

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТОКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

С.В. Долгов, Н.И. Коронкевич, Е.А. Барабанова

E-mail: svdolgov1978@yandex.ru

ФГБНУ «Институт географии Российской академии наук», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ: На примере рек Линды и Кудьмы – притоков Чебоксарского водохранилища, а также рек Курской области предпринята попытка оценить диффузный вынос минерального азота и фосфора с речных водосборов в центральной части Русской равнины. Приведены результаты ориентировочной оценки годового водно-биогенного баланса речных водосборов. Показано, что диффузный вынос биогенов в водные объекты весьма значительный: в 2008–2018 гг. он составлял 75–95 % от общего со сточными водами выноса с речным стоком. Наряду с поверхностной составляющей стока оценен вклад в этот процесс подземного стока и атмосферных осадков. Показано, что на водосборной площади бокового притока Чебоксарского водохранилища преобладает природная составляющая в диффузном выносе биогенов: 55–75 % и более от их суммарного выноса. В условиях более интенсивной хозяйственной деятельности в Курской области природное поступление биогенов значительно меньше антропогенного: по азоту 30 %, по фосфору 5 %. Из антропогенных факторов наиболее негативную роль играют животноводство и птицеводство, урбанизированные территории, внесение минеральных удобрений.

Дана оценка изменениям в выносе минерального азота и фосфора с речных водосборов. Годовой вынос биогенных веществ с водосборной площади рек Линды и Кудьмы существенно увеличился (на 20–30 %). В Курской области вследствие сокращения годового речного стока (на 30–40 %) вынос биогенных веществ уменьшился.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: речные водосборы, баланс азота и фосфора, поверхностный и подземный сток, природные и антропогенные факторы, формирование стока.

Дальнейшее освоение водных ресурсов центральной части Русской равнины, испытывающей интенсивную антропогенную нагрузку, осложнено во многих случаях их низким качеством. Знание генезиса его формирования – важное условие эффективного управления водными ресурсами. Несмотря на то что данной проблеме посвящено довольно большое число исследований, остается недостаточно изученным неконтролируемый

Статья подготовлена по материалам исследований по теме ГЗ № 0148-2019-0007 (Курская область), грант РФФИ № 18-05-00479 (бассейны рек Линды и Кудьмы)

© Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А., 2020

диффузный (рассредоточенный по территории) вынос биогенных веществ с отдельных ландшафтов (сельскохозяйственных, лесных и урбанизированных), способствующий развитию эвтрофирования и других негативных последствий. За исключением поверхностного склонового стока, главным образом весеннего [1–3 и др.], миграция биогенных веществ с другими элементами вертикальной гидрологической структуры речного бассейна [4], в т. ч. с подземным стоком, обычно не анализируется, априори полагается, что вклад их незначительный. Однако в структуре водного баланса за последние десятилетия произошли весьма существенные изменения – значительно уменьшилась величина поверхностного склонового стока и увеличилась инфильтрация осадков [5, 6].

Цель исследования заключается в выявлении закономерностей формирования и изменения годового водно-биогенного баланса речных водосборов центральной части Русской равнины на примере водосборов рек Линды (лесом занято 75 % площади водосбора) и Кудьмы (43 %), а также территории Курской области в целом (11 %) под влиянием природных и антропогенных факторов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Теоретико-методической основой исследования является представление о вертикальной гидрологической структуре речного бассейна [4]. В качестве инструмента изучения гидрохимического функционирования этой структуры используется годовой водно-биогенный баланс. Основы методики расчетов представлены в работе [7].

В исследовании использована информация Росгидромета, Росстата и Росреестра. Наряду с данными по стоку и осадкам за 2008–2018 гг. привлекались данные о структуре стока [8] за период исчисления нормы по состоянию на начало 1960-х годов. Проанализированы данные как по суммарному речному стоку, так и по его подземной и поверхностной составляющим. Подземный сток рассчитан путем расчленения гидрографов речного стока по видам питания. Поверхностная составляющая стока определена по разности речного и подземного стоков. Массив исходной информации включает также результаты экспедиционных работ сотрудников Института географии (ИГ РАН), проведенных в 2000-е годы, гидрохимические данные за 2008–2018 гг. и данные по антропогенному поступлению биогенов на водосборы рек Линды и Кудьмы, полученные в исследованиях ИГ РАН по проекту «Оздоровление Волги». Оценка составляющих природного поступления биогенов на речные водосборы от опада древесной и травянистой растительности, биофиксации азота растениями выполнена по литературным данным [1, 9–11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Составляющие годового баланса биогенных веществ в бассейнах рек Линды и Кудьмы

Расчеты показали, что доля диффузного выноса биогенов в суммарном выносе с водным стоком р. Линды значительно преобладает над долей сточных вод от водопотребителей, которая в последние годы не превышает 1 %. Диффузный (площадной) вынос биогенов с различными элементами водного стока существенно изменяется в многолетнем аспекте и в зависимости от сезона года.

Современная антропогенная нагрузка на бассейн Линды по азоту сравнительно невысока, превышение климатического фона, обусловленного поступлением азота на дневную поверхность с выпадающими осадками, составляет лишь 1,2 раза (табл. 1). Значительна нагрузка по фосфору, превышающая в 8 раз климатический фон. Причем с минеральными удобрениями в последние годы на водосбор Линды поступает практически такое же количество фосфора, что и с атмосферными осадками. Преобладает поступление фосфора от животноводства (почти в 7 раз больше климатического фона), особенно при наблюдающемся невысоком уровне использования удобрений.

Вследствие низкого уровня применения минеральных удобрений (по азоту 40 %, фосфору 25 % от максимума в 1990 г.) [11, 12] на пашне сформировался отрицательный баланс содержания азота и фосфора, поскольку ежегодный их вынос с урожаем сельскохозяйственных культур в 2000-е гг. оказался не компенсированным внесением удобрений. Однако значительное сокращение применения удобрений и поголовья скота не привело к снижению выноса биогенов с водосбора р. Линды, напротив, он в последние годы даже вырос. Произошло это, в основном, за счет климатически обусловленного увеличения стока инфильтрационного происхождения (подземного и верховодки).

Антропогенная составляющая в поступлении биогенов на водосбор р. Кудьмы существенно больше, чем на водосбор Линды, но также преобладает их диффузный вынос с поверхностным и подземным стоками. Вклад сточных вод при водопотреблении в суммарный вынос биогенов с водосбора р. Кудьмы в 2008–2018 гг. составляет около 13 % по азоту минеральному и 5 % по фосфору. Современная суммарная антропогенная биогенная нагрузка на водосбор Кудьмы особенно высока по фосфору, она в 16 раз превышает климатический фон, обусловленный поступлением фосфора на дневную поверхность с выпадающими осадками (табл. 1). Менее существенно превышение по азоту – 3,4 раза.

Таблица 1. Годовой баланс биогенных веществ в бассейнах рек Линды и Кудьмы, кг/км²

Table 1. Annual balance of biogenic substances in the Linda and the Kudma rivers, kg/km²

Биогенные вещества	Поступление						Вынос	
	Городское население	Сельское население	Животноводство	Минеральные удобрения	Всего от антропогенных факторов	Осадки (климатический фон)		
Бассейн р. Линды							р. Линда – д. Васильково	р. Линда – устье (1681 км ²)
Азот минеральный	42	20	232	80	374	325	280	212
Фосфор минеральный	7	3	135	18	163	20	7	7
Бассейн р. Кудьмы							р. Кудьма – г. Кстово	р. Кудьма – устье (3246 км ²)
Азот минеральный	102	50	401	367	968	284	298	170
Фосфор минеральный	17	8	196	80	314	20	7,7	10,3

К наиболее существенным источникам антропогенного поступления биогенов на водосборную площадь р. Кудьмы относится поступление биогенов от животноводства и в результате внесения минеральных удобрений. Оно составляет 84 % по азоту и 92 % по фосфору от суммарного антропогенного поступления. Причем биогенная нагрузка от животноводства по величине практически такая же, как от растениеводства, а по фосфору в 2 раза больше.

Значительное сокращение применения удобрений и поголовья скота, уменьшение содержания азота и фосфора в почве пахотных угодий не привело к снижению выноса биогенов с водосбора р. Кудьмы, напротив, оно выросло (как и в бассейне р. Линды) вследствие увеличения стока инфильтрационного происхождения – подземного и верховодки. В выносе биогенов в Чебоксарское водохранилище с бассейна Кудьмы также преобладает природная составляющая, особенно в отношении азота (74 %) и в меньшей степени в отношении фосфора (53 %). Доля антропогенной нагрузки равна 26 % и 47 % соответственно.

Современные изменения выноса биогенных веществ с водосборов рек Линды и Кудьмы

В бассейне р. Линды за 2008–2018 гг. вынос биогенов с поверхностным и подземным стоком в половодье увеличился на 26 % по сравнению с состоянием на середину 1970-х годов. С суммарным стоком с водосборной площади р. Линды стало поступать в Чебоксарское водохранилище 146 кг/км² азота и 3,9 кг/км² фосфора. Существенно увеличился также вынос биогенных веществ с водосборной площади (более чем на 25 %) за годовой период в целом (до 280 кг/км² азота и 7 кг/км² фосфора). Основная причина такой ситуации заключается в значительном усилении (на 60 %) гидрохимической роли подземного стока, вклад которого в годовой сток азота вырос до 56 %, а фосфора – до 46 %. Более значимой в последние годы остается и роль поверхностного стока в выносе с водосборной площади фосфора – на 0,6 кг/км² больше, чем с подземным стоком.

За период 2008–2018 гг. вынос биогенов с поверхностным стоком в половодье с водосбора р. Кудьмы практически не изменился. Однако значительно возросла роль подземного стока в их миграции: с подземной составляющей стока стало поступать азота и фосфора на 25 % больше. В результате в Чебоксарское водохранилище с водосборной площади р. Кудьмы поступило 110 кг/км² азота и 3,8 кг/км² фосфора, т. е. на 8 % больше. Особенно существенно увеличился вынос биогенных веществ (до 298 кг/км² азота и 7,7 кг/км² фосфора) с водосборной площади р. Кудьмы за годовой период (азота на 28 %, фосфора на 20 %), главным образом, за счет значительного увеличения подземного стока (на 60 %), вклад которого в годовой сток азота вырос до 67 %, фосфора до 56 %. С каждого квадратного километра площади водосбора с подземным стоком в реку в последние годы стало поступать азота в среднем на 104 кг больше, чем с поверхностной составляющей стока, фосфора – на 1 кг/км² больше.

Составляющие годового баланса биогенных веществ с речных водосборов Курской области

Диффузный вынос биогенных веществ с речных водосборов Курской области значительно преобладает над выносом со сточными водами: доля азота сточных вод при водопотреблении в его выносе с суммарным стоком составляет лишь 7 %, фосфора – 3 %.

Расчеты показали (табл. 2, табл. 3), что антропогенное поступление биогенов на речные водосборы значительно преобладает над их природным поступлением, составляя по азоту 70 % от 6792 кг/км², по фосфору – 95 % от 2299 кг/км². Наибольшая биогенная нагрузка обусловлена применением минеральных удобрений и отходами животноводства. Весьма существенную роль, с тенденцией к усилению, играет дорожно-транспортная

нагрузка. Густота одних лишь автомобильных дорог с твердым покрытием почти в 1,5 раза превысила густоту речной сети. Поступление азота с дорожной сети на 30 % выше, чем со сточными водами, а по фосфору выше в 7 раз.

Таблица 2. Основные антропогенные составляющие годового водно-биогенного баланса Курской области, кг/км²

Table 2. Main anthropogenic components of the annual water/biogenic balance of Kursk oblast, kg/km²

Составляющие баланса		Азот минеральный	Фосфор минеральный
Поступление	Городское население	56	9,1
	Сельское население	26	4,4
	Автомобильные дороги с твердым покрытием	11,2	2,1
	Сточные воды при водопотреблении	8,5	0,3
	Животноводство	1300	530
	Минеральные удобрения	3021	1510
	Органические удобрения (солома, пожнивные остатки, навоз, сидераты и т. д.)	263	132
	Сумма	4686	2188
Вынос с речным стоком		124	12,6

Таблица 3. Основные природные составляющие годового водно-биогенного баланса Курской области

Table 3. Main natural components of the annual water/biogenic balance of Kursk oblast

Составляющие баланса		Азот минеральный	Фосфор минеральный
Поступление, кг/км ²	Атмосферные осадки*	641	13
	Вымывание из кроны деревьев дождями в лесах	53	3,2
	Лесной растительный опад	443	67
	Биофиксация азота на посевной площади	700	–
	Опад на заболоченных землях	27	1.8
	Опад на лугах, пастбищах и заброшенных сельскохозяйственных землях	243	27
	Сумма	2106	111
Вынос с речным стоком, кг/км ²		124	12,6
Доля природного поступления биогенов в суммарном поступлении, %		31	5

Примечание: * – на поступление биогенов с атмосферными осадками влияют и антропогенные факторы.

Природное поступление биогенов в 2008–2018 гг. остается достаточно высоким и превышает вынос с речным стоком в 17 раз по азоту и в 9 раз по фосфору. В основном азот и фосфор поступают на речные водосборы с опадом лесной растительности и травяной на лугах, пастбищах, залежах. Существенным источником их поступления являются также атмосферные осадки.

Годовой вынос азота с речных водосборов составляет в среднем для территории Курской области 124 кг/км², фосфора – 13 кг/км². Доля подземной составляющей в выносе азота с суммарным годовым стоком преобладает и составляет 60 %, фосфора – 50 %. Вынос биогенов с поверхностной составляющей стока максимален в половодье, достигая по азоту более 80 %, по фосфору 65 % от величины годового выноса.

Под влиянием климатических изменений поверхностная составляющая годового речного стока за 2008–2018 гг. значительно уменьшилась: относительно нормы по [8] на 60–70 %. При этом подземная составляющая увеличилась на 10–20 %. В итоге речной сток существенно снизился (на 30–40 %) и уменьшился вынос биогенных веществ.

ВЫВОДЫ

Современная гидроэкологическая ситуация в центральной части Русской равнины в значительной мере обусловлена уменьшением поверхностного склонового стока под влиянием климатических факторов. Соответственно снизилась и его роль в миграции биогенных веществ. В то же время существенно увеличилась инфильтрация осадков в почву и возросла роль стока инфильтрационного происхождения (подземного стока и стока верховодки) в поступлении биогенов в водные объекты.

Диффузный вынос биогенов с водосборов малых и средних рек в центральной части Русской равнины составлял в 2008–2018 гг. 75–95 % общего выноса со стоком этих рек. На водосборной площади бокового притока Чебоксарского водохранилища преобладает природная составляющая в миграции биогенов: 55–75 % их суммарного выноса. Вследствие интенсивной антропогенной нагрузки в Курской области антропогенное поступление биогенов на речные водосборы значительно преобладает над их природным поступлением, составляя по азоту 70 %, по фосфору – 95 %. Из антропогенных факторов наиболее негативное влияние оказывают урбанизированные территории, в т. ч. дорожно-транспортная сеть, животноводство, внесение минеральных удобрений (в Курской области) и сбросы сточных вод, особенно непосредственно в водные объекты.

Ответам на целый ряд еще нерешенных вопросов будет способствовать восстановление ныне закрытых и организация новых водно-балансовых станций, в программе работ которых важная роль должна быть отведена изучению качества вод.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрисанов Н.И., Осипов Г.К. Управление эвтрофированием водоемов. СПб.: Гидрометеиздат, 1993. 279 с.
2. Ясинский С.В., Гуров Ф.Н. Метод оценки характеристик диффузного загрязнения малых рек на основе ландшафтно-гидрологического подхода (на примере р. Истры) // Водное хозяйство России. 2006. № 2. С. 41–71.
3. Кондратьев С.А., Брюханов А.Ю., Терехов А.В. Структура поверхности водосбора как определяющий фактор биогенной нагрузки на водоем (по данным математического моделирования) // Вопросы географии. Сб. 145. Гидрологические изменения. М.: ИД «Кодекс», 2018. С. 89–108.
4. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Гидрологическая ярусность равнинной территории // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 1. С. 7–25.
5. Барабанов А.Т., Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Панов В.И., Петелько А.И. Поверхностный сток и инфильтрация в почву талых вод на пашне в лесостепной и степной зонах Восточно-Европейской равнины // Почвоведение. 2018. № 1. С. 66–72.
6. Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. Современные изменения поверхностного стока и инфильтрации талых вод на сельскохозяйственных угодьях в лесостепной и степной зонах Русской равнины и их последствия // Водное хозяйство России. 2018. № 4. С. 78–91.
7. Долгов С.В., Коронкевич Н.И. Современные изменения выноса биогенных веществ в реки бассейна Волги на юге лесной зоны // Известия РАН. Серия географическая. 2019. № 5. С. 43–55.
8. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. Л.: Гидрометеорологическое изд-во, 1967. 199 с.
9. Родин Л.Е. и Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот в основных типах растительности земного шара. М.-Л.: Наука, 1965. 254 с.
10. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. Л.: Наука, 1968. 145 с.
11. Абрамов А.И., Крымова Е.А. Состояние плодородия пахотных земель в Нижегородской области // ФГБУ Центр агрохимической службы «Нижегородский», 2014. Режим доступа: <https://agrohim-nn.ru/stati/47-sostoyanei-plodorodiya-rakhotnykh-zemel-v-nizhegorodskoj-oblasti.html>.
12. Нижегородская область в цифрах. 2017: Краткий стат. сборник / Нижний Новгород: Нижегородстат, 2017. 375 с.

Для цитирования: Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Барабанова Е.А. Особенности современного формирования стока биогенных веществ в центральной части Русской равнины // Водное хозяйство России. 2020. № 2. С. 136–145.

Сведения об авторах:

Долгов Сергей Владимирович, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидрологии, ФГБНУ «Институт географии РАН», Россия, 119017, Москва, Старомонетный переулок, 29; e-mail: svdolgov1978@yandex.ru

Коронкевич Николай Иванович, д-р геогр. наук, профессор, заведующий лабораторией гидрологии, ФГБНУ «Институт географии РАН», Россия, 119017, Москва, Старомонетный переулок, 29; e-mail: hidro-igras@yandex.ru

Барabanова Елена Алексеевна, канд. геогр. наук, старший научный сотрудник, лаборатория гидрологии, ФГБНУ «Институт географии РАН», Россия, 119017, Москва, Старомонетный переулок, 29; e-mail: hidro-igras@yandex.ru

SPECIAL FEATURES OF THE CONTEMPORARY BIOGENS RUNOFF FORMATION IN THE CENTRAL PART OF THE RUSSIAN PLAIN

Sergey V. Dolgov, Nikolay I. Koronkevich, Elena A. Barabanova

E-mail: svdolgov1978@yandex.ru

Russian Academy of Sciences Institute of Geography, Moscow, Russia

Abstract: An attempt to evaluate the diffuse removal of mineral nitrogen and phosphorus from river catchments in the central part of the Russian Plain has been made. A rough estimate of the annual water-biogenic balance for the Linda and Kudma river catchments, which are the tributaries of the Cheboksary reservoir, and river catchments of the Kursk region is presented. It is shown that the diffuse removal of biogens from river catchments exceeds their removal into water bodies with wastewater, and in recent years (2008–2018) it reached 75–95 %. Along with the surface component of the runoff, the contribution of underground runoff and precipitation to this process is estimated. It is found that on the catchment area of the lateral tributary of the Cheboksary reservoir, the natural component in the diffuse removal of nutrients predominates comprising 55–75 % and more their total removal. Due to the intensive anthropogenic load in the Kursk region, the natural supply of biogens to the river catchments (30% nitrogen and 5% phosphorus) is much less than their anthropogenic input. The livestock business, poultry farming, urban areas (including the road network) and fertilization are the most significant sources of anthropogenic nutrient input. Recent changes in nitrogen and phosphorus removal from river catchments are assessed. They have occurred mainly due to climatic changes in the water balance – due to decrease in the surface slope runoff and due to increase in the runoff of infiltration origin (underground runoff and vekhovodka). Annual biogens export from the Linda and Kudma river catchments has increased significantly (by 20–30 %). At the same time in the Kursk region, due to a reduction in the annual river flow (by 30–40 %), nutrient removal has decreased.

Key words: river catchments, nitrogen and phosphorus balance, surface and underground runoff, natural and anthropogenic factors, current changes.

About the authors:

Sergey V. Dolgov, PhD, Senior Researcher, Russian Academy of Sciences Institute of Geography, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russia; e-mail: svdolgov1978@yandex.ru

Nikolay I. Koronkevich, Doctor of Geographic Sciences, Professor, Head of Laboratory, Russian Academy of Sciences Institute of Geography, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russia; e-mail: koronkevich@igras.ru

Elena A. Barabanova., PhD, Senior Researcher, Russian Academy of Sciences Institute of Geography, Staromonetny per., 29, Moscow, 119017, Russia; e-mail: barabanova@igras.ru

For citation: Dolgov S.V., Koronkevich N.K., Barabanova E.A. *Special Features of the Contemporary Biogens Runoff Formation in the Central Part of the Russian Plain // Water Sector of Russia. 2020. No.2. P. 136–145.*

REFERENCES

1. *Khrisanov N.I., Osipov G.K.* Upravlenie evtrofirovaniem vodoyemov [Water Bodies' Eutrophication Management]. SPb.: Gidrometeoizdat, 1993. 279 p.
2. *Yasinskiy S.V., Gurov F.N.* Metod otsenki kharakteristik diffuznogo zagryazneniya malykh rek na osnove landshaftno-gidrologicheskogo podkhoda (na primere r. Istry) [A method for assessing the characteristics of diffuse pollution of small rivers based on the landscape-hydrological approach (on the example of the Istra river)] // *Vodnoe khozyaistvo Rossiya*. 2006. № 2. P. 41–71.
3. *Kondratyev S.A., Briukhanov A.Y., Terekhov A.V.* Struktura poverkhnosti vodosbora kak opredelyayushchiy faktor biogennoy nagruzki na vodoem (po dannym matematicheskogo modelirovaniya) [The structure of the catchment surface as a determining factor of the nutrient load on the water body (according to mathematical modelling)] // *Voprosy geografii*. Sb. 145. *Gidrologicheskie izmeneniya*. M.: Izdatelskiy dom «Kodeks», 2018. P. 89–108.
4. *Dolgov S.V., Koronkevich N.I.* Gidrologicheskaya yarusnost' ravninnoy territoriyi [Hydrological layering of the flat territory] // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2010. № 1. P. 7–25.
5. *Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.I., Petel'ko A.I.* Poverkhnostnyy stok i infil'tratsiya v pochvu talykh vod na pashne v lesostepnoi i stepnoi zonakh Vostochno-Evropeiskoy ravniny [Surface runoff and melt infiltration into the soil on arable land in the forest-steppe and steppe zones of the East European Plain] // *Pochvovedenie*. 2018. № 1. P. 66–72.
6. *Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Barabanova E.A.* Sovremennye izmeneniya poverkhnostnogo stoka i infil'tratsiyi talykh vod na sel'skokhozyaistvennykh ugodyakh v lesostepnoi i stepnoi zonakh Russkoy ravniny i ikh posledstviya [Modern changes in surface runoff and meltwater infiltration on agricultural land in the forest-steppe and steppe zones of the Russian Plain and their consequences] // *Vodnoe khozyaistvo Rossii*. 2018. № 4. P. 78–91.
7. *Dolgov S.V., Koronkevich N.I.* Sovremennye izmeneniya vynosa biogennykh veshchestv v reki basseina Volgi na yuge lesnoi zony [Modern Changes of Nutrients' Removal into the Southern Forest Zone Rivers of Volga Basin] // *Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya*. 2019. № 5. P. 43–55.
8. *Vodnye resursy i vodnyy balans territoriyi Sovetskogo Soyuz* [Water resources and water balance of the territory of the Soviet Union]. L.: Gidrometeorologicheskoe izd-vo, 1967. 199 p.
9. *Rodin L.E., Bazilevich N.I.* Dinamika organicheskogo veshchestva i biologicheskii krugovorot v osnovnykh tipakh rastitel'nosti zemnogo shara [The dynamics of organic matter and the biological cycle in the main types of globe vegetation] M.-L.: Izd-vo «Nauka», 1965. 254 p.
10. *Rodin L.E., Remezov N.P., Bazilevich N.I.* Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu dinamiki i biologicheskogo krugovorota v fitotsenozakh [Guidelines for the study of dynamics and the biological cycle in phytocenoses]. L.: Nauka, 1968. 145 p.
11. *Abramov A.I., Krymova E.A.* Sostoyaniye plodorodiya pakhotnykh zemel' v Nizhegorodskoy oblasti [The fertility of arable land in Nizhny Novgorod Oblast] // FGBU Tsentral'nyy nauchnoy informatsionnoy sluzhby «Nizhegorodskiy», 2014, rezhim dostupa: <https://agrohim-nn.ru/stati/47-sostoyaniye-plodorodiya-pakhotnykh-zemel-v-nizhegorodskoy-oblasti.html>.
12. *Nizhegorodskaya oblast' v tsifrakh*. 2017: Kratkii statisticheskiy sbornik [Nizhny Novgorod region in figures]. 2017: A Brief Statistical Digest] / Nizhnii Novgorod: Nizhegorodstat, 2017. 375 p.