

УДК 631.6:626.87:519.21(571.51)

**ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ****Сафронова Т.И., Приходько И.А.***ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,
Краснодар, e-mail: mail@kubsau.ru*

Проблемы сохранения почвенного плодородия, учет при проектировании агроландшафтов изменяющихся климатических условий являются важными проблемами. Располагая результатами проведенного анализа, можно спрогнозировать соответствие или несоответствие намечаемых мероприятий природному потенциалу, установить очередность мероприятий, а также ограничения, которыми следует руководствоваться при их использовании, чтобы не допустить возникновения экологических проблем. Комплексная оценка качества почв включает оценки физических, гидрохимических, гидробиологических показателей. Характер и объем исходной информации должен исходить из концепции сохранения экологического благополучия почв, при котором обеспечивается устойчивость экосистемы и её нормальное функционирование. Необходим анализ экологической ситуации и комплексная мелиоративная оценка территории. Такой подход обусловлен возрастающими потребностями практики и развитием информационных технологий. Неопределенность параметров требует разработки специальной методики. Авторами получено выражение, позволяющее количественно оценить ущерб с учетом вероятностной неопределенности экологических, экономических и других факторов проекта. Предложенный в работе подход планирования может быть основой программы, соответствующей оптимальной производственной деятельности при условии поддержания состояния внешней среды на заданном уровне, и может быть использован при определении очередности осуществления мероприятий для сравнительного анализа различных вариантов природоохранных мероприятий. Направление моделирования оптимального проектирования только начинает развиваться. Авторы предлагают один из возможных вариантов модели оптимального проектирования, подчеркивая, что почвенные процессы могут быть описаны и проанализированы аналитически, с учетом действия неконтролируемых факторов внешней среды. Результаты моделирования можно использовать в последующем решении целевых задач.

Ключевые слова: математическая модель, мелиоративная система, неопределенность, устойчивость агроландшафта**A THEORETICAL MODEL FOR OPTIMAL DESIGN
OF AGRICULTURAL LANDSCAPES****Safronova T.I., Prikhodko I.A.***Kuban State Agrarian University named I.T. Trubilin, Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

Problems of soil fertility preservation, consideration of changing climatic conditions in the design of agricultural landscapes are important problems. Having the results of the analysis, it is possible to predict the compliance or inconsistency of the planned activities to the natural potential, to establish the sequence of activities, as well as the restrictions that should be followed when using them to prevent the occurrence of environmental problems. Comprehensive assessment of soil quality includes assessment of physical, hydrochemical, hydrobiological parameters. The nature and scope of the baseline information should be based on the concept of soil ecological well-being, which ensures the sustainability of the ecosystem and its normal functioning. It is necessary to analyze the environmental situation and a comprehensive meliorative assessment of the territory. This approach is driven by the growing needs of practice and the development of information technology. Uncertainty of parameters requires the development of a special technique. The authors obtained an expression that allows quantifying the damage taking into account the probabilistic uncertainty of environmental, economic and other factors of the project. The proposed approach of planning can be the basis of the program corresponding to the optimal production activities, provided the state of the environment at a given level and can be used in determining the priority of activities for a comparative analysis of different options for environmental activities. The direction of optimal design modeling is just beginning to develop. The authors suggest one of the possible variants of the optimal design model, emphasizing that soil processes can be described and analyzed analytically, taking into account the action of uncontrolled environmental factors. The results of modeling can be used in the subsequent solution of target problems.

Keywords: mathematical model, reclamation system, uncertainty, stability of agricultural landscape

Высокая сельскохозяйственная нагрузка на районы земледельческой части Краснодарского края требует сохранения и воспроизводства плодородия этих почв.

Восстановление и развитие орошения и осушения земель намечено осуществить в два этапа: I – 2009–2015 гг., II – 2016–2020 гг. [1–3].

На первом этапе необходимо обеспечить восстановление, реконструкцию и эффективное использование имеющихся оросительных и осушительных систем,

осуществить научные исследования и научно-технические разработки инновационного развития орошения и осушения земель. К 2015 г. намечено провести реконструкцию, модернизацию и повысить эффективность использования орошаемых земель на площади 2,2 млн га, осушаемых – 1 млн га. Ввод новых орошаемых и осушаемых земель намечен на 2014–2015 годы по 200 тыс. га в год.

На втором этапе намечено довести площади орошаемых и осушенных земель до

уровня, позволяющего производить сельскохозяйственную продукцию в количестве, достаточном для удовлетворения потребности страны в продуктах питания.

Цена принимаемых решений очень велика. Необходимо определить оптимальный перечень мелиоративных работ, обеспечивающий максимальную эффективность мелиорации при заданных ограничениях на капиталовложения и другие ресурсы.

В последние годы из-за недостатка средств на мелиоративные мероприятия углубились явления вторичного засоления и осолонцевания почв в результате вымывания из пахотного слоя гумуса, кальция, коллоидных и питательных веществ. Из-за повышенных требований на подаваемую воду (не отвечающих истинным потребностям) образуются большие переполивов, приводящие к подъему уровня грунтовых вод и непроизводственному сбросу неиспользованной воды за пределы оросительной системы. В этой связи требуется обоснование приемов регулирования процессов на мелиорируемых землях [1].

В современном сельскохозяйственном производстве особенно важна проблема устойчивости агроландшафта. Для достижения оптимального уровня экологического равновесия и устойчивости агроландшафта необходим количественный подход. При этом экологические требования должны быть приоритетными.

Оптимизация распределения ресурсов при планировании мелиоративных мероприятий – сложная квалиметрическая задача. Постановка задачи при распределении ресурсов состоит в производстве сельскохозяйственной продукции в заданном объеме при сохранении экологической устойчивости агроландшафта. В каждом мелиоративном проекте проводится анализ влияния намечаемых мероприятий на окружающую среду, определяются меры по нейтрализации или ограничению ущерба.

Особенность оценки эффективности природоохранных проектов состоит в необходимости учета вероятностного характера происходящих процессов [4; 5]. Степень возможности определенных сценариев характеризуется их вероятностью или вероятностными распределениями. Для учета стохастического характера процессов необходим выбор подходящих вероятностных моделей.

Отличие проектов, разрабатываемых для детерминированных ситуаций, от проектов, учитывающих факторы неопределенности, состоит в том, что во втором случае условия реализации проекта неизвестны [6; 7].

Однако какова цена намечаемого мероприятия в совокупности обязательных к рассмотрению факторов и есть ли возможность оценки влияния каждого или их групп на конечный результат? Естественно, такая широта постановки вопроса не может быть решена экспериментально или только анализом и обобщением априорной информации. Именно для выхода из подобных ситуаций наиболее приемлемо математическое моделирование процессов, возможностями которого далее и воспользуемся. Была поставлена цель – разработать математическую модель процесса снижения цены намечаемых мелиоративных мероприятий [8; 9].

Материалы и методы исследования

В основе разрабатываемой математической модели заложены принципы количественных и качественных методов оценок природно-климатических, почвенных, водных и эколого-агроландшафтных критериев и показателей для принятия оптимальных решений на основе аппроксимации имеющихся данных.

Математические модели такого типа не могут быть конечного вида и находятся в состоянии совершенствования (дополнения) на протяжении всего своего времени использования. Путем добавления в них новых данных по рассматриваемым природно-климатическим, почвенным, водным и эколого-агроландшафтным показателям и критериям, а также степени их взаимовлияния друг на друга при различных условиях их сочетания программа коррелирует принимаемые решения для принятия оптимально адекватного управленческого решения для конкретного хозяйства [10; 11].

Составим математическую модель изменения цены мероприятий, обеспечивающих удовлетворительное мелиоративное состояние системы, максимальную прибыль с учетом потерь от неблагоприятного состояния.

Пусть цена намечаемого мероприятия – S и цена выполняемых мероприятий $S(t)$ – непрерывная функция времени t . При $t = 0$ $S(0) = S_0$ и функция $S(t)$ – монотонно убывающая. Обозначим R – вероятность наступления неблагоприятного состояния. Заметим, что эта вероятность $R(S)$ зависит от цены выполненных мероприятий. Намечаемые мероприятия образуют пуассоновский поток интенсивности λ . В работе [1] получены основные характеристики случайных величин – цены состояния и промежутка времени до наступления благоприятного состояния.

Плотность вероятностей промежутка времени до наступления благоприятного состояния определяется следующим выражением:

$$p(\tau) = \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right).$$

Обозначим S_m – минимальную цену мелиоративных мероприятий, при которых неудовлетворительное состояние системы наступает непременно.

Пусть $K(\tau)$ – ущерб, который будет нанесен мелиоративной системе, если удовлетворительное состояние системы наступит в момент времени τ .

Составим выражение для дохода Q :

$$Q = \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau \quad (1)$$

и потребуем, чтобы выполнялось условие $Q \Rightarrow \max_{S(\tau)}$.

Используя методы вариационного исчисления, заменим $S(\tau)$ на $S(\tau) + \delta S(\tau)$. При этом Q изменится на величину

$$\begin{aligned} \delta Q = & \int_0^{\infty} \delta S(\tau) [\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau + \\ & + \int_0^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \cdot \left(-\int_0^{\tau} \lambda R'(S(t)) \delta S(t) dt\right) \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau. \end{aligned}$$

После преобразования получим:

$$\begin{aligned} & -\int_0^{\infty} \lambda R'(S(t)) \delta S(t) dt \int_t^{\infty} (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \cdot \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) d\tau = \\ & = -\int_0^{\infty} \lambda R'(S(\tau)) \delta S(\tau) d\tau \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned} \quad (2)$$

При $\delta S(\tau)$ под знаком интеграла в δQ стоит выражение

$$\begin{aligned} & [\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) - \\ & - \lambda R'(S(\tau)) \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned} \quad (3)$$

На экстремали [1] оно должно равняться нулю:

$$\begin{aligned} & [\lambda R(S(\tau)) + (S(\tau) - K(\tau)) \lambda R'(S(\tau))] \exp\left(-\int_0^{\tau} \lambda R(S(t)) dt\right) = \\ & = \lambda R'(S(\tau)) \int_{\tau}^{\infty} (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right) dt. \end{aligned} \quad (4)$$

Разделим обе части этого выражения на $\lambda R'(S(\tau))$ и продифференцируем по τ . Тогда получим:

$$\begin{aligned} & \left[\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S'(\tau) - K'(\tau)) \right] \exp\left(-\int_0^\tau \lambda R(S(v)) dv\right) - \\ & - \left[\frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S(\tau) - K(\tau)) \right] \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^\tau \lambda R(S(v)) dv\right) = \\ & = -(S(\tau) - K(\tau)) \lambda R(S(\tau)) \exp\left(-\int_0^\tau \lambda R(S(v)) dv\right). \end{aligned}$$

Сократим экспоненты и приведем подобные

$$\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} + (S'(\tau) - K'(\tau)) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} = 0.$$

Вычислив производную

$$\frac{d}{d\tau} \frac{R(S(\tau))}{R'(S(\tau))} = \frac{(R'(S(\tau)))^2 - R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} S'(\tau) = \left[1 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau),$$

разделим обе части этого выражения на $\lambda R'(S(\tau))$ и продифференцируем по τ . После преобразований получим дифференциальное уравнение для оптимального значения $S(\tau)$:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R''(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K'(\tau) = 0. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение (5) – первого порядка относительно $S(\tau)$.

Чтобы найти произвольную постоянную, входящую в общее решение уравнения (5), составим дополнительное условие, положив на экстремали $\tau = 0$. Получим:

$$\frac{R(S(0))}{R'(S(0))} + S(0) - K(0) = \int_0^\infty (S(t) - K(t)) \lambda R(S(t)) \cdot \exp\left(-\int_0^t \lambda R(S(v)) dv\right). \quad (6)$$

Далее рассмотрим частный случай выражения ущерба $K(\tau) = K_0\tau$. Дифференциальное уравнение для линейной зависимости $K(\tau)$ будет иметь вид:

$$\left[2 - \frac{R(S(\tau))R'(S(\tau))}{(R'(S(\tau)))^2} \right] S'(\tau) - \lambda \frac{R^2(S(\tau))}{R'(S(\tau))} - K_0 = 0. \quad (7)$$

Можно показать, что решение уравнения (7) имеет вид $S(\tau) = S_0$.

Тогда $S'(\tau) = 0$, и в результате получаем алгебраическое уравнение:

$$-\lambda \frac{R^2(S_0)}{R'(S_0)} = K_0. \quad (8)$$

Примем зависимость цены от времени функцией $S(t) = S = S_m + (S_0 - S_m)e^{-\alpha t}$. В этом случае $S(0) = S_0$ и $\lim_{t \rightarrow \infty} S(t) = S_m$.

Исходя из полученного, выражение (8) принимает вид:

$$K_0 = \lambda \frac{(S_m - S_0)^2}{S_m - S_m}, \quad (9)$$

где S_m – минимальная цена мелиоративных мероприятий, при которых неудовлетворительное состояние системы наступает непременно, $R(S_m) = 1$;

S_M – максимальная цена мероприятий, при которой не отмечается ущерб природной среде, $R(S_M) = 0$ [12; 13].

Оптимальную стоимость мелиоративных мероприятий получаем из выражения (9):

$$S_0 = S_M - \sqrt{\frac{K_0(S_M - S_m)}{\lambda}}. \quad (10)$$

Полученная нами формула (10) позволяет количественно оценить ущерб с учетом вероятностной неопределенности экологических, экономических и других факторов проекта, произвести выбор оптимальных параметров эксплуатации мелиоративной системы, а также решать другие задачи, связанные с рациональным использованием природных ресурсов.

Одним из приоритетных направлений мелиоративных проектов является разработка и внедрение природоохранных технологий, которые обеспечивают повышение экологической безопасности агроландшафтов и способствуют предотвращению негативных процессов при антропогенном воздействии. Примеры возможных мероприятий: система обработки почвы, направленная на улучшение ее структуры, строения и водно-физических свойств; внесение органических и минеральных удобрений; мероприятия по устранению щелочности и кислотности почв, осушению заболоченных земель; промывка почв. Затраты на промывку почвы зависят от степени засоления, следует также учитывать ущерб от недопромывки почв [14; 15].

Результаты исследования и их обсуждение

Мелиоративные объекты должны быть объектами повышенного внимания и ответственности, что в свою очередь накладывает особые требования к методам оценки влияния проектируемых и эксплуатируемых мелиоративных систем.

Исследования должны основываться на «комплексном подходе» с определением степени влияния каждого мероприятия на планируемый результат и учетом как можно большего количества взаимовлияющих факторов на результат других выполняемых мероприятий, входящих в состав «комплексного подхода». Однако из-за различных материально-технических возможностей и экономических ресурсов хозяйств не все и не в полном объеме фундаментальные положения могут быть реализованы, что затрудняет создание единой межхозяйственной (межрегиональной) базы данных с достаточной степенью адекватности.

В связи с этим одним из основных направлений наших исследований является разработка математической модели для принятия управленческих решений по рациональному возделыванию сельскохозяйственных культур. Полученные результаты могут усовершенствовать теоретические основы формирования оценки мелиоративного состояния агроландшафтов с учетом неопределенности исходных данных.

В основе разрабатываемой математической модели заложены принципы количественных и качественных методов оценок природно-климатических, почвенных, водных критериев и показателей для принятия оптимальных эколого-адаптивных решений на основе аппроксимации имеющихся данных. Характеристики климатических ресурсов: количество солнечной радиации, сумма активных температур, максимальные, минимальные и среднегодовые значения температуры воздуха, количество осадков за вегетационный период, по месяцам года и др. Почвенные ресурсы характеризуются типом и разновидностью почвы, мощностью гумусового слоя, pH почвы, содержанием питательных элементов, физическим состоянием (структурно-агрегатный состав, влагоемкость, плотность, водопроницаемость).

Антропогенное воздействие на агроландшафт характеризуют внесенные удобрения (органические и минеральные), пестициды (вид, количество), семена, мелиоранты, используемая техника и тому подобное.

Разрабатываемый подход может быть научно обоснованной стратегией природопользования, совершенством технологий мелиорации, так как позволяет учесть антропогенное воздействие и количественные оценки природно-климатических, почвенных и водных ресурсов. Использование результатов приостановит прогрессирующее загрязнение окружающей среды и деградации природных экосистем.

Заключение

Экологические проблемы должны быть учтены на всех уровнях планирования. Необходимо создать оптимальную систему природопользования и землепользования, сочетающую экономическую эффективность и экологическую устойчивость. При выборе управляющего воздействия часто возникает вопрос о замене одних управляющих факторов другими, имеющими сходное влияние на перевод объекта управления в данное состояние. Намеченный подход позволяет решить эту задачу и найти оптимальное соотношение мероприятий по

предотвращению экологического ущерба. Предложенная модель дает возможность изменять входные условия, имитировать реальный режим эксплуатации, исследовать отклики объекта на изменение начальных условий, на изменение параметров моделируемой системы. В ходе разработки проектов сопоставляется несколько вариантов.

Разработанная модель может быть использована для сравнительного анализа различных вариантов природоохранных мероприятий, для определения очередности осуществления мероприятий, своевременной разработки мероприятий по недопустимому ухудшению почвенно-мелиоративного состояния орошаемых земель.

Список литературы / References

1. Чеботарев М.И., Приходько И.А. Инновационный комплекс технологических операций для повышения мелиоративного состояния почв рисовой оросительной системы // Труды КубГАУ. 2011. № 28. С. 169–172.
2. Chebotarev M.I., Prikhodko I.A. Innovative complex of technological operations to improve the soil reclamation condition of the rice irrigation system // Trudy KubGAU. 2011. № 28. P. 169–172 (in Russian).
3. Сафронова Т.И., Степанов В.И. Математическое моделирование в задачах агрофизики. Учебное пособие для студентов высших аграрных учебных заведений, обучающихся по направлениям 110200 «Агрономия», 280400 «Природообустройство». Краснодар, 2012. 110 с.
4. Safronova T.I., Stepanov V.I. Mathematical modeling in problems of agrophysics. A manual for students of higher agricultural educational institutions studying in areas 110200 «Agronomy», 280400 «Environmental Engineering». Krasnodar, 2012. 110 p. (in Russian).
5. Сафронова Т.И., Соколова И.В. Вероятностная модель снижения цены мелиоративного мероприятия // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 132 (08) [Электронный ресурс]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (дата обращения: 16.03.2019). DOI: 10.21515/1990-4665-132-026.
6. Saffronova T.I., Sokolova I.V. Probabilistic model of price reduction of ameliorative event // Scientific journal KubGAU. 2017. № 132 (08) [Electronic resource]. URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/26.pdf> (date of access: 16.04.2018) (in Russian).
7. Сафронова Т.И., Соколова И.В. О дисциплине «Математическое моделирование и проектирование» на агрономическом факультете // Математика в образовании: сборник статей. Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова; Межрегиональная общественная организация «Женщины в науке и образовании». Чебоксары, 2016. С. 88–92.
8. Saffronova T.I., Sokolova I.V. About the discipline «Mathematical modeling and design» at the agronomical faculty // Mathematics in education: collection of articles. Chuvash State University named after I.N. Ulyanova; Interregional public organization «Women in science and education». Cheboksary, 2016. P. 88–92 (in Russian).
9. Владимиров С.А. Комплексные мелиорации переувлажненных и подтопляемых агроландшафтов: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2009. 243 с.
10. Vladimirov S.A. Integrated land reclamation of wetlands and flooded agro-landscapes: a training manual. Krasnodar: KubGAU, 2009. 243 p. (in Russian).
11. Владимиров С.А., Амелин В.П., Крылова Н.Н. Методологические аспекты перехода на экологически чистое устойчивое рисоводство Кубани // Природообустройство. 2008. № 1. С. 24–30.
12. Vladimirov S.A., Amelin V.P., Krylova N.N. Methodological aspects of the transition to environmentally friendly sustainable rice cultivation of the Kuban // Prirodoobustroystvo. 2008. № 1. P. 24–30. (in Russian).
13. Владимиров С.А. Исследование и оценка климатического потенциала предпосевного периода риса в условиях учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ // Труды КубГАУ. 2009. № 20. С. 271–281.
14. Vladimirov S.A. Study and assessment of the climatic potential of the pre-sowing period of rice in the conditions of the Kuban state farm of the Kuban State Agrarian University // Trudy KubGAU. 2009. № 20. P. 271–281 (in Russian).
15. Амелин В.П., Владимиров С.А. Методика расчета эффективности использования земель рисового ирригированного фонда // Труды КубГАУ. 2009. № 19. С. 227–230.
16. Amelin V.P., Vladimirov S.A. Method of calculating the efficiency of land use of rice irrigated fund // Trudy KubGAU. 2009. № 19. P. 227–230 (in Russian).
17. Владимиров С.А., Амелин В.П., Гронь Е.И. Алгоритм реконструкции и проектирования ландшафтно-мелиоративных систем нового поколения // Труды КубГАУ. 2009. № 19. С. 209–215.
18. Vladimirov S.A., Amelin V.P., Gron E.I. Algorithm of reconstruction and design of landscape-land-reclamation systems of a new generation // Trudy KubGAU. 2009. № 19. P. 209–215 (in Russian).
19. Амелин В.П., Владимиров С.А. Экологически чистая ресурсо- и энергосберегающая технология возделывания риса и севооборотных культур // Труды КубГАУ. 2007. № 8. С. 165–170.
20. Amelin V.P., Vladimirov S.A. Environmentally friendly resource and energy saving technology of cultivation of rice and crop rotation // Trudy KubGAU. 2007. № 8. P. 165–170 (in Russian).
21. Владимиров С.А. Эффективность ландшафтных преобразований как фактор устойчивого и безопасного рисоводства // Труды КубГАУ. 2009. № 21. С. 158–164.
22. Vladimirov S.A. Efficiency of landscape transformations as a factor of sustainable and safe rice farming // Trudy KubGAU. 2009. № 21. P. 158–164 (in Russian).
23. Владимиров С.А., Хатхоху Е.И., Крылова Н.Н., Чебанова Е.Ф. Интенсификация рисоводства как фактор экологической напряженности // Труды КубГАУ. 2018. № 70. С. 147–155. DOI: 10.21515/1999-1703-70-147-155.
24. Vladimirov S.A., Khatkhokhu E.I., Krylova N.N., Chebanova E.F. Intensification of rice growing as a factor of ecological stress // Trudy KubGAU. 2018. № 70. P. 147–155 (in Russian).
25. Прус Д.В., Кайтмесов А.Х., Владимиров С.А. Комплексная оценка природно-ресурсного потенциала формирования устойчивой урожайности культур в условиях правобережья Кубани // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам IX Всероссийской конференции молодых ученых (г. Краснодар, 24–26 ноября 2015 г.) Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2016. С. 865–866.
26. Prus D.V., Kaitmesov A.Kh., Vladimirov S.A. Comprehensive assessment of the natural resource potential of the formation of sustainable crop yields in the conditions of the right-saving Kuban. // Scientific support of the agro-industrial complex: materials of the IX All-Russian Conference of Young Scientists (Krasnodar, November 24–26, 2015) Krasnodar: KubGAU, 2016. P. 865–866 (in Russian).
27. Владимиров С.А. Критерии продуктивного использования земельных ресурсов и устойчивости агроландшафтов // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (г. Улан-Удэ, 23–25 апреля 2015 г.). Улан-Удэ: Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова, 2015. С. 187–191.
28. Vladimirov S.A. Criteria of productive use of land resources and sustainability of agricultural landscapes // Land and Water Resources: Monitoring of Ecological and Economic Status and Management Models: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 10th anniversary of the Institute of Land Management, Cadastre and Land Reclamation (Ulan-Ude, April 23–25, 2015). Ulan-Ude: Buryat State Academy of Agriculture named after V.R. Filippova, 2015. P. 187–191. (in Russian).
29. Владимиров С.А. Теоретические основы энергетического механизма влияния климата предпосевного периода на формирование урожайности риса // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации (г. Улан-Удэ, 23–25 апреля 2015 г.). Улан-Удэ, 2015. С. 182–187.
30. Vladimirov S.A. Theoretical basis of the energy mechanism of the influence of the pre-sowing climate on rice yield formation // Land and Water Resources: Monitoring of the Ecological and Economic Status and Management Models: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 10th anniversary of the Institute of Land Management, Cadastres and Land Reclamation (Ulan-Ude, April 23–25, 2015). Ulan-Ude, 2015. P. 182–187 (in Russian).