

УДК 502/504:631.67

**Н. П. КАРПЕНКО**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва**ОСНОВНЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

*Главной темой исследований является постановка и разработка основных направлений решения проблема повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Научная новизна исследований заключается в разработке и использовании новых теоретических, методологических и методических подходов повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем при разработке теоретической концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Практическим результатом выполненных исследований является реализация предложенных принципов и новых подходов к созданию оросительных систем нового поколения: использование термодинамического подхода для оценки вещественно-энергетического состояния почв и оценке эффективности оросительных мелиораций в различных природно-климатических зонах России и системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками на оросительных системах. Для решения проблемы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения разработана обобщенная концептуальная модель, в основу которой положены следующие разработки: теоретические научные и методологические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем с использованием современных подходов к созданию систем нового поколения; новые инновационные технологии и технические средства, используемые на оросительных системах нового поколения; современные инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии. Разработка теоретической концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения позволяет обосновать и согласовать необходимый комплекс разработок по снижению антропогенных нагрузок и уменьшению негативных последствий их формирования с использованием термодинамических показателей имитационного моделирования, сценарных исследований, оценки геоэкологических рисков и экологических ущербов. Данные исследования могут быть использованы специалистами-мелиораторами, гидрогеологами, проектировщиками дренажных, водопонижительных и гидротехнических систем др.*

*Экологическая безопасность, функционирование, оросительные системы нового поколения, мелиоративные воздействия, термодинамический подход, энергоэффективность, системно-ситуационный подход, геоэкологический риск, управление геоэкологическими рисками.*

**Введение.** Одной из важнейших задач эффективного развития экономики и сельского хозяйства России является обеспечение продовольственной независимости и разработка наилучших доступных технологий и импортозамещения в области агропромышленного комплекса. В этом плане для обеспечения продовольственной независимости страны в условиях активного реформирования аграрного сектора существенно возрастает роль мелиорации в повышении объемов сельскохозяйственной продукции на внутреннем и мировом рынках, основу которого составляет

инновационное развитие мелиоративного фонда, базирующееся на достижениях научно-технического прогресса. Характерной особенностью современного сельского хозяйства в Российской Федерации является развитие мелиорации и, прежде всего, орошения, как одного из главных факторов обеспечения продовольственной безопасности страны [1].

В современных условиях функционирование большинства мелиоративных систем осложняется из-за ухудшения их технического состояния, моральной и физической изношенности насосного

оборудования, технических средств и т. д. Техническая и моральная изношенность основных фондов практически на всех действующих мелиоративных объектах, выработка нормативных сроков эксплуатации технических средств, резкое сокращение объемов работ по реконструкции, строительству, эксплуатации и техническому обслуживанию заставляют совершенствовать существующие и искать новые пути снижения экологической опасности функционирования мелиоративных систем.

К числу основных направлений развития мелиоративного фонда можно отнести следующее: создание мелиоративных систем нового поколения; разработка принципиально новых технологий создания и эксплуатации мелиоративных систем; оценка эффективности функционирования оросительных мелиоративных систем; автоматизация производственных процессов и управления производством; ресурсосберегающие технологии и т. д.

Актуальность исследований заключается в разработке теоретических, методологических и методических основ повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения.

**Объекты и методы исследований.** Основными методами исследований являются изучение фондовых и проектных материалов и публикаций открытого доступа институтов сферы мелиорации; нормативно-методические документы, новые современные подходы в изучении и оценке эффективности мелиоративных воздействий на агроландшафт; системный анализ, имитационное математическое моделирование; теория анализа, прогноза и управления рисками.

Проведенный анализ оценки функционирования оросительных систем в различных регионах России дает основание считать, что в настоящее время имеется три основных направления в решении проблемы повышения экологической безопасности оросительных систем нового поколения [2].

**Первое направление** связано с теоретическими и методологическими разработками научных основ снижения антропогенных нагрузок и повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем, включающих в себя:

концептуальную модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем;

новый термодинамический подход в оценке вещественно-энергетического состояния зонально-провинциальных почв и энергоэффективности применения оросительных мелиораций для различных природно-климатических зон Российской Федерации;

методологический системно-ситуационный подход к повышению экологической безопасности оросительных систем на основе теории управления техноприродными геоэкологическими рисками.

**Второе направление** связано с:

совершенствованием новых инновационных технологий и технических средств оросительных систем нового поколения, позволяющих повысить коэффициент использования воды, снизить потери воды на фильтрацию, повысить качество полива за счет внедрения водосберегающих технологий, обеспечивать получение высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур;

разработкой и внедрением новых модульных и функциональных технических средств многоцелевого назначения, обеспечивающих модернизацию современной дождевальной техники, способствующих сокращению оросительных норм и улучшению качества полива, уменьшению фильтрационных потерь, технологических сбросов на оросительных системах нового поколения;

совершенствованием новых инновационных технологий орошения и строительства оросительных систем, дренажа, каналов, структуры посевов, применения удобрений, освоения новых сортов и т. д.

**Третье направление** исходит из разработки новых инновационных и совершенствования существующих природоохранных и ресурсосберегающих технологий и технических решений, которые включают в себя:

разработку методов более глубокой очистки природных компонентов (почв, поверхностных, подземных, сбросных и коллекторно-дренажных вод);

применения новых химических мелиорантов и природных сорбентов для очистки коллекторно-дренажных и сбросных вод;

совершенствование способов утилиза-

ции коллекторных и дренажно-сбросных вод;

разработку наукоемких технологий управления системами комплексной мелиорацией земель, включая информационные технологии по регулированию природно-мелиоративными процессами, воспроизводству почвенного плодородия, формированию мониторинговых исследований для оценки состояния мелиорированных земель и т. д.

Одним из основных принципов научного создания оросительных систем нового поколения является разработка концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем на основе новых подходов к обоснованию развитию оросительных мелиораций и новых методов управления и технологий на мелиоративных системах.

**Результаты и обсуждение.** Для

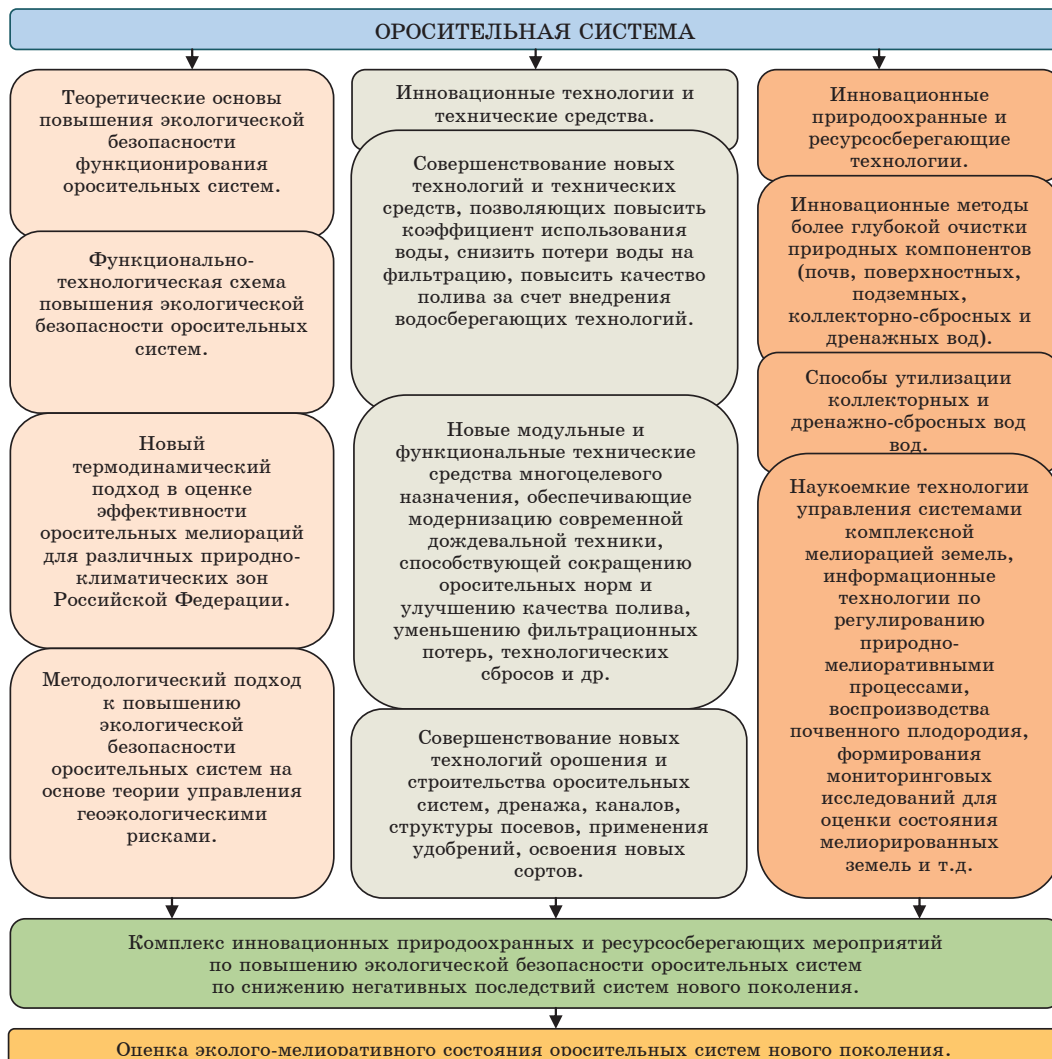
решения поставленной проблемы была разработана обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения. Основу концептуальной модели составляют три базовых комплекса разработок:

теоретические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем на основе современных методов изучения компонентов природной среды и оценке эффективности мелиоративных воздействий;

инновационные технологии и технические средства на оросительных системах нового поколения;

инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии.

Обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения показана на рисунке 1.



**Рис. 1. Обобщенная концептуальная модель повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения**

Основной алгоритм формирования концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения состоит в разработке и формировании адаптивных инновационных технических средств и технологий на основе компромиссных решений в согласовании мелиоративных воздействий и параметров природного объекта с использованием новых теоретических и методических подходов по оценке термодинамического состояния природных объектов, основ теории управления рисками, методов разработки информационных систем управления водопользованием на орошении и т. д.

**В основу базового комплекса разработок теоретических основ** повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения положены новые современные подходы [3, 4]:

теоретический термодинамический подход, позволяющий на основе методов теории неравновесной термодинамики и закономерностей энергетических превращений в почвах рассчитать вещественно-энергетическое состояние различных почв и оценить эффективность оросительных мелиораций в различных природно-климатических условиях;

методологический системно-ситуационный подход к управлению геоэкологическими рисками, позволяющий на основе диагностики формирования негативных последствий, прогнозирования сценарных исследований антропогенных нагрузок, анализа и оценки геоэкологических рисков и обобщенных экологических ущербов снизить рисковую ситуацию развития негативных процессов и компенсировать затраты на природоохранные мероприятия на оросительных системах [5].

Реализация термодинамического подхода для оценки энергетического состояния почв при проведении оросительных мелиораций и расчетов коэффициента энергоэффективности проведения оросительных мелиораций была выполнена для различных природно-климатических зон Европейской территории России [6], которая показала эффективность их проведения, особенно в засушливых зонах (рис. 2).

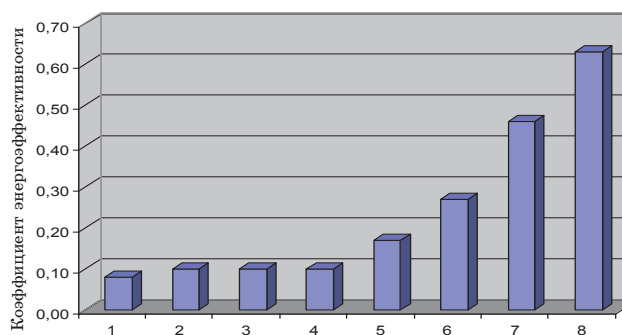


Рис. 2. Динамика коэффициента энергоэффективности проведения оросительных мелиораций для зонально-провинциальных типов почв Европейской территории России: 1 – дерново-подзолистые; 2 – серые лесные; 3 – черноземы выщелоченные; 4 – черноземы типичные; 5 – черноземы обыкновенные; 6 – черноземы южные; 7 – каштановые; 8 – бурые пустынные

Использование системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками на оросительных системах позволило разработать структурную схему, предполагающую создание **двух блоков**: блока идентификации геоэкологического риска и имитационного моделирования для оценки ущербов и блока управления рисками путем разработки природоохранных мероприятий, реализация которых позволит повысить экологическую безопасность функционирования оросительных систем (рис. 3) [7, 8].

**Вторым базовым комплексом разработок** в концептуальной модели повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем является разработка инновационных технологий и новых технических средств, используемых на системах нового поколения, с помощью которых можно повысить экологическую надежность оросительных систем:

разработка и усовершенствование конструктивных особенностей мелиоративных сооружений (совершенствование и более полный учет всех факторов, влияющих на повреждение и отказы);

высокое качество материалов составляющих элементов и узлов (повышение качества и прочности трубного материала, использование новых облегченных материалов, применение быстрой заменяемости, легкосменяемости, использование гибких и мягких конструкций и современных защитных изоляционных покрытий и т. д.); высокое качество строительных и



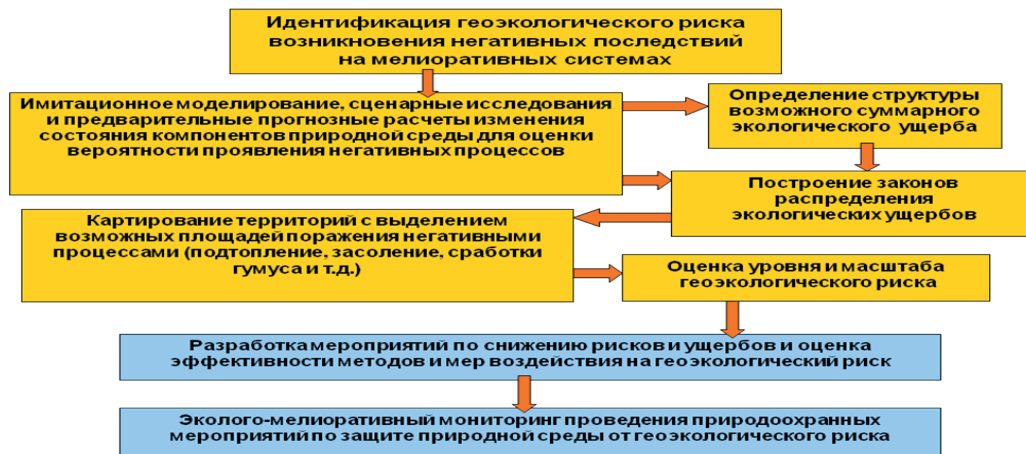


Рис. 3. Структурная схема управления геоэкологическими рисками на оросительных системах нового поколения

монтажных работ (повышение качества работ и постоянный контроль за их производством и выполнением);

надежная техническая эксплуатация (строгое соблюдение правил эксплуатации, оснащение современными передвижными средствами и механизмами для ремонта, внедрение современных технологий ремонта и т. д.);

своевременные организационно-технические мероприятия (повышение их качества, установление встроенных измерительных приборов в узлы для сбора необходимых данных);

систематические профилактические работы (повышение качества осмотров, ремонта и обеспечение запасными элементами).

Для повышения экологической безопасности оросительных систем в блоке инновационных инженерных сооружений необходима разработка экологических ограничений на качество оросительных, коллекторно-дренажных и сбросных вод, которые вводятся на объемы дренажного стока с загрязняющими веществами через предельно-допустимые сбросы (ПДС) и качество дренажных вод с учетом предельно-допустимых концентраций (ПДК).

**В третьем базовом комплексе разработок** – блоке инновационных природоохранных и ресурсосберегающих технологий основное внимание должно быть уделено на:

разработку и использование новых технологических приемов режима орошения и техники полива, совершенствование и внедрение водосберегающих технологий (дискретных способов поверхностного полива, обеспечивающих строгое нормирование орошения и сроков полива,

равномерное увлажнение почв, сокращение и полное устранение непроизводительных потерь и т. д.).

совершенствование интенсивных инновационных технологий гидромелиорации (использование устройств, дозаторов для регулирования подачи воды, удобрений, температуры, газового состава и т.п.; автоматизация удобрительного дождевания и т. д.).

совершенствование технологий в системах: двойного регулирования, капельного орошения, оборотного использования, синхронно-импульсного дождевания (использование плавучих и блочно-комплексных насосных станций и станций капсульного типа, широкой использование средств малой механизации и т. д.); совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Кроме того, особое внимание должно быть уделено на повышение уровня управления оросительных систем нового поколения, которое может быть достигнуто, прежде всего, путем разработки научных основ создания информационных систем управления водопользованием на орошении и широкого использования современных компьютерных ГИС-технологий.

Успешное решение поставленных задач повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения возможно при использовании ландшафтно-геосистемного подхода, позволяющего рассматривать природную среду как единую территорию, состоящую из взаимосвязанных взаимообусловленных компонентов, а

методической основой – изучение вещественных и энергетических потоков в ландшафте, в том числе водного и солевого режимов.

#### Выводы

Для решения проблемы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения разработана обобщенная концептуальная модель, в основу которой положены следующие разработки:

теоретические научные и методологические основы повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем с использованием современных подходов к созданию систем нового поколения;

новые инновационные технологии и технические средства, используемые на оросительных системах нового поколения;

современные инновационные природоохранные и ресурсосберегающие технологии.

В рамках теоретических научных разработок на основе термодинамического подхода проведена оценка вещественно-энергетического состояния зонально-провинциальных почв Европейской территории России и выполнена оценка эффективности оросительных мелиораций для различных природных зон.

С использованием системно-ситуационного подхода к управлению геоэкологическими рисками и общих вопросов теории управления рисками (анализа, прогноза и управления) усовершенствована методология оценки и прогноза геоэкологическими рисками, представляющую собой основу обеспечения и повышения экологической безопасности функционирования оросительных систем нового поколения.

#### Библиографический список

1. Кизяев Б. Б., Мартынова Н. Б. Реализация научных проектов в сфере развития мелиоративного комплекса России // Природообустройство. – 2015. – № 5. – С. 13–17.

13–17.

2. Манукьян Д. А., Карпенко Н. П. Экологическая безопасность функционирования техноприродных систем: состояние, проблемы и пути решения. – Монография. – М.: МГУП. – 2007. – 294 с.

3. Карпенко Н. П., Манукьян Д. А. Управление геоэкологическими рисками – основа экологической безопасности функционирования мелиоративных систем // Вестник РАСХН. – 2010. – № 6. – С. 63–65.

4. Манукьян Д. А., Карпенко Н. П. Вопросы управления геоэкологическими рисками на мелиоративных системах // Мелиорация и водное хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 26–29.

5. Карпенко Н. П. Основы диагностики формирования негативных последствий при антропогенных нагрузках для управления геоэкологическими рисками // Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России» (Костяковские чтения): материалы междунар. конф. – М.: Изд. ВНИИА. – 2013. – С. 289–293.

6. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных комплексных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587–596.

7. Карпенко Н. П. Структура и оценка геоэкологических рисков // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 45–50.

8. Карпенко Н. П. Геоэкологический риск: анализ, оценки, управление: Монография. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 145 с.

Материал поступил в редакцию 16.03.2016.

#### Сведения об авторе

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, профессор кафедры «Гидрология, гидрогеология и регулирование стока»; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»; 127550, г. Москва, Прянишникова, д.19; тел. 8(499)976-22-27; e-mail npkarpenko@yandex.ru.

#### N. P. KARPENKO

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

## MAIN WAYS OF IMPROVING ENVIRONMENTAL SAFETY OF FUNCTIONING OF IRRIGATION SYSTEMS OF A NEW GENERATION

*The main theme of researches is statement and development of main directions of solving a problem of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation. The scientific novelty of the researches is development and use*

*of new theoretical, methodological and methodic approaches of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems when developing a theoretical conceptual model of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation. The practical result of the fulfilled researches is realization of the proposed principles and new approaches to creation of irrigation systems of a new generation: usage of the thermodynamic approach to assessment of the real energy state of soils and assessment of the efficiency of irrigation reclamations in different natural-climatic zones of Russia and systematic-situational approach to the management of geoecological risks on irrigation systems. For solving the problem of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems of a new generation there is developed a generalized conceptual model based on the following developments: theoretical scientific and methodological bases of improvement of environmental safety of functioning of irrigation systems with usage of modern approaches to establishment of systems of a new generation; new innovation technologies and technical means used on the irrigation systems of a new generation; modern innovation environmental and resource saving technologies. Development of the theoretical conceptual model of a higher ecological safety of functioning of irrigation systems of a new generation allows substantiating and agreeing the necessary complex of development on reducing anthropogenic loadings and decreasing negative consequences of their formation using thermodynamic indicators, simulation modeling, scenario studies, assessment of geoecological risks and ecological damages. These investigations can be used by specialists-reclamation experts, hydro geologists, designers of drainage, water lowering and hydro engineering systems etc.*

*Environmental safety, functioning, irrigation systems of the new generation, ameliorative effects, the thermodynamic approach, energy efficiency, system-situational approach, geo-ecological risk, management of geo-ecological risks.*

#### References

1. Kizyaev B. B., Martynova N. B. Realizatsiya nauchnyh proektov v sfere razvitiya meliorativnogo kompleksa Rossii // Prirodoobustrojstvo. – 2015. – № 5. – S. 13–17.
2. Manukjyan D. A., Karpenko N. P. Ecologicheskaya bezopasnostj funkcionirovaniya tehnoprirodnih system: sostoyanie, problem i puti resheniya. – Monographiya. – M.: MGUP. – 2007. – 294 s.
3. Karpenko N. P., Manukjyan D. A. Upravleniye geologicheskimi riskami – osnova ecologicheskoy bezopasnosti funkcionirovaniya meliorativnyh system // Vestnik RASHN. – 2010. – № 6. – S. 63–65.
4. Manukjyan D. A., Karpenko N. P. Voprosy upravleniya geoecologicheskimi riskami na meliorativnyh sistemah // Melioratsiya i vodnoye hozyajstvo. – 2010. – № 5. – S. 26–29.
5. Karpenko N. P. Osnovy diagnostiki formirovaniya negativnyh posledstvij pri antropogennyh nagruzkah dlya upravleniya geoecologicheskimi riskami // Melioratsiya i problem vosstanovleniya seljskogo hozyajstva Rossii (Kostyakovskie chteniya): materialy mezhdun. conf. – M.: Izd. VNIIA. – 2013. – S. 289–293.
6. Kireicheva L. V., Karpenko N. P. Otsenka effektivnosti orositelnyh complexnyh melioratsij v zonaljnom ryady pochv // // Pochvovedenie. – 2015. – № 5. – S. 587–596.
7. Karpenko N. P. Struktura I otsenka geoecologicheskikh riskov // Prirodoobustrojstvo. – 2009. – № 3. – S. 45–50.
8. Karpenko N. P. Geoecologicheskij risk: analiz, otsenki, upravlenie: Monographiya. – Palmarium Academic Publishing, 2014. – 145 s.

Received on 16.03.2016.

#### Information about the author

**Karpenko Nina Petrovna**, doctor of technical sciences, professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation»; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d.19; tel. 8(499)976-22-27; e-mail npkarpenko@yandex.ru.