

of innovative technologies for cleaning groundwater from pollution will prevent from the risk situation in the problem of assessing the quality of groundwater used for household and drinking needs of the population. Implementation of the proposed measures will improve the environmental conditions of ground water resources in urban areas.

Groundwater, drinking water quality, urban areas, maximum permissible concentrations, priority indicators of groundwater quality, management of geo-ecological risks, innovative technologies.

References

1. **Gorshkov S.P.** Conceptualnye osnovy geoecologii: uchebnoe posobie. – Smolensk: Izd-vo Smolenskogo humanitarnogo universiteta, 1998. – 448 s.

2. SanPiN 2.1.4.1074-01 «Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы». – М.: Минздрав России. – М. – 2002. – 67 s.

3. Gosudarstvennyy Doklad «O sostoyanii okruzhayushchej sredy Rossijskoj Federatsii v 2017 godu». – М.: Minprirody i ekologii. – 358 s.

4. **Karpenko N.P.** Geoecologicheskyy risk: analys, otsenki, upravlenie: Monographiya. – Palmarium Academic Publishing., 2014. – 145 s.

5. **Karpenko N.P.** Structura i otsenka geoecologicheskikh riskov // Prirodoobustroystvo. – 2009. – № 3. – S. 45-50.

6. **Galitskaya I.V.** Metodologicheskie issledovaniya formirovaniya geohimicheskoy opasnosti i riska na urbanizirovannykh territoriyah // Geoecologiya. – 2007. – № 3. – S. 225-337.

7. **Karpenko N.P., Frisena E.V.** Uchet i upravlenie ekologicheskimi riskami dlya zdorovya i zhizni naseleniya v usloviyah rosta antropogennykh nagruzok. – Materialy mezhdun. konf. «Problemy kompleksnogo obustroystva tehno-prirodnnykh sistem» 16-18 aprilya 2013 g., Moskva. Ch IV – М.: MGUP. – 2013. – S. 144-151.

8. **Karpenko N.P., Suprun V.A.** Otsenka ekologicheskogo ushcherba pri sbrose shahtnykh vod zolotorudnogo mestorozhdeniya v reku Berezovka // Voda i ekologiya: problemy i resheniya. – 2018. – № 4 (76). – S. 51-60.

The material was received at the editorial office
30.06.2019 g.

Information about the authors

Karpenko Nina Petrovna, doctor of technical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and flow regulation of the Timiryazev Russian state agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49; e-mail: npkarpenko@yandex.ru

Lomakin Ivan Mikhailovich, candidate of geological and mineralogical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and flow regulation, Timiryazev Russian state agrarian University; 127550, Moscow, Timiryazevskaya str., 49.

Drozdov Valerian Stepanovich, candidate of geological and mineralogical sciences, associate professor of hydrology, hydrogeology and flow regulation department, Timiryazev Russian state agrarian University; 127550 Moscow, ul., Timiryazevskaya str., 49.

УДК 502/504: 556.5:004.65

DOI 10.34677/1997-6011/2019-5-111-117

В.Н. МАРКИН, В.В. ШАБАНОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева,
Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства им. А.Н. Костякова, г. Москва, Российская Федерация

БАЗА ДАННЫХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

База данных предназначена для обоснования допустимых нагрузок на природные объекты и планирования хозяйственной деятельности с учетом экологической допустимости, в том числе природоохранных мероприятий. Цели и задачи базы – информационное обеспечение, необходимое для оценки влияния антропогенной деятельности на природные объекты применительно к инженерной практике. Решение задач сделано на основе рассмотрения стадий деградации экосистем и метода, позволяющего определить их состояние. Для этого представлен анализ изменений в экосистеме. База построена с помощью программы PowerPoint. Поисковые

возможности базы данных «Экологическое состояние природных систем» позволяют осуществлять разный режим просмотра: последовательный и поисковый, что вместе с логичной структурой дает возможность пополнять и модернизировать базу. База может использоваться как основа для мобильного приложения. Возможности, которые открываются при использовании базы, рассмотрены на примере оценки гидропотенциала водных объектов бассейна реки Неручь.

Река Неручь, оценка гидропотенциала водных объектов, база данных, природные системы, экологическая устойчивость, деградация, стадии деградации.

Введение. База данных «Экологическое состояние природных систем» [1] разрабатывалась для инженерно-технических работников и работников управляющего аппарата, чья деятельность связана с вопросами использования природных водных и наземных объектов. База предназначена для обоснования допустимых нагрузок на природные объекты и планирования хозяйственной деятельности с учетом экологической допустимости, в том числе природоохранных мероприятий. База содержит сведения об изменении состояния природных систем в результате усиления антропогенной нагрузки и построена на постулатах протекания деградации экосистем [2]. Содержание базы отражает комплекс вопросов – от целей и решаемых задач до использования результатов в инженерных расчетах.

Цели и задачи базы направлены на оценку степени деградации экосистем в результате антропогенной деятельности, применительно к инженерной практике. Анализ делается на основе рассмотрения внутренних изменений в экосистеме.

Методы. Актуальность и прикладная значимость базы связана со следующими возможностями:

- определения допустимого антропогенного воздействия на природные, в том числе водные, объекты;

- обоснования водоохранных мероприятий и мероприятий по восстановлению природных объектов.

Данные вопросы не теряют важности, несмотря на современные методы и средства мониторинга состояния и использования природных объектов. Сложность их решения объясняется рядом положений, таких как следующие.

1. Состояние природных объектов формируется под влиянием большого количества внешних и внутренних факторов, контролировать которые в необходимом объеме не всегда возможно [3]. В этом случае для оценки влияния антропогенной

деятельности на экологические системы возможно применение разных способов:

- использование комплексных показателей;

- выделение основных факторов.

Комплексные показатели фиксируют изменение состояния экосистемы, но не вскрывают причины происходящих изменений.

Выделение основных факторов по степени их влияния не позволяет учесть подпороговое действие второстепенных (на первый взгляд) факторов. При этом, в соответствии с законом Боулича, слабые воздействия могут не вызвать у природной системы ответных реакций до тех пор, пока, накопившись, не приведут к развитию бурного динамического процесса [4].

2. Факторы, служащие причиной первоначальных изменений, порождают следствия, которые со временем перерастают в причины. Порождаемые причины сложны для выявления, а их влияние иногда маскируется новыми причинно-следственными связями.

Это говорит о необходимости разработки и использования средств диагностики состояния и поведения экосистемы и оценке возможных последствий влияния на них. В первую очередь, это касается компонентных и структурных изменений, что и рассматривается в базе данных.

Функциональный подход [2, 5], предлагаемый в базе данных, имеет следующие преимущества:

- применим в инженерной практике, поскольку позволяет выйти на количественный уровень оценки антропогенного влияния на экосистемы [6];

- учитывает «Закон экологической корреляции», который говорит, что «в экосистеме все виды живого и абиотические экологические компоненты функционально соответствуют друг другу» [4].

Важность последнего поясняется следующим: антропогенное воздействие в значительной степени изменяет условия среды, т.е. абиотические факторы, которые

определяют среду обитания биоты и степень ее оптимальности для их существования. Управление факторами среды позволяет осуществить «мягкое» управление экологическими системами. В соответствии с законом «Необходимого разнообразия» [4], снижение разнообразия в поведении системы достигается за счет увеличения разнообразия управлений. Следовательно, эффективное управление сложными системами осуществимо только «сложными» средствами, каждое из которых требует специального обоснования.

Качественные закономерности, отражающие поведение природных экосистем в условиях их трансформации, могут быть выражены следующими постулатами [2]:

- 1) структура экосистемы изменяется быстрее, чем изменяется ее состав;
- 2) функциональная активность экосистем, т.е. внешнее проявление ее свойств, меняется медленнее, чем структура системы;

3) надежность функционирования (экологическая упругость), как интегральная характеристика степени сохранения свойств экосистемы, изменяется вслед за изменением структуры и видового состава.

На основе этих постулатов могут быть выделены следующие стадии разрушения экосистемы.

Первая стадия – стадия ослабления системы – характеризуется несущественными обратимыми изменениями, при этом обеднение видового состава не превышает 20...40%, и нарушением 40...60% структурных связей (рис. 1).

Вторая стадия разрушения – вырождение экосистемы, характеризуется существенным обеднением видового состава на 40...70% и разрывом 60...90% связей. Вторая стадия необратима. Восстановление экосистемы естественным путем практически невозможно и требуются мероприятия по восстановлению нарушенной системы на фоне проведения природоохранных мер.

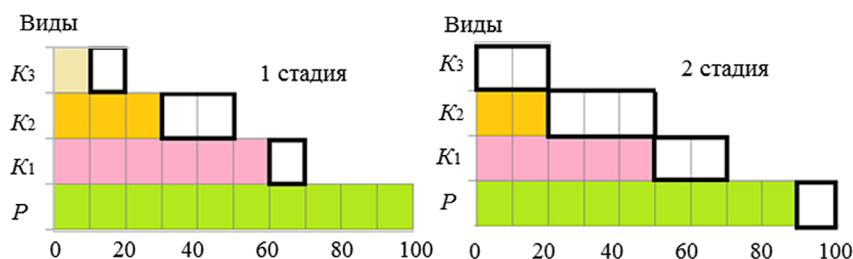


Рис. 1. Изменение экологических пирамид численности видового состава, на первой и второй стадии разрушения: P -продуценты, K_1, K_2, K_3 – соответственно, консументы первого, второго и третьего порядка

Структуру и состав экосистем изучать сложно из-за трудности сбора и обработки информации. Поэтому функциональный подход более плодотворный для инженерных целей, так как не требуется изучение внутреннего строения экосистемы.

При этом подходе рассматривается внешнее проявление системы (функциональная активность), что характеризуется законами распределения параметров экологического состояния системы. По ним оцениваются изменения экосистемы. Однофакторная оценка делается по степени соответствия фактора среды (в первую очередь абиотического, на который сказывается антропогенное влияние) исходному природному состоянию экосистемы (ΔP) (рис. 2) [7]. Первая стадия деградации соответствует $\Delta P = 60\%$.

Устойчивые системы обладают относительным постоянством состава и структуры, что обеспечивает сохранение пропорций вещества

и энергии, которые вовлекаются в биотический круговорот. При недостатке какого-либо элемента системы, в соответствии с законом лимитирующего фактора, именно он будет определять надежность функционирования.

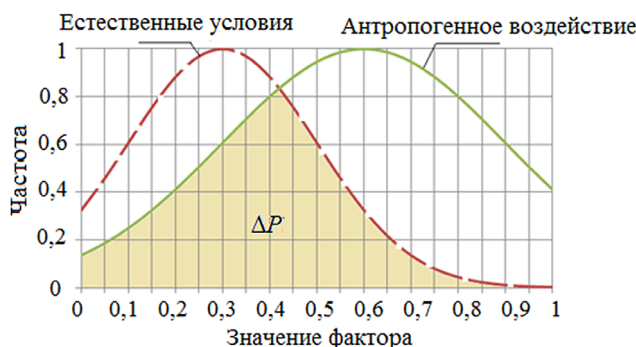


Рис. 2. Использование функции распределения фактора состояния для оценки надежности функционирования экосистемы

База данных была использована при анализе гидропотенциала водных объектов бассейна реки Неручь Орловской области. Непосредственный водозабор из рек небольшой и составляет около 2% от стока в год 75% обеспеченности. Однако он практически равен гарантированному стоку маловодного года. Водопотребление осуществляется в основном для орошения из водохранилищ, которые трансформируют сток внутри года. Косвенное влияние на реки связано с сельскохозяйственным использованием земель водосборной площади, что ведет к обмелению малых рек и ручьев. Так, распаханность территории (по Орловской области оценивается на уровне 47%) приводит к снижению объемов речного стока в маловодный год на 21%.

Оценка экологически допустимого стока (рис. 3) показала, что он составляет практически 80% естественного стока. При этом экологически допустимое изъятие стока составляет 20%. Это соответствует первой (обратимой) стадии деградации. Допустимое воздействие приведет к сокращению видового состава растительных рыб на 10% и хищных рыб – на 20%.

Использование малых рек и ручьев бассейна реки Неручь для целей орошения

и гидроэнергетики требует создания водохранилищ. В работе рассмотрены разные варианты регулирования стока.

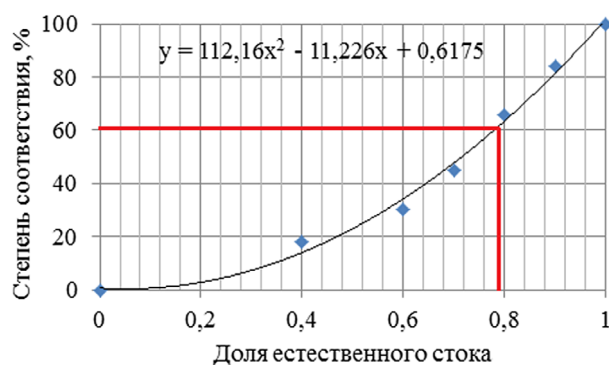


Рис. 3. Зависимость степени соответствия объемов стока естественным условиям (ΔP) в зависимости от доли изъятия стока реки Неручь

Вариант 1. Экологически допустимый полезный объем ирригационного водохранилища, который определен с учетом экологических требований, изложенных в базе данных (табл. 1), составляет 15,82% от объема стока реки в год 75%. При этом коэффициент зарегулированности стока составляет не более 0,09. В этом случае попуски из водохранилища равны экологическому стоку.

Таблица 1

Определение относительного полезного объема ирригационного водохранилища (учет экологического стока в месячном режиме – вариант 1)

Величина	Период времени												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
w_p	1,90	1,70	25,20	48,10	6,60	3,10	2,40	2,00	1,80	2,20	2,60	2,40	100
$w_{экол}$	1,52	1,36	20,16	38,48	5,28	2,48	1,92	1,60	1,44	1,76	2,08	1,92	80
$w_{ор}$				1	3,2	5,4	4,6	3,8	2				20
МВХБ	0,38	0,34	5,04	8,62	-1,88	-4,78	-4,12	-3,40	-1,64	0,44	0,52	0,48	0,00
V	1,44	1,82	2,16	7,20	15,82	13,94	9,16	5,04	1,64	0	0,44	0,96	

Примечание: w_p – относительный сток реки; $W_{экол}$ – экологически допустимый сток; $W_{ор}$ – объем воды для орошения мн. трав в Орловской области; МВХБ – водохозяйственный баланс в месячном интервале времени; V – объем воды в водохранилище; $МВХБ = w_p - w_{экол} - w_{ор}$

Вариант 2. Коэффициент зарегулированности можно повысить, учитывая, что соблюдать экологический сток допустимо в сезонном режиме. При этом выделяются два сезона: весна и лето-осень-зима [8] (табл. 2). Полезный объем в этом случае увеличивается до 31,55% от объема стока реки в год 75% (коэффициент зарегулированности стока 0,17).

Гидропотенциал может быть использован для выработки электроэнергии, поэтому

сделана оценка гидроэнергетического потенциала (расчеты сделаны для напора 10м) (табл. 3). В данном случае объем энергетического водохранилища на р. Неручь с учетом экологически допустимого изменения гидрографа стока составляет 21,47% (коэффициент зарегулированности стока 0,12).

Использование описанной выше базы позволяет определить показатели допустимого использования водных объектов (табл. 4).

Таблица 2

Определение относительного полезного объема ирригационного водохранилища (учет экологического стока в сезонном режиме) (вариант 2)

Величина	Период времени												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
w_p	1,90	1,70	25,20	48,10	6,60	3,10	2,40	2,00	1,80	2,20	2,60	2,40	100
$w_{экол}$	1,79	1,79	21,31	21,31	21,31	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	1,79	80
$w_{ор}$				1	3,2	5,4	4,6	3,8	2				
МВХБ	0,11	-0,09	3,89	25,79	-17,91	-4,09	-3,99	-3,59	-1,99	0,41	0,81	0,61	0,0
V	1,84	1,95	1,87	5,76	31,55	13,65	9,56	5,57	1,99	0	0,41	1,23	5

Таблица 3

Определение относительного полезного объема энергетического водохранилища

Величина	Период времени												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
w_p	1,90	1,70	25,20	48,10	6,60	3,10	2,40	2,00	1,80	2,20	2,60	2,40	100
$w_{экол} = w_{ГЭС}$	2,23	2,23	26,63	26,63	26,63	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	100
МВХБ	-0,33	-0,53	-1,43	21,47	-20,03	0,87	0,17	-0,23	-0,43	-0,03	0,37	0,17	0,0
V	2,30	1,97	1,43	0	21,47	1,43	2,30	2,47	2,23	1,80	1,77	2,13	

Таблица 4

Экологически допустимые показатели водохозяйственного гидропотенциала бассейна реки Неручь Орловской области, соответствующие обратной стадии деградации

Река, ручей	Длина, км	Площадь, км ²	Допустимый водозабор млн.м ³	Оросительная способность, т.га	Гидроэнергopotенциал		Полезный объем водохранилища, млн.м ³		
					Э, т.мв*ч	N, мвт	Ирригационное		Энергетическое
							Вар.1	Вар.2	
Неручь	111	1540	33,00	9,35	16,21	1851	17,40	34,71	23,10
Залегошь	30	156	5,70	1,62	4,38	500	3,01	5,99	3,99
Березовец	12	54	1,92	0,54	1,75	200	1,01	2,02	1,34
Скворка	16	87	2,70	0,77	2,34	267	1,42	2,84	1,89
Дернов Колодец	12	55	0,60	0,17	1,75	200	0,32	0,63	0,42
Озерка	26	221	3,30	0,94	3,80	434	1,74	3,47	2,31
Должанка	11	47	0,63	0,18	1,61	183	0,33	0,66	0,44
Усова	10	40	0,54	0,15	1,46	167	0,28	0,57	0,38
Жертвина	12	55	0,72	0,20	1,75	200	0,38	0,76	0,50
Миловская	14	71	0,93	0,26	2,04	233	0,49	0,98	0,65
Масловка	8	27	0,36	0,10	1,17	133	0,19	0,38	0,25
Итого	262	-	50,4	14,28	38,26	4369	26,58	53,00	35,28

Выводы

База данных «Экологическое состояние природных систем» содержит необходимые сведения об этапах деградации экологических систем и характеристики их состояния на разных стадиях. Разработанный метод оценки экологического состояния природных объектов позволяет определить параметры допустимого воздействия. Рассмотренный в базе данных метод оценки степени деградации экосистем позволяет определять основные

параметры водопользования и управления водными ресурсами. Использование описанного в базе метода позволило определить экологически допустимые возможности использования гидропотенциала водных объектов бассейна реки Неручь Орловской области. Так, допустимое изъятие воды составляет 20%. Коэффициент зарегулированности стока не превышает 0,17. При этом, оросительная способность составляет 6% площади бассейна рек, а гидроэнергopotенциал оценивается

на уровне 70 мвт*ч на 1 м³ среднегоголетнего стока (при напоре 10 м). База может использоваться как основа для создания мобильного приложения.

Библиографический список

1. БД 2019620099. База данных оценки экологического состояния природных СИСТЕМ / Маркин В.Н., Шабанов В.В. Свидетельство о государственной регистрации от 18.01.2019.
2. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы: учебник / под ред. Шабанова В.В. – М.: Колос, 1994. – 318 с.
3. Шабанов В.В. Показатели состояния водной экосистемы / Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения. Мат-лы междунар. научно-практ. конф. (Костяковские чтения) 29-30 марта 2016 г. Т. II. – М.: Изд. ВНИИА, 2016. – 337 с.
4. Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) – М.: Россия Молодая, 1994. – 367 с.
5. Шабанов В.В. Оценка риска изменений ландшафта в условиях изменения климата» / Мат-лы 8-й ландшафтной конф. – М.: МГУ, 2006. – 788 с.
6. Вершинская М.Е., Шабанов В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная

оценка водных систем: монография. – М.: РГАУ-МСХА, 2016. – 147 с.

7. Шабанов В.В., Маркин В.Н. Ландшафтное планирование как основа природоохранного обустройства бассейнов рек / Доклады ТСХА, Вып. 290. Ч II. – М.: РГАУ-МСХА, 2018. – С. 12-14.

8. Раткович Л.Д., Маркин В.Н., Глазнова И.В. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектное обоснование водохозяйственных систем: монография. – М.: МГУП, 2013. – 218 с.

Материал поступил в редакцию 16.05.2019 г.

Сведения об авторах

Шабанов Виталий Владимирович, доктор технических наук, профессор кафедры мелиорации и рекультивации земель, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com

Маркин Вячеслав Николаевич, кандидат технических наук, профессор кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока; ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Москва, ул. Прянишникова, 19; e-mail: mvnarkin@mail.ru

V.N. MARKIN, V.V. SHABANOV

Federal state budgetary educational institution of higher education «Russian state agrarian university – MAA named after C.A. Timiryazev», Institute of land reclamation, water economy and building named after A.N. Kostyakov, Moscow, Russian Federation

DATABASE OF ASSESSMENT OF ECOLOGICAL STATE OF NATURAL SYSTEMS

The database is intended for substantiation of permissible loads on natural objects and planning of the economic activity taking into account an ecological tolerance including environmental actions. The database purposes and tasks are an information support that is necessary for assessment of the influence of the anthropogenic activity on natural objects concerning the engineering practice. Solution of the problems was made by considering degradation stages of ecosystems and method allowing determining their state. The base is constructed by means of the PowerPoint program. The condition of ecosystems and changes taking place in them are determined with the help of degradation postulates. Searching opportunities of the database allow carrying out different browse mode: consecutive and searching. This, together with logical structure, simplifies filling up and modernize the base. The base can be used as a mobile application. The possibilities of using the base are considered by the example of estimating a hydro potential of water objects in the Neruch river basin.

The Neruch river, assessment of water objects hydropotential, database, natural systems, ecological sustainability, degradation, stages of degradation.

References

1. BD2019620099. Baza dannyh otsenki ekologicheskogo sostoyaniya prirodnih SISTEM / V.V.. Markin V.N., Shabanov. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registratsii ot 18.01.2019.

2. Kompleksnoe ispol'zovanie vodnyh resursov i ohrana prirody: uchebnik/ Pod red. Shabanova V.V. – M.: Kolos, 1994. – 318 s.

3. **Shabanov V.V.** Pokazateli sostoyaniya vodnoj ekosistemy / Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo: problem i puti resheniya. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii (Kostyakovskie chteniya) 29-30 marta 2016 g. Tom II-M.: Izd. VNIIA, 2016. – 337 s.

4. **Rejmers N.F.** Ekologiya (teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy) – M.: Rossiya Molodaya, 1994. – 367 s.

5. **Shabanov V.V.** Otsenka riska izmenenij landshafta v usloviyah izmeneniya klimata» / Materialy 8-oy landshaftnoj konferentsii – M.: MGU, 2006. – 788 s.

6. **Vershinskaya M.E., Shabanov V.V., Markin V.N.** Ekologo-vodohozyajstvennaya otsenka vodnyh sistem: monografiya. – M.: RGAU-MSHA, 2016. – 47 s.

7. **Shabanov V.V., Markin V.N.** Landshaft noe planirovanie kak osnova prirodohrannogo obustrojstva bassejnov rek / Doklady

TSHA, Vyp. 290 Ch. II. – M.: RGAU-MSHA, 2018. – S. 12-14.

8. **Ratkovich L.D., Markin V.N., Glazunova I.V.** Voprosy ratsionalnogo ispolzovaniya vodnyh resursov i proektnoe obosnovanie vodohozyajstvennyh sistem: monografiya. – M.: MGUP, 2013. – 218 s.

The material was received at the editorial office
16.05.2019 g.

Information about the authors

Shabanov Vitalij Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor of the department of land reclamation and recultivation, FSBEI HE RSAU-MAA; 127550, Moscow, B. Axademicheskaya, 44; e-mail: 515vvsh@gmail.com

Markin Vyacheslav Nikolaevich, candidate of technical sciences, professor of the department of hydrology, hydrogeology and regulation of runoff; FSBEI HE RSAU-MAA; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; e-mail: mvnarkin@mail.ru