

УДК 556.18:504.06:56.51

**В. Л. Бондаренко, В. В. Приваленко, А. Ю. Чижов, А. В. Лещенко**  
(ФГБОУ ВПО «НГМА»)

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ЗОНАХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ**

Природоохранная деятельность на современном этапе общественного развития становится одним из важных производственных этапов в хозяйственной деятельности, связанной с использованием водных ресурсов, которые формируются в пространственных пределах бассейновых геосистем. На примере использования водных ресурсов для выработки электрической энергии ГЭС-ГАЭС рассматривается системный подход в создании природно-технических систем (ПТС) «Природная среда – Объект деятельности – Население» (ПС – ОД – Н), где под «Объектом деятельности» принимается комплекс гидротехнических сооружений (ГТС), под компонентом «Население» – население, которое проживает в зонах влияния ОД и ПС, включающей в себя природные среды (атмосферу, гидросферу, верхние слои литосферы и почвенный покров) в зонах влияния ОД. На основе системного механизма, действующего в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани, рассматривается многомерный поток вещества, энергии, информации, которые преобразуются под воздействием естественных процессов и ОД. Управление системным механизмом осуществляется в соответствии с базовым принципом сохранения развития, который определяет собой необратимое, закономерное и направленное изменение, в результате которого возникает новое качественное состояние с более низким уровнем энтропии. На основе результатов исследования системного механизма в рассматриваемых ПТС «ПС – ОД – Н» разработаны основы технологии комплексного экологического мониторинга (ТКЭМ), которые являются важным дополнением к существующим мониторинговым наблюдениям Росгидромета, Ростехнадзора и Росприроднадзора. Разрабатываемая ТКЭМ для объектов гидроэнергетики предусматривает обеспечение экологической безопасности в зонах влияния ОД. Для оценки технического состояния КГТС и их безопасности (гидрологической, конструктивной, гидравлической, фильтрационной) предлагается использование автоматизированных информационных систем с применением технологии открытых систем по ГОСТ 2806. Сочетание ТКЭМ с автоматизированными информационными системами должно обеспечить экологическую безопасность на более высоком уровне.

Ключевые слова: природно-техническая система, зона влияния «Объекта деятельности», экологический мониторинг, экологическая безопасность, системный анализ, комплекс гидротехнических сооружений, объект деятельности, бассейновая геосистема.

**V. L. Bondarenko, V. V. Privalenko, A. Yu. Chizhov, A. V. Leshchenko**  
(FSBEE HPE “NSMA”)

## **CONCEPTUAL FRAMEWORK OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY MONITORING SYSTEMS IN THE AFFECTED AREAS OF HYDROPOWER ENGINEERING PROJECTS**

The environmental activity is becoming one of the important production stages at the present stage of the social development in activities associated with the use of water re-

sources, which are formed within the spatial limits of basin geosystems. The system approach to creating nature-engineering systems “Environment – Object of activity – Population” is considered by the example of water resources utilization for power generation at hydroelectric stations and hydroelectric pumped storage power stations, where “Environment” means atmosphere, hydrosphere, upper layers of lithosphere, soil covering, etc. in the affected areas of the Object of activity; “Object of activity” stands for the complex of hydraulic engineering structures and “Population” means people living in these affected areas. The multidimensional flow of matter, energy and information, which is transformed by the influence of natural processes and Object of activity, is introduced on the basis of the system mechanism working within the basin-spatial limits of the Upper Kuban geosystems. The system mechanism control is conducted in accordance with the basic principle of development conservation which is a permanent, regular and directional-controlled change, resulted in a new qualitative state with lower entropy. On the basis of research of the system mechanism in these nature-engineering systems the fundamentals of the technology of the integrated environmental monitoring system, which is an important addition to the existing monitoring observations of Agency on Hydrometeorology and Environmental Monitoring; Federal Environmental, Engineering and Nuclear Supervision Agency and Federal Service for Supervision of Natural Resource Usage are drawn out. The given technology of the integrated environmental monitoring system for hydropower projects provides environmental safety in the affected areas of the objects of activity. To assess the technical condition of the complex of hydraulic engineering structures and their safety (hydrologic, structural, hydraulic, filtration) the use of automated information data systems with the technology of open systems in accordance with the All Union State Standard 2806 is proposed. The combination of the technology of the integrated environmental monitoring system with automated information data systems ensures the environmental safety at a higher level.

Keywords: nature-technical system, the affected area of “Object of activity”, environmental monitoring, environmental security, system analysis, complex of hydraulic engineering structures, basin geosystem.

На современном этапе общественного развития природоохранная деятельность становится основным производственным этапом практически во всех видах хозяйственной деятельности, в том числе в деятельности, связанной с использованием водных ресурсов, которые формируются в пространственных пределах бассейновых геосистем, включающих в себя приземные слои атмосферы (высотой до 10 км), верхние слои литосферы (глубиной до 300 м) и гидрографическую сеть на земной поверхности в пределах водосборной территории водного объекта [1].

Использование водных ресурсов в различных технологических процессах хозяйственной деятельности связано с изъятием (возвратным, безвозвратным) из водных объектов расчетных расходов природных вод и сбросом (отводом) сточных вод в водные объекты гидрографической сети бассейновой геосистемы. Практическое использование водных ресурсов,

к примеру, для выработки электрической энергии на ГЭС, всегда связано с созданием природно-технической системы (ПТС) «Природная среда – Объект деятельности – Население», где под «Объектом деятельности» понимается комплекс гидротехнических сооружений (КГТС), основных и вспомогательных зданий ГЭС, под компонентом «Население» – население, которое проживает в зонах влияния «Объекта деятельности» и «Природной среды», включающей в себя природные среды (атмосферу, гидросферу, верхние слои литосферы и почвенный покров) в пространственных пределах зон влияния «Объекта деятельности». Создаваемые ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население» функционируют в пространственных пределах бассейновой геосистемы, в пределах которой формируются качественные и количественные показатели используемых водных ресурсов [2].

Бассейновая геосистема как природный элемент является частью глобальной системы биосферы Земли ( $W_{6.3} = 1,10^{10} \text{ км}^3$ ) и, соответственно, как и биосфера Земли обладает аналогичными свойствами по преобразованию поступающих в нее различных потоков, в том числе потоков веществ, энергии, информации из внешней среды систем более высоких иерархических уровней, то есть своеобразным системным механизмом, управляемым из вне [3].

Системный механизм, действующий в пространственных пределах бассейновых геосистем и в создаваемых ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население» обеспечивает одновременное изменение и сохранение поступающих потоков вещества, энергии и др. путем сохранения направления изменений в этих потоках. Следовательно, можно отметить, что системный механизм действует по принципу «Все изменяется и остается неизменным», в котором сосредоточена вся бесконечность и мощность пространства–времени, представляющих собой многомерный поток. Для рассматриваемых ПТС «Природная среда – Объект деятельности –

Население» многомерные потоки представляют собой потоки вещества (поверхностный и подземный сток воды, растворенные и нерастворенные вещества и горные породы и т.п.), энергии (лучистая энергия Солнца, нефтепродукты, газ и др.), которые преобразуются под воздействием естественных процессов и объектами хозяйственной деятельности.

Системный механизм, управляемый из вне, обеспечивает сохранение эволюционного развития естественных процессов в бассейновой геосистеме, связанных с жизнедеятельностью биотических, абиотических компонентов и проживающим населением, а через развитие процессов взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношений между компонентами сохранение целостности бассейновой геосистемы. Функциональная работа такого системного механизма обеспечивается пространственно-временным движением потоков энергии, вещества, информации и др., которые потребляются при этом производстве, активных и пассивных потоков, включая потоки свободной энергии ( $E_{свб}$ ), связанной энергии ( $E_{св}$ ), обуславливающих собой потоки полезной мощности ( $P$ ), и мощности потерь ( $G$ ), определяющие собой фундаментальный закон сохранения мощности [4]:

$$N_{пол} = P + G[L^5 T^5].$$

Управление системным механизмом в пределах бассейновой геосистемы в естественных условиях взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения природных (биотических, абиотических) компонентов между собой осуществляется в соответствии с действующим принципом сохранения развития, обуславливающим собой необратимое, закономерное и направленное изменение, в результате которого возникает новое качественное состояние с более низким уровнем энтропии. Важную характеристику процессов развития в рассматриваемых системах составляет время ( $t$ ), которое определяет направленность развития.

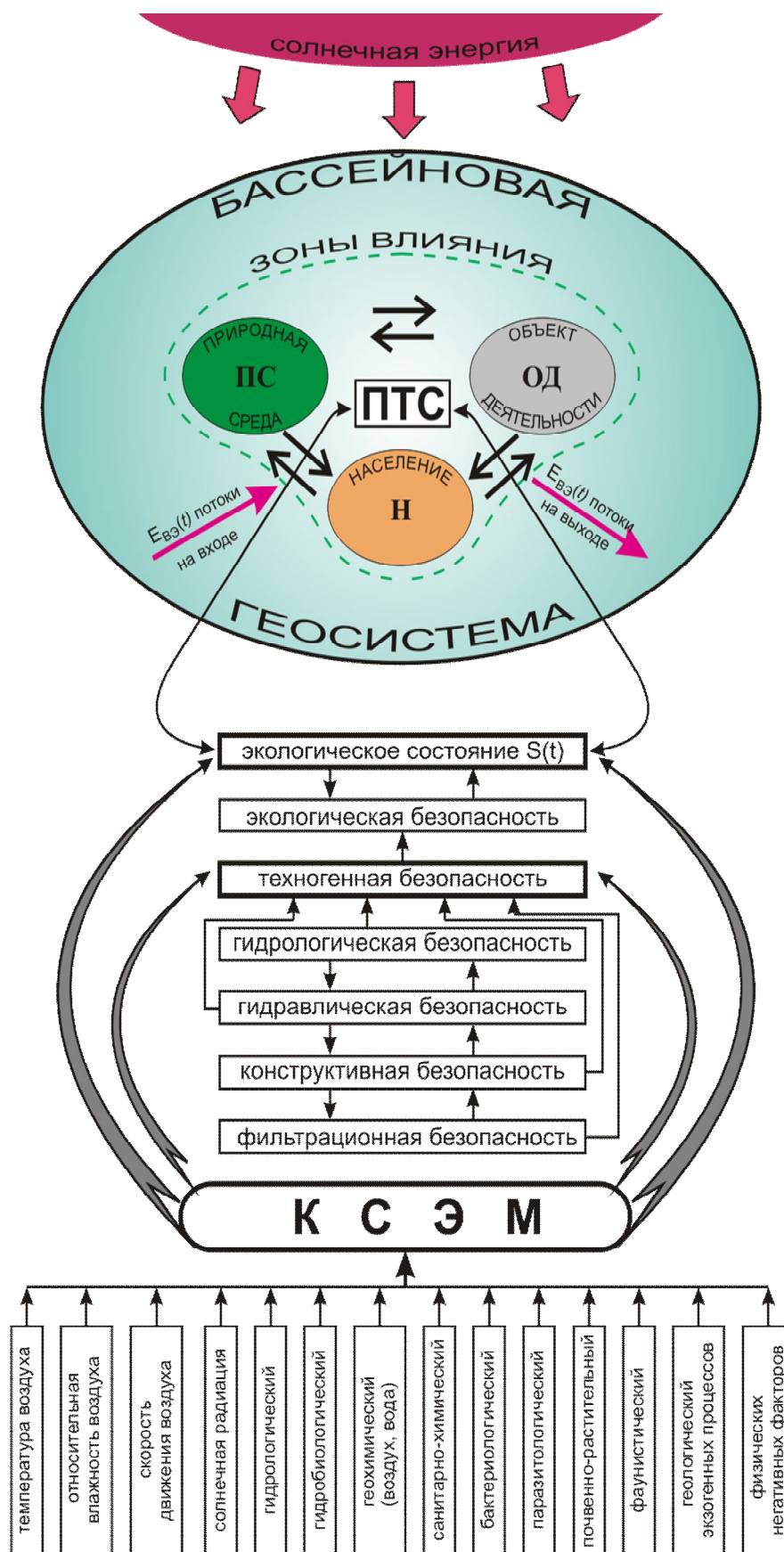
Создаваемые новые или действующие ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население» по использованию водных ресурсов вносят определенные изменения в естественные процессы взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения природных компонентов, жизнедеятельности населения и соответственно в действующий системный механизм. Изменения, вносимые «Объектом деятельности», проявляются в зонах влияния, границы которых в природных средах определяются специальными исследованиями на стадии проектирования [5]. Для оценки уровня вносимых изменений в естественные процессы преобразования потоков энергии, вещества и др. и направление тенденции их развития в зонах влияния «Объекта деятельности» возникает необходимость в проведении экологического мониторинга, включающего в себя совокупность современных методик и способов получения своевременной и достоверной информации о состоянии и тенденции протекающих изменений. Совокупность методик и способов получения информации о состоянии и тенденции протекающих изменений в природных средах в зонах влияния «Объекта (ов) деятельности», действующих в пространственных пределах бассейновых геосистем, обуславливает собой определенную технологию комплексного экологического мониторинга (ТКЭМ). Применительно к объектам гидроэнергетики, связанным с использованием водных ресурсов, как показывает практика в Северо-Кавказском регионе РФ, ТКЭМ для строящихся и эксплуатируемых ГЭС и ГАЭС не отвечает современным экологическим требованиям и требует дальнейшего совершенствования в соответствии с перспективными методологическими подходами и информационно-аналитическими системами мониторинга параметров.

В существующих реальных экономических условиях совершенствование технологии системного мониторинга в зонах влияния «Объектов деятельности» на бассейновом и региональном уровнях должно идти

по пути создания современной комплексной (объединенной) системы наблюдения за состоянием и тенденциями протекающих изменений в природных средах и источниками их загрязнения на базе существующих территориальных служб Росгидромета, Росприроднадзора, Ростехнадзора и Роспотребнадзора.

В основе такой системной технологии комплексного экологического мониторинга должен быть единый организационный, методологический и метрологический подход, позволяющий создать механизм взаимодействия ведомственных природоохранных служб с локальной (объектной) системой мониторинга параметров природных сред зон влияния рассматриваемого «Объекта деятельности» в период его строительства и дальнейшей эксплуатации (рисунок 1). Результаты локальной системы должны дополнять и детализировать данные мониторинговых наблюдений территориальных служб государственного мониторинга.

На примере локальной системы мониторинга в зонах влияния КГТС Зеленчукской ГЭС-ГАЭС дополняющими детализирующими данными к организованной системе государственного мониторинга поверхностных и подземных вод на территории Карачаево-Черкесской Республики являются следующие виды мониторинга: эколого-геохимический, гидрологический, гидробиологический и ихтиологический, санитарно-химический, бактериологический и паразитологический, почвенно-растительный и фаунистический, мониторинг экзогенных геологических процессов, физических негативных воздействий (радиационного, шумового, электромагнитных полей) и здоровья населения, проживающего в этих зонах влияния. Количественные и качественные показатели дополняющих и детализирующих видов мониторинга определяются в соответствии с исходным состоянием рассматриваемых пространственных пределов зон влияния «Объекта деятельности» [2].



**Рисунок 1 – Схема технологии системного комплексного мониторинга в зонах влияния объектов гидроэнергетики**

Для КГТС Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, расположенной в пространственных пределах бассейновой геосистемы Верхней Кубани, исходное экологическое состояние определяется климатом, геоморфологией и гидрографией, геологическим строением и полезными ископаемыми, гидрологическими процессами и защищенностью подземных вод, инженерно-геологическими условиями, включая экзогенные процессы, почвенный и растительный покров, животный мир, ландшафтное районирование, особо охраняемые территории и рекреационные ресурсы, экономический потенциал, демографическую ситуацию и источники загрязнения.

Дополняющие и детализирующие виды мониторинга в зонах влияния КГТС Зеленчукской ГЭС-ГАЭС по своей значимости в оценке состояния и тенденций происходящих изменений в природных средах различны, поэтому для достоверности и объективности должны рассматриваться в единой системе действующего государственного мониторинга.

Технология комплексного экологического мониторинга объектов гидроэнергетики предусматривает создание базы данных по всем видам наблюдений и их анализ, оценку тенденции изменений в природных средах и обоснование необходимых природоохранных мероприятий в зонах влияния «Объекта (ов) деятельности». В комплекс гидротехнических сооружений и зданий Зеленчукской ГЭС-ГАЭС вошли организация наблюдательной сети, комплекс режимных наблюдений за состоянием поверхностных и подземных вод, инженерно-геологические и инженерно-экологические наблюдения за состоянием жизнеобеспечивающих сред, создание информационной системы мониторинга и системы принятия решений, создание электронного макета карт о состоянии в природных средах зон влияния.

Технология комплексного экологического мониторинга Зеленчукской ГЭС-ГАЭС базируется на основных принципиальных положениях



о том, что она:

- является элементом региональной государственной системы мониторинга, охватывающим пространственные пределы бассейновой геосистемы Верхней Кубани (113300 км<sup>3</sup>) на территории КЧР;

- является комплексной и включает в себя наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха, водных объектов гидрографической сети, почвенного покрова и источниками загрязнения природных сред, а так же гидрологическими, руслоформирующими процессами в верхних и нижних бьефах водозаборных гидроузлов и техническим состоянием гидротехнических сооружений;

- базируется на действующих государственных мониторинговых нормативах Росгидромета, МПР, Роспотребнадзора, Ростехнадзора КЧР.

Для получения достоверной информации о состоянии и тенденциях протекающих изменений маршрутными исследованиями определяется сеть постоянных пунктов системных наблюдений по каждому компоненту в природных средах: атмосферный воздух, водные объекты гидрографической сети (поверхностные и подземные воды); зоны активной фильтрации в створах водозаборных гидроузлов и открытых участков деривационного канала и бассейна суточного регулирования; почвенного покрова и др. Для обобщения и представления получаемой мониторинговой информации в создаваемой ТКЭМ используется геоинформационная система ArcGIS-10 с соответствующими базами данных.

Согласно современным природоохранным требованиям создаваемая ТКЭМ должна соответствовать следующим принципиальным положениям:

- получение необходимой, достоверной и сопоставимой информации о состоянии и тенденциях протекающих изменений в рассматриваемом пространстве и времени в природных средах под воздействием «Объекта деятельности»;

- осуществление наблюдений как по общим показателям в природ-

ных средах, так и по специфическим показателям в период выполнения строительных работ – шум, загрязнение воздушной среды работающими механизмами, запыленность и др.;

- технология системы комплексного экологического мониторинга для действующих и строящихся объектов гидроэнергетики должна создаваться по унифицированным методологическим и метрологическим принципам.

Разрабатываемая ТКЭМ для объектов гидроэнергетики основной целью предусматривает обеспечение экологической безопасности в зонах влияния «Объекта деятельности». Но экологическая безопасность в определенной степени зависит от технического состояния гидротехнических сооружений, которое определяется соответствующими видами безопасности: гидрологической, конструктивной, гидравлической, фильтрационной. Для своевременной и достоверной информации о техническом состоянии гидротехнических сооружений целесообразным является использование современных автоматизированных информационных систем с применением технологии открытых систем по ГОСТ 28906.

Информационная система включает в себя предметную (enterprise), информационную (information), алгоритмическую (algorithmic), конструкторскую (engineering) и технологическую (technology) составляющие, каждая из которых характеризуется функциональностью, надежностью, совместимостью, управляемостью и защищенностью.

Отличительной особенностью данных информационных систем является наличие встроенных средств безопасности, операционной аналитики, мониторинга действующих нагрузок в конструктивных элементах ГТС, который осуществляется в режиме реального времени и развитыми технологиями виртуализации. К этому следует добавить появление для отдельных устройств интеллектуальных функций.

Рассмотрение данной информационной системы мониторинга как открытой системы позволяет выделить в ней несколько автономных уровней. На каждом уровне выполняются только однородные логические функции. Для связи между уровнями должна использоваться телекоммуникационная система, обеспечивающая выдачу информации на верхний уровень управления.

Сочетание ТКЭМ, обеспечивающей своевременную и достоверную информацию о состоянии и тенденциях происходящих изменений в природных средах в зонах влияния КГТС Зеленчукской ГЭС-ГАЭС, и автоматизированной информационной системы мониторинга технического состояния данного КГТС позволит обеспечить экологическую безопасность на более высоком уровне, отвечающем современным природоохранным требованиям и безопасности жизнедеятельности населения.

#### **Список использованных источников**

1 Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани): монография / В. Л. Бондаренко [и др.]. – Ростов н/Д – Черкесск. – С. 360.

2 Бондаренко, В. Л. Оценка экологического состояния бассейновой геосистемы в процессах использования водных ресурсов/ В. Л. Бондаренко, В. Б. Дьяченко // Проблемы региональной экологии. – № 2. – 2005. – С. 86-92.

3 Системный подход в оценке воздействия водохранилищ на окружающую среду / В. Л. Бондаренко [и др.] // Проблемы региональной экологии. – № 5. – 2006. – С. 6-12.

4 Природообустройство. Территории бассейновых геосистем: учеб. пособие для вузов / В. Л. Бондаренко [и др.]; под ред. И. С. Румянцева. – М.: ИКЦ «МарТ». – 555 с.

5 Шитиков, В. К. Количественная гидроэкология: методы системной

идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

---

**Бондаренко Владимир Леонидович** – доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), профессор.

Контактный телефон: +7 928 192 33 96.

E-mail: Vladimir.bondarenko.2012@list.ru

**Bondarenko Vladimir Leonidovich** – Doctor of Technical Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Professor.

Contact telephone number: +7 928 192 33 96.

E-mail: Vladimir.bondarenko.2012@list.ru

**Приваленко Валерий Владимирович** – доктор биологических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), профессор.

Контактный телефон: +7 928 7719 873.

E-mail: Privav@aaanet.ru

**Privalenko Valeriy Vladimirovich** – Doctor of Biological Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Professor.

Contact telephone number: +7 928 7719 873.

E-mail: Privav@aaanet.ru

**Чижов Александр Юрьевич** – кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), доцент.

Контактный телефон: +7 928 7672 329.

E-mail: Priroda-ngma@mail.ru

**Chizhov Aleksandr Yuryevich** – Candidate of Technical Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Associate Professor.

Contact telephone number: +7 928 7672 329.

E-mail: Priroda-ngma@mail.ru

**Лещенко Андрей Васильевич** – кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия» (ФГБОУ ВПО «НГМА»), доцент.

Контактный телефон: +7 951 496 59 45.

E-mail: Andrey-leshenko@bk.ru

**Leshchenko Andrey Vasilyevich** – Candidate of Technical Sciences, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education “Novocherkassk State Meliorative Academy” (FSBEE HPE “NSMA”), Associate Professor.

Contact telephone number: +7 951 496 59 45.

E-mail: Andrey-leshenko@bk.ru