

i vodootvedeniya» (s izmeneniyami i dopolneniyami) (red. ot 30.11.2019) <http://base.garant.ru/70375124/>

6. Otechestvenny i zarubezny opyt vedeniya platnogo vodopolzovaniya v selskom hozyajstve: nauch. obzor / S.M. Vasiljev, A.V. Akopyan, M.V. Vlasov, N.I. Safarova; FGBNU «RosNIIPM». – Novocherkassk: 2012. – 27 s.

7. GOST R58376-2019 Meliorativnye sistemy i gidrotehnicheskie sooruzheniya. Explotatsiya. Obshchie trebovaniya. <http://docs.cntd.ru/document/1200163279>

8. Zolotukhina E.B. Metodicheskaya razrabotka. Osnovy biznes modelirovaniya. – M.: Akademiya Ai Ti, 2009. – 89 s.

The material was received at the editorial office
01.04.2020

Information about the authors

Burkova Yulia Gennadjevna, candidate of technical sciences, associate professor of information technologies in building; FАBEI HE RSAU-MAA named after С.А. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Bolshaya Akademicheskaya, 44; e-mail: burkova.msuee@mail.ru

УДК 502/504:631:519.9

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-25-32

Н.П. КАРПЕНКО¹, Л.В. КИРЕЙЧЕВА²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА АГРОЭКОСИСТЕМ

Цель исследований состоит в совершенствовании технологий и средств контроля регулирования мелиоративного состояния агроэкосистем и разработке научных подходов к автоматизации процессов регулирования показателей состояния агроэкосистемы. Установлено, что автоматизация регулирования физических параметров состояния агроэкосистемы возможна только с использованием цифровых технологий при оперативном управлении всеми технологическими процессами на мелиоративной системе. Проведен анализ показателей, требующих оперативного регулирования и которые позволяют увеличить энергетический потенциал почв за счет более эффективного использования суммарной солнечной радиации, формирующей продуктивность агрофитоценозов и плодородие почв. В качестве основного показателя выбран радиационный баланс подстилающей поверхности почв, прецизионное регулирование которого можно осуществить только с помощью профессиональных метеокомплексов. Предложен комплексный теоретико-технологический подход, связанный с разработкой оперативной информационно-функциональной и прогнозно-диагностической аналитической систем для автоматизированного регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем. В основе информационных систем лежит получение, хранение, обработка, архивация данных радиационного баланса на базе современного ГИС-инструментария и компьютерных средств.

Агроэкосистемы, прецизионное регулирование, цифровые технологии, информационно-функциональная система, прогнозно-диагностическая система, ГИС-инструментарий, метеокомплексы.

Введение. В настоящее время в России продуктивность сельскохозяйственных земель существенно отстает от их продукционного потенциала, что связано со многими причинами, в том числе с недостаточно

эффективным использованием солнечной радиации, которая является одним из главных климатообразующих факторов. Около половины суммарной радиации составляет фотосинтетически активная радиация

(ФАР), с длиной волн от 390 до 740 нм. Солнечная энергия, которая затрачивается на процессы, протекающие в экосистеме, зависит от альbedo и может меняться в экосистемах от 5...8% до 85...90% [1]. Суммарная радиация и альbedo определяют радиационный баланс агроэкосистемы, которые наряду с влагообеспеченностью территории, плодородием и свойствами почвы, а также их микробиологического режима формируют энергетическое состояние агроландшафта и его природно-ресурсный потенциал [2]. В связи с этим приоритетной проблемой становится повышение природно-ресурсного потенциала агроландшафтов при проведении комплексных мелиораций путем точного регулирования параметров мелиоративного состояния агроэкосистем, в том числе за счет более эффективного использования суммарной солнечной радиации при применении точного (прецизионного) регулирования параметров водного, воздушного, теплового, пищевого режимов и микробиологического состояния почвы, температуры и влажности приземного слоя атмосферы, внекорневого питательного режима растений и т.д. [3, 4].

Среди физических показателей, требующих оперативного автоматизированного регулирования, большое внимание уделяется составляющим радиационного баланса подстилающей поверхности почвы, что позволяет увеличить ее энергетический потенциал. Для устойчивого повышения урожайности и энергетического потенциала агроэкосистемы необходимо регулирование параметров мелиоративного состояния в строго заданном диапазоне и временном цикле, что позволит не только увеличить количество возвращаемой в почву энергии, но и сохранить установившееся соотношение энергетических потоков [5, 6]. Решить эту проблему представляется возможным только с использованием цифровых технологий при оперативном управлении всеми технологическими процессами на мелиоративной системе.

Цель исследований состоит в разработке оперативной информационно-функциональной и прогнозно-диагностической аналитических систем для регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем с применением цифровых технологий, обеспечивающих повышение продуктивности и энергетического потенциала мелиорируемых земель.

Материал и методы исследований.

Разработка информационно-функциональной и прогнозно-диагностической систем для регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем базируется на применении высокоточных современных технических средств и инструментария, автоматизированного оперативного сбора, обработки необходимой информации и прогнозирования возможного изменения параметров мелиоративного состояния агроэкосистем.

Основным показателем теплового режима приземного слоя атмосферы является радиационный баланс деятельной поверхности почвы, который представляет собой основной энергетический поток, поступающий в почву. Это поток лучистой энергии Солнца, который у поверхности почвы трансформируется в тепловую энергию. Разность между солнечной радиацией, поглощенной земной поверхностью, и эффективным излучением этой поверхности, представляет собой радиационный баланс, который выражается следующей формулой [7]:

$$R = Q \cdot (1 - \alpha) - I,$$

где Q – суммарная коротковолновая радиация, кДж/см²; α – альbedo, в долях от единицы; I – эффективное излучение, кДж/см².

Основной составляющей радиационного баланса является альbedo, которое представляет собой величину, характеризующую отражательную способность поверхности какого-либо тела [8].

Альbedo участков земной поверхности меняется в широких пределах и зависит от высоты солнца, облачности и свойств поверхности или участка.

Альbedo является важным экологическим фактором, который существенно влияет на межгодовые, сезонные и межсезонные колебания количества поглощающей ландшафтами солнечной радиации, поэтому от них зависит температурный режим и биологическая продуктивность экосистем и агроэкосистем [9].

Под влиянием орошения радиационный баланс, как правило, возрастает вследствие снижения альbedo отражающей поверхности. Это объясняется увеличением количества поглощенной коротковолновой радиации, а также снижением температуры подстилающей поверхности и увеличением влажности приземного слоя воздуха. Так,

по данным С.И. Харченко [10], величина радиационного баланса после полива повышалась на 10...20%. Близкие значения возрастания радиационного баланса в условиях орошения приведены и в работах [11, 12].

Переувлажненные почвы медленнее нагреваются и отличаются значительно меньшей теплопроводностью, осушение таких почв приводит к повышению ее температуры за счет поглощения лучистой энергии. Если почва поглощает больше лучистой энергии, чем отдает тепла в атмосферу,

то происходит ее нагревание, и тепло начинает распространяться в нижележащие почвенные слои. Чем больше разность между температурой верхних и нижних слоев почвы, тем больше тепла уходит вниз. При охлаждении почвы часть тепла, аккумулированного в ее нижних слоях, передается вверх, а это позволяет увеличить величину радиационного баланса.

Основные величины отражательной способности (альбедо) для различных поверхностей показаны на рисунке 1 [13].

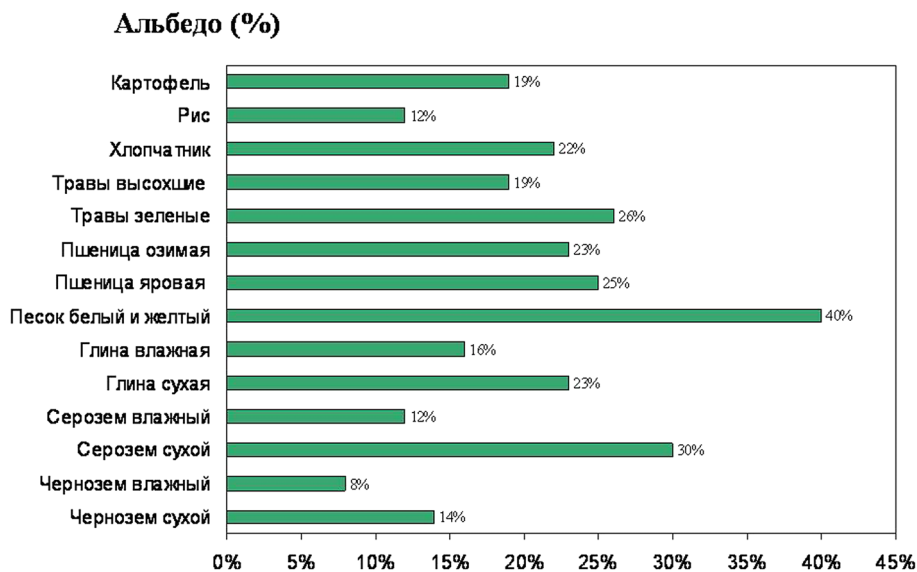


Рис. 1. Значения отражательной способности (альбедо) различных поверхностей

Анализ опубликованных данных показывает, что установлена зависимость динамики альбедо (α) от влажности (W), показывающая заметное снижение альбедо от весовой влажности почвы. Так, для дерново-подзолистых почв альбедо изменяется в пределах 0,25...0,30 в сухом состоянии – 0,12...0,07, при влажности –16...18%.

Радиационный баланс как разница между поглощенной суммарной радиацией и эффективным излучением подстилающей поверхности изменяется в зависимости от широты местности и времени года. Так, в тундре он равен 42...84 кДж/см², в южной тайге – 126...167 кДж/см², в черноземной зоне – 126...209 кДж/см², а в тропиках превышает 314 кДж/см² в год. Величина радиационного баланса и дальнейшее преобразование фактически поступившего в почву тепла тесным образом связана с тепловыми свойствами почвы и определяет ее энергетическое состояние: энергетический потенциал почвы, агро- и биоклиматические показатели, показатели питательного

режима и т.д., что в конечном итоге сказывается на оценке продукционного потенциала агроэкосистемы.

Составляющие радиационного баланса подлежат непосредственному измерению на профессиональных метеостанциях, оснащенных различными многофункциональными датчиками и высокоточными сенсорами, позволяющими измерять в полевых условиях такие показатели, как: солнечная радиация, температура и относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра, увлажнение листа, температура и влажность почвы, атмосферное давление и т.д.

При сборе открытой и достоверной исходной информации о параметрах мелиоративного режима предлагается использовать современный инструментальный технический средств и контрольно-измерительной аппаратуры – автоматические профессиональные метеостанции, которые позволяют проводить автоматизацию наблюдений за составляющими показателями мелиоративного

режима. В последнее время наиболее широкое применение имеют профессиональные автоматические комплексы: метеостанции DAVIS, метеокомплексы МК-26 и промышленные метеостанции Сокол-М. Вся статистическая информация, собранная метеостанциями за определенный период, накапливается, анализируется, суммируется и графически отображается программируемым устройством регистрации данных.

Результаты исследований и их обсуждение. За основу структуры оперативного регулирования составляющих радиационного баланса может быть принята автоматизированная информационно-функциональная система (АИФС), которая создается на базе компьютерных сред и представляет собой систему сопряжения электронно-вычислительных систем (ЭВМ) и географических информационных систем (ГИС) (рис. 2).



Рис. 2. Структурная схема автоматизированной информационно-функциональной системы регулирования радиационного баланса агроэкосистем

Автоматизированная система сбора, обработки и интерпретации данных (АССОИД) по составляющим радиационного баланса агроэкосистем представляет собой базу данных, которая реализуется с помощью ЭВМ с интерфейсом связи USB, GSM, RS-485. В систему входят данные о составляющих радиационного баланса, поступающие с комплексов метеостанций, которые накапливаются, предварительно обрабатываются, сортируются и затем используются для оценки и прогноза мелиоративного режима агроэкосистем.

С помощью автоматизированной системы оценки и прогноза составляющих радиационного баланса (АСОП) решаются вопросы по оценке оперативного среднесрочного прогноза мелиоративного состояния агроэкосистем с использованием ГИС-технологий и постоянно действующих моделей (ПДМ).

Автоматизированная система регулирования радиационного баланса (АСР) агроэкосистем осуществляется путем реализации научных рекомендаций с использованием ГИС-технологий.

Все блоки автоматизированной системы взаимосвязаны и образуют единую информационно-функциональную систему

регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем. Основным вопросом организации автоматизированной информационно-функциональной системы оперативного регулирования радиационного баланса является ее информационное, техническое и математическое обеспечение.

Информационно-функциональная система оперативного регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем должна быть подключена к системе автоматизированного измерения и сбора гидрометеорологической статистической информации на профессиональных метеокомплексах и метеостанциях, для которых разработаны автоматические блоки регистрации и обработки измерительной информации через спутники, например Iridium (система гражданской спутниковой связи, которая покрывает 100% поверхности нашей планеты).

В рамках разработки и построения автоматизированной системы регулирования мелиоративного состояния агроэкосистем была разработана структурная схема прогностно-диагностической системы регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема автоматизированной прогнозно-диагностической системы регулирования радиационного баланса агроэкосистем

В составе структурной схемы оперативной прогнозно-диагностической системы регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем выделяются несколько основных блоков:

- блок выбора инструментария и технических средств для получения составляющих радиационного баланса подстилающей поверхности;
- блок обоснования средств оперативного контроля и приемных устройств для автоматизации регулирования составляющих радиационного баланса;
- блок первичной обработки данных и интерпретации информации по составляющим радиационного баланса с использованием стандартных программ и программ интерпретации;
- база статистических данных и автоматизированная информационно-поисковая система составляющих радиационного баланса зональных типов почв агроэкосистем Нечерноземной зоны РФ;

- блок оперативного контроля для автоматизации регулирования составляющих радиационного баланса при формировании мелиоративного режима агроэкосистем;

- блок прогнозного регулирования автоматизации составляющих радиационного баланса при формировании мелиоративного режима агроэкосистем.

Непрерывная система сбора статистической информации по составляющим радиационного баланса позволяет не только непрерывно и оперативно собирать информацию о контролируемых показателях подстилающей поверхности, но и накапливать, систематизировать информацию и проводить оперативный контроль для автоматизации регулирования составляющих радиационного баланса при формировании мелиоративного режима агроэкосистем [14, 15].

Оперативный контроль за формированием мелиоративного режима агроэкосистем проводится в рамках системы автоматизированного регулирования составляющих

радиационного баланса, которая представляет собой несколько увязанных между собой специальных подсистем:

– подсистему непрерывного сбора наблюдений для получения показателей составляющих радиационного баланса, позволяющую считывать информацию по специальным датчикам метеостанций. Подсистема непрерывного сбора наблюдений основана на базе современных технологий (платформа NET) и базе данных (Microsoft SQL Server или Oracle).

– подсистему непрерывной передачи и хранения информации составляющих радиационного баланса данных метеостанций, позволяющую создавать базу статистических данных на персональных компьютерах со специализированным программным обеспечением;

– подсистему обработки, анализа и отображения информации метеостанций составляющих радиационного баланса данных, позволяющую проводить непрерывный сбор наблюдений для получения показателей радиационного баланса данных метеостанций.

Подсистема обработки и анализа информации представляет собой программу, которая устанавливается на рабочее место оператора и отображает информацию о составляющих радиационного баланса. На мониторе оператора отображается электронная карта или схема с точками мониторинга, расположение которых соответствует расположению стационарных профессиональных метеоккомплексов, находящихся в различных местах.

Основная часть статистической информации расположена на центральном сервере и позволяет через Интернет-браузер получать информацию о составляющих радиационного баланса из любой точки, где есть доступ в Интернет. Центральный сервер представляет собой мощный компьютер со специальным программным обеспечением, который может располагаться как на метеостанциях и динамических постах мелиорируемых земель и агроландшафтов, так и вблизи них и является центром сбора и первичной обработки информации, на котором формируется база данных, содержащая информацию об изменении показателей.

Подсистема строится на базе персонального компьютера, укомплектованного современным программным обеспечением, позволяющим в режиме реального времени получать информацию о динамике

составляющих радиационного баланса, мелиоративных воздействий и прогнозном регулировании составляющих радиационного баланса при формировании мелиоративного режима агроэкосистем.

Выводы

Автоматизированная оперативная информационно-функциональная и прогнозно-диагностическая системы регулирования составляющих радиационного баланса являются основой для комплексного регулирования агроэкосистем и повышения энергетического потенциала почв за счет более эффективного использования суммарной солнечной радиации, формирующей плодородие почв и продуктивность агрофитоценозов.

Информационно-функциональная и прогнозно-диагностическая аналитические системы для регулирования составляющих радиационного баланса агроэкосистем являются базовым блоком научных основ прецизионного регулирования мелиоративного состояния в области цифровизации мелиоративной отрасли.

Процедура сбора информации о составляющих радиационного баланса почв должна обеспечивать необходимый уровень оперативности, полноты и достоверности данных для зональных типов почв для Нечерноземной зоны Европейской территории Российской Федерации.

Библиографический список

1. **Каргаполов Н.В.** Организация природных и антропогенных экосистем. Электронный ресурс: https://mggu-sh.ru/sites/default/files/statya_sayt_kargapolov_n.v._organizaciya_prirodnih_i_antropogennyh_ekosistem.pdf.
2. **Кирейчева Л.В.** Восстановление природно-ресурсного потенциала агроландшафтов комплексными мелиорациями // Мелиорация и водное хозяйство. – 2004. – № 5. – С. 32-35.
3. **Кирейчева Л.В., Карпенко Н.П.** Оценка эффективности оросительных комплексов мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. – 2015. – № 5. – С. 587-596.
4. **Kireicheva L.V., Karpenko N.P.** Evaluation of the Efficiency of Irrigation in a Zonal Soil Sequence // Eurasian Soil Science. – 2015. – Vol. 48. – No. 5. – Ss. 524-532.
5. Методы и технологии комплексной мелиорации и экосистемного водопользования.

Научное издание. – М.: ВНИИГиМ. – 2006. – 586 с.

6. Научные основы создания и управления мелиоративными системами в России: монография /Л.В. Кирейчева И.Ф. Юрченко, В.М. Яшин. Под научной ред. Кирейчевой Л.В. – М.: ФГБНУ «ВНИИ агрохимии», 2017. – 296 с.

7. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 470 с.

8. Берлянд Т.Г. Методика климатологических расчетов суммарной радиации // Метеорология и гидрология, – 1960. – № 6.

9. Экологическая энциклопедия: в 6 т. Т. 1. А-Г. / редкол.: Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. и др. – М.: ООО Изд-во «Энциклопедия». – 2008. – 416 с.

10. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоздат. 1975. – 371 с.

11. Сивков С.Н. Методы расчета характеристик солнечной радиации. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 238 с.

12. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. – 200 с.

13. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массообмен в системе растение-почва-воздух. – Л.: Гидрометеоздат, 1975. – 358 с.

14. Карпенко Н.П. Система мониторинга регулирования термического режима почв и приземного слоя атмосферы

с использованием многоуровневых сенсорных датчиков / Мат-лы межд. юбилейной научно-практ. конф. «Проблемы развития сельскохозяйственных мелиораций и водохозяйственного комплекса на базе цифровых технологий» (23-24 октября 2019 г.). т. 1. – М.: ФГБНУ ВНИИГиМ, 2019. – С. 38-43.

15. Карпенко Н.П. Экологомелиоративный мониторинг в задачах управления мелиоративными системами / Мат-лы Четвертой межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010)» Т. II. – М.: РГГУ, 2010. – С. 359-361.

Материал поступил в редакцию 16.03.2020 г.

Сведения об авторах

Карпенко Нина Петровна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Прянишникова, 19; e-mail: nprkarpenko@yandex.ru

Кирейчева Людмила Владимировна, доктор технических наук, профессор, руководитель научного направления, руководитель отдела природоохранных и информационных технологий ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44. корпус 2; e-mail: kireychevalw@mail.ru

N.P. KARPENKO¹, L.V. KIREYCHEVA²

¹ Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Moscow, Russian Federation

² Federal state budgetary scientific institution «All-Russian research Institute of hydraulic engineering and melioration named after A.N. Kostyakov», Russian Federation

DIGITAL TECHNOLOGIES AND MEANS OF CONTROL FOR AUTOMATED REGULATION OF THE RADIATION BALANCE OF AGROECOSYSTEMS

The purpose of the research is to improve technologies and control means for regulation of the reclamation state of agroecosystems and develop scientific approaches to automating the processes of regulating indicators of the agroecosystem state. It is established that automation of physical parameters regulation of the agroecosystem state is possible only with the use of digital technologies under the operational control of all technological processes on the reclamation system. There was fulfilled an analysis of indicators that require operational regulation and that allow increasing the energy potential of soils due to a more effective use of the total solar radiation which forms the productivity of agrophytocenoses and soil fertility. As the main indicator there was chosen the radiation balance of the underlying soil surface which can only be precisely regulated by professional meteorological complexes. A comprehensive theoretical and technological approach is proposed to develop operational information- functional and predictive-diagnostic analytical system for automated regulation of components of the radiation balance of agroecosystems. Information systems are based on receiving, storing, processing, and archiving radiation balance data based on modern GIS tools and computer means

Agroecosystems, precision regulation, digital technologies, information and functional system, forecast and diagnostic system, GIS tools, meteorological complexes.

References

1. **Kargapolov N.V.** Organizatsiya prirodnyh i antropogennyh ekosistem. Elcktronny resurs: https://mggu-sh.ru/sites/default/files/statya_sayt_kargapolov_n.v._organizaciya_prirodnih_i_antropogennyh_ekosistem.pdf.
2. **Kireycheva L.V.** Vosstanovlenie prirodno-resursnogo potentsiala agrolandshaftov kompleksnymi melioratsiyami // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2004. – № 5. – S. 32-35.
3. **Kireycheva L.V., Karpenko N.P.** Otsenka effektivnosti orositelnyh kompleksnyh melioratsij v zonalnom ryadu pochv // Pochvovedenie. – 2015. – № 5. – S. 587-596.
4. **Kireycheva L.V., Karpenko N.P.** Otsenka effektivnosti Evaluation of the Efficiency of Irrigation in a Zonal Soil Sequence // Eurasian Soil Science. – 2015. – Vol. 48. – No. 5. – Ss. 524-532.
5. Metody i tehnologii kompleksnoj melioratsii i ekosistemnogo vodopolzovaniya. Nauchnoe izdanie. – M.: VNIIGiM. – 2006. – 586 s.
6. Nauchnye osnovy sozdaniya i upravleniya meliorativnymi sistemami v Rossii: monografiya / L.V. Kireicheva, I.F. Yurchenko, V.M. Yashim. Pod nauch. red. Kireichevoj L.V. – M.: FGBNU «VNII agrohimii». – 2017. – 296 s.
7. **Budyko M.I.** Klimat i zhizn.life. – L.: Gidrometeorologicheskoe izd-vo. – 1971. – 470 s.
8. **Berlyand T.G.** Metodika klimatologicheskikh raschetov summarnoj radiatsii // Meteorologiya i gidrologiya. 1960. – № 6. – 1960.
9. Ecologicheskaya entsiklopediya: v 6 t. T. 1. A-G. /redkol.: Danilov-Daniljan V.I., **Losev K.S.** i dr. – M.: OOO Izd-vo «Entsiklopediya». – 2008. – 416 s.
10. **Kharchenko S.I.** Gidrologiya oroshayemyh zemel. – L.: Gidrometeoizdat. – 1975. – 371 c.
Hydrology of irrigated lands. – L.: Gidrometeoizdat. – 1975. – 371 s.
11. **Sivkov S.N.** Metody rascheta harakteristik solnechnoj radiatsii. – L.: Gidrometeoizdat. – 1968. – 238 s.
12. **Tooming H.G.** Solnechnaya radiatsiya i formirovanie urozhaya. – L.: Gidrometeoizdat. – 1977. – 200 s.
13. **Nerpin S.V., Chudnovsky A.F.** Energo- i massobmen v sisteme rastenie-pochva-vozduh. – L.: Gidrometeoizdat. – 1975. – 358 s.
14. **Karpenko N.P.** Sistema monitoringa regulirovaniya termicheskogo rezhima pochv i prizemnogo sloya atmosfery s ispolzovaniem mnogourovnevnyh sensoryh datchikov / Mat-ly mezhdun. yubilejnoj nauchno-prakt. konf. «Problemy razvitiya selskohozyajstvennyh melioratsij i vodohozyajstvennogo kompleksa na baze tsifrovnyh tehnologij» (23-24 oktyabrya 2019 g.). t. 1. – M.: FGBNU VNIIGiM. – 2019. – S. 38-43.
15. **Karpenko N.P.** Ekologomeliorativny monitoring v zadachah upravleniya meliorativnymi sistemami / Mat-ly chetvertoj mezhdun. konf. «Upravlenie razvitiem krupnomasshtabnyh system (MLSD'2010)» T. II. – M.: PGGU. – 2010. – S. 359-361.

The material was received at the editorial office
16.03.2020

Information about the authors

Nina Petrovna Karpenko, doctor of technical sciences, associate professor, head of the Department of hydrology, hydrogeology and flow regulation, C.A. Timiryazev; Moscow state agricultural Academy; 19, Pryanishnikova str., Moscow, 127550; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Lyudmila Vladimirovna Kireycheva, doctor of technical sciences, professor, head of the scientific direction, head of the Department of environmental and information technologies of VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 44, B. Akademicheskaya str., Moscow, 127550. building 2; e-mail: kireychevalw@mail.ru