

УДК 631.61:504

DOI: 10.46548/21vek-2022-1157-0029

**АДАПТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРАСНОДАРСКОГО
ВОДОХРАНИЛИЩА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА**

© 2022

Кузнецов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
заведующий кафедрой гидравлики и с-х. водоснабжения

Хаджи Анна Евгеньевна, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры гидравлики и с-х. водоснабжения

Моторная Лариса Васильевна, аспирант факультета гидромелиорации
Тратникова Анастасия Алексеевна, магистрант факультета гидромелиорации
Кубанский Государственный Аграрный Университет имени И. Т. Трубилина
(350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13,
e-mails: dtn-kuz@rambler.ru, dtn-khanna@yandex.ru, alenatr1999@mail.ru)

Аннотация. Разработана ресурсосберегающая адаптированная технология восстановления мелководных участков водных объектов и восстановления участков, заросших деревьями и кустарником, для создания надводных широкопрофильных полей по таксонам для накопления необходимого объема воды для нужд сельского и рыбного хозяйства. Исследования представлены на примере Краснодарского водохранилища и основаны на массивах статистических данных по отложению наносов. Намыв надводных широкопрофильных полей заданной формы осуществляется земснарядами из-под уровня на мелководье в акватории водного объекта с устойчивыми мокрыми откосами, где в качестве материала используются донные отложения, часть которых закачиваются в фильтрующие тубы, устраиваемых по периметру широкопрофильных полей. Фильтрующие тубы используются для устройства полей заданной формы в акватории водного объекта, а также служат ограждением широкопрофильных полей от размыва мокрых откосов. Между полями устраиваются протоки для накопления необходимого объема воды. Разработанные мероприятия, позволят увеличить емкость водохранилища на 25-30%, решить проблему обеспечения безопасности и водообеспеченности, сохранить инвестиционную привлекательность и обеспечить социально-экономический рост Кубанского региона.

Ключевые слова: Краснодарское водохранилище, ресурсы, деградация, технология, широкопрофильные поля, земснаряд, донные отложения.

**ADAPTED TECHNOLOGY FOR RESTORATION OF THE KRASNODAR RESERVOIR TO ENSURE
ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE REGION**

© 2022

Kuznetsov Evgeny Vladimirovich, doctor of technical sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, head of the department of Hydraulics and Agricultural Engineering

Khadzhi Anna Evgenovna, doctor of technical sciences,
professor of the department of Hydraulics and Agricultural Engineering

Motornaya Larisa Vasilievna, postgraduate student
of the Faculty of Hydromelioration

Tratnikova Anastasia Alekseevna, undergraduate student
of the Faculty of Hydromelioration

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina
(350044, Russia, Krasnodar, Kalinina st., 13,
e-mails: dtn-kuz@rambler.ru, dtn-khanna@yandex.ru, alenatr1999@mail.ru)

Abstract. A resource-saving adapted technology has been developed for restoring shallow areas of water bodies and restoring areas overgrown with trees and shrubs to create surface wide-profile fields according to taxa to accumulate the required amount of water for the needs of agriculture and fisheries. The studies are presented on the example of the Krasnodar reservoir and are based on arrays of statistical data on sedimentation. Alluvium of above-water wide-profile fields of a given shape is carried out by dredgers from under the level in shallow water in the water area of a water body with stable wet slopes, where bottom sediments are used as a material, some of which are pumped into filter tubes arranged along the perimeter of wide-profile fields. Filtering tubes are used to arrange fields of a given shape in the water area of a water body, and also serve as a barrier for wide-profile fields from erosion of wet slopes. Channels are arranged between the fields to accumulate the required volume of water. The developed measures will increase the reservoir capacity by 25-30 %, solve the problem of ensuring safety and water supply, maintain investment attractiveness and ensure the socio-economic growth of the Kuban region.

Keywords: Krasnodar reservoir, resources, degradation, technology, wide-profile fields, dredger, bottom sediments.

Введение. Глобальное изменение климата ставит под угрозу наше будущее, влияние изменений на истощение водных ресурсов, может привести к необратимым последствиям, например, при истощении Красно-

дарского водохранилища дефицит возникнет не только в воде, но и в продовольствии [1]. Пагубное влияние на водохранилище также идет от неправильной эксплуатации стока реки Кубань и ее притоков [2]. Современное состояние водохранилища ставит под угрозу экологическую и социальную безопасность региона [3]. Обеспечение экологической и социальной безопасности является важной и необходимой предпосылкой для решения экономических, социальных, политических и других проблем государства [4-6]. Замедлить или частично остановить процессы деградации наиважнейшая задача следующего десятилетия [7].

Представления о динамических процессах деградации остаются актуальным на протяжении многих десятилетий [8, 9]. Деградация Краснодарского водохранилища процесс, происходящий под действием природных и антропогенных факторов, который можно замедлить, продлив срок службы водохранилища применяя современные технологии, ориентируясь на социальную значимость и экологическую безопасность [10].



Рисунок 1 – Современное состояние чаши Краснодарского водохранилища

Уменьшение площади водохранилища за 47 лет в среднем составило – 1,64 км²/год. Обмеление водохранилища продолжается на 0,05 м/год. Прирост мелководья составляет – 2 км²/год. Реки, впадающие в водохранилище, несут со стоком около 13 млн. т/год наносов. В перспективе объем наносов увеличится на 650 млн. т [11]. Переработка берегов от эрозии может прибавить около 50 млн. т. По этой причине площадь мелководных участков значительно возрастет, что приведет к более интенсивной деградации чаши водохранилища.

В ближайшие 30-50 лет без выполнения комплексных мероприятий приведет к утрате Краснодарского

Объект исследования. Краснодарское водохранилище обеспечивает водой территорию Нижней Кубани, на которой сосредоточен рисовый комплекс площадью 250 тыс. га, водоснабжение г. Краснодара. Водохранилище служит для защиты г. Краснодара от паводков. Во время паводка 2002 г. оно спасло г. Краснодар от затопления, но при этом, были частично затоплены города Армавир, Новокубанск, Гулькевичи, Хатукайская долина республики Адыгея.

Эксплуатационная площадь водного зеркала Краснодарского водохранилища сократилась на 85 км² и составляет на данный момент 300 км². При этом, средняя глубина не превышает 4,4 м против проектной глубины – 7 м. Ёмкость водохранилища уменьшилась более чем на 350 млн. м³. Площадь мелководья выросла до 100 км².

При впадении р. Белой в водохранилище на площади около 35 км² выросли леса и кустарники, Тицкское водохранилище отделилось от общей чаши, на акватории образуются острова, развивается водно-болотная растительность (рис. 1).

водохранилища:

- Тицкское водохранилище станет лиманом, зарастет лесом, а свободные места покроются водно-болотной растительностью;
- река Белая создаст лиманную пойму с разветвлённой сетью ериков и проток до соединения с р. Кубанью;
- остальные левобережные реки (Псекупс, Марта, Апчас, Пшиш и др.) присоединятся к более мощным лиманам;
- на возвышенных участках возникнут леса, которые будут регулярно подтапливаться, территория местами превратится в болота;

– зеркало Краснодарского водохранилища будет находиться у земляной плотины и займет примерно его 1/10 часть.

Социально-экономическая значимость Краснодарского водохранилища и прилегающих территорий велика: это сохранение водохозяйственного комплекса, развитие агропромышленного комплекса, включающего выращивание риса, создание новых оросительных систем, развитие современного рыбоводства, сохранение рыбных запасов Кубани. А также покрытие дефицита водных ресурсов при глобальном потеплении климата.

Данную проблему можно решить путем нестандартных комплексных технологий, которые обеспечат сохранение и предотвращение деградации чаши Краснодарского водохранилища.

Цель исследования. Разработать комплекс мероприятий по очистке донных отложений для утилизации на широкопрофильных полях Краснодарского водохранилища (комплексную ресурсосберегающую адаптированную технологию восстановления мелководных участков, подверженных деградации от донных отложений путем создания надводных широкопрофильных полей и протоков в чаше водохранилища для накопления объема стока; технология восстановления участков водохранилища заросших деревьями и кустарником для создания надводных широкопрофиль-

ных полей в чаше водохранилища и проток для накопления объема стока).

Материалы и результаты исследования. Краснодарское водохранилище разбивается на таксоны 1 прямоугольной формы (рис. 2). Таксоны формируются в виде широкопрофильных полей и участков расчистки от донных отложений. Размеры проток широкопрофильных полей зависят от объема расчистки водного объекта. Намыв надводных широкопрофильных полей заданной формы осуществляется земснарядами из-под уровня на мелководье в акватории водного объекта с устойчивыми мокрыми откосами, где в качестве материала используются донные отложения, часть которых закачиваются в фильтрующие тубы, устраиваемых по периметру широкопрофильных полей [12] (рис. 3).

Фильтрующие тубы используются для устройства полей заданной формы в акватории водного объекта, а также служат ограждением широкопрофильных полей от размыва мокрых откосов [13]. Между полями устраиваются протоки для накопления необходимого объема воды. Размеры расчистки донных отложений в протоках определяются таким образом, чтобы обеспечить достаточную ёмкость для накопления полезного объема воды. Тубы укладываются по трассе периметра широкопрофильного поля на мелководье, на дно и закрепляются анкерами 6 от перемещения через равные расстояния (рис. 4).

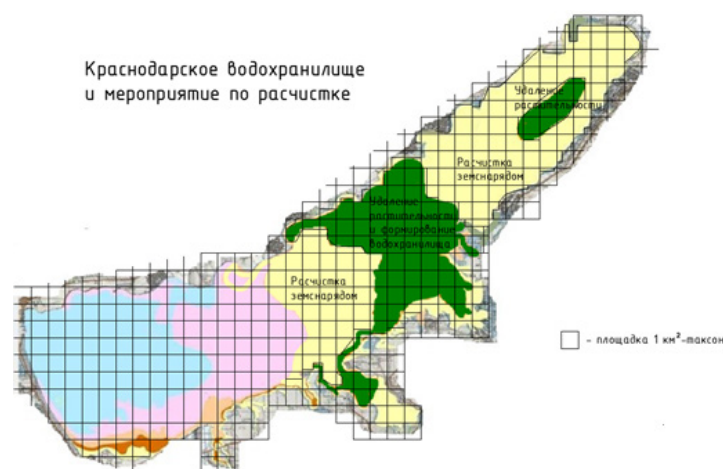


Рисунок 2 – Схема исследования ложа водохранилища

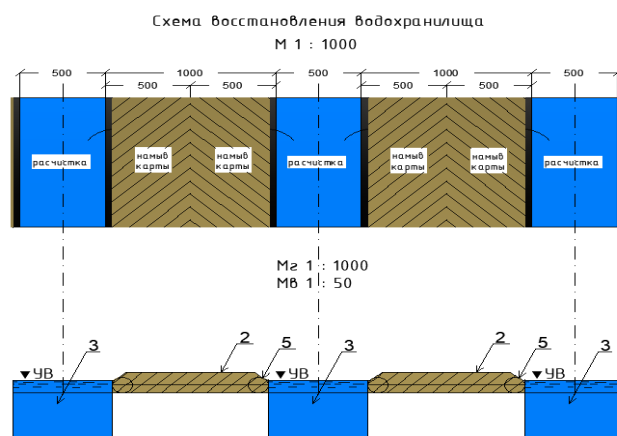


Рисунок 3 – Схема работы земснаряда по формированию полей в чаше Краснодарского водохранилища

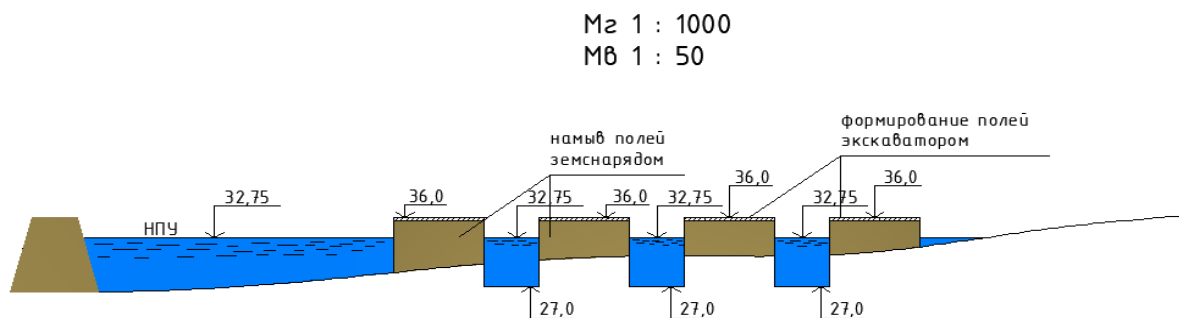


Рисунок 4 – Схема полей после проведения мероприятий по расчистке

Выполняется заполнение тубы земснарядом песчаными донными отложениями по периметру для придания ограждающей формы широкопрофильного поля. Туба под весом донных отложений тонет и занимает проектное положение на дне мелководья, обеспечивая замкнутое пространство равное размеру широкопрофильному полю. Формирование широкопрофильных полей производится по картам намыва из-под воды с двух сторон, начиная от середины поля к краю тубы, отвод воды с поля выполняется общеизвестными способами. Для ускорения отделения осадка от воды применяется коагулянты.

Технологический результат достигается адаптацией таксонов в акватории водного объекта в виде прямоугольных участков, которые чередуются по порядку: широкопрофильное поле; протока. Широкопрофильные поля ограждаются фильтрующими тубами выше уровня и разбиваются на карты намыва, которые заполняются донными отложениями от центра к периферии.

Экология проекта. Фильтрующие тубы обеспечивают очистку воды путем фильтрации через песчаный наполнитель [14, 15]. При наличии в водном объекте глинистых отложений часть карт намыва используется для отстоя и очистки воды, которые затем заполняются пульпой. Широкопрофильные поля устраиваются выше нормального подпорного уровня в акватории водного объекта, где обеспечивается утилизация донных отложений. Между широкопрофильными полями разрабатываются протоки глубиной достаточной для увеличения полезной ёмкости водного объекта. Все работы по обустройству широкопрофильных полей и проток выполняются земснарядами.

Новизна технического решения состоит в организации таксонов прямоугольной формы в акватории водного объекта, которые чередуются по порядку: широкопрофильное поле; протока. В строительстве широкопрофильных полей выше отметки нормального подпорного уровня с устройством водных протоков для увеличения полезной ёмкости водного объекта. В устройстве фильтрующих туб на мелководье, образованном донными отложениями, которое утилизирует из проток в широкопрофильные поля.

Комплексная ресурсосберегающая адаптированная технология восстановления участков водохранилища, заросших деревьями и кустарником. Расчистка

водохранилища и устройство широкопрофильных полей производится экскаватором обратной лопатой ёмкостью ковша 2 м³ с погрузкой в автотранспорт 10 т.

Технология расчистки водохранилища от донных отложений включает удаление растительности, и строительство широкопрофильных полей шириной 1 км и длиной в зависимости от рельефа местности. Срезка кустарников и раскорчёвка деревьев. Фреза + экскаватор 2 м³. На 1 км² в среднем 62500 шт. деревьев, площадь расчистки 1 км². Утилизация растительности: деловая древесина 31 тыс. м³. Кустарник и ветки утилизируются в отвалах. Разработка грунта из-под воды 4,0 млн. м³ на площади 1 км². Погрузка в автотранспорт 10 т. Отметка поверхности разровненных отвалов 36,0 м. Разравнивание грунта бульдозером 2,0 млн. м³. Планировка поверхности полей 1 км².

Водохранилище разбивается на таксоны [16]. По периметру таксона устраиваются валы для осушения участков, которые чередуются широкопрофильное поле – протока. Формирование полей производится экскаваторами, грунт разрабатывается между полями для устройства проток. Формирование широкопрофильных полей и проток производится по схеме (рис. 2).

Комплексное использование Краснодарского водохранилища позволяет эффективно решать глобальные проблемы Кубанского региона, которые особенно остро встали перед человечеством в настоящее время, и связаны с обеспечением водой населения, промышленности, сельского хозяйства, борьбой с наводнениями, с применением экологически чистых источников электроэнергии, таких как возобновляемые гидроэнергетические ресурсы.

Динамика роста водопотребления в мире характеризуется его интенсивным ростом. В целом объем водопотребления за 25 лет практически увеличился в 2 раза и требуется еще больше водных ресурсов [17, 18]. Однако, полезная емкость Краснодарского водохранилища не растет, а катастрофически продолжает сокращаться.

Разработанные в проекте мероприятия, позволяют увеличить емкость водохранилища на 25-30%, решить проблему водообеспеченности, сохранить инвестиционную привлекательность и обеспечить социально-экономический рост Кубанского региона.

Заключение. Рекультивация донных отложений

один из важнейших вопросов по эксплуатации Краснодарского водохранилища. Разработаны мероприятия по рекультивации донных отложений путем создания широкопрофильных полей, которые разбиваются на таксоны.

Новизна технологического решения состоит в организации таксонов в акватории водного объекта, которые чередуются по порядку: широкопрофильное поле; протока. В строительстве широкопрофильных полей выше отметки нормального подпорного уровня с устройством водных протоков для увеличения полезной ёмкости водного объекта. В устройстве фильтрующих труб на мелководье, образованном донными отложениями, которое утилизируется из протоков в широкопрофильные поля.

В результате анализа была разработана комплексная ресурсосберегающая адаптированная технология восстановления мелководных участков земснарядами, а также технология восстановления участков водохранилища, заросших деревьями и кустарником для создания надводных широкопрофильных полей по таксонам в чаше водохранилища для накопления необходимого объема воды для нужд сельского и рыбного хозяйства выполняются параллельно.

Разработанные мероприятия, позволят увеличить емкость водохранилища на 25-30%, решить проблему обеспечения безопасности и водообеспеченности, сохранить инвестиционную привлекательность и обеспечить социально-экономический рост Кубанского региона.

Важным в данном проекте является не просто предотвращение экологического ущерба, но и дальнейшее его замедление и где-то частичная остановка деградирующих процессов, а значит дальнейшее полезное использование Краснодарского водохранилища в сельскохозяйственных нуждах.

Работа выполнена в рамках госбюджетной темы Кубанского ГАУ №15 «Разработка ресурсосберегающих адаптированных технологий охраны от загрязнений отходами сельскохозяйственных земель предприятиями АПК» № 121032300049-7

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Яковлева Е. Н. Уточнение категориального аппарата методологии управления природно-климатическими рисками в России / Яковлева Е.Н. // Вестник УрФУ. Серия: Экономика и управление. 2018. Т. 17. № 2. С. 283-309.
2. Дементьева Д. М. Предпосылки трансграничного экологического кризиса водного тракта Кубань-Маныч / Дементьева Д. М., Дементьев М. С. // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 9. С. 837-841.
3. Малышева Н. Н. К вопросу развития мелиорации на Кубани и водообеспеченности посевов сельскохозяйственных культур / Н.Н. Малышева, С.В. Кизинек, А.А. Баранов, О.Н. Каданцев // Научно-практический журнал «Пути повышения эффективности орошаемого земледелия». – Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ», вып. № 2 (82)/2021. – С. 10-16
4. Кулик К. Н., Рулев А. С. и Юфев В. Г. (2015). Геоинформационный анализ динамики опустынивания на территории Астраханской области. Засушливые экосистемы, 5(3), 134-141. doi:10.1134/S2079096115030087
5. Скитер, Н., Рогачев, А. Ф., & Мазаева, Т. И. (2015). Моделирование экологической безопасности государства.

Средиземноморский журнал социальных наук, 6(36), 185-192. doi:10.5901/mjss.2015.v6n3s6p185.

6. Методические подходы к формированию и реализации региональной экологической политики. Ферару Г.С., Растворцев А.Ф., Благдырёва А.М. Вопросы государственного и муниципального управления. 2011. № 1. С. 27-36.

7. Кирюшин В. И. Научные предпосылки оптимизации использования земельных ресурсов / В. И. Кирюшин // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2019. №4. С.7 – 10.

8. Chen, Yu., J. Siwicki, S. Gao, I. Overim and A.J. Kettner (2012), Socio-economic consequences of floods: 4000-year History of the Yellow River, China, AMBIO, 41(7), 682-698, doi: 10.1007/s13280-012-0290.

9. Лобковский В. А. Интеграция международной и национальной систем мониторинга и оценки деградации земель в России / В. А. Лобковский, О. В. Андреева, Г. С. Куст // Известия российской академии наук. Серия географическая. 2022. т. 86. № 1. С. 9-27.

10. Малышева, Н.Н. Развитие мелиорации на Кубани и рациональное водопользование при орошении риса / Н.Н. Малышева, С.Н. Якуба // Рисоводство № 4 (37). – Краснодар, 2017 – С. 47-56.

11. A.Degioanni, M. A. Reinero. Bathymetry of lagoons using remote sensing: adjustments of the emptiico model in the southeast of Cordoba, Argentina. 2002. Pp. 89-95.

12. Трубилин А.И., Кузнецов Е.В., Хаджди А.Е.; Кубанский ГАУ. Способ рекультивации водных объектов и утилизации донных отложений. Патент № 2756963 РФ, МПК С1, 07.10.2021. Заявка № 2020144336 от 30.12.2020. Бюл. №28.

13. Annandale, G.W. (2011), Coming Full Circle, Int. Hydroelectric dam construction, 2011, 30-34.

14. Uciechowska-Grakowicz, A.; Herrera-Granados, O. Riverbed Mapping with the Usage of Deterministic and Geo-Statistical Interpolation Methods: The Odra River Case Study. Remote Sens. 2021, 13, 4236. https://doi.org/10.3390/rs13214236.

15. Han, F.; Wang, K.; Sun, J.G. The influence of irregular seafloor topography on the seismic wave field and migration imaging. Acta. Oceanol. Sin. 2019, 38, 151–158.

16. Auel, S., T. Berchtold and R. Boes (2010), Sediment management in a solid reservoir using a bypass tunnel, in Proceedings of the 8th Symposium of the European ICOLD Club, Innsbruck, Austria. E02B 3/02 (2021.08).

17. Фролов, М.Б. К вопросу дефицита водных ресурсов на Кубани для использования в сельскохозяйственном производстве / Дорошев И.А., Н.Н. Малышева // Сборник научных трудов по итогам IV международной научно-практической конференции «Новые тенденции развития сельскохозяйственных наук» - г. Ростов – на - Дону, 11 августа 2017 г. – С. 24-26

18. Evgeny Kuznetsov, Anna Khadzidi, Larisa Motornay, Kharlampiy Kilidi, Maxim Filimonov. Method of restoring water level of small rivers / E3S Web of Conferences 273, 05007 (2021) INTERAGROMASH 2021. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127305007.

Статья поступила в редакцию 22.01.2022

Статья принята к публикации 10.03.2022