**«Водные ресурсы»**

УДК 502/504:551.48: 626.81: 627.81

**УПРАВЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВОМ И КАЧЕСТВОМ ВОДЫ РЕКИ МОСКВЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ЕЁ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ**

*В.И. Клёпов1, д.т.н., проф., И.В. Рагулина2*

*1Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева,*

*2Курский институт развития образования*

В соответствии с Водной стратегией России до 2020 года определяется необходимость улучшения экологического состояния водных ресурсов в бассейнах рек. Процессы взаимосвязи между количеством и качеством водных ресурсов в этих бассейнах очень важны при управлении режимами функционирования водно-ресурсных систем (ВРС). Одной из таких ВРС, состоящей из нескольких водохранилищ является ВРС Московского региона. Эта система предназначена для устойчивого водообеспечения одного из крупнейших в России хозяйственного, культурного и научного центра. Составной частью этой водно-ресурсной системы является Москворецкая водная система (МВС), сформированная на основе бассейна реки Москвы.

*Ключевые слова*: гидрология, речной сток, водохранилища, регулирование речного стока, дефицит гарантированной водоотдачи, качество водных ресурсов.

Известно, что побочным эффектом регулирования речного стока водохранилищами является изменение естественного режима и гидрографа стока реки, выражающееся в уменьшении водности и скорости течения воды в реке. Как следствие этого процесса – зарастание и заиление русла реки и, в конечном итоге, ухудшение качества воды. Данную проблему можно решить, в том числе, разработав гидрологическое обоснование обводнения в бассейне реки.

На обводнение рек и водотоков в бассейне реки Москвы направлен расход воды, равномерно распределенный в течение года, равный 41,9 м3/с, что соответствует почти 30% от расходной части водохозяйственного баланса Московского региона. Для разработки такого гидрологического обоснования необходима, в частности, организация и проведение периодической искусственной промывки русла реки посредством специальных повышенных попусков воды из водохранилищ. При этом для решения проблемы необходимо изучение не только количественных, но и качественных показателей воды.

При исследовании процессов функционирования водохранилищ, работающих в единой системе водоснабжения с целью управления режимом и качеством воды, традиционно возникают разные задачи в области гидролого-водохозяйственного и эколого-экономического обоснования поддержки принятия решений. Нами были исследованы методические вопросы совместного управления режимом и качеством воды в сложившейся водохозяйственной системе Московского региона. Интенсивное использование водных ресурсов в связи с возможным дефицитом воды, а также постоянные изменения в окружающей среде в том числе в результате глобального изменения климата, по-видимому, делают актуальным совершенствование теории функционирования сложных водохозяйственных систем, включающих в себя системы гидроузлов с водохранилищами, работающими в том числе в компенсационном режиме [1]. Такое положение обусловлено необходимостью обеспечения населения и отраслей хозяйства водой необходимого количества и качества, удовлетворяющего санитарно-гигиеническим требованиям.

Обводнение реки Москвы, выразившееся как в подаче воды в ее бассейн по каналу имени Москвы и, отчасти, по Вазузской гидротехнической системе, так и в регулировании стока водохранилищами МВС существенно изменило водный режим этой реки. Вследствие этого происходит как заиление, так и зарастание русла реки. Кроме мероприятий, связанных с совершенствованием очистки сточных вод и вод, стекающих с урбанизированных территорий [2], проблему улучшения качества воды можно решить в том числе изменив сложившийся режим обводнения [3]. Для этого возможно посредством специальных попусков воды из водохранилищ выполнить в определенных условиях искусственную промывку русла реки Москвы. Очевидно, что такую промывку целесообразно проводить в периоды повышенной водности и, прежде всего, в период половодья. Кроме того, решение о промывке в естественных условиях должны принимать соответствующие организации. Из-за сложности такого процесса и риска нарушить существующие правила управления сложившейся системой водохранилищ осуществление такого мероприятия представляется целесообразным с использованием для этой цели метода имитационного моделирования. Такой метод служит надежным инструментом для всестороннего анализа и гидролого-водохозяйственного обоснования формирования искусственных обводнительных попусков. Эти вопросы невозможно решить без фундаментальных знаний об особенностях формирования количества и качества воды в бассейне реки, моделирования его параметров при различных сценариях изменений в пространстве и времени.

***Управление количеством воды в бассейне реки Москвы.*** Как показывают результаты исследования разных авторов, водохозяйственный баланс Московского региона в настоящее время достаточно напряжен. Вместе с тем, значительная доля расходной части этого баланса (около 30%) предназначена именно для целей обводнения реки. Поэтому проблема надёжности водообеспечения Московского региона наиболее отчетлива проявляется сейчас в отношении обводнительных попусков*.* Отсутствие научно-обоснованных нормативов для этого вида водопользования приводит к тому, что такие попуски являются замыкающим элементом использования водных ресурсов при хозяйственной деятельности в бассейне реки Москвы.

Анализ многочисленных литературных источников и проектных материалов показывает, что в настоящее время не существует единых методических подходов к оценке допустимых объемов обводнения водных объектов, отсутствует также единообразие в терминах. Нет единого подхода к толкованию характеристик стока, оставляемых ниже створов регулирования и изъятия водных ресурсов [4]. Изучение особенностей существующей практики водопользования показывает, что все попуски можно классифицировать по назначению. Наибольший обводнительный попуск в бассейне р. Москвы осуществляется из канала им. Москвы, однако практически во всех проработках по водоснабжению Московского региона степень надёжности обводнительных попусков принималась такой же, как для питьевого, коммунально-бытового и промышленного водопотребления, а именно 95 – 97 % (по числу бесперебойных лет). В работе приводится перечень объектов обводнения рек и водотоков в бассейне р. Москвы и показаны объемы такого обводнения.

Сущность исследования, выполненного в рамках данной статьи, состоит в том, чтобы в период прохождения по реке пика естественного весеннего половодья наложить на него искусственную волну сбросов воды из водохранилищ с таким расчетом, чтобы обеспечить в течение некоторого времени расход воды больший, чем 700 м3/с. Как отмечается в работах разных авторов, только при таких значениях расхода воды можно полностью открыть регулирующие плотины на р. Москве в черте города и не понизить уровень воды в районе городских промышленных водозаборов до критических отметок, при которых возникает угроза нарушения работы этих водозаборов. Следовательно, принятие решения о искусственной промывке должно основываться на долгосрочном прогнозе притока воды к водохранилищам и прогнозе объема весеннего стока.

В данном имитационном эксперименте были рассмотрены значения искусственного попуска воды в диапазоне от 600 до 1000 м3/с в течение соответственно одной, двух, трех, четырех и пяти декад весеннего половодья в бассейне реки Москвы. Известно, что весеннее половодье в этом речном бассейне в разные годы изменяется в период март – май. Для анализа был выбран маловодный год 95% обеспеченности. В результате имитационного эксперимента установлена зависимости дефицита гарантированной водоотдачи водохранилищ Москворецкой водной системы при разной величине расхода воды в замыкающем створе Рублевского гидроузла на р. Москве и переменном числе временных интервалов за период половодья.

В *табл. 1* представлены результаты имитационного эксперимента по определению зависимости дефицита гарантированной водоотдачи водохранилищ МВС при разной величине расхода воды в створе Рублевского гидроузла на р. Москве и переменном числе декад, при которых происходит такая подача воды.

Таблица 1

***Зависимость дефицита гарантированной водоотдачи МВС при разном расходе искусственного попуска и переменном числе декад***

|  |  |
| --- | --- |
| *Год 1920/21**Апрель* | *Дефицит гарантированной водоотдачи (млн м3) при значении искусственного попуска воды (м3/с)* |
| *600* | *700* | *800* | *900* | *1000* |
| 1 декада | 0 | 0 | 0 | 0 | 295 |
| 2 декады | 220 | 470 | 565 | 825 | 915 |
| 3 декады | 715 | 990 | 1235 | 1580 | 1750 |
| 4 декады | 1200 | 1500 | 1650 | 1850 | 2050 |
| 5 декад | 1600 | 1900 | 2100 | 2300 | 2550 |

Как следует из табл. 1, суммарный дефицит гарантированной водоотдачи водохранилищ МВС при формировании искусственного попуска воды существенно отличается в зависимости от длительности временного интервала и при разном расходе воды. Для всех значений такого попуска, сформированного в течение двух и трех декад апреля, при расходе воды от 600 до 1000 м3/с имеет место дефицит гарантированной водоотдачи. Этот дефицит монотонно возрастает с увеличением значения расхода воды для искусственной промывки. Соответственно минимальный дефицит гарантированной водоотдачи наблюдается для одной декады апреля и при расходе воды в течение этой декады, равном 1000 м3/с, следовательно, подавая в створ Рублевского водозабора расход воды в количестве от 600 до 900 м3/с в течение одной декады апреля маловодного 1920/21 гидрологического года, можно не опасаться нарушить действующие правила управления ВРС в бассейне р. Москвы. Во всех остальных случаях дефицит гарантированной водоотдачи будет монотонно возрастать.

Следует отметить, что наличие или отсутствие дефицита гарантированной водоотдачи водохранилищ является необходимым, но не совсем достаточным критерием при оценке эффективности правил управления водными ресурсами. К гидролого-водохозяйственному обоснованию эффективности разрабатываемых правил управления необходимо технико-экономическое обоснование, которое не является предметом рассмотрения данной статьи.

При формировании искусственных обводнительных попусков в бассейне реки Москвы дана оценка степени надежности таких попусков в количественном выражении. Вместе с тем очевидно, что решить задачу искусственного попуска воды невозможно без учета качества водных ресурсов [5].

***Управление качеством воды в бассейне реки Москвы.*** Рассматривается изменение качественных характеристик водных ресурсов в этом бассейне в пространстве (от г. Звенигорода до г. Москвы) и времени. Для этого были использованы исходные материалы Государственного водного кадастра РФ [6] за период с 1981 по 2011 год и дана оценка качества воды верхнего течения р. Москвы по комплексу гидрохимических показателей (БПК5, нитритный азот, нефтепродукты, фенолы). Для изучения пространственных закономерностей гидрохимических показателей были выбраны четыре створа. Схема расположения гидрометрических створов р. Москвы на участке от г. Звенигород до г. Москва представлена на *рис.*  Характеристика расположения этих створов:

1 – р. Москва – г. Звенигород, 0,3 км выше города;

2 – р. Москва – г. Звенигород, 1,4 км ниже города;

3 – р. Москва – г. Москва, в черте города, 0,3 км выше Бабьегородской плотины;

4 – р. Москва – г. Москва, в черте города, 0,01 км выше шоссейного моста кольцевой автодороги.



*Рис.* **Схема расположения гидрометрических створов р. Москвы на участке от г. Звенигорода до г. Москва**

В результате исследования выявлена пространственная закономерность увеличения концентрации загрязнения по течению реки Москвы. Анализ исходных данных и оценка качества воды р. Москвы по комплексу гидрохимических показателей, представленных выше, для рассматриваемых четырех створов реки показал, что наибольшие среднегодовые значения концентрации всех исследуемых загрязняющих веществ в реке имеют место в створах 3 и 4.

Установлено, что среднегодовая концентрация нефтепродуктов имеет повышенные показатели в створах 3 и 4 по сравнению со створами 1 и 2. Наименьшие среднегодовые значения концентрации загрязняющих веществ наблюдаются в створах 1 и 2 (г. Звенигород). Для этих створов характерны максимальные значения ПДК с большим разбросом по всем показателям за исследуемый период времени.

В *табл. 2* представлены значения коэффициентов корреляции между показателями загрязнения воды в р. Москве фенолом и нефтепродуктами, а также гидрологическими показателями – притоком воды к гидроузлам Москворецкой водной системы – Истринским, Можайским, Рузским и Озернинским, значениями фактической водоподачи из водохранилищ Вазузской гидротехнической системы и боковым притоком на с части территории водосбора реки Москвы (боковой приток) от гидроузлов МВС и Рублевским водозабором.

Таблица 2

***Значение коэффициентов корреляции для фенола в створах №1-4***

| *Показатель* | *Коэффициент корреляции, R* |
| --- | --- |
| *створ 1* | *створ 2* | *створ 3* | *створ 4* |
| Фенол – нефтепродукты | 0,23 | 0,18 | – | – |
| Фенол – боковой приток | –0,03 | –0,04 | 0,37 | 0,27 |
| Фенол – приток к Рублевскому гидроузлу | 0,13 | 0,12 | –0,05 | 0,7 |
| Фенол – перекачка из Вазузы | –0,12 | –0,18 | 0,18 | –0,11 |
| Фенол – приток к Истринскому гидроузлу | 0,06 | 0,04 | –0,19 | 0,57 |
| Фенол – приток к Можайскому гидроузлу | –0,07 | –0,12 | –018 | 0,79 |
| Фенол – приток к Рузскому гидроузлу | 0,23 | 0,13 | 0,29 | 0,89 |
| Фенол – приток к Озернинскому г/у | 0,31 | 0,24 | 0,21 | 0,58 |

Как следует из табл. 2, значения полученных коэффициентов корреляции имеют в целом существенный разброс. Можно выделить достаточно тесную связь фенола с притоком воды к водохранилищам МВС – от 0,57 для притока к Истринскому гидроузлу, до 0,89 для притока к Рузскому водохранилищу. Таким образом, для фенола имеет место достаточно тесная корреляционная связь с гидрологическими показателями, которая имеет тенденцию к увеличению по длине реки и показывает максимальную связь для створа 4.

В *табл. 3* представлены коэффициенты парной корреляции между загрязнением воды нефтепродуктами и основными гидрологическими показателями, такими, как приток к гидроузлам Москворецкой водной системы – Можайским, Истринским, Рузским, Озернинским, Рублевским, боковым притоком между гидроузлами системы и Рублевским гидроузлом, а также водоподача из водохранилищ Вазузской гидротехнической системы в бассейн реки Москвы.

Таблица 3

***Значение коэффициентов корреляции для нефтепродуктов в створах №1-4***

|  |  |
| --- | --- |
| *Показатель* | *Коэффициент корреляции, R* |
| *створ 1* | *створ 2* | *створ 3* | *створ 4* |
| Нефтепродукты – боковой приток | –0,02 | 0,09 | 0,23 | –0,27 |
| Нефтепродукты – приток к Рублевскому гидроузлу | 0,12 | 0,21 | –0,11 | 0,25 |
| Нефтепродукты –водоподача из Вазузы в р. Москву | 0,1 | –0,12 | 0,57 | –0,54 |
| Нефтепродукты – приток к Истринскому гидроузлу | 0,21 | 0,17 | –0,3 | 0,23 |
| Нефтепродукты – приток к Можайскому гидроузлу г/у | 0,29 | 0,18 | –0,06 | 0,32 |
| Нефтепродукты – приток к Рузскому гидроузлу г/у | 0,42 | 0,41 | –0,41 | 0,41 |
| Нефтепродукты – приток к Озернинскому гидроузлу | 0,08 | –0,08 | 0,06 | 0,19 |

Как следует из табл. 3, значения полученных коэффициентов корреляции имеют в целом существенный разброс. Можно выделить достаточно тесную связь нефтепродуктов в первом, втором и четвертом створах (0,41-0,42), а также для третьего створа достаточно тесную связь нефтепродуктов с фактической водоподачей из водохранилищ Вазузской гидротехнической системы (0,57). Таким образом, для нефтепродуктов имеет место менее тесная корреляционная связь с гидрологическими показателями в отличие от фенола.

Известно, что линейные коэффициенты корреляции принимают значения в интервале от –1 до +1. Соответственно, и связи между исследуемыми признаками могут быть как слабыми, так и сильными. Критерии такой связи можно оценить по шкале Чеддока: -0,1 < rxy < 0.3 связь слабая; -0,3 < rxy < 0,5 связь умеренная; -0,5 < rxy < 0,7 связь заметная; -0,7 < rxy < 0,9 связь высокая; -0,9 < rxy < 1 связь весьма высокая.

Результаты оценки зависимости таких показателей загрязнения воды, как фенолы и нефтепродукты, с исходными гидрологическими данными притока к различным гидроузлам Москворецкой водной системы показали, что зависимость между изучаемыми показателями в целом отсутствует или проявляется слабая зависимость. В *табл. 4 и 5* представлена оценка связи коэффициента корреляции между показателями загрязняющих веществ фенола и нефтепродуктов с гидрологическими показателями притока воды к основным узлам системы водохранилищ в бассейне р. Москвы с учетом критериев корреляционной связи.

Таблица 4

***Оценка связи коэффициента корреляции между показателями***

|  |  |
| --- | --- |
| *Показатель* | *Коэффициент корреляции, R* |
| *створ 1**(1981-2010)* | *створ 2**(1981-2010)* | *створ 3**(2003-2010)* | *створ 4**(2005-2010)* |
| Фенол – нефтепродукты | 0,23Слабая прямая зависимость | 0,18Слабая прямая зависимость | - | - |
| Фенол – боковой приток | –0,03Взаимосвязь отсутствует | –0,04Взаимосвязь отсутствует | 0,37Умеренная прямая зависимость | 0,27Слабая прямая зависимость |
| Фенол – приток к Рублевскому гидроузлу | 0,13Слабая прямая зависимость | 0,12Слабая прямая зависимость | –0,05Взаимосвязь отсутствует | 0,71Высокая прямая зависимость |
| Фенол – перекачка из Вазузы в р. Москву | –0,12Слабая обратная зависимость | –0,18Слабая обратная зависимость | 0,18Слабая прямая зависимость | –0,11Слабая обратная зависимость |
| Фенол – приток к Истринскому гидроузлу  | 0,06Зависимостьотсутствует | 0,04Зависимостьотсутствует | –0,19Слабая обратная зависимость | 0,57Заметная прямая зависимость |
| Фенол – приток к Можайскому гидроузлу  | –0,07Зависимостьотсутствует | –0,12 Слабая обратная зависимость | –0,18Слабая обратная зависимость | 0,79Высокая прямая зависимость |
| Фенол – приток к Рузскому гидроузлу  | 0,23Слабая прямая зависимость | 0,13Слабая прямая зависимость | 0,29Слабая прямая зависимость | 0,89Высокая прямая зависимость |
| Фенол – приток к Озернинскому гидроузлу  | 0,31Слабая прямая зависимость | 0,24Слабая прямая зависимость | 0,21Слабая прямая зависимость | 0,58Заметная прямая зависимость |

Как показывает анализ данных таблицы 4 по оценке зависимости между показателями в створе 1, между уровнем загрязнения фенолом в ПДК и притоком к Истринскому, Можайскому гидроузлам, фактическим притоком к Рублевскому г/у, подачей из р. Вазузы в створе Зубцовского г/у и боковым стоком зависимость отсутствует, т.к. линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от –0,07 до 0,09 включительно. Между уровнем загрязнения фенолом в ПДК и притоком к Рузскому и Озернинскому г/у появляется слабая прямая зависимость, так как линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от 0,23 до 0,31 включительно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что с изменением речного стока связано слабое изменение уровня загрязнения фенолом. При этом зависимости между показателями в створе 2 схожи с зависимостью в створе 1 между уровнем загрязнения фенолом в ПДК и притоком к Истринскому гидроузлу, фактическим притоком к Рублевскому гидроузлу, подачей из р. Вазузы в створе Зубцовского гидроузла и боковым стоком зависимость отсутствует. Однако линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от –0,05 до 0,04. Между уровнем загрязнения фенолом в ПДК и притоком к Можайскому, Рузскому и Озернинскому гидроузлам появляется слабая прямая и обратная зависимость, так как линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от –0,12 до 0,24.

Таблица 5

***Оценка связи коэффициента корреляции между показателями***

|  |  |
| --- | --- |
| *Показатель* | *Коэффициент корреляции, R* |
| *створ 1**(1981-2010)* | *створ 2**(1981-2010)* | *створ 3**(2003-2010)* | *створ 4**(2005-2010)* |
| Нефтепродукты – боковой приток | –0,02Взаимосвязь отсутствует | 0,09Взаимосвязь отсутствует | 0,23Слабая прямая зависимость | –0,27Слабая обратная зависимость |
| Нефтепродукты – приток к Рублевскому гидроузлу  | 0,12Слабая прямая зависимость | 0,21Слабая прямая зависимость | –0,11Слабая обратная зависимость | 0,25Слабая прямая зависимость |
| Нефтепродукты – перекачка из Вазузы в р. Москву | 0,11Слабая прямая зависимость | –0,12Слабая обратная зависимость | 0,57Заметная прямая зависимость | –0,54Заметная обратная зависимость |
| Нефтепродукты – приток к Истринскому гидроузлу  | 0,21Слабая прямая зависимость | 0,17Слабая прямая зависимость | –0,29Слабая обратная зависимость | 0,23Слабая прямая зависимость |
| Нефтепродукты – приток к Можайскому гидроузлу  | 0,29Слабая прямая зависимость | 0,18Слабая прямая зависимость | –0,06Взаимосвязь отсутствует | 0,32Умеренная прямая зависимость |
| Нефтепродукты – приток к Рузскому гидроузлу  | 0,42Умеренная прямая зависимость | 0,41Умеренная прямая зависимость | –0,41Умеренная обратная зависимость | 0,41Умеренная прямая зависимость |
| Нефтепродукты – приток к Озернинскому гидроузлу  | 0,08Зависимостьотсутствует | –0,08Зависимостьотсутствует | 0,06Взаимосвязь отсутствует | 0,19Слабая прямая зависимость |

Анализ данных табл. 5 показывает, что по оценке зависимости между показателями в створе 1, между уровнем загрязнения нефтепродуктами в ПДК и притоком к Озернинскому гидроузлу такая зависимость отсутствует, так как линейный коэффициент корреляции принимал значение 0,08. Между уровнем загрязнения нефтепродуктами в ПДК и притоком к Истринскому, Можайскому гидроузлам, фактическим притоком к Рублевскому гидроузлу, подачей из р. Вазузы и боковым в створе Зубцовского гидроузла появляется слабая прямая зависимость, так как линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от 0,21 до 0,29. Кроме того, появляется умеренно прямая зависимость между уровнем загрязнения нефтепродуктами и притоком к Рузскому гидроузлу, так как линейный коэффициент корреляции принимал значение 0,42. При этом зависимости между показателями в створе 2 аналогичны с зависимостями в створе 1 по всем показателям. Так, между уровнем загрязнения фенолом в ПДК и притоком к Озернинскому гидроузлу зависимость отсутствует, в этом случае линейный коэффициент корреляции принимал значение –0,08. Между уровнем загрязнения нефтепродуктами в ПДК и притоком к Истринскому и Можайскому гидроузлам, притоком к Рублевскому гидроузлу, подачей из р. Вазузы в створе Зубцовского гидроузла и боковым стоком появляется слабая прямая зависимость. Здесь линейный коэффициент корреляции принимал значение в пределах от 0,17 до 0,18. При этом сохраняется умеренно прямая зависимость между уровнем загрязнения нефтепродуктами и притоком к Рузскому гидроузлу, в этом случае линейный коэффициент корреляции принимал значение 0,41.

Как показали выполненные исследования, в створе 1 состояние загрязнения р. Москвы колебалось по отдельным показателям в таких интервалах: ярко выражены пики уровня с максимальными значениями рассматриваемых загрязнителей: 11,0 в 1991, 1992 гг. – фенолами; 5,0 в 1993 г. – нитритный азот. Колебания уровня загрязнения нефтепродуктами незначительны, с максимальной концентрацией в 1981 году. В створе 2 состояние загрязнения р. Москвы по анализируемым показателям колебалось незначительно. В целом с 2005 г. наблюдается снижение уровня загрязнения всех показателей качества воды. Результаты анализа данныхзагрязнениявстворе 3 показывают, что в целом максимальная среднегодовая кратность превышения ПДК в данном створе характерна для загрязнения фенолом. Уровень загрязнения нефтепродуктами и нитритным азотом имеет тенденцию к снижению. При этом максимальные значения уровня загрязнения характерны для 2006 года. В створе 4 уровень загрязнения р. Москвы по анализируемым показателям загрязнения значительно колебался по сравнению с данными по другим створам. Дана характеристика среднегодовой концентрации (кратность превышения ПДК) загрязнения воды в р. Москвы фенолами,БПК5, нитритным азотом, нефтепродуктами за рассматриваемый период времени по выбранным для исследования створам.

**Выводы**

Даны методические подходы к совместному управлению количеством и качеством водных ресурсов в верхней части бассейна реки Москвы на основе сравнительного анализа количественных и качественных изменений водных ресурсов за соответствующие годы, а также использован метод корреляционного анализа.

Для этого возможно посредством специальных попусков воды из водохранилищ выполнить в определенных условиях искусственную промывку русла реки Москвы. Промывку целесообразно проводить в периоды повышенной водности и, прежде всего, в период половодья. Очевидно, что решение о промывке в естественных условиях должны принимать соответствующие организации. Ввиду сложности такого процесса и риска нарушить существующие правила управления сложившейся системой водохранилищ осуществление такого мероприятия представляется целесообразным с использованием для этой цели метода имитационного моделирования.

Показано, что суммарный дефицит гарантированной водоотдачи водохранилищ при формировании искусственного попуска воды существенно отличается в зависимости от длительности временного интервала и при разной величине расхода воды. Этот дефицит монотонно возрастает с увеличением значения расхода воды для искусственной промывки.

Выполнена оценка связи коэффициента корреляции между различными показателями загрязнения воды и исходными гидрологическими данными стока р. Москвы. На основе изложенного были намечены подходы к совместному управлению количеством и качеством водных ресурсов в бассейне реки Москвы для улучшения ее экологического состояния.

**Литература**

1. Исмайылов Г.Х., Клёпов В.И. Г.Х. Управление количеством и качеством водных ресурсов в Московском регионе // Доклады ТСХА. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2015. – С. 379-384.

2. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году» / Отв. ред. Е.Г. Семутникова, И.А. Ширяева, Н.Г. Рыбальский. – М.: НИА-Природа, 2015. – 384 с. (http://www.priroda.ru/moscow2014/4intro.htm).

3. Клёпов В.И., Рагулина И.В. Обводнительные попуски в Московском регионе как элемент водохозяйственного баланса территории // Использование и охрана природных ресурсов в России, 2015. № 2. – С. 11-16.

4. Клёпов В.И., Рагулина И.В. Соотношение составляющих водохозяйственного баланса в бассейне реки Москвы // Природообустройство, 2016. № 3. – С. 30-36.

5. Клёпов, В.И., Рагулина, И.В Оценка качества водных ресурсов в верхней части бассейна реки Москва // Природообустройство, 2017. № 3. – С.14-21.

6. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных и подземных вод, их использование и качество. Ежегодное издание, 1981. 2012.

*Сведения об авторах:*

Клёпов Владимир Ильич, д.т.н., проф., кафедра гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, тел.: 8 (495) 976-17045, e-mail: viklepov@rambler.ru

Рагулина Ирина Васильевна, старший преподаватель, Областное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования «Курский институт развития образования», г. Курск, e-mail: irinkin@mail.ru

**MANAGEMENT OF THE QUANTITY AND QUALITY OF WATER OF THE MOSCOW RIVER TO IMPROVE ITS ECOLOGICAL STATUS**

**V. I. KLEPOV**

Federal state budgetary educational institution of higher education Russian state agrarian University – Moscow state agrarian University. K. A. Timiryazeva, Moskva

**I. V. RAGULINA**

Regional state budgetary institution of additional professional education "Kursk Institute of education development", Kursk

In accordance with the Water strategy of Russia until 2020, the need to improve the ecological status of water resources in river basins is determined. The processes of interrelation between quantity and quality of water resources in these basins are very important in the management of water resource systems (WRS). One of such VRS consisting of several reservoirs is VRS of the Moscow region. This system is intended for sustainable water supply of one of the largest economic, cultural and scientific centers in Russia. The Moskvoretsky water system (MVS) formed on the basis of the basin of the river of Moscow is an integral part of this water resource system.

**Key words**: hydrology, river flow, reservoirs, river flow regulation, deficit of guaranteed water supply, quality of water resources