации до допустимого уровня $D_{\text{доп}}(\text{ДП})$ и величиной удель-

ного ущерба от развития деграционных процессов $f([ДП-N(S, ДП)])$.

При известном характере распределения случайной величины потерь урожая вследствие развития процессов деграции математическое ожидание показателя окупаемости от внесения мелиоранта-почвоулучшителя $\bar{D}(ДП, k_i, l_j)$ находится по выражению:

$$\bar{D}(ДП, k_i, l_j) = \left. \begin{cases} -\gamma \cdot f_0(k_i), & -\infty < ДП \leq 0 \\ D_{доп}(ДП) - \gamma \cdot f_0(k_i), & 0 < ДП \leq N(k_i, l_j) \\ D_{доп}(ДП) - c \cdot [ДП - N(k_i, l_j)] - \gamma \cdot f_0(k_i), & N(k_i, l_j) < ДП \leq +\infty \end{cases} \right\}, (2)$$

где ДП – деграционные процессы;

γ – коэффициент приведения капитальных затрат, зависящий от конструктивных параметров k_i .

Объединяя оптимизацию выбора S и оптимизацию внесения мелиоранта-почвоулучшителя $N(S, ДП)$, можно получить постановку двухэтапной задачи стохастического моделирования:

$$\begin{aligned} D(S^*) &= \max_S M_{ДП} [D(S, N(S, ДП), ДП)] = \\ &= \max_S \left\{ \frac{\gamma f_0}{S} + M_{ДП} \left[\max_{N(S, ДП)} D^*(S, N(S, ДП), ДП) \right] \right\}, \end{aligned} (3)$$

где $D(S^*)$ – величина оптимального показателя экологически безопасного использования мелиоранта-почвоулучшителя на площади S^* ;

$M_{ДП}$ – математическое ожидание;

$D^*(S, N(S, ДП), ДП)$ – функция удельного дополнительного чистого дохода без учета капитальных затрат на проведение почвовосстановительных мероприятий.

Получен показатель η , который определяется соотношением приведенных капитальных затрат на внесение оптимальной дозы мелиоранта-почвоулучшителя к величине максимального ущерба от процессов деграции.

$$\frac{N(S^*) - n \cdot \text{ДП}_{\text{дек}}}{n(\text{ДП}_{\text{max}} - \text{ДП}_{\text{min}})} = 1 - \eta, \quad (4)$$

где n – число поливов, шт.;

$\text{ДП}_{\text{дек}}$ – декадный ущерб от деградации, м³/га;

ДП_{max} , ДП_{min} – соответственно наибольшие и наименьшие эрозионные потери за одну декаду, т/га.

При вероятности наибольшей степени деградации, равной η , риск принятия решения о величине затрат на внесение мелиоранта-почвоулучшителя оптимален. Отклонение в любую сторону ухудшает ситуацию.

Полученные данные свидетельствуют, что в условиях Волго-Донского междуречья базовым показателем, от которого зависят основные элементы почвенного плодородия, является гумус. От его содержания в прямой зависимости находятся водопрочность и плотность сложения почвы, определяющие ее структурное состояние, а также элементы питания (рисунок 1).

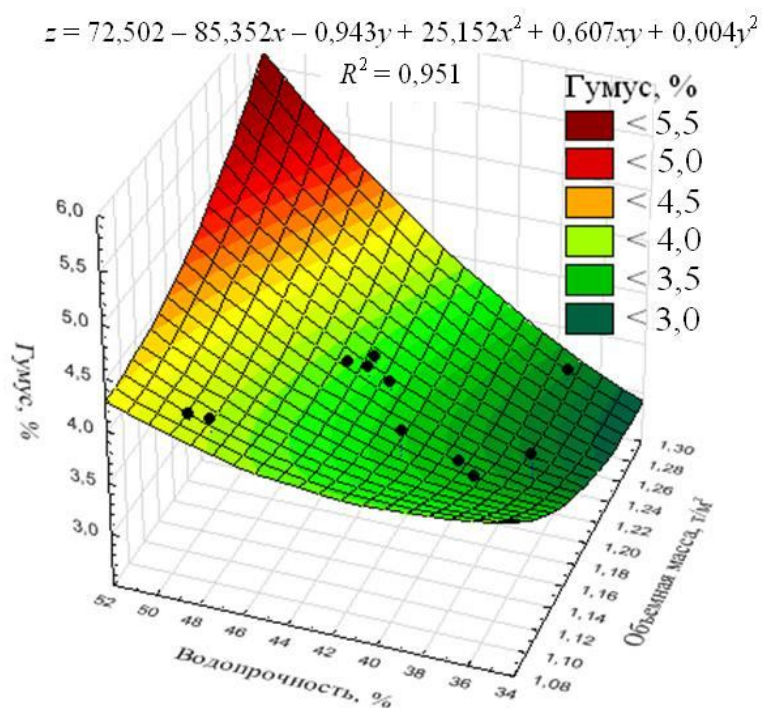
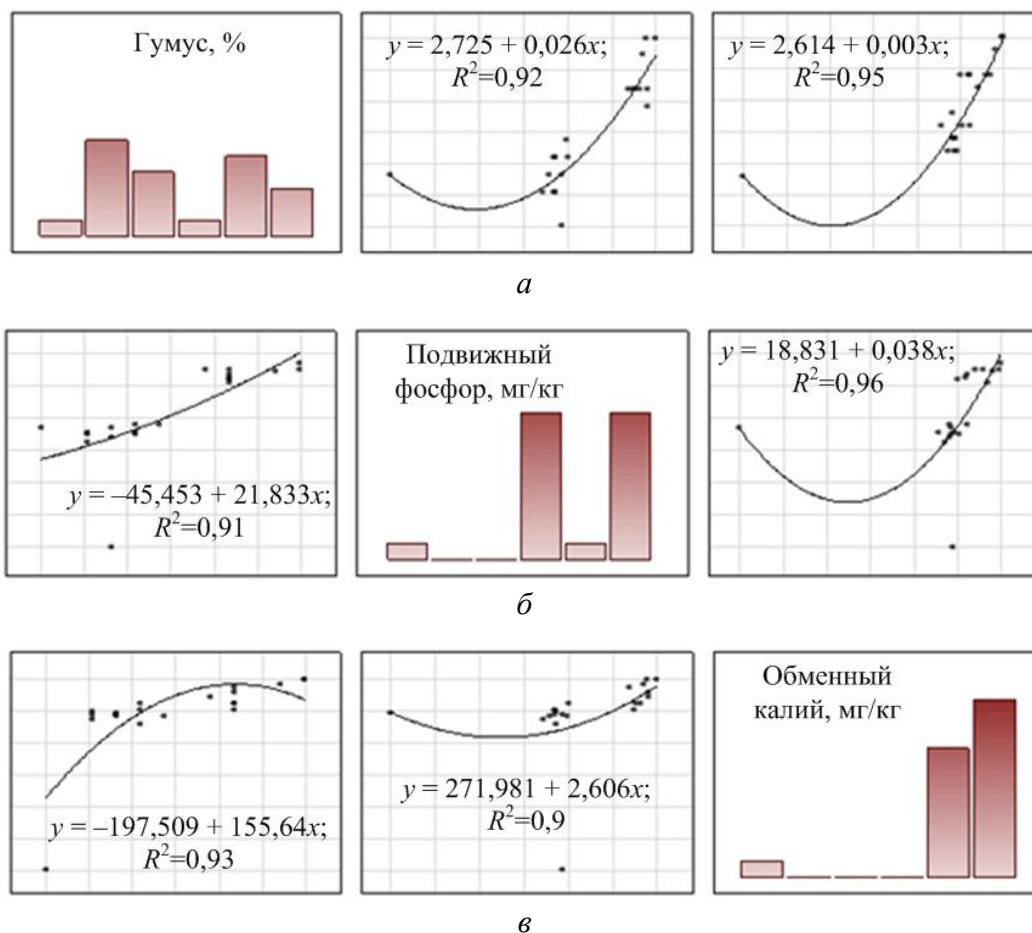


Рисунок 1 – Графоаналитическая зависимость прогнозного содержания гумуса от водопрочности и плотности сложения почвы (объемная масса)

При осуществлении мероприятий по накоплению гумуса и улучшению структурного состояния почвы (внесение мелиоранта-почвоулучшителя) прогноз динамики плодородия каштановых орошаемых участков может быть положительным. Это доказывают полученные зависимости, в которых коэффициент детерминации более 0,9 (рисунок 2).



а – зависимость содержания гумуса от подвижного фосфора и обменного калия;

б – зависимость подвижного фосфора от гумуса и обменного калия;

в – зависимость обменного калия от подвижного фосфора и гумуса

Рисунок 2 – Прогнозные зависимости динамики содержания гумуса и элементов питания

Результаты представленных прогнозных зависимостей показывают, что при использовании мелиоранта-почвоулучшителя наблюдается пролонгированная форма основных элементов питания, а также повышение общего содержания гумуса.

В свою очередь, разрушение микроагрегатов почвы при циклах вы-

сыхание – намокание обусловлено расклинивающим воздействием оросительной воды, попадающей в поры, осмотическим давлением и разрушающим действием заземленного воздуха. Отсюда следует, что чем выше содержание водопрочных агрегатов, которые зависят от активной и гравитационной пористости почвы, тем больше она устойчива на второй стадии разрушения к воздействию цикла высыхание – намокание.

На основании изложенного можно констатировать, что до внесения нового мелиоранта-почвоулучшителя качество структуры почвы на орошаемых полях было низкое. После внесения мелиоранта-почвоулучшителя структурно-агрегатное состояние почвы значительно улучшилось.

За время проведения исследований количество гумуса увеличилось до 3,2 %. На опытных участках содержание водопрочных агрегатов повысилось до 51,35 % (при контроле – 43,21 %). Уменьшение плотности сложения почвы до 1,10 т/м³ (контроль – 1,28 т/м³) способствовало разуплотнению пахотного горизонта. Таким образом, в результате использования предлагаемого мелиоранта-почвоулучшителя можно создать условия для накопления гумуса, снизить переуплотнение почв и повысить обеспеченность элементами питания.

Преимущества разработанного мелиоранта-почвоулучшителя заключаются в простоте его приготовления и применения, при котором происходит улучшение структурно-агрегатных свойств почвы и повышение содержания в ней полезных микроэлементов, а также наблюдается высокая катионная способность, коагуляция почвенных частиц. Кроме того, предлагаемый мелиорант обладает пролонгирующим действием за счет глауконитового песка, который способен увеличивать время своего благоприятного влияния на почву в течение ряда лет.

В полевых условиях с помощью разбрасывателя удобрений мелиоранты вносят в почву, затем бороной запахивают в мелиорируемый слой на 10–15 см. Действие мелиоранта сохраняется на протяжении трех лет

при условии, что за это время не будет производиться обработка почвы с оборотом пласта.

Выводы

1 Полученный показатель η позволяет определить, что верхняя граница риска для природно-климатической зоны неустойчивого увлажнения – $\eta < 0,5$, для сухой зоны – $\eta < 1$. Следовательно, для зоны неустойчивого увлажнения η имеет границу, которая определяет допустимые затраты на внесение мелиоранта-почвоулучшителя, равные половине полного ущерба от процессов деградации. В сухой зоне η оправдывает затраты на мероприятия по внесению мелиоранта-почвоулучшителя, сравнимые с потерями урожая вследствие интенсивных процессов деградации.

2 Прогнозные зависимости, составленные после внесения мелиорантов, показывают, что улучшение почвенного покрова способствует положительной динамике, то есть серьезные причины для ухудшения его плодородия в ближайшие годы отсутствуют.

3 Природные мелиоранты на основе местного сырья целесообразно применять для восстановления деградированных земель в засушливых условиях, в том числе решения проблем снижения переуплотнения почв, активизации процессов гумификации и накопления питательных элементов при орошении.

Список использованных источников

1 Перекрестов, Н. В. Почвенно-климатические условия ландшафтов Волгоградской области / Н. В. Перекрестов. – Волгоград: Нива ВолГАУ, 2012. – 260 с.

2 Гаврилов, А. М. Научные основы сохранения воспроизводства плодородия почв в агроландшафтах Нижнего Поволжья / А. М. Гаврилов. – Волгоград: ВГСХА, 1997. – 183 с.

3 Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России / под ред. А. В. Гордеева, Г. А. Романенко. – М.: Росинформгротех, 2008. – 67 с.

4 Вознесенский, В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

5 Образцов, А. С. Системный метод: применение в земледелии / А. С. Образцов. – М.: Агропромиздат, 1990. – 303 с.

6 Щедрин, В. Н. Математические методы прогнозирования в мелиорации / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, В. М. Игнатъев // Современное состояние и приоритетные направления развития аграрной экономики в условиях импортозамещения: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 17 февраля 2016 г. – Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 151–158.

7 Васильев, С. М. Повышение устойчивости и эффективности использования агроландшафтов аридной зоны в условиях постоянного и циклического орошения: монография / С. М. Васильев. – Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кав. регион», 2006. – 364 с.

8 Васильев, С. М. Оценка возможности возникновения кавитационной эрозии при осуществлении прогнозов местных размывов на сопрягающих сооружениях / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко, Н. А. Антонова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2014. – Вып. 54. – С. 84–87.

9 Михно, В. Б. Ландшафтно-экологические основы мелиорации / В. Б. Михно. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. – 208 с.

10 Васильев, С. М. Регулирование управленческих процессов в структурированных проблемных ситуациях АПК / С. М. Васильев, Ю. Е. Домашенко // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 4. – С. 12–13.

11 Мещеряков, М. П. Применение передовых технологий орошения с использованием влагоудерживающих мелиорантов / М. П. Мещеряков, Н. В. Тютюма // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2013. – № 1(14). – С. 29–30.

12 Антонова, Н. А. Влияние орошения на микробиологические показатели почв Ростовской области / Н. А. Антонова, Ю. Е. Домашенко, С. М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2015. – Вып. № 1(57). – С. 49–53.

13 Методы повышения урожайности овощных культур на мелиорируемых землях юга России / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова, А. А. Пахомов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – № 1(33). – С. 5–8.

14 Васильев, С. М. Результаты математической обработки факторов, определяющих биопродуктивность растений на эрозионно опасных территориях агроландшафтов при биогенном загрязнении среды / С. М. Васильев, Н. М. Макарова, Ю. Е. Домашенко // Инновации в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: материалы междунар. науч.-практ. конф., пос. Персиановский, 17 февраля 2016 г. – Персиановский: Донской ГАУ, 2016. – С. 16–20.

References

1 Perekrestov N.V. 2012. *Pochvenno-klimaticheskie usloviya landshaftov Volgogradskoy oblasti* [The soil and climatic resources of the Volga-Don landscapes]. Volgograd, Niva VolgGAU Publ, 260 p. (In Russian).

2 Gavrillov A.M. 1997. *Nauchnye osnovy sokhraneniya vosproizvodstva plodorodiya pochv v agrolandshaftakh Nizhnego Povolzhya* [Scientific basis for soil fertility protection in agricultural landscapes of the Lower Volga]. Volgograd, VGSKHA, 183 p. (In Russian).

3 Gordeev A.V., Romanenko G.A. 2008. *Problemy degradatsii i vosstanovleniya produktivnosti zemel selskokhozyaystvennogo naznacheniya v Rossii* [Problems of Agricultural Land Productivity Degradation and Recovery in Russia]. Moscow, Rosinformagroteh Publ., 67 p. (In Russian).

4 Voznesenskiy V.A. 1981. *Statisticheskie metody planirovaniya eksperimenta v*

tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniyakh [Statistical Methods in Experiment Planning in Feasibility Studies]. Moscow, Finance and Statistics Publ., 263 p. (In Russian).

5 Obratsov A.S. 1990. *Sistemnyy metod: primeneniya v zemledelii* [System Method: Application in Agriculture]. Moscow, Agropromizdat Publ., 303 p. (In Russian).

6 Shchedrin V.N., Vasiliev S.M., Ignatyev V.M. 2016. *Matematicheskie metody prognozirovaniya v melioratsii* [Mathematical methods of forecasting in reclamation]. *Sovremennoe sostoyanie i prioritetye napravleniya razvitiya agrarnoy ekonomiki v usloviyakh importozameshcheniya: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [The current state and priority direction of agrarian economy development in the context of import substitution: proc. of international scientific – practical conference]. Persianovsky, Don State Agrarian University Publ., pp. 151-158. (In Russian).

7 Vasiliev S.M. 2006. *Povyshenie ustoychivosti i effektivnosti ispolzovaniya agrolandshaftov aridnoy zony v usloviyakh postoyannogo i tsiklicheskogo orosheniya: monogr.* [Increasing the sustainability and efficiency of arid zone agricultural landscapes use in regular and periodic irrigation: monogr.]. Rostov n/D., “News of Higher Educational Institutions. North-Caucasus Region Publ.”, 364 p. (In Russian).

8 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.Ye., Antonova N.A. 2014. *Otsenka vozmozhnosti vozniknoveniya kavitatsionnoy erozii pri osushchestvlenii prognozov mestnykh razmyvov na sopryagayushchikh sooruzheniyakh* [Evaluation of the possibility of cavitation erosion occurrence in local scour forecast implementation on grade control structures]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. Novocheerkassk: RosNIIPM Publ., vol. 54, pp. 84-87. (In Russian).

9 Mikhno V.B. 1995. *Landshaftno-ekologicheskie osnovy melioratsii* [Landscape-Ecological Bases of Land Reclamation]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 208 p. (In Russian).

10 Vasiliev S.M., Domashenko Yu.Ye. 2016. *Regulirovanie upravlemcheskikh protsessov v strukturirivannykh problemnykh situatsiyakh* [Regulating managerial processes in structured problematic situations of agro-industrial complexes]. Bull. Russian Journal of Agricultural Science. no. 4, pp. 12-13. (In Russian).

11 Meshcheryakov M.P., Tyutyuma N.V. 2013. *Primenenie peredovykh tekhnologiy orosheniya s ispolzovaniem vlagouderzhivayushchikh meliorantov* [Application of advanced irrigation technologies with using of waterholding ameliorants] *Teoreticheskie i prikladnye problemy agropromyshlennnogo kompleksa* [Theoretical and applied problems of agro-industrial complex]. no. 1(14), pp. 29-30. (In Russian).

12 Antonova N.A., Domashenko Ye. Yu., Vasiliev S.M. 2015. *Vliyanie orosheniya na mikrobiologicheskie pokazateli pochv Rostovskoy oblasti* [The influence of irrigation on soil microbiological parameters in Rostov Region]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture]. Novocheerkassk: RosNIIPM Publ., no. 1(57), pp. 49-53. (In Russian).

13 Ovchinnikov A.S., Bocharnikov V.S., Meshcheryakov M.P., Bocharnikova O.V., Pakhomov A. A. 2014. *Metody povysheniya urozhainosti ovoshchnykh kultur na melioriruemyykh zemlyakh yuga Rossii* [Methods of increasing the vegetable crops yield on reclaimed lands of southern Russia]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie* [Proc. of the Lower Volga Agro University Complex: Science & Higher Professional Education]. no. 1(33), pp. 5-8. (In Russian).

14 Vasiliev S.M., Makarova N.M., Domashenko Ye.Yu. 2016. *Rezultaty matematicheskoy obrabotki faktorov, opredelyayushikh bioproduktivnost rasteniy na erozionno opasnykh territoriyakh agrolandshaftov pri biogennom zagryaznenii pochvy* [Results of mathematical processing of factors determining the plants biological productivity on erosion hazardous areas of agricultural landscapes with biogenic pollution]. *Innovatsii v tekhnologiyakh vozdeleyvaniya selskokhozyaystvennykh kultur: materialy mezhdunarodnoy*

nauchno-prakticheskoy konferentsii pos. Persianovskiy [Innovations in technologies of crop growing: Proc. of International Scientific-Practical Conference, Persianovsky]. Persianovskiy, Don State Agrarian University Publ., pp. 16-20. (In Russian).

Пахомов Александр Алексеевич

Ученая степень: кандидат технических наук

Ученое звание: доцент

Должность: профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование»

Место работы: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет»

Адрес организации: Университетский пр-т, 26, г. Волгоград, Волгоградская область, Российская Федерация, 400002

E-mail: shvig31@mail.ru

Pakhomov Aleksander Alekseyevich

Degree: Candidate of Technical Sciences

Title: Associate Professor

Position: Professor

Affiliation: Volgograd State Agrarian University

Affiliation address: Universitetskiy ave., 26, Volgograd, Volgograd region, Russian Federation, 400002

E-mail: shvig31@mail.ru