

Вопросы оценки возможного негативного воздействия вредных организмов (сорных растений) при осуществлении анализа фитосанитарного риска

*КУЛАКОВА Ю.Ю.¹, КУЛАКОВ В.Г.²,
ГРЕБЕННИКОВ К.А.³

ФГБУ «Всероссийский центр карантина растений»
(ФГБУ «ВНИИКР»), р. п. Быково, г. о. Раменский,
Московская обл., Россия, 140150

¹ e-mail: thymus73@mail.ru

² e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru

³ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В статье приведен анализ существующих подходов к оценке потенциального экономического значения вредных организмов (сорных растений) при проведении анализа фитосанитарного риска. Показана недостаточность существующей международной и отечественной методической основы для проведения такой оценки. Проанализированы применимость и точность имеющихся методов оценки. Показана наибольшая практическая применимость метода составления частичной финансовой сметы (partial budgeting) с использованием линейной регрессионной модели. На основе существующих методов и практик предложена усовершенствованная методика, учитывающая эмпирические данные о вредоносности сорных растений для сельскохозяйственных культур, и вероятность акклиматизации (принимаемую как пригодность условий) в соответствии с математической моделью потенциального ареала вида. Данный подход обоснован объективной корреляцией между вредоносностью и обилием сорных растений в агроценозе, в свою очередь, обусловленной пригодностью условий среды. Предложен подход к качественной оценке потенциальных экономических потерь на основе соотношения расчетных показателей потенциального ущерба и валового внутреннего продукта в зоне анализа фитосанитарного риска. Изложенная методика позволяет значительно повысить достоверность и точность оценки потенциального экономического значения опасных видов сорных растений при проведении анализа фитосанитарного риска, соответствует требованиям законодательства и методических документов в сфере карантина растений и математически эквивалентна методам оценки, применявшимся ранее в практике анализа фитосанитарного риска в Российской Федерации. Отмечены перспективы дальнейшего усовершенствования методов оценки негативного воздействия вредных организмов при проведении

Issues of assessing the possible negative impact of pests (weeds) when carrying out pest risk analysis

* YULIANA YU. KULAKOVA¹, VITALY G. KULAKOV²,
KONSTANTIN A. GREBENNIKOV³

FGBU "All-Russian Plant Quarantine Center"
(FGBU "VNIICR"), Bykovo, Ramenskoye,
Moscow Oblast, Russia, 140150

¹ e-mail: thymus73@mail.ru

² e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru

³ e-mail: kgrebennikov@gmail.com

ABSTRACT

The article presents an analysis of existing approaches to assessing the potential economic significance of pests (weeds) when conducting a pest risk analysis. The insufficiency of the existing international and Russian methodological basis for conducting such an assessment is shown. The applicability and accuracy of existing assessment methods are analyzed. The greatest practical applicability of the method of drawing up a partial financial estimate (partial budgeting) using a linear regression model is shown. Based on existing methods and practices, an improved methodology is proposed that takes into account empirical data on the harmfulness of weeds for agricultural crops, and the adaptation probability (accepted as the suitability of conditions) in accordance with the mathematical model of the potential species area. This approach is based on the objective correlation between the harmfulness and abundance of weeds in the agrocenosis, which in turn is determined by the suitability of environmental conditions. An approach to the qualitative assessment of potential economic losses is proposed based on the correlation of estimated indicators of potential damage and gross domestic product in the area of pest risk analysis. The described methodology allows to significantly increase the reliability and accuracy of the assessment of the potential economic significance of dangerous weed species during pest risk analysis, complies with the requirements of legislation and methodological documents in the field of plant protection and is mathematically equivalent to the assessment methods previously used in the practice of pest risk analysis in the Russian Federation. Prospects for

анализа фитосанитарного риска на основе более детализированных моделей сельскохозяйственного производства и экономических взаимосвязей.

Ключевые слова: карантин растений, риски, потенциальный ущерб, экономическое значение, прогнозирование.

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Международной конвенцией по карантину и защите растений (МККЗР) ее стороны обязуются использовать лишь те фитосанитарные меры, которые имеют достаточное техническое обоснование. В свою очередь, под таким обоснованием в тексте конвенции понимается анализ фитосанитарного риска (АФР) (или «другое сравнимое изучение и оценка имеющейся научной информации»). Таким образом, в соответствии с международным законодательством, АФР является ключевым процессом анализа научных и экономических данных, необходимым для определения регулирования вредного организма и строгости фитосанитарных мер.

Структура АФР описана в Международном стандарте по фитосанитарным мерам (МСФМ № 2). Одной из двух ключевых ее частей является этап оценки рисков, на основе результатов которого принимается решение о необходимости применения фитосанитарных мер и их характере. В частности, именно на этом этапе определяется соответствие анализируемого организма основному критерию карантинного вредного организма в определении МККЗР: «карантинный вредный организм, *имеющий потенциальное экономическое значение* для зоны подверженной опасности, в которой он пока отсутствует или присутствует, но ограниченно распространен и служит объектом официальной борьбы» (МККЗР, 1997).

Вместе с тем методические основы этой части работ остаются недостаточно проработанными. Международный стандарт (МСФМ № 11) содержит лишь перечисление методов количественного анализа экономического воздействия (раздел 2.3.2.3 «Аналитические методы») с весьма кратким их описанием. Следующий раздел (2.3.2.4 «Не торговые и экологические последствия») предусматривает возможность приблизительной оценки «с помощью соответствующего нерыночного метода оценки» экосистемных и социальных последствий акклиматизации вредного организма. В заключение стандарт отмечает необходимость «по возможности» выразить экономические последствия в денежном выражении.

Существующая в Российской Федерации официальная методика осуществления анализа фитосанитарного риска (приказ Минсельхоза России № 46) не предусматривает какой-либо количественной оценки экономического значения вредного организма, ограничиваясь качественной

further improvement of methods for assessing the negative impact of pests during pest risk analysis based on more detailed models of agricultural production and economic relationships are noted.

Key words: plant quarantine, risks, potential damage, economic importance, forecasting.

INTRODUCTION

According to the International Plant Protection Convention (IPPC), its parties undertake to use only those phytosanitary measures that have sufficient technical justification. In turn, such justification in the text of the Convention is understood as pest risk analysis (PRA) (or “another comparable examination and evaluation of available scientific information”). Thus, in accordance with international law, PRA is a key process of analysis of scientific and economic data necessary for determining the pest regulation and the severity of phytosanitary measures.

The PRA structure is described in the International Standard for Phytosanitary Measures (ISPM No. 2). One of its two key parts is the risk assessment stage, based on the results of which a decision is made on the need for phytosanitary measures and their nature. In particular, it is at this stage that the conformity of the analyzed organism with the main criterion of a quarantine pest in the IPPC definition is determined: “a quarantine pest *of potential economic importance to the area endangered* thereby and not yet present there, or present but not widely distributed and being officially controlled” (IPPC, 1997).

At the same time, the methodological basis of this part of the work remains insufficiently developed. The international standard (ISPM No. 11) contains only a list of techniques for quantitative analysis of economic impact (section 2.3.2.3 Analytical techniques) with a very brief description of them. The next section (2.3.2.4 Non-commercial and environmental consequences) provides for the possibility of an approximate assessment “an appropriate non-market valuation method” of the ecosystem and social effects arising from a pest introduction. In conclusion, the standard notes the need to express economic impacts in monetary terms “if possible”.

The official methodology for carrying out PRA existing in the Russian Federation (Order of the Ministry of Agriculture of Russia No. 46) does not provide for any quantitative assessment of the economic significance of a pest, limiting itself to a qualitative assessment of the impact on some parameters on a scale of “small, medium, large”.

Thus, to date, there are no Russian or international standards or other guidance documents containing a technical description of techniques for quantitatively

оценкой воздействия по ряду параметров по шкале «небольшое, среднее, большое».

Таким образом, на сегодняшний день нет ни отечественных, ни международных стандартов или иных руководящих документов, содержащих техническое описание способов количественной оценки потенциального негативного экономического воздействия вредного организма в рамках АФР, что представляет большую сложность для подготовки АФР как необходимого технического обоснования фитосанитарных мер.

Целью работы авторов являлась разработка научно обоснованной методики оценки потенциального экономического значения вредных организмов (сорных растений) и ее апробация. Для этого были предложены научно обоснованные методы и осуществлялось построение количественных моделей возможного негативного (в том числе экономического) воздействия горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez в потенциальном ареале.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа основана на анализе имеющихся литературных источников и практики выполнения АФР во Всероссийском центре карантина растений. Апробация предложенных методов и приемов проведена в рамках продолжения начатых в 2022 г. (Гребенников и др., 2022) работ по оценке рисков для территории Российской Федерации, связанных с возможным проникновением и распространением агрессивного однолетнего сорняка – горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (Caryophyllales: Polygonaceae), широко распространенного в Северной Америке, с использованием ранее разработанной модели потенциального ареала вида (Гребенников и др., 2022). Для проведения необходимых расчетов применялись стандартные средства программного обеспечения Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первоначально был проведен анализ наиболее современных и перспективных практик оценки потенциального экономического значения сорных растений. В статье Тарека Солимана с соавторами (Soliman et al., 2010) дан краткий обзор возможных подходов для экономической оценки при проведении АФР, перечень которых примерно соответствует аналитическим методам, перечисленным в МСФМ № 11. В работе также приведено сравнение их возможностей, а также требуемых для использования данных, методов и навыков исполнителей работ. В связи с тем, что для использования всех прочих техник необходимым условием является наличие у исполнителей экономической подготовки, минимально необходимым и основным может считаться метод составления частичной финансовой сметы (partial budgeting). Сущность метода состоит в простом подсчете разницы прибылей и затрат в текущей ситуации (до акклиматизации вредного организма) и в предполагаемой (после акклиматизации). Под прибылью в случае АФР подразумевается в первую очередь стоимость произведенной продукции повреждаемых растений, под затратами – расходы на мероприятия по защите

assessing the potential negative economic impact of a pest within the framework of PRA, which presents a great challenge for the PRA preparation as a necessary technical justification for phytosanitary measures.

The aim this work was to develop a scientifically based methodology for assessing the potential economic significance of pests (weeds) and to test it. For this purpose, scientifically based methods were proposed and quantitative models of the possible negative (including economic) effect of *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez in the potential area were developed.

MATERIALS AND METHODS

The work is based on the analysis of available literature sources and the practice of performing PRA in the All-Russian Plant Quarantine Center. The proposed methods and techniques were tested as part of the continuation of the work started in 2022 (Grebennikov et al., 2022) on assessing the risks for the territory of the Russian Federation associated with the possible introduction and spread of an aggressive annual weed – *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (Caryophyllales: Polygonaceae), widespread in North America, using a previously developed model of the potential species range (Grebennikov et al., 2022). Standard Microsoft Excel software tools were used to carry out the necessary calculations.

RESULTS AND DISCUSSION

First, an analysis of the most modern and promising practices for assessing the potential economic importance of weeds was conducted. The article by Tarek Soliman et al. (2010) provides a brief overview of possible approaches for economic assessment in PRA, the list of which roughly corresponds to the analytical methods listed in ISPM No. 11. The paper also compares their capabilities, as well as the data, methods and skills of the performers. Due to the fact that the use of all other techniques requires economic training of the performers, the method of partial budgeting can be considered the minimum necessary and basic one. The essence of the method is a simple calculation of the difference between profits and costs in the current situation (before the pest introduction) and in the expected one (after introduction). In the case of PRA, profit primarily means the cost of the produced products of the damaged plants, and expenses are the costs of plant protection measures and phytosanitary measures. This method does not provide for the calculation of indirect economic effects (changes in economic equilibrium) under the influence of direct damage.

In the practice of plant quarantine in the Russian Federation, it is also common to use the financial estimate method as described by Vasyutin and co-authors (Vasyutin et al., 2001) and Perevertin (2006). The implementation essence of this method is the calculation of economic losses (R) based on several indicators: C (unit price of production), V (gross yield of production), K (crop loss coefficient), S1 (infestation area), S (sown area), while R corresponds to the cost of the crop lost as a result of exposure to a harmful organism.

растений и обеспечению фитосанитарных мер. Данный метод не предусматривает подсчета косвенных экономических эффектов (изменений экономического равновесия) под влиянием прямого ущерба.

В практике карантина растений в Российской Федерации также принято использование метода финансовой сметы в описании Васютина и соавторов (Васютин и др., 2001) и Перевертина (2006). Сущность реализации данного метода состоит в расчете экономических потерь (R) на основе нескольких показателей: C (цена единицы продукции), V (валовой сбор продукции), K (коэффициент потери урожая), S_1 (площадь заражения), S (посевная площадь), при этом R соответствует стоимости урожая, потерянного в результате воздействия вредного организма.

Основным недостатком данного метода является произвольный константный характер коэффициента потери урожая (K) для всей площади заражения (S_1). Хотя численность и вредоносность вредных организмов, очевидно, являются динамическими показателями, зависящими как от способа и приемов возделывания культуры, так и абиотических и биотических параметров среды.

В 2007 г. Анатолием Ивановичем Алтуховым и соавторами была предпринята попытка модернизировать данный метод для оценки потенциального экономического значения нескольких видов сорных растений (Алтухов и др., 2007–2007в). В частности, формула была дополнена корреляционными коэффициентами, отражающими потенциальную засоренность посевов и пригодность условий в зоне АФР для вредного организма. Однако авторами был сделан вывод о фактической невозможности проведения точной количественной оценки потенциальной вредоносности сорных растений данным методом путем простой экстраполяции данных из зоны распространения анализируемого объекта. Ниже приведена дословная цитата Алтухова и соавторов:

«Однако для карантинных вредителей методика экспериментального определения коэффициента вредоносности неприменима. Поэтому для карантинных вредителей коэффициент вредоносности определялся путем экстраполяции данных, полученных на территориях государств с аналогичными агроклиматическими условиями, в которых данный вредитель не является карантинным видом. При этом необходимо учитывать, что, в силу вышеуказанных обстоятельств, коэффициент вредоносности, определенный таким образом, является оценочным. К сожалению, в рамках данной работы мы не можем определить степень точности данной оценки. Кроме этого, в работах, предоставленных ФГБУ «ВНИИКР», считается, что коэффициент вредоносности в зоне потенциального распространения биологического карантинного вредителя является величиной постоянной, что также не совсем корректно и увеличивает величину погрешности при оценке потенциального экономического ущерба от данного вида биологического вредителя» (Алтухов и др., 2007–2007а).

Таким образом, была отмечена методическая некорректность простого переноса эмпирических данных о вредоносности сорного растения в зоне

The main disadvantage of this method is the arbitrary constant nature of the yield loss coefficient (K) for the entire infestation area (S_1). Although the number and harmfulness of pests are obviously dynamic indicators that depend on both the method and techniques of crop cultivation, and the abiotic and biotic parameters of the environment.

In 2007, Anatoly Altukhov and co-authors attempted to modernize this method for assessing the potential economic value of several weed species (Altukhov et al., 2007–2007c). In particular, the formula was supplemented with correlation coefficients reflecting the potential infestation of crops and the suitability of conditions in the PRA area for the pest. However, the authors concluded that it was virtually impossible to carry out an accurate quantitative assessment of the potential harmfulness of weeds using this method by simply extrapolating data from the distribution area of the analyzed object. Below is a quote from Altukhov and co-authors:

“However, the experimental technique of determining the harm coefficient is not applicable to quarantine pests. Therefore, for quarantine pests, the harm coefficient was determined by extrapolating data obtained in the territories of states with similar agroclimatic conditions, where this pest is not a quarantine species. It should be taken into account that, due to the above circumstances, the harm coefficient determined in this way is an estimate. Unfortunately, within the framework of this work, we cannot determine the degree of accuracy of this estimate. In addition, in the works provided by FGBU “VNIICR”, it is considered that the harm coefficient in the area of potential distribution of a biological quarantine pest is a constant value, which is also not entirely correct and increases the amount of error in assessing the potential economic damage from this biological pest” (Altukhov et al., 2007–2007a).

Thus, the methodological incorrectness of simply transferring empirical data on the weed harmfulness in its distribution area to the entire area exposed to danger (within the PRA area) was noted. In later works on the weeds PRA for the territory of the Russian Federation, even such an approximate method for calculating potential damage was not used. The assessment of potential economic significance was carried out only qualitatively, at the level of “losses are large/small” (Kulakova, Belkin, 2018), or the authors concluded that it was impossible to objectively assess the direct harmfulness of the species – “it is generally not possible to assess the degree of its impact on the main crop separately from other weed vegetation” (Razumova, 2018).

At the same time, both in Russian (Shpanev, 2011) and international (Cousens, 1987; Coble, Mortensen, 1992; Swanton et al., 1999) plant protection practices, generally accepted approaches to assessing and forecasting the economic harmfulness of weeds have been developed – both for individual species and their communities. In general, they result in the construction of regression models of varying complexity, in which the yield loss of the cultivated crop is a derivative of the weed abundance (their numbers, projective cover

его распространения на всю зону, подверженную опасности (в пределах зоны АФР). В более поздних работах по анализу фитосанитарного риска сорных растений для территории Российской Федерации даже столь приближительная методика подсчета потенциального ущерба не применялась. Оценка потенциального экономического значения проводилась лишь качественно, на уровне «потери велики/малы» (Кулакова, Белкин, 2018), либо авторами делался вывод о невозможности объективной оценки прямой вредоносности вида – «оценить степень его влияния на основную культуру отдельно от другой сорной растительности в целом не представляется возможным» (Разумова, 2018).

Вместе с тем как в отечественной (Шпанев, 2011), так и мировой (Cousens, 1987; Coble, Mortensen, 1992; Swanton et al., 1999) практике защиты растений выработаны общепринятые подходы к оценке и прогнозированию экономического значения вредоносности сорных растений – как для отдельных видов, так и их сообществ. В обобщенном виде они сводятся к построению регрессионных моделей различной сложности, в которых потери урожая возделываемой культуры являются производной от обилия сорных растений (их численности, проективного покрытия или вегетативной массы). Это вполне соответствует модели конкурентных взаимоотношений растений в агроценозе (Watt et al., 2010).

Выбор оптимального варианта регрессионной модели в зависимости от целей и условий оценки остается предметом научной дискуссии (Шпанев, 2011; Das et al., 2021). Признавая нелинейный характер объективных зависимостей в агроценозе, большинство авторов (Ванин, Зуза, 1981; Злобин, 1987; Cousens, 1987) тем не менее признают возможность использования наиболее простого линейного уравнения общего вида, содержащего лишь урожайность культуры, обилие сорного растения и коэффициент регрессии (вредоносности) для приближительного расчета при ограниченности данных. Поскольку в ходе осуществления анализа фитосанитарного риска некоторая аппроксимация оценок вероятности акклиматизации и потенциального экономического значения вредного организма неизбежна, мы считаем возможным выбрать для целей АФР именно этот вариант регрессионного анализа.

Наибольшую сложность при оценке потенциальной вредоносности отсутствующих в зоне АФР сорных растений, как было отмечено еще А. И. Алтуховым и соавторами (Алтухов и др., 2007–2007в), представляет невозможность получения экспериментальных данных о влиянии на урожайность в зоне, подверженной опасности. Однако точка зрения на вредоносность растения как производную от его конкурентоспособности может считаться общепринятой (Шпанев, 2011; Das et al., 2021). В равной степени общепринята точка зрения о зависимости численности вида от пригодности условий его обитания (соответствия условий экологической нише вида) (Oerke, 2006; Watt et al., 2010). Исходя из этого, представляется обоснованным использовать для построения регрессионной модели потенциальной

or vegetative mass). This is quite consistent with the model of competitive relationships between plants in an agroecosystem (Watt et al., 2010).

The choice of the optimal regression model version depending on the objectives and conditions of the assessment remains a subject of scientific discussion (Shpanev, 2011; Das et al., 2021). While recognizing the nonlinear nature of objective dependencies in the agroecosystem, most authors (Vanin, Zuza, 1981; Zlobin, 1987; Cousens, 1987), nevertheless, recognize the possibility of using the simplest linear equation of a general form, containing only the crop yield, the abundance of the weed and the regression coefficient (harmfulness) for an approximate calculation with limited data. Since some approximation of the estimates of the introduction probability and the potential economic significance of the pest is inevitable during the PRA, we believe it is possible to choose this regression analysis version for the PRA purposes.

The greatest difficulty in assessing the potential weed harmfulness absent in the PRA area, as noted by A.I. Altukhov and co-authors (Altukhov et al., 2007–2007c), is the impossibility of obtaining experimental data on the impact on crop yields in the endangered zone. However, the point of view on the plant harmfulness as deriving from its competitiveness can be considered generally accepted (Shpanev, 2011; Das et al., 2021). Equally generally accepted is the point of view on the dependence of the species number on the suitability of its habitat conditions (correspondence of conditions to the ecological niche of the species) (Oerke, 2006; Watt et al., 2010). Based on this, it seems justified to use the adaptation probability, calculated on the basis of a mathematical model of the ecological niche, to construct a regression model of the potential harmfulness of a weed absent in the PRA area. Based on these facts, considering the most common linear regression equations in practice for assessing the weed harmfulness, the formula can be obtained:

$$PH = (Y \times ((1 - (P_{max} / (1 + P_{min}))) \times CC)) \times Cost, \text{ where:}$$

PH – potential harm, Y – actual yield (units), P_{max} – maximum possible population density of a weed plant, P_{min} – minimum predicted population density of a weed plant (in accordance with the value of the adaptation probability from 1 to 0), CC – competitiveness coefficient of the species in the weed community (in accordance with data on the plant abundance in an agroecosystem in the distribution area – under conditions close to optimum) (from 1 to 0), Cost – monetary value of a yield unit (rubles). The calculation is carried out separately for each administrative territorial unit (for example, a subject of the Russian Federation, or a municipal district – depending on the detail of the potential area model and the availability of agricultural crop production data) within the endangered area, with subsequent summation of the values.

This approach complements the method proposed by Altukhov and co-authors (Altukhov et al., 2007–2007c) with an objective biological parameter that determines the potential species harmfulness in

вредоносности отсутствующего в зоне АФР сорного растения вероятность его акклиматизации, рассчитанную на основе математической модели экологической ниши. Исходя из этих фактов, на основе наиболее распространенных в практике линейных регрессионных уравнений для оценки вредоносности сорных растений, может быть получена формула:

$$ПУ = (У \times ((1 - (П_{\text{макс}} / (1 + П_{\text{мин}}))) \times КК)) \times Ст, \text{ где:}$$

ПУ – потенциальный ущерб, У – фактический урожай (ед.), П_{макс} – максимально возможная плотность популяции сорного растения, П_{мин} – минимальная прогнозируемая плотность популяции сорного растения (в соответствии со значением вероятности акклиматизации от 1 до 0), КК – коэффициент конкурентоспособности вида в сообществе сорных растений (в соответствии с данными об обилии растения в агроценозе в зоне распространения – в условиях, близким к оптимальному) (от 1 до 0), Ст – денежная стоимость единицы урожая (рубли). Расчет проводится отдельно для каждой административно-территориальной единицы (например, субъекта Российской Федерации или муниципального района – в зависимости от детализации модели потенциального ареала и доступности данных о производстве сельскохозяйственных культур) внутри зоны, подверженной опасности, с последующим суммированием значений.

Данный подход дополняет метод, предложенный Алтуховым и соавторами (Алтухов и др., 2007–2007в), объективным биологическим параметром, определяющим потенциальную вредоносность вида на различных участках зоны, подверженной опасности. Кроме того, данный способ оценки многократно апробирован и является общепринятым в практике защиты растений. Метод также соответствует рекомендациям Международного стандарта по фитосанитарным мерам № 11. В то же время позволяя значительно повысить точность и статистическую достоверность оценки потенциального экономического значения вредного организма для зоны АФР.

Для качественной (балльной) оценки экономической значимости полученного потенциального ущерба для анализируемой зоны АФР может быть предложен универсальный метод, основанный на градации доли стоимости потенциально потерянной продукции от валового внутреннего продукта в зоне АФР. В этом случае шкала от 1 до 9 для ответа на вопрос в п. 38 приложения 3 к Методике осуществления анализа фитосанитарного риска (Приказ ..., 2018) («Насколько велики могут быть потери от прямого воздействия анализируемого вредного организма на урожай и/или его качество в зоне АФР?») может соответствовать градации (таблица 1).

various parts of the endangered area. In addition, this assessment method has been repeatedly tested and is generally accepted in plant protection practice. The method also complies with the recommendations of the International Standard for Phytosanitary Measures No. 11. At the same time, it allows for a significant increase in the accuracy and statistical reliability of the assessment of the potential economic significance of a pest for the PRA area.

For a qualitative (point) assessment of the economic significance of the resulting potential damage for the analyzed PRA area, a universal technique based on the value share gradation of the potentially lost production from the gross domestic product in the PRA area can be proposed. In this case, the scale from 1 to 9 for answering the question in paragraph 38 of Appendix 3 to the Methodology for implementing pest risk analysis (Order ..., 2018) ("How great can be the losses from the direct impact of the analyzed pest on the crop and / or its quality in the PRA area?") can correspond to the gradation (Table 1).

This scale can be modified with appropriate justification if economic damage in the species potential harmfulness zone can cause additional negative effects (cultivation of damaged plants is one of the main sectors of the regional economy, etc.).

An objective quantitative assessment of other economic consequences of the pest adaptation (changes in producer profits, consumer demand, export markets) is possible only through methods of modeling partial or general economic equilibrium. At present, we are not aware of any relevant mathematical methods for the PRA in Russian and world practice. Due to this, in practice it seems possible to recommend conducting such an assessment only by a qualitative method based on expert opinion, with a comparison with the above scale. The use of more accurate methods is possible only after their development and testing with the participation of economist researchers.

The potential environmental and social damage that the pest adaptation may cause cannot be objectively measured quantitatively at present using any generally accepted methodology, and can only be assessed qualitatively based on expert opinion. In both

Таблица 1 – Градации ответа на вопрос п. 38 приложения 3 Методики осуществления анализа фитосанитарного риска

Баллы	Возможные градации от ВВП	Денежный эквивалент, руб.
1	не менее 10^{-10} ВВП	< 10 тыс.
2	не менее 10^{-10} , но менее 10^{-9} ВВП	от 10 тыс. (включительно) до 100 тыс.
3	не менее 10^{-9} , но менее 10^{-8} ВВП	от 100 тыс. (включительно) до 1 млн
4	не менее 10^{-8} , но менее 10^{-7} ВВП	от 1 млн (включительно) до 10 млн
5	не менее 10^{-7} , но менее 10^{-6} ВВП	от 10 млн (включительно) до 100 млн
6	не менее 10^{-6} , но менее 10^{-5} ВВП	от 100 млн (включительно) до 1 млрд
7	не менее 10^{-5} , но менее 10^{-4} ВВП	от 1 млрд (включительно) до 10 млрд
8	не менее 10^{-4} , но менее 10^{-3} ВВП	от 10 млрд (включительно) до 100 млрд
9	более 10^{-3} ВВП	более 100 млрд

Данная шкала может быть модифицирована с соответствующим обоснованием, если экономический ущерб в зоне потенциальной вредоносности вида может вызвать дополнительные негативные эффекты (культивирование повреждаемых растений является одной из основных отраслей региональной экономики и т. п.).

Объективная количественная оценка иных экономических последствий акклиматизации вредного организма (изменения прибыли производителей, потребительского спроса, рынков экспорта) представляется только методами моделирования частичного или общего экономического равновесия. В настоящее время соответствующие математические методы в анализе фитосанитарного риска в отечественной и мировой практике нам не известны. В силу этого на практике представляется возможным рекомендовать проведение такой оценки лишь качественным методом на основе экспертного мнения, с сопоставлением с приведенной выше шкалой. Применение более точных методов возможно лишь после их разработки и апробации с участием исследователей-экономистов.

Потенциальный ущерб для окружающей среды и социальный ущерб, который может вызвать акклиматизация вредного организма, в настоящий момент также не могут быть объективно количественно измерены с помощью какой-либо общепринятой методики и могут быть оценены лишь качественно на основе экспертного мнения. В обоих случаях степень неопределенности такой оценки остается весьма высокой.

Негативное экономическое значение вида, вызванное необходимостью применения дополнительных мер защиты растений в случае акклиматизации, может быть примерно установлено путем сопоставления комплексов вредных организмов в зоне распространения вида и в зоне АФР и применяемых в них методах защиты растений. В случае, если в зоне АФР производителями уже применяются методы, способные снизить численность анализируемого организма до экономически значимого порога, такую оценку следует считать нецелесообразной.

Если же при акклиматизации вида для эффективного снижения его численности потребуются дополнительные меры защиты растений, оценка необходимых затрат может быть проведена исходя из перечня методов и приемов, которые применяются для снижения численности в зоне распространения анализируемого организма, но отсутствуют при производстве тех же культур в зоне АФР. В этом случае сумма дополнительных затрат может быть рассчитана как произведение площади, на которой будет необходимо провести дополнительные мероприятия по защите растений, и денежной стоимости этих мероприятий на единицу площади.

Table 1. Gradations of the answer to the question in paragraph 38 of Appendix 3 of the Methodology for implementing PRA

Points	Possible gradations from GDP	Monetary equivalent, RUB.
1	no less than 10^{-10} GDP	< 10 thousand
2	no less than 10^{-10} , but less than 10^{-9} GDP	from 10 thousand (inclusive) to 100 thousand.
3	no less than 10^{-9} , but less than 10^{-8} GDP	from 100 thousand (inclusive) to 1 million
4	no less than 10^{-8} , but less than 10^{-7} GDP	from 1 million (inclusive) to 10 million
5	no less than 10^{-7} , but less than 10^{-6} GDP	from 10 million (inclusive) to 100 million
6	no less than 10^{-6} , but less than 10^{-5} GDP	from 100 million (inclusive) to 1 billion
7	no less than 10^{-5} , but less than 10^{-4} GDP	from 1 billion (inclusive) to 10 billion
8	no less than 10^{-4} , but less than 10^{-3} GDP	from 10 billion (inclusive) to 100 billion
9	more than 10^{-3} GDP	more than 100 billion

cases, the degree of uncertainty in such an assessment remains very high.

The negative economic significance of the species caused by the need to apply additional plant protection measures in case of adaptation can be roughly determined by comparing the pest complexes in the species distribution zone and the PRA area, and the plant protection methods applied in them. If producers in the PRA area are already applying methods capable of reducing the number of the analyzed organism to an economically significant threshold, such an assessment should be considered inappropriate.

If, however, during the species adaptation, additional plant protection measures are required to effectively reduce its population, the necessary costs can be assessed based on the list of methods and techniques that are used to reduce the population in the distribution zone of the analyzed pest, but absent in the production of the same crops in the PRA area. In this case, the amount of additional costs can be calculated as the multiplication of the area on which additional plant protection measures will need to be taken and the monetary value of these measures per unit area.

The area can be assessed based on the model of the potential species range. The high and medium harmfulness zone (in which the threshold of economic harmfulness is most likely to be reached) can be defined as part of the potential range with the corresponding indicator of the adaptation probability – 0.2 (20%) and more. The area occupied by the damaged crop in this area (selected by the zoning or regionalization method, as shown above) will make up the area of necessary treatments.

Estimating the cost of work per unit area seems to be a more difficult task. Obviously, it depends on a large number of factors (preparation cost, treatment method, etc.) and can only be accurately determined empirically for the conditions of similar farms. If such information is available, it is preferable to proceed from it. However, the work cost can be estimated very roughly based on the average total costs of plant

Оценка площади возможна на основе модели потенциального ареала вида. Зону высокой и средней вредоносности (в которых наиболее вероятно достижение порога экономической вредоносности) можно определить как часть потенциального ареала с соответствующим показателем вероятности акклиматизации – 0,2 (20%) и более. Площадь, занятая повреждаемой культурой в этой области (выделенные методом зонирования или регионализации, как было показано выше), составит площадь необходимых обработок.

Оценка стоимости работ на единицу площади представляется более сложной задачей. Очевидно, что она зависит от большого числа факторов (стоимость препаратов, способ обработки и т. д.) и в точности может быть определена лишь эмпирически для условий однотипных хозяйств. При наличии таких сведений предпочтительно исходить из них. Однако весьма примерно стоимость работ можно оценить, исходя из средних общих затрат на защиту растений. Данные В. А. Захаренко (2021) показывают, что эти затраты для основных сельхозкультур в Российской Федерации в 2016–2018 гг. составили сопоставимые значения в диапазоне ориентировочно от 2 до 3 тысяч рублей на гектар. Основываясь на этом, минимальная стоимость единичной дополнительной обработки может консервативно оценена как 1/10 от этой суммы, с учетом инфляции на момент оценки. Показатели, публикуемые Росстатом, к 2024 г. позволяют оценить эту сумму как приблизительно 300–400 рублей на гектар (<https://rosstat.gov.ru>). Умножение этой суммы, количества предполагаемых дополнительных обработок и площади потенциальной вредоносности вида позволяет прийти к грубой оценке негативного экономического значения вида, вызванного необходимостью применения дополнительных мер защиты растений в случае акклиматизации вредного организма. Полученное число может быть использовано для оценки величины потенциального увеличения издержек производства (включая расходы на борьбу), связанных с анализируемым вредным организмом в зоне АФР по шкале от 1 до 9, аналогичной приведенной выше.

Суммарно потенциальный экономический риск вредного организма для зоны АФР может быть качественно оценен по шкале, аналогичной риску акклиматизации:

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно менее 10^{-7} ВВП (10 млн рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), вероятность существенных качественных изменений экономического равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) низкая – низкий экономический риск.

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно не менее 10^{-7} ВВП (10 млн рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), но менее 10^{-5} (1 млрд рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), или (при более низких количественных показателях) вероятность существенных качественных изменений экономического

protection. The data provided by V.A. Zakharchenko (2021) show that these costs for the main agricultural crops in the Russian Federation in 2016–2018 amounted to comparable values in the range of approximately 2 to 3 thousand rubles per hectare. Based on this, the minimum cost of a single additional treatment can be conservatively estimated as 1/10 of this amount, taking into account inflation at the time of the assessment. The indicators published by Rosstat by 2024 make it possible to estimate this amount as approximately 300–400 rubles per hectare (<https://rosstat.gov.ru>). Multiplying this sum, the number of additional treatments proposed and the area of potential species harmfulness allows to come to a rough assessment of the negative economic significance of the species caused by the need to apply additional plant protection measures in case of the pest adaptation. The resulting figure can be used to assess the magnitude of the potential increase in production costs (including control costs) associated with the pest in question in the PRA area on a scale from 1 to 9 similar to that given above.

In total, the potential economic risk of the pest to the PRA area can be qualitatively assessed on a scale similar to the adaptation risk:

Potential economic losses in quantitative terms amount to less than 10^{-7} GDP (10 million rubles for the Russian Federation in 2023 terms), the probability of significant qualitative changes in economic equilibrium, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is low – low economic risk;

Potential economic losses in quantitative terms amount to at least 10^{-7} GDP (10 million rubles for the Russian Federation in 2023 indicators), but less than 10^{-5} (1 billion rubles for the Russian Federation in 2023 indicators), or (with lower quantitative indicators) the probability of significant qualitative changes in economic equilibrium, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is high – medium economic risk;

Potential economic losses in quantitative terms amount to more than 10^{-5} GDP (1 billion rubles for the Russian Federation in 2023 terms), or (with lower quantitative indicators) the probability of significant qualitative changes in the economic balance, ecosystem or social effects of adaptation (according to expert assessment) is high – high economic risk.

CONCLUSION

The assessment methods shown above allow to significantly increase the reliability and accuracy of the assessment of the potential economic significance of quarantine weed species when implementing PRA. At the same time, they comply with the requirements of legislation and methodological documents in the field of plant protection. At the same time, they are mathematically equivalent to those previously used in the PRA practice in the Russian Federation (Altukhov et al., 2007–2007v), which ensures the continuity and comparability of the results. However, the quantitative assessment of many potential negative effects of pests, as well as its macroeconomic consequences, remains

равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) высокая – средний экономический риск.

Потенциальные экономические потери в количественном выражении составляют суммарно более 10^{-5} ВВП (1 млрд рублей для Российской Федерации в показателях 2023 г.), или (при более низких количественных показателях) вероятность существенных качественных изменений экономического равновесия, экосистемных или социальных последствий акклиматизации (по экспертной оценке) высокая – высокий экономический риск.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показанные выше методы оценки позволяют значительно повысить достоверность и точность оценки потенциального экономического значения карантинных видов сорных растений при осуществлении АФР. В то же время они соответствуют требованиям законодательства и методических документов в сфере карантина растений. При этом они математически эквивалентны применявшимся ранее в практике анализа фитосанитарного риска в Российской Федерации (Алтухов и др., 2007–2007в), что обеспечивает преемственность и сопоставимость результатов. Однако количественная оценка многих видов потенциального негативного воздействия вредных организмов, как и его макроэкономических последствий, остается затрудненной из-за отсутствия соответствующей научно-методической базы. Решение этих задач является перспективным направлением развития анализа фитосанитарного риска.

Благодарность

Работа выполнена в рамках государственного задания на выполнение государственных работ (№ ЕГИСУ НИОКТР 1022060500018-7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации бузином пазушным (ивой многолетней) (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
2. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007а. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации ипомеей плющевидной (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
3. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007б. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации пасленом каролинским (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.
4. Алтухов А.И., Силаева Л.П., Меньшова А.Е., Захарова А.П., Захаренко В.А., Самохин Ю.С. 2007в. Оценка экономического ущерба при заражении площадей сельскохозяйственных культур Российской Федерации подсолнечником реснитчатым (отчет о выполнении НИР). Москва. 31 с.

difficult due to the lack of an appropriate scientific and methodological base. The solution of these problems is a promising direction for the PRA development.

Acknowledgements

The work was carried out within the framework of the state assignment for the execution of state works (No. EGISU NIOKTR 1022060500018-7).

REFERENCES:

1. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas in the Russian Federation with *Iva axillaris* Pursh (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii buzinnikom pazushnym (ivoy mnogoletney) (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
2. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007a. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Ipomoea hederacea* Jacquin (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii ipomeyey plyushchevidnoy (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
3. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007b. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Solanum carolinense* L. (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii paslenom karolinskim (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
4. Altukhov A.I., Silaeva L.P., Menshova A.E., Zakharova A.P., Zakharenko V.A., Samokhin Yu.S. 2007c. Assessment of economic damage from infestation of agricultural crop areas of the Russian Federation with *Helianthus ciliaris* DC. (report on the research implementation) [Otsenka ekonomicheskogo ushcherba pri zarazhenii ploshchadey sel'skokhozyaystvennykh kul'tur Rossiyskoy Federatsii podsolnechnikom resnitchatym (otchet o vypolnenii NIR)]. Moscow. 31 p. (In Russ.)
5. Vanin D.E., Zuza V.S. 1981. On the assessment of weed harmfulness [Ob otsenke vredonosnosti sornyakov] // Agricultural biology, XVI, 2. P. 307-312. (In Russ.)
6. Vasyutin A.S., Smetnik A.I., et al. Plant quarantine in the Russian Federation [Karantin rasteniy v Rossiyskoy Federatsii]. Moscow: Kolos, 2001, 375 p. (In Russ.)
7. Grebennikov K.A., Kulakov V.G., Kulakova Yu.Yu. 2022. Assessment of the probability of spread and adaptation and potential economic significance of *Persicaria pensylvanica* (L.) M. Gómez (final report) [Otsenka veroyatnosti rasprostraneniya i akklimatizatsii i potentsial'nogo ekonomicheskogo znacheniya gortsy pensil'vanskogo Persicaria pensylvanica (L.)].

6. Ванин Д.Е., Зуза В.С. 1981. Об оценке вредности сорняков // С.-х. биология, XVI, 2. С. 307–312.

7. Васютин А.С., Сметник А.И., и др. Карантин растений в Российской Федерации. М.: Колос, 2001, 375 с.

8. Гребенников К.А., Кулаков В.Г., Кулакова Ю.Ю. 2022. Оценка вероятности распространения и акклиматизации и потенциального экономического значения горца пенсильванского *Persicaria pensylvanica* (L.) М. Gómez (заключительный отчет). Инв. № 35-2022 О ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 130 с. № ЕГИСУ НИОКТР 122041300175-4.

9. Захаренко В.А. Современное состояние и перспективы экономики применения пестицидов в агроэкосистемах России. // Агрохимия. 2021. № 5. С. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148

10. Злобин Ю.А. 1987. Как определить пороги вредности сорняков // Защита растений, 9. С. 52–53.

11. Кулакова Ю.Ю., Белкин Д.Л. 2018. Анализ фитосанитарного риска сициоса угловатого *Sicyos angulatus* L. для территории Российской Федерации (заключительный отчет). Инв. № 23-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 67 с.

12. Международная конвенция по карантину и защите растений, 1997. ФАО, Рим

13. Международный стандарт по фитосанитарным мерам МСФМ № 2 «Структура анализа фитосанитарного риска», 2019, 20 с.

14. Международный стандарт по фитосанитарным мерам МСФМ № 11 «Анализ фитосанитарного риска для карантинных вредных организмов», 2019, 45 с.

15. Перевертин К.А. Прогнозирование потерь урожая от вредных организмов с помощью моделей «критической точки» // Прикладная фитонематология М.: Наука, 2006. С. 85–97.

16. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 5 февраля 2018 года № 46 «Об утверждении Методики осуществления анализа фитосанитарного риска».

17. Разумова Е.В. 2018. Анализ фитосанитарного риска ежовника колючего *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald для территории Российской Федерации (заключительный отчет). Инв. № 92-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 48 с.

18. Шпанев А.М. 2011. Подходы к оценке вредности сорных растений в агроценозах. // Вестник защиты растений, 4. С. 57–70.

19. Росстат (Федеральная служба государственной статистики) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения 01.11.2024).

20. Coble H.D., Mortensen D.A. 1992. The Threshold Concept and Its Application to Weed Science // Weed Technology, Vol. 6, No. 1. P. 191–195.

21. Cousens R. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. // Plant Protection Quarterly, 2. P. 13–20.

22. Das T.K., Suman S., Rishi R., Sonaka G., Biswaranjan B., Arkaprava R. 2021. Economic threshold concept for weed management in crops: Usefulness and limitation // Indian Journal of Weed Science, 53(1). P. 1–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00001.0>

Inv. No. 35-2022 О ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 130 p. No. EGISU NIOKTR 122041300175-4. (In Russ.)

9. Zakharchenko V.A. Current state and prospects for the economics of pesticide use in agroecosystems of Russia [Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy ekonomiki primeneniya pestitsidov v agroekosistemakh Rossii]. // Agrochemistry. 2021. No. 5. P. 68–83. DOI: 10.31857/S0002188121050148 (In Russ.)

10. Zlobin Yu.A. 1987. How to determine the thresholds of weed harmfulness [Kak opredelit' porogi vrednosnosti sornyakov] // Plant Protection, 9. P. 52–53. (In Russ.)

11. Kulakova Yu.Yu., Belkin D.L. 2018. Pest risk analysis of *Sicyos angulatus* L. for the territory of the Russian Federation (final report) [Analiz fitosanitar-nogo riska sitsiosa uglovatogo *Sicyos angulatus* L. dlya territorii Rossiyskoy Federatsii (zaklyuchitel'nyy otchet)]. Inv. No. 23-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 67 p. (In Russ.)

12. International Plant Protection Convention, 1997. FAO, Rome

13. International Standard for Phytosanitary Measures ISPM No. 2 Framework for Pest Risk Analysis, 2019, 20 p.

14. International Standard for Phytosanitary Measures ISPM No. 11 “Pest Risk Analysis for Quarantine Pests”, 2019, 45 p.

15. Perevertin K.A. Forecasting crop losses from pests using “critical point” models [Prognozirovaniye poter' urozhaya ot vrednykh organizmov s pomoshch'yu modeley «kriticheskoy tochki»] // Applied phytoneumatology M.: Science, 2006. P. 85–97. (In Russ.)

16. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation dated February 5, 2018 No. 46 “On approval of the Methodology for implementing pest risk analysis”. (In Russ.)

17. Razumova E.V. 2018. Pest risk analysis of *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald for the territory of the Russian Federation (final report) [Analiz fitosanitar-nogo riska yezhovnika kolyuchego *Echinochloa muricata* (P. Beauv.) Fernald dlya territorii Rossiyskoy Federatsii (zaklyuchitel'nyy otchet)]. Inv. No. 92-2018 АФР ВНИИКР. Быково, ФГБУ «ВНИИКР». 48 p. (In Russ.)

18. Shpanev A.M. 2011. Approaches to assessing the harmfulness of weeds in agrocenoses [Podkhody k otsenke vrednosnosti sornykh rasteniy v agrotse-nozakh] // Bulletin of Plant Protection, 4. P. 57–70. (In Russ.)

19. Rosstat (Federal State Statistics Service) [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (last accessed: 01.11.2024).

20. Coble H.D., Mortensen D.A. 1992. The Threshold Concept and Its Application to Weed Science // Weed Technology, Vol. 6, No. 1. P. 191–195.

21. Cousens R. 1987. Theory and reality of weed control thresholds. // Plant Protection Quarterly, 2. P. 13–20.

22. Das T.K., Suman S., Rishi R., Sonaka G., Biswaranjan B., Arkaprava R. 2021. Economic threshold concept for weed management in crops: Usefulness and limitation // Indian Journal of Weed Science, 53(1). P. 1–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.5958/0974-8164.2021.00001.0>

23. Oerke E., 2006. Crop losses to pests. // The Journal of Agricultural Science. Volume 144, issue 1. P. 31–43. DOI:10.1017/S0021859605005708.

24. Soliman T., Mourits M.C.M., Oude Lansink A.G.J.M., van der Werf W., 2010. Economic impact assessment in pest risk analysis // Crop Protection, Volume 29, Issue 6. P. 517–524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.014>.

25. Swanton C.J., Weaver S., Cowan P., Van Acker R., Deen W., Shreshta A. 1999. Weed Thresholds: Theory and Applicability // Journal of Crop Production, 2:1, 9–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1300/9785529>

26. Watt M.S., Kriticos D.J., Potter K.J.B., Manning L.K., Nita Tallent-Halsell N., Bourdôt G.W. 2010. Using species niche models to inform strategic management of weeds in a changing climate. // Biological Invasions 12, P. 3711–3725. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9764-1>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кулакова Юлиана Юрьевна, ведущий научный сотрудник-начальник научно-методического отдела инвазивных видов растений ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: thymus73@mail.ru*

Гребенников Константин Алексеевич, ведущий научный сотрудник лаборатории экологии и генетики насекомых и клещей ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: kgrebennikov@gmail.com*

Кулаков Виталий Геннадьевич, старший научный сотрудник-начальник отдела межлабораторных сличительных испытаний ФГБУ «ВНИИКР», р. п. Быково, г. о. Раменский, Московская обл., Россия; *e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru*

23. Oerke E., 2006. Crop losses to pests. // The Journal of Agricultural Science. Volume 144, issue 1. P. 31–43. DOI:10.1017/S0021859605005708.

24. Soliman T., Mourits M.C.M., Oude Lansink A.G.J.M., van der Werf W., 2010. Economic impact assessment in pest risk analysis // Crop Protection, Volume 29, Issue 6. P. 517–524. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.12.014>.

25. Swanton C.J., Weaver S., Cowan P., Van Acker R., Deen W., Shreshta A. 1999. Weed Thresholds: Theory and Applicability // Journal of Crop Production, 2:1, 9–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1300/9785529>

26. Watt M.S., Kriticos D.J., Potter K.J.B., Manning L.K., Nita Tallent-Halsell N., Bourdôt G.W. 2010. Using species niche models to inform strategic management of weeds in a changing climate. // Biological Invasions 12, P. 3711–3725. <https://doi.org/10.1007/s10530-010-9764-1>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Yuliana Kulakova, PhD in Biology, Leading Researcher, Head of Research and Methodology Department of Invasive Plant Species, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: thymus73@mail.ru*

Vitaly Kulakov, Senior Researcher – Head of Inter-laboratory Comparisons Department, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: kulakov_vitalij@vniikr.ru*

Konstantin Grebennikov, PhD in Biology, Leading Researcher, Insects and Mites Ecology and Genetics Laboratory, FGBU “VNIICR”, Bykovo, Ramenskoye, Moscow Oblast, Russia; *e-mail: kgrebennikov@gmail.com*