

zagryazneniya na vodnye objekty // Prirodoo-
bustrojstvo. – 2016. – № 3. – S. 64-72.

The material was received at the editorial office
01.10.2020

Information about the authors

Kireycheva Lyudmila Vladimirovna,
doctor of technical sciences, research ma-
nager on the direction of land reclamation,
head of the department «Environmental

and information technologies»; FSBNU
VNIIGiM named after A.N. Kostyakov;
127550, Moscow, ul. Bolshaya Academiches-
kaya, 44., korp. 2 kireychevalw@mail.ru

Lentyaeva Ekaterina Alekseevna, can-
didate of technical sciences, senior researcher
of the department «Environmental and infor-
mation technologies»; FSBNU VNIIGiM na-
med after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow,
ul. Bolshaya Academicheskaya, 44., korp. 2;
elentyaeva@mail.ru

УДК 502/504:631.6.02

DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-27-32

Н.О. НАУМЕНКО, Е.В. ФЕДОТОВА

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

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Целью работы является разработка программного обеспечения для расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС) и методики оценки зарастания водных объектов высшими водными растениями при помощи общедоступной программы GoogleEarth. Проведены исследования по усовершенствованию системы экологического мониторинга на водосборных территориях. Предложен новый подход расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС) по текущему объему воды в водохранилище в конкретный момент. Для реализации подхода разработано программное обеспечение, в котором выполнены расчеты по определению величины ПДС на основе фактического объема воды в Рыбинском водохранилище, исходя из даты предполагаемого сброса загрязняющих веществ из предприятий, и текущего содержания в воде загрязняющих веществ. Разработана методика оценки зарастания водных объектов высшими водными растениями при помощи общедоступной программы GoogleEarth, с помощью которой появится возможность составления прогноза заиления водоемов исходя от степени их зарастания. На основе программы GoogleEarth определена динамика зарастания озера Бездонное на основе космоснимков для 2013, 2015 и 2019 гг. относительно 2009 г.

Программное обеспечение, гидротехнические сооружения, окружающая среда, Python, геоинформационные системы (ГИС).

Введение. Проблемы качества водных ресурсов в водоемах хозяйственно-бытового, питьевого и рыбохозяйственного назначения остаются актуальными на протяжении десятилетий. Этому способствуют такие факторы, как сбросы загрязняющих веществ предприятиями легкой и тяжелой промышленности, коммунально-бытовые сбросы, поверхностный сток загрязняющих веществ с сельскохозяйственных угодий и др.

В данной работе отражены проведенные исследования по усовершенствованию системы экологического мониторинга на водосборных территориях с целью

поддержания благоприятного состояния поверхностных водных объектов, исходя из значений нормативов предельно-допустимых концентраций вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного значения (ПДК_{рх}). Предложен новый подход для расчета предельно-допустимых сбросов (ПДС), когда он производится не по среднему объему воды в водохранилище, а по текущему в конкретный момент времени. Оценка границ зарастания водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования Земли позволит регулировать состояние водоемов и поддерживать благоприятные

условия для развития естественной популяции nekтона.

Материал и методы исследований.

Для создания программного обеспечения расчета ПДС и проверки предлагаемой методики по оценке зарастания водных объектов высшими водными растениями были использованы компилятор «Python» и соответственно общедоступная программа «GoogleEarthPro». Работа выполнена на примере двух водных объектов: Рыбинского водохранилища и озера Бездонное Аургазинского района Республики Башкортостан.

Для Рыбинского водохранилища выполнены исследования по определению величины предельно-допустимых сбросов предприятий исходя из текущего содержания в воде загрязняющих веществ. Исходными данными для разработки программного обеспечения являлись характеристики Рыбинского водохранилища, полученные на сайте Русгидро и на платформе *NavionicsBoating*. Были использованы гидрологические (уровень и объем воды, площадь водного зеркала) и гидрофизические (минерализация и водообмен) характеристики.

Для оценки зарастания водных объектов использовались космические снимки озера Бездонное Аургазинского района Республики Башкортостан.

При проведении исследований были использованы аналитические методы для определения предельно-допустимых сбросов и оценки зарастания водных объектов макрофитами (высшими водными растениями).

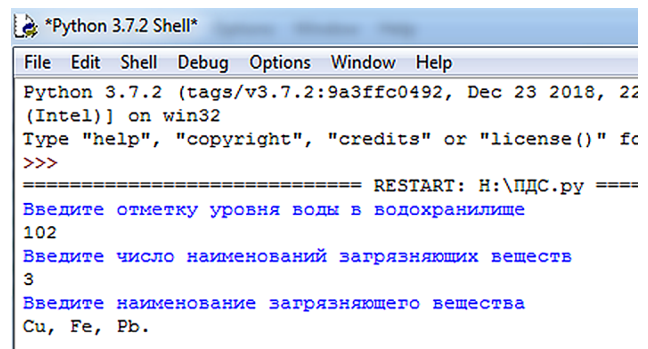
Результаты и обсуждение. 1. Программа для расчета ПДС на примере Рыбинского водохранилища. Общепринятый расчет ПДС по осредненному объему воды за год в водохранилище для оценки концентраций загрязняющих веществ часто приводит к системной ошибке (завышению содержания загрязняющих веществ в водном объекте). Причиной подобных обстоятельств является несогласованность действий между водопользователями и управляющей гидротехническими сооружениями компанией [1-4]. Ввиду того, что уровень воды в водохранилище не является стабильным, было сделано предположение, что расчеты ПДС можно проводить на основе фактического объема воды в водном объекте, исходя из даты предполагаемого сброса загрязняющих веществ. На основании предложенного подхода была разработана консольная программа, которая позволяет производить

расчет ПДС согласно данным о фактическом объеме воды и концентрациям загрязняющих веществ в конкретный момент.

Алгоритм расчета в разработанном программном продукте предполагает:

- выбор поверхностного водного объекта;
- создание базы данных для объекта, которая включает в себя задание абсолютных отметок уровня воды, площади водного зеркала, объема воды в водохранилище, минерализации воды и перечня загрязняющих веществ;
- выполнение расчета объема воды;
- расчет минерализации воды в водном объекте;
- сравнение с нормативным значением ПДК_{рх};
- определение ПДС предприятий.

Для нахождения параметров ПДС в разработанном программном продукте на первом этапе необходимо выбрать из списка водный объект и ввести данные, показанные на рисунке 1.



```

Python 3.7.2 (tags/v3.7.2:9a3ffc0492, Dec 23 2018, 22
(Intel)] on win32
Type "help", "copyright", "credits" or "license()" fo
>>>
===== RESTART: Н:\ПДС.py =====
Введите отметку уровня воды в водохранилище
102
Введите число наименований загрязняющих веществ
3
Введите наименование загрязняющего вещества
Cu, Fe, Pb.
  
```

Рис. 1. Ввод запрашиваемых параметров

Из базы данных в автоматическом режиме последовательно загружаются батиграфические и гидрофизические характеристики водного объекта, и методом интерполяции определяется объем воды на данной отметке [5-8]. По тем же данным вычисляется естественная минерализация воды.

На этапе расчета величины ПДС из базы загружаются данные о количестве рассматриваемых загрязняющих веществ, которые затем сравниваются со значениями их предельно допустимых концентраций в условиях ведения рыбного хозяйства. На следующем этапе выполняется анализ данных по сбросу водопользователями загрязняющих веществ, указанных в программе [2]. Вывод расчетных данных осуществляется в файле *raschet.doc* в форме отчета (табл. 1).

В отчете последней строкой выводится заключение о необходимости согласования

ПДС, его интенсивности и периода сбросов с управляющей ГТС компанией в зависимости от объема воды в водохранилище, ее

минерализации и содержания загрязняющих веществ в сбросах [3]. Часть программы на языке Python представлена на рисунке 2.

Таблица 1

Отчет о выполненной работе консольной программы

Объем водохранилища	25455 млн м ³
Естественная минерализация	0,24 г/л
Период полного водообмена составляет	262 сут. 19 ч 12 мин
Рыбохозяйственный ПДК (Cu)	0,001 мг/л
Фоновая концентрация (Cu)	0,0006 мг/л
Допустимый сброс ЗВ (Cu) для всех участников составляет	10, 182 т
Сброс (Cu) осуществляют	4 участника водохозяйственного баланса (ВХБ)
Предприятие № 1	(34,3%) допускается: 3492 кг 426 г
Предприятие № 2	(28,1%) допускается: 2861 кг 142 г
Предприятие № 3	(22,4%) допускается: 2280 кг 768 г
Предприятие № 4	(15,2%) допускается: 1547 кг 664 г
ПДС и его интенсивность необходимо согласовывать с управляющей компанией ГТС Рыбинского водохранилища	

```
print ("Введите отметку уровня воды в водохранилище")
c=float(input())
print ("Введите число наименований загрязняющих веществ")
a2=float(input())
print ("Введите наименование загрязняющего вещества")
a1=input()
i=1
c1=[]
c2=[]
c3=[]
c4=[]
if float(c)>=72 and float(c)<=73:
    c1=(float(c)-72)*(1-0)+0
    print ("Объем водохранилища составляет:", round(c1,2), "млн,м3")
    c3=(c-72)*(0,200001838-0,2)+0,2
    print ("Естественная минерализация составляет:", round(c3,2), "г/л")
    c2=(float(a2)-float(a3))*round(c1,2)*1000000
    print ("ПДС загрязняющего вещества", round(c2,3), "кг")
    c4=(float(c)-72)*(28288-0)+0)*c2
    print ("ПДС загрязняющего вещества с учетом водообмена", round(c4,3), "кг")
```

Рис. 2. Фрагмент кода программы для расчета ПДС

2. Программа оценки зарастания водных объектов. Динамика зарастания водного объекта проанализирована на основе космоснимков на примере озера Бездонное (рис. 3). Морфология береговой полосы меняется вследствие процессов в водных объектах, поэтому при оценке зарастания необходимо учитывать скорость течения воды, движения наносов и интенсивность размыва и намыва берегов. Как показали исследования, берега оз. Бездонное устойчивы, площадь зеркала не изменялась за период наблюдений с 2009 по 2019 гг. (рис. 3) [1, 9].

Для определения границ водного зеркала, площади зарастания и проведения сравнительного анализа снимков озера была использована программа Google Earth [3].

Алгоритм оценки зарастания водного объекта предполагает:

- отбор снимков за рассматриваемый период наблюдений;
- очерчивание границ водного зеркала на одном из снимков;
- выделение площади зарастания водного объекта на всех снимках;
- расчет процентного соотношения растительности к площади водного зеркала на всех снимках;
- сравнительный анализ полученных данных.



Рис. 3. Озеро Бездонное Аургазинского района Республики Башкортостан (снимок 2019 г.): красный контур – граница водного зеркала на 2009 г.

Для отбора снимков использованы функции программы Google Earth, с помощью которых получены изображения в августе 2009, 2013, 2015 и 2019 гг. (4 снимка). Анализ зарастания водного объекта производился относительно августа 2009 г. [3].

На снимке 2009 г. обозначена граница водного зеркала на момент получения данного изображения и вычислена площадь водоема, которая составила 2,56 га, или 25 562 м². Площадь зарастания для 2009 г. условно взята за 0.

Сохранив выделенную границу и переключив снимок на 2013 г., произвели расчет

площади зарастания данного водного объекта [3, 10]. Площадь зарастания в 2013 г. составила 610 м², или на 2,4% больше, чем в 2009 г. При аналогичных действиях для других снимков были получены следующие данные:

- Площадь зарастания в 2015 г.: 796 м², или на 3,1% больше, чем в 2009 г.;

- Площадь зарастания в 2019 г.: 1321 м², или на 5,2% больше, чем в 2009 г.

По результатам вычислений был построен график отношения площади, покрытой растительностью, к площади водного зеркала за период с 2009 по 2019 гг. (рис. 4).

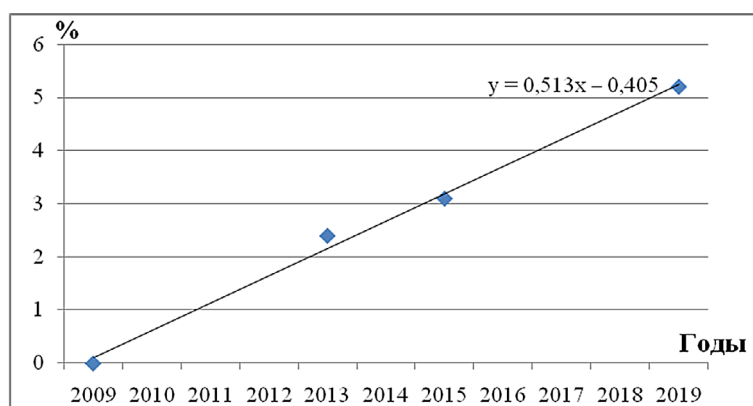


Рис. 4. Динамика отношения площади, покрытой растительностью, к площади водного зеркала озера Бездонное с 2009 по 2019 гг.

Согласно линии тренда можно предположить, что степень зарастания будет стремительно увеличиваться, поэтому необходимо принимать соответствующие меры по очистке водоема от растительности. Более точные данные могут быть получены при применении снимков высокого качества, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов. Данный метод также позволяет составлять прогнозы заиления водоемов, исходя из степени их зарастания, так как при отсутствии водных течений для них это – естественное явление.

Выводы

В ходе исследовательской работы был предложен новый подход для расчета ПДС, основанный на фактических показателях объемов воды в водохранилище. Разработанная по предлагаемой методике программа позволит решать следующие задачи:

- нормировать ПДС в водохранилище для всех участников водопользования;
- выполнять контроль и регулировать качество водных ресурсов в водоеме.

Рассмотренная методика оценки границ зарастания водных объектов с помощью

космических снимков позволит дополнить разработанную программу. С помощью данной методики можно решить следующие задачи:

- выполнять мониторинг развития высшей водной растительности в водном объекте с целью поддержания популяции рыб;
- оценить объем воды с учетом площади, занятой растительностью в водном объекте.

Библиографический список

1. Разработка автоматизированной системы мониторинга безопасности гидротехнических сооружений / Н.О. Науменко, В.Б. Жезмер, А.В. Новиков и др. / Потаповские чтения-2019. Сб. материалов. – М.: Изд-во МИСИ-МГСУ, 2019. – С. 214-218.
2. Экологическая безопасность строительства и эксплуатации подземных хранилищ газонефтепродуктов в отложениях каменной соли / О.Е. Аксютин, В.А. Казарян, А.Г. Ишков и др. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2017. – 420 с.
3. Науменко Н.О. Введение рационального нормирования на объемы сбросов загрязняющих веществ в водные объекты с целью поддержания устойчивости экосистемы /

Мат-лы VI научно-практ. конф. молодых ученых «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса». – М.: ФГБНУ ВНИРО, 2018. – С. 344-346.

4. Милютин А.Г., Андросова Н.К., Калинин И.С. Экология. Основы геоэкологии: Учебник для бакалавров. – М.: Юрайт, 2013. – 542 с.

5. Алиев З.Д., Бурцева Н.Н. Экономические механизмы природопользования // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2011. – 97 с.

6. Астахов А.С., Диколенко Е.Я., Харченко В.А. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. – 323 с.

7. Бадагуев Б.Т. Экологическая безопасность предприятия. Приказы, акты, инструкции, журналы, положения, планы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Альфа-Пресс, 2018. – 568 с.

8. Оценка качества вод Рыбинского водохранилища вследствие снижения уровня вод / Н.В. Лагутина, Н.О. Науменко, А.В. Новиков и др. // Природообустройство. – 2019. – № 2. – С. 122-125.

9. Литвинов А.С., Рощупко В.Ф. Многолетние и сезонные колебания уровня Рыбинского водохранилища и их роль в функционировании его экосистемы // Водные ресурсы. – 2007. – Т. 34, № 1. – С. 33-40.

10. Широков Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2018. – 360 с.

Материал поступил в редакцию 16.10.2020 г.

Сведения об авторах

Науменко Николай Олегович, младший научный сотрудник лаборатории безопасности ГТС гидромелиоративного комплекса ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; nik.naumenko@gmail.com

Федотова Екатерина Викторовна, младший научный сотрудник отдела мелиоративно-водохозяйственного комплекса ФГБНУ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова; 127550, Москва, Б. Академическая, 44, корп. 2; katty_fedotova94@mail.ru

N.O. NAUMENKO, E.V. FEDOTOVA

Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation.

DEVELOPMENT OF PROGRAMS FOR SOLVING TASKS IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION ON WATER CATCHMENT AREAS

The purpose of this work is to develop software for calculating maximum permissible discharges and methods for assessing the overgrowth of water bodies with higher aquatic plants using the publicly available Google Earth program. In this paper, research has been carried out to improve the environmental monitoring system in catchment areas. A new approach is proposed for calculating the maximum allowable discharge for the current volume of water in the reservoir at a specific time. To implement the approach, software has been developed in which calculations are made to determine the value based on the actual volume of water in the Rybinsk reservoir based on the date of the expected discharge of pollutants from enterprises and the current content of pollutants in the water. A method has been developed for assessing the overgrowth of water bodies by higher aquatic plants using the publicly available Google Earth program, which will make it possible to make a forecast of siltation of reservoirs based on the degree of overgrowth. On the basis of the program Google Earth the dynamics of overgrowing of the lake Bezdonnoe is determined on the basis of space images for the 2013, 2015 and 2019 year relative to the 2009 year.

Software, hydraulic structures, environment, Python, geoinformation systems (GIS).

References

1. Razrabotka avtomatizirovannoj sistemy monitoringa bezopasnosti gidrotekhnicheskikh sooruzhenij. / Sb. Potapovskie chteniya-2019. / Naumenko N.O., Zhezmer V.B., Novikov A.V. i dr. – М.: Izd-vo MISI – MGSU, 2019. – S. 214-218.

2. Ekologicheskaya bezopasnost stroitelstva i ekspluatatsii podzemnyh hranilishch gazonefteproduktov v otlozheniyah kamennoj soli / O.E. Aksyutin, V.A. Kazaryan, A.G. Ishkov i dr. – Vologda: Infra-Inzheneriya, 2017. – 420 s.

3. Naumenko N.O. Vvedenie ratsionalnogo normirovaniya na objemy sbrosov

zagryaznyayushchih veshchestv v vodnye objkty, s celyu podderzhaniya ustojchivosti ekosistemy. Sbornik VI-oj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodyh uchenykh «Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya rybohozyajstvennogo kompleksa». – M.: FGBNU VNIRO, 2018. – 344-346 s.

4. **Milyutin A.G., Androsova N.K., Kalinin I.S.** Ekologiya. Osnovy geoekologii: Uchebnyk dlya bakalavrov / – M.: YUrajt, 2013. – 542 s.

5. **Aliev Z.D., Burtseva N.N.** Ekonomicheskie mekhanizmy prirodopolzovaniya // Problemy okruzhayushchej sredy i prirodnykh resursov. – 2011. – 97 s.

6. **Astahov A.S.** Ekologicheskaya bezopasnost i effektivnost prirodopolzovaniya / A.S. Astahov E.Ya. Dikolenko, V.A. Harchenko. – Vologda: Infra-Inzheneriya, 2018. – 323 s.

7. **Badagiev B.T.** Ekologicheskaya bezopasnost predpriyatiya. Priказы, акты, instruktsii, zhurnaly, polozheniya, plany. 2-e izd., per. i dop. – M.: Alfa-Press, 2018. – 568 s.

8. Otsenka kachestva vod Rybinskogo vodohranilishcha vsledstvie snizheniya urovnya vod / Lagutina N.V., Naumenko N.O., Novikov A.V. i dr. Prirodoobustrojstvo. – 2019. – № 2. – S. 122-125.

9. **Litvinov A.S., Roshchupko V.F.** Mno-goletnie i sezonnye kolebaniya urovnya Rybinskogo vodohranilishcha i ih rol v funktsionirovaniy ego ekosistemy // Vodnye resursy. – 2007. T. 34, № 1. – S. 33-40.

10. **Shirokov Yu.A.** Ekologicheskaya bezopasnost na predpriyatii: Uchebnoe posobie. – SPb.: Lan, 2018. – 360 s.

The material was received at the editorial office
16.10.2020

Information about the authors

Naumenko Nikolay Olegovich, junior researcher of the laboratory of GTS safety of the hydro-reclamation complex FSBSI VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya, 44., building 2; nik.naumenko@gmail.com

Fedotova Ekaterina Viktorovna, junior researcher of the Department of land reclamation and water management complex FSBSI VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, Bolshaya Akademicheskaya, 44., building 2; katya_fedotova94@mail.ru

УДК 502/504:631.6.02:620.193.15

DOI 10.26897/1997-6011/2020-5-32-36

А.Е. КАСЬЯНОВ, Д.Д. КОБОЗЕВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

РЕВИЗИЯ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО УЧАСТКА «ОЗЕРНЫЙ» В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты ревизии гидромелиоративной системы на пойменных землях в Московской области. Выполнена оценка трансформации мелиорируемых в течение 38 лет почв. Система польдерная осушительно-увлажнительная размещена в поймах рек Гжелка и Москва. Орошение – дождевальными машинами ДДА-100МА. Забор воды – из оросителей в земляном русле. Осушение выполнено гончарным дренажем. Диаметр дрен – 7,5 см, диаметр коллектора – 25,0 см. Средняя глубина заложения дрен – 1,2...1,3 м. Проектное расстояние между дрен – 10 м. Экспериментальный участок включает в себя поля с переменной интенсивностью дренирования по длине дрен. Мелиоративные изыскания показали следующее. Избыточное увлажнение обусловлено верховодкой и грунтовыми водами. По химическому составу воды являются гидрокарбонатными кальциево-магниевыми. Концентрация закисного железа изменяется в пределах от 1,1 до 14,8 мг/л. Почвенный покров представлен пойменными слабодренированными дерново-глеевыми и дерново-глееватыми зернистыми разностями. По механическому составу почвы тяжело суглинистые и глинистые. Зернистые горизонты обладают удовлетворительной водопроницаемостью более 0,5 м/сут. Нижняя часть почвенного профиля на глубине 0,7...0,8 м сильно оглеена. В настоящее время состояние мелиоративной системы является удовлетворительным. Массив осушения