

УДК 574:631

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Ларина Г.Е.

Государственный университет по землеустройству, Москва, e-mail: gala.larina@mail.ru

В работе показаны практические возможности геоинформационных технологий и специализированных баз данных при решении вопросов экологического мониторинга и рационального природопользования сельскохозяйственных земель. Дан анализ эффективности и недостатков компьютерных баз данных на основе реляционной, объектно-реляционной и объектно ориентированной модели. Наиболее эффективны при решении вопросов рационального природопользования сельскохозяйственных земель, экологизации сельского хозяйства, выборе стратегии защиты посевов разных культур и способов регулирования качества окружающей среды геоинформационные системы, включающие объектно ориентированные базы данных. В качестве примера рассмотрена процедура принятия решения по выбору комплекса мероприятий в посевах зерновых культур (пшеница) на территории Центрального, Южного и Приволжского округов Российской Федерации, направленного на повышение конкурентоспособности культурного растения или «экологическая стратегия». Рациональное природопользование сельскохозяйственных земель заключается в получении стабильных урожаев и поддержании плодородия земель. Поэтому для угодий с высокой конкуренцией сорного растения в посевах сельскохозяйственных культур рекомендовано применение комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий (севооборот, удобрения, пестициды и др.); средней и слабой – агрохимические методы.

Ключевые слова: базы данных (БД), агроэкология, объектно ориентированная модель, геоинформационные системы (ГИС), гербициды, экологическая стратегия

INFORMATIVE ASSURANCE PROCEDURE OF RATIONAL WILDLIFE MANAGEMENT IN OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Larina G.E.

State University of Land Management, Moscow, e-mail: gala.larina@mail.ru

The paper demonstrates practical possibilities geo-information technologies and special databases in dealing with of ecological monitoring, environmental management of farmland and others. The analysis of the effectiveness and limitations of computer databases based on a relational, object-relational and object-oriented model. Geographic information systems, which include object-oriented database, the most effective in dealing with environmental management of agricultural lands the greening of agriculture, the choice of crop protection strategies of different cultures and ways of controlling the quality of the environment. As an example, the procedure for making a decision on the selection of a set of measures in the cereal crops (wheat) in the Central, Southern and Volga Federal District of the Russian Federation, aimed at increasing the competitiveness of the crop plant or «ecological strategy». Rational nature farmland is to obtain stable yields and maintain soil fertility. And, to land a highly competitive weed in crop and recommended the use of a complex of agrotechnical and agrochemical activities (crop rotation, fertilizers, pesticides, etc.); moderate and low – agrochemical methods.

Keywords: data base (DB), agroecology, object-oriented model, geographic information systems (GIS), ecological strategy

Достижения в точных науках и информационных технологиях позволили перейти к активному этапу систематизации разнородной научной и мониторинговой информации полученной ранее, а также структурированию и анализу новых данных, в том числе, ранее не известных. Для конструирования геоэкологических систем требуются многолетние наблюдения, на основании которых изучаются природные законы, проводится анализ и интерпретация.

В современном мире вопросы рационального природопользования в свете проблем продовольственной безопасности страны, охраны окружающей среды в геоэкологическом масштабе и эффективном применении природных ресурсов на острие.

Анализ доступной информации показал, что баз данных (БД), в которых структурируются массивы информации с большим

числом характеристик по значительному числу признаков существует достаточно много (*botsad.ru*; *nature.vspu.ru* и др.). Архитектура БД развивалась и усложнялась по мере развития технического обеспечения и главное доступности персональных компьютеров. Самыми простыми и наиболее распространёнными являются *реляционные* БД. Информация в них представлена в виде двумерных таблиц, что позволяет легко вводить и модифицировать данные, например, проект «Биоразнообразие России» (www.zin.ru/BioDiv). Следующим шагом стало развитие *объектно-реляционных* БД, которые хранят и управляют данными по принципу реляционных, но предоставляют возможность анализировать и прогнозировать природные ситуации с помощью запросов, например, БД «Сорные растения России» [2]. Главный недостаток реляци-

онных и объектно-реляционных БД – это сложные, объемные структуры данных, которые для сохранения в таблицах должны быть модифицированы, а при выборке вновь объединены из этих таблиц, чтобы образовать необходимые по запросу структуры. Решением этой проблемы является *объектно ориентированная модель*, которая не имеет затруднений по сохранению и выборке сети или иерархии взаимосвязанных объектов.

Целью наших исследований стал анализ возможностей применения разноуровневых БД для решения вопросов рационального природопользования в рамках агроэкосистемы.

Материалы и методы исследования

В исследованиях применялись многолетние экспериментальные данные (оценка качества почв, состав и структура агроценозов, урожайность сельскохозяйств, динамика разложения действующих веществ гербицидов и др.), полученные автором в маршрутных наблюдениях, а также данные из отчетов экономической и статистической информации Росреестра, Федеральной службы государственной статистики (www.gks.ru), Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (www.meteorf.ru). Экспериментальные и литературные данные систематизировались и анализировались программными средствами: *MS Excell*, *Statistica*, *MS Access*; картографическая информация – *MapInfo* (<http://www.esri-map.ru>), *AgroAtlas* (<http://www.agroatlas.ru>) и *ГИС_Конструктор* (map.tskm.ru, www.stroylist.ru).

Для информационного обеспечения процедуры рационального природопользования сельхозугодий мы рассматривали как верхний уровень – агроэкосистему, или автотрофную экосистему, в которой выделяли модуль «биоценоз поля» (отражает связи культурного растения, фитофагов, энтомофагов, сорняков) и модуль «почва – растение» (набор условий для оптимального роста и развития растений).

Большинство БД [1–6] предназначено для хранения многоплановой информации о климатических условиях, видах растений и животных (номенклатура, описание, география и экология вида), почвах и землях, а также карт их распространения.

Поэтому БД были разделены условно, с учетом специализации, на:

– *БД Справочник*: электронная коллекция иллюстраций с сопутствующими текстовыми описаниями (в том числе и по морфологическим признакам растений, животных, почвенных горизонтов и др.), предназначена для ознакомления с высшими растениями, а также описаниями родов, семейств и классов.

– *БД Определитель*: компьютерная программа для определения видовой принадлежности неизвестной, взятой в природе и принесенной в лабораторию той или иной части растения (побега, листа, цветка или плода) по ее морфологическим признакам; микрочастиц почвы, грунта и др.

– *БД География*: информация о месте сбора объекта исследования (растения, образцов почвы, грунта, воды, воздуха и др.). Это помогает выводить ареалы распространения объектов исследования на карту через географические координаты точек обследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Реляционные базы данных

Условия роста высших растений соответствуют природному комплексу и отдельным его элементам: сумме активных температур за период вегетации, качеству почвы, степени увлажнения, требованиям к свету и др. В агроэкосистеме статус ассоциаций сорных растений и их вредоносность определяются агротехникой выращивания соответствующих сельскохозяйств, почвенно-климатическими характеристиками зоны и конкретными погодными условиями вегетационного сезона. Применение средств химической защиты растений, например, гербицидов следует рассматривать как прием оперативного управления численностью сорного ценоза в агроэкосистеме с максимально возможной степенью безопасности для окружающей среды. Отметим, что во взаимоотношениях между культурными и сорными растениями важную роль играет межвидовая конкуренция или конкурентное сдерживание.

В программе *MS Excell* нами была создана *Реляционная БД «Поле»* [3, 6]. В ней содержится информация, полезная для оценки состояния агроценоза и анализа взаимоотношений растений. Мониторинговую информацию систематизировали с помощью стандартных электронных бланков учета и анализа сорной растительности: *Stachys annua* L. (чистец однолетний), *Plantago major* L. (подорожник большой), *Cirsium arvense* (L.) Scop. (бодяк полевой), *Sonchus arvensis* L. (осот полевой), *Gnaphalium uliginosum* L. (сушеница топяная), *Spergula arvensis* L. (торица полевая), *Chenopodium album* L. (марь белая), *Barbarea vulgaris* R. Br. (сурепка обыкновенная), *Stellaria media* (L.) Vill. (звездчатка средняя), *Viola arvensis* Murr. (фиалка полевая), *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt. (лепидотека душистая), *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (ромашка непахучая) и др. Анализ особенностей роста разных видов сорняков в посевах конкурирующей культуры выявил влияние погодных условий на межвидовую конкуренцию растений. Установлено, что максимально адаптированными к стрессовым ситуациям были лепидока, фиалка, сушеница, подорожник, чистец в посевах *Pisum sativum* L. (горох посевной); фиалка, торица и подорожник – *Vicia faba* L. (бобы кормовые); ромашка, фиалка, звездчатка, осот – *Triticum durum* Desf. (пшеница твердая озимая). Во всех наблюдаемых модулях «биоценоз поля» с увеличением осадков нарастала численность подорожника и тори-

цы, т.е. в этих условиях культура практически не конкурентоспособна по отношению к этим сорнякам. Четко выделялась конкурентоспособность озимой пшеницы. Эта культура проигрывала только осоту и мари, рост которых определялся наличием достаточного запаса влаги в почве. С помощью модуля «почва-растение» было установлено, что в посевах зернобобовых культур чистец, подорожник, сушеница, торница, фиалка, лепидока реагировали на изменения комбинации факторов – температуры и влажности. Это связано не только с представительностью в сорном ценозе разных биологических групп растений, но и высокими потребностями самой культуры в тепле и влаге.

1095 записей; географическая область // метеоусловия – 14 // 29 записей; уровень хозяйства // уровень поля – 22 // 26 записей.

Инструментальный мониторинг модуля «почва-растение» [3] и, в частности, почвенного плодородия проводили химическим методом (анализ содержания органического вещества, уровень кислотности, остаточные количества пестицидов) и биоиндикацией (отклик-реакция растений на уровень плодородия почвы по сравнению с контролем – фитотоксичность). Химический анализ почвенных образцов [4] показал, что на 90 сут. после применения сульфонилмочевинных и имидазолиновых гербицидов в условиях дерново-подзолистой почвы содержание их остаточных количеств не превысило 1–9%

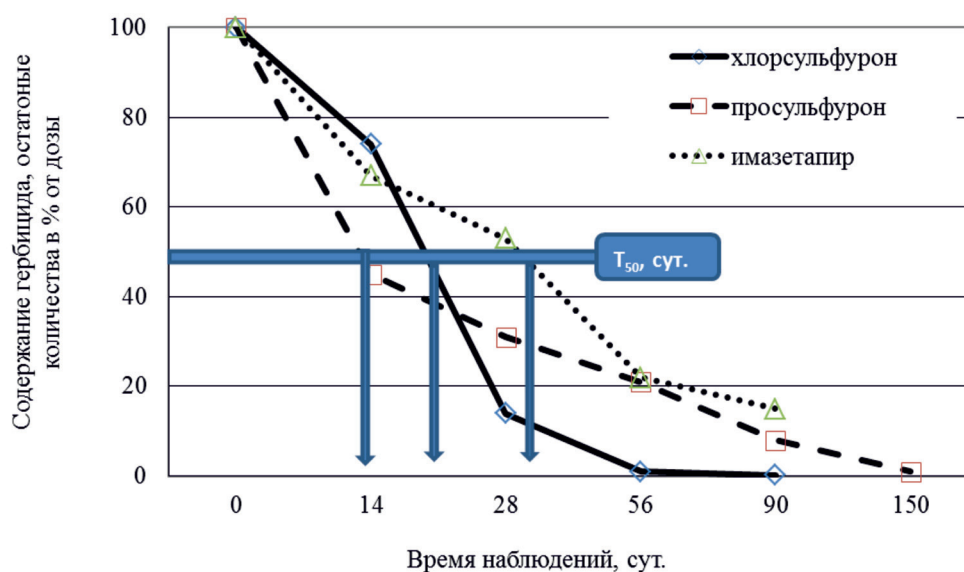


Рис. 1. Динамика содержания гербицидов в кислой почве

Объектно-реляционные базы данных

Важным вопросом практики ведения сельского хозяйства является моделирование и прогноз разных ситуаций, которые были реализованы в программе MS Access с помощью объектно-реляционной модели [5, 10], на основе которой создана информационно-поисковая система «АГРОЭКОСИСТЕМА_Гербицид» (модуль «биоценоз поля», «почва-растение»), включает систему управления (запросы, формы, отчеты, макросы) специализированными БД, которые содержат:

- *простые таблицы* – вредные организмы – 375 записей, пестициды – 472 записи, культурное растение – 136 записей, сорт – 43 записи, почвы – 105 записей;

- *составные таблицы* – опыт // эффективность – 244 // 3192 записи; действующее вещество // персистентность – 461 // 35 записей; фитотоксичность // индикатор – 233 //

от исходной дозы. Биоиндикация остатков гербицидов в почве идентифицировала 7–15% уровень содержания препаратов от внесенного количества, по сравнению с аналитическим методом, что свидетельствовало о получении методом биоиндикации суммарной оценки фитотоксичности пестицида и его метаболитов.

Согласно расчету 50%-ого разложения гербицидов в почве (рис. 1) получили: для хлорсульфурана $T_{50} = 21$ сут, просульфурона – 14 сут, имазетапира – 30 сут. Далее прогноз периода самоочищения почвы с помощью логарифмических моделей: для хлорсульфурана ($y = -69,8 \cdot \ln(x) + 104,6$ / $r^2 = 0,92^1$), для просульфурона ($y = -53,2 \cdot \ln(x) + 92,7$ / $r^2 = 0,96$), имазета-

¹ y – содержание гербицида в пахотном слое почвы (%), x – время (сут), r^2 – коэффициент детерминации.

пира ($y = -53,7 \cdot \ln(x) + 102,5 / r^2 = 0,97$) показал, что в течение вегетационного сезона уровень содержания остаточных количеств гербицидов снизится до величины разрешенного значения $ПДК_{почва}$. Поэтому для агроэкосистемы в условиях кислых почв при промывном водном режиме применение изучаемых гербицидов практически безопасно.

Данные по динамике содержания гербицидов в почве, фитотоксичности растений и прогнозные модели с рекомендациями, полученными по ним, сохраняются в информационно-поисковой системе «АГРОЭКОСИСТЕМА_Гербицид» и в дальнейшем используются в процедуре планирования рационального природопользования в сельхозпроизводстве, например, формировании севооборотов.

Процедуры наполнения БД информацией и функционирование проблемно ориентированной ГИС опираются на использование заранее определенных технических и программных средств (в первую очередь, ГИС-пакетов).

Экологическая ниша высшего растения определяется его положением и реакцией на факторы гиперпространства. Отдельный вид занимает неясно очерченное диффузное пространство, которое может перекрываться с пространством другого вида или «индекс пригодности местообитания» – *habitat suitability index* [5–10]. Поэтому для описания экологической ниши использовали **объектно-реляционные** модели. На базе возможностей ГИС Конструктора (map.tskm.ru, grafika.stu.ru, www.stroylist.ru) была

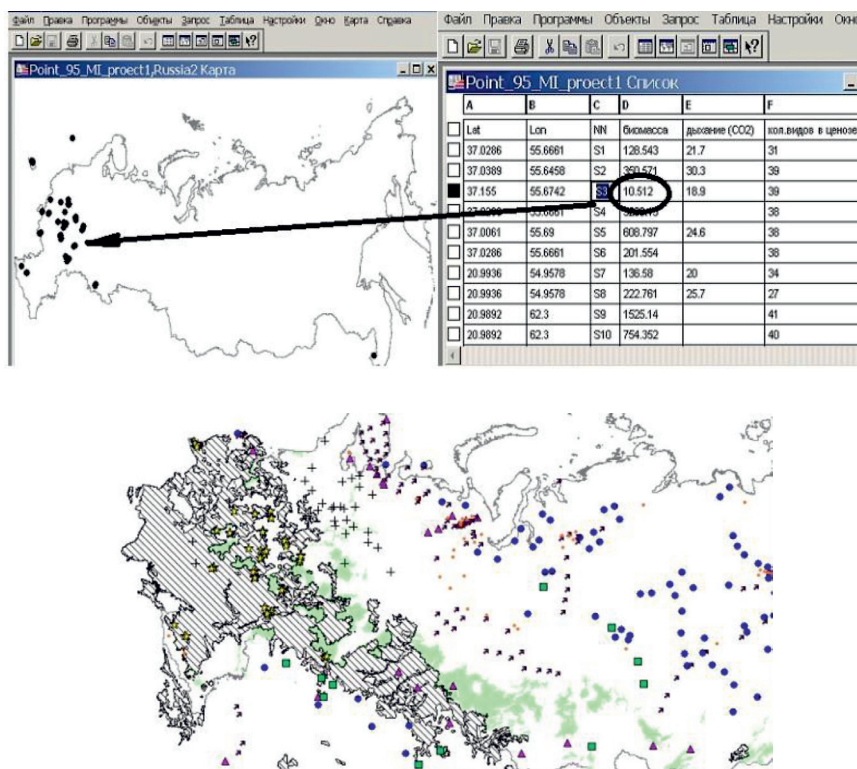


Рис. 2. Программные возможности объектно-реляционной модели:
слева – систематизация и визуализация информации экспедиционных исследований (векторизация – подготовка полигонов, наборов точек и пр., ввод координат и корректировка привязок – выбор проекции); справа – прогноз формирования агропопуляции (площадные объекты – посевы зерновых колосовых культур, точечные объекты – тип засоренности)

Объектно ориентированные базы данных и географические информационные технологии

Общей характеристикой географических информационных систем (ГИС) служит их проблемная ориентация, поскольку формулировка проблемы обычно включает предметные и территориальные аспек-

создана специализированная БД, в которой нашла отражение информация для модуля «биоценоз поля» и «почва – растение» (рис. 2). Применение возможностей программного продукта, сочетающего функции статистики и геоинформационных технологий особенно полезно в современных условиях при решении следующих вопросов:

анализ распространения видов растений, установление границ географического распространения – интродукция злостных видов сорняков, прогноз формирования агропопуляции сорняков в практике ведения сельхозпроизводства, рациональное природопользование земель разного назначения (рис. 3). В специальном исследовании изучили условия произрастания сорняков разных биологических групп в посевах пшеницы (озимая, яровая) на территории Нечерноземной зоны (НЧЗ) – Центральный округ и Черноземной зоны (ЧЗ) – Южный и Приволжский округ. В России основные районы распространения яровой пшеницы – Поволжье, Южный Урал, юг Западной и Восточной Сибири, южная часть Хабаровского края и Амурской об-

ласти; озимой пшеницы – Северный Кавказ (Краснодарский край, Ростовская область), Центрально-Черноземный район, правобережная часть Поволжья [7]. Для роста и развития яровой пшеницы общая сумма активных температур, необходимых в вегетационный период, колеблется в пределах 1200–1700 °С; для озимой пшеницы – 1200–1500 °С. Лимитирующим фактором в накоплении биомассы растений в таежно-лесной зоне является температура, в степной – влажность. Анализ экологических ниш культурного и сорного растения выявил межвидовую конкуренцию, которая, например, усиливалась в весенний период в посевах озимой пшеницы, численность сорняка превышала 5 % уровень (таблица).

Уровень засоренности (экз./м²) в посевах зерновых культур на территории Центрального (НЧЗ), Южного и Приволжского (ЧЗ) округов

Название	Название	НЧЗ		ЧЗ	
русское	латинское	осень	весна	осень	весна
Пшеница озимая					
бодяк полевой	Cirsium arvense	4 (3)*	2 (1)	1 (2)	1 (1)
сурепка обыкновенная	Barbarea vulgaris	16 (1)	16 (1)	1 (2)	3 (3)
марь гибридная	Chenopodium hybridum	4 (5)	31 (4)	1 (2)	4 (4)
пастушья сумка	Capsella bursa-pastoris	12 (1)	49 (6)	1 (2)	1 (1)
Пшеница яровая					
бодяк полевой	Cirsium arvense	0	4 (2)	0	3 (2)
сурепка обыкновенная	Barbarea vulgaris	0	37 (11)	0	2 (1)
марь гибридная	Chenopodium hybridum	0	16 (6)	0	9 (6)
пастушья сумка	Capsella bursa-pastoris	0	0	0	4 (3)

Пр и м е ч а н и е . *В скобках в % от общей суммы численности растений в агроценозе.

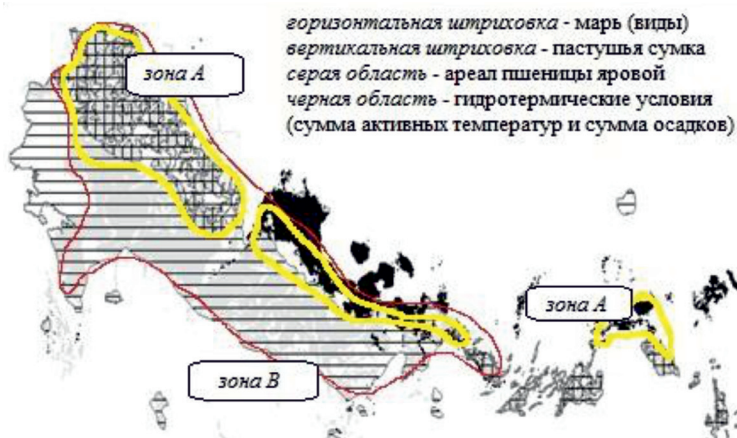


Рис. 3. Области высокой конкуренции однолетних сорных растений в посевах пшеницы яровой: распространение марь (виды) – горизонтальная штриховка, пастушьей сумки – вертикальная штриховка; ареал пшеницы яровой – серая область и черная область – гидротермические условия (сумма активных температур и сумма осадков)

Далее методом графической визуализации получили регионы с разным уровнем конкуренции сорной растительности в посевах яровой пшеницы (рис. 3), что определило комплекс мероприятий, направленных на повышение конкурентоспособности культурного растения. Рациональное природопользование сельхозугодий заключается в получении стабильных урожаев и поддержании плодородия земель [3, 7, 8], поэтому для области высокой конкуренции (зона А на рис. 4) рекомендовано применение комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий (севооборот, внесение удобрений, применение пестицидов и др.); средней и слабой (зона В на рис. 4) – агрохимические методы.

Заключение

Практические возможности геоинформационных технологий и специализированных баз данных очень гибки при решении вопросов экологического мониторинга и рационального природопользования в сельскохозяйственном производстве. Анализ существующих методов показал, что реляционные базы данных просты в использовании, но имеют ограничения по объему (количество) и качеству (разный формат данных) сохраняемой информации. Объектно-реляционные модели удобны и эффективны, но требуют обучения (настройки) по экспериментальным данным для каждого модуля «биоценоз поля», «почва-растение» в условиях разных почвенно-климатических зон и уровнях детализации информации. Геоинформационные системы, включающие объектно ориентированные базы данных, наиболее эффективны при решении вопросов рационального природопользования сельхозугодий, выборе экологической стратегии защиты посевов разных культур и др. В условиях ведения разных практик сельскохозяйственного производства весьма полезны электронные карты, на которых визуализирована информация по экологическому ареалу «вредного» вида, а также моделируемые ситуации формирования агропопуляции (культурного растения, сорняка, вредного объекта и др.). Однако уровень качества прогнозов, а следовательно, и принимаемых решений определяется информационными данными в предметном и территориальном аспекте.

Список литературы

1. Алимов А.Ф., Керзнер И.М., Лобанов А.Л., Степанянц С.Д. Роль зоологического института РАН в изучении биологического разнообразия России // Успехи современной биологии. – 2002. – Т. 122, № 1. – С. 6–15.
2. Лунева Н.Н. База данных «Сорные растения России» // Защита растений. – 2003. – № 9. – С. 41–42.
3. Ларина Г.Е. Экологический контроль состояния агроэкосистем // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – № 10. – С. 39–41.
4. Ларина Г.Е. Экологическое состояние почвы сельскохозяйственного назначения: индикация и прогноз // АГРО XXI. – 2010. – № 4–6. – С. 47–49.
5. Пузаченко Ю.Г. Экоинформатика. Общие методологические вопросы информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1992. – 131 с.
6. Ларина Г.Е., Хватыш Н.В. Геоинформационные технологии и экологизация сельского хозяйства. Фитосанитарная оптимизация агроэкосистем. III Всеросс. съезд по защите растений. – С.-Пб.: ВИЗР, 2013.
7. Ларина Г.Е. Эффективность комбинированных гербицидов на основе 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты и её производных // Агрохимия. – 2014. – № 1. – С. 45–56.
8. Larina G.E. Ecological assessment regulation of the use of herbicides European Science and Technology: material of the international research and practice conference // Science innovators. Germany, Wiesbaden. – 2012. – V. 1. – P. 334–339.
9. Won Kim. Object-Oriented Databases: Definition and Research Directions // IEEE Trans. Data and Knowledge Eng., 1990. – № 3. – P. 327–341.
10. Binns N.A. Habitat quality index procedures manual // Wyoming Game and Fish Dept. Cheyenne. WY, 1982. – 209 p.
1. Alimov A.F., Kerzhner I.M., Lobanov A.L., Stepan'janc S.D. Rol' zoologicheskogo instituta RAN v izuchении biologicheskogo raznoobrazija Rossii // Uspehi sovremennoj biologii. 2002. T. 122, no. 1. pp. 6–15.
2. Luneva N.N. Baza dannyh «Sornye rastenija Rossii» // Zashhita rastenij. 2003. no. 9. pp. 41–42.
3. Larina G.E. Jekologicheskij kontrol' sostojanija agrojekosistem // Aktual'nye problemy gumanitarnyh i estestvennyh nauk. 2010. no. 10. pp. 39–41.
4. Larina G.E. Jekologicheskoe sostojanie pochvy sel'skhozajstvennogo naznachenija: indikacija i prognoz // AGRO XXI. 2010. no. 4–6. pp. 47–49.
5. Puzachenko Ju.G. Jekoinformatika. Obshhie metodologicheskie voprosy informacii. L.: Gidrometeizdat, 1992. 131 p.
6. Larina G.E., Hvatysh N.V. Geoinformacionnye tehnologii i jekologizacija sel'skogo hozjajstva. Fitosanitarnaja optimizacija agrojekosistem. III Vseross. sezd po zashhite rastenij. S.-Pb.: VIZR, 2013.
7. Larina G.E. Jekektivnost' kombinirovannyh gerbicidov na osnove 2,4-dihlorfenoksiuksusnoj kisloty i ejo proizvodnyh // Agrohimiya. 2014. no. 1. pp. 45–56.
8. Larina G.E. Ecological assessment regulation of the use of herbicides European Science and Technology: material of the international research and practice conference // Science innovators. Germany, Wiesbaden. 2012. V. 1. pp. 334–339.
9. Won Kim. Object-Oriented Databases: Definition and Research Directions // IEEE Trans. Data and Knowledge Eng., 1990. no. 3. pp. 327–341.
10. Binns N.A. Habitat quality index procedures manual // Wyoming Game and Fish Dept. Cheyenne. WY, 1982. 209 p.

Рецензенты:

Лобойко В.Ф., д.т.н., профессор, президент ОО «Волгоградская межрегиональная Экологическая академия», ФГБОУ ВПО «Волгоградский ГАУ», г. Волгоград;

Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 12.02.2015.