

УДК 628.161:627.221.2 (282.247.36)

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ С СОХРАНЕНИЕМ БИОРАЗНООБРАЗИЯ Р. ДОН

Т. Е. Хецуриани<sup>1</sup>, А. Н. Пикалов<sup>2</sup>, В. Л. Бондаренко<sup>3</sup>, Е. Д. Хецуриани<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Ростовский государственный медицинский университет (ФГБОУ ВО РостГМУ),  
Ростов-на-Дону 344022, Россия

<sup>2</sup>Департамент Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по ЮФО,  
Ростов-на-Дону 344090, Россия

<sup>3</sup>Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт Донского государственного аграрного  
университета (ФГБОУ ВО «ДонГАУ»), Ростовская обл., Новочеркасск 346428, Россия

<sup>4</sup>Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова  
(ЮРГПУ (НПИ)), Ростовская обл., Новочеркасск 346428, Россия

<sup>5</sup>Донской государственный технический университет (ФГБОУ ВО «ДГТУ»),  
Ростов-на-Дону 344000, Россия

E-mail: goodga@mail.ru; rpn61@rpn.gov.ru; dpnyug@aaanet.ru

**Аннотация.** В статье сформулировано понятие экологической безопасности «ВТК» в составе действующих и создаваемых ПТС «ПВС-ВТК-СМВ». Для обеспечения экологической безопасности водозаборных сооружений с сохранением биоразнообразия р. Дон на основе результатов многолетних исследований в зонах влияния действующих водозаборных технологических комплексов ВТК в составе специализированного типа природно-технических систем научно обоснованы критериальные показатели, на основании которых производится оценка уровня защищенности природной водной среды и системы многоцелевого водоснабжения от негативного воздействия «ВТК» на водный объект как источника водоснабжения.

**Ключевые слова:** система многоцелевого водоснабжения городского хозяйства, система, экологическая безопасность, водозаборный технологический комплекс, критерий экологической безопасности, водный объект

## ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY OF WATER INTAKE FACILITIES WITH CONSERVATION OF BIODIVERSITY OF THE DON RIVER

T. E. Khetsuriani<sup>1</sup>, A. N. Pikalov<sup>2</sup>, V. L. Bondarenko<sup>3</sup>, E. D. Khetsuriani<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Rostov State Medical University (FSBEI HE "RostSMU"), Rostov-on-Don 344022, Russia

<sup>2</sup>Department of the Federal Service for Supervision of Natural Resources in the Southern Federal District,  
Rostov-on-Don 344090, Russia

<sup>3</sup>Novocherkassk Engineering Institute of Melioration of Don State Agrarian University (FSBEI HE "DonSAU"),  
Rostov Region, Novocherkassk 346428, Russia

<sup>4</sup>Platov South Russian State Polytechnic University of Novocherkassk Polytechnic Institute (SRSPU (NPI)),  
Rostov Region, Novocherkassk 346428, Russia

<sup>5</sup>Don State Technical University (FSBEI HE "DSTU"), Rostov-on-Don 344000, Russia

E-mail: goodga@mail.ru; rpn61@rpn.gov.ru; dpnyug@aaanet.ru

**Abstract.** The article formulates the concept of ecological safety of "VTK" as a part of the existing and upcoming SS "PVS-VTK-SV". To ensure environmental safety of water intake facilities along with conservation of biodiversity

of the river, and following the results of long-term research in the areas of influence of existing water intake technological complexes “VTK” as a part of a specialized type of natural and technical systems, scientifically substantiated criteria indicators, based on which the assessment of the level of protection of the natural water environment and multi-purpose water supply system from the negative impact of “VTK” on the water body as a source of water supply, were elaborated.

**Keywords:** multi-purpose water supply system of municipal economy, system, ecological safety, water intake technological complex, criterion of ecological safety, water body

Водозаборный технологический комплекс (ВТК), включающий в себя водозаборный ковш с комплексом гидротехнических сооружений (КГТС) и защитных конструктивных устройств, в составе действующих и создаваемых специализируемого типа природно-технических систем (ПТС) «Природная водная среда-Водозаборный технологический комплекс-Система многоцелевого водоснабжения» («ПВС-ВТК-СМВ») является многоцелевым техногенным компонентом, обеспечивающим отбор расчетных расходов воды из водного объекта, именуемого в дальнейшем как «ПВС», с обеспечением нормативных требований экологической безопасности (ЭБ) в создаваемых зонах влияния рассматриваемого «ВТК» (Бондаренко, Семенова и др., 2016; Хецуриани и др., 2017). Зоны влияния «ВТК» определяются на основе результатов комплексных исследований, в «СМВ» нормативными показателями для питьевого водоснабжения проживаемого населения, а для технического водоснабжения промышленных предприятий соответствующими показателями.

Исследованиями установлено, что системная взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношения (ВВВ) «ВТК» с природным компонентом «ПВС» в зонах влияния на водном объекте и «СМВ» в составе ПТС «ПВС-ВТК-СМВ» определяют собой многоцелевую функциональность его по обеспечению ЭБ по следующим критериальным показателям:

1. Защита водозаборного ковша от попадания молоди рыб, дрейссены и водной растительности поступающих из водного объекта при отборе расчетных расходов воды;
2. Защита водозаборного ковша от поступления взвешенных и донных наносов поступающих из водного объекта, как водоисточника «СМВ»;
3. Защита водозаборного ковша от поступления шуги и плавающих предметов, поступающих из водного объекта;
4. Защита акватории водозаборного ковша от процессов возникновения и развития цианобактерий (синезеленых водорослей), как источника токсичного загрязнения воды, поступающих на очистные сооружения технологической системы подготовки воды для использования в «СМВ» городского хозяйства;
5. Защита технологической системы отбора воды из акватории ковша на отстойные сооружения «СМВ» от негативного воздействия дрейссены на пропускную способность водопроводящих трубопроводов;
6. Защита водозаборного сооружения от ледостава на водном объекте;
7. Оценка воздействия «ВТК» на руслоформирующие процессы в зонах его влияния на водном объекте.

В зонах влияния «ВТК» ЭБ определяется количественными и качественными критериальными показателями, на основании которых производится оценка уровня защищенности «ПВС» и «СМВ» от негативного воздействия техногенного компонента. По функциональной значимости критериальные показатели, как установлено исследованиями, обуславливаются определенной иерархичностью и количественно выражаются процентным отношением к желаемому нормативно-допустимому значению уровня ЭБ в зонах влияния «ВТК» (Хецуриани, Костюков, Угроватова, 2016; Хецуриани, Хецуриани, 2016). На основе результатов исследований на действующих «ВТК» на нижнем течении р. Дон определены базовые критериальные показатели. Каждый критериальный показатель определяется количественно или качественно, что требует индивидуальных исследований по каждому показателю связанных с разработкой новых или совершенствованию существующих конструктивных решений с проведением специальных биологических, гидрохимических исследований водной ихтиофауны и растительности. Используя системный подход на основе полученных результатов системного анализа процессов ВВВ между составляющими функцио-

нальными элементами «ВТК» было установлено, что для обеспечения защиты водозаборного ковша от попадания молоди рыб, донных и взвешенных наносов, водной растительности и шуги поступающей из водного объекта необходимы принципиально новые конструктивные решения с использованием отечественного опыта в решении подобных задач. Полученные результаты системного анализа показали на примере одного из критериальных показателей, что защита «СМВ» от синезеленых водорослей в акватории водозаборного ковша может осуществляться на основе результатов исследований путем использования так называемых «Ершей», которые выполняют роль поверхностей для закрепления микроорганизмов цианобактерий. Функционально и конструктивно «Ерши» обеспечивают достаточно большую поверхность для закрепления естественных биоценозов находящихся в водной среде водозаборного ковша (Бондаренко и др., 2012; Природообустройство: территории..., 2010; Бондаренко и др., 2016; Saling, Hover R., 2009; Ковальчук, 2010; Бондаренко и др., 2017; Стефаненко и др., 2018). В конструктивном исполнении «Ерши» представляют собой основу для закрепления естественных биоценозов водной среды, которые улавливают и уничтожают синезеленые водоросли в акватории водозаборного ковша (рис. 1).

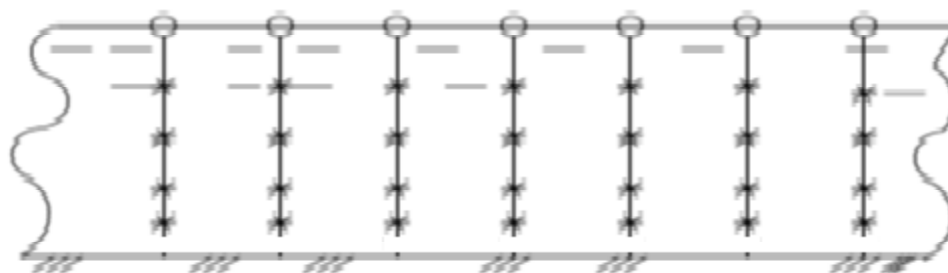


Рис. 1. Схема размещения «Ершей» в акватории водозаборного ковша рекомендуется устанавливать на водной поверхности, занимая 70–80 %

Плановое размещение «Ершей» в акватории водозаборного ковша рекомендуется устанавливать на водной поверхности, занимая 70–80 % ее акватории (рис. 2).

Использование «Ершей» носит сезонный характер — весенне-летние периоды, когда наблюдается интенсивное развитие синезеленых водорослей. В завершении периода использования «Ершей», на их поверхностях накапливается значительное количество биомассы, которая является хорошим кормом для молоди рыб выращиваемой на действующих рыбзаводах.

На основе результатов анализа функциональной работы «ВТК» в составе ПТС «ПВС-ВТК-СМВ» было установлено, что в технологической системе напорных водоводов действующих насосных станций (рис. 2), наблюдается процессы зарастания внутренних поверхностей труб дрейссеной, что снижает их пропускную способность и увеличения расхода электрической энергии для подачи воды на очистные сооружения водоподготовки «СМВ».

На примере второго из критериальных показателей обеспечения экологической безопасности, для защиты напорных трубопроводов от дрейссены предлагается электрогидроударный способ.

Функциональная работа «ВТК» в составе рассматриваемой ПТС «ПВС-ВТК-СМВ», как открытой неравновесной системы, обеспечивается непрерывным поступлением потоков вещества — в виде расчетных расходов воды, отбираемых из водного объекта, энергии — кинетической и потенциальной энергии водного потока и солнечной радиации, информации содержащийся в русловом потоке воды, которая формируется в пространственных пределах бассейновой геосистемы, где формируется водные ресурсы. Отбор расчетного расхода воды из водного объекта, как природного компонента («ПВС»), осуществляется техногенными компонентами «ВТК», который должен обеспечивать устойчивую работу «СМВ» с одной стороны и ЭБ в зонах своего влияния. Системная ВВВ между природных компонент «ПВС» и техногенными компонентами «ВТК» и «СМВ» в составе рассматриваемой ПТС «ПВС-ВТК-СМВ» с одной стороны обеспечивает необходимые потребности в воде нормативного качества городского хозяйства, а с другой стороны должна обеспечивать ЭБ в зонах влияния «ВТК» как центрального главного техногенного компонента (Saling, Hover R., 2009; Ковальчук, 2010; Бондаренко и др., 2017; Стефаненко и др., 2018).

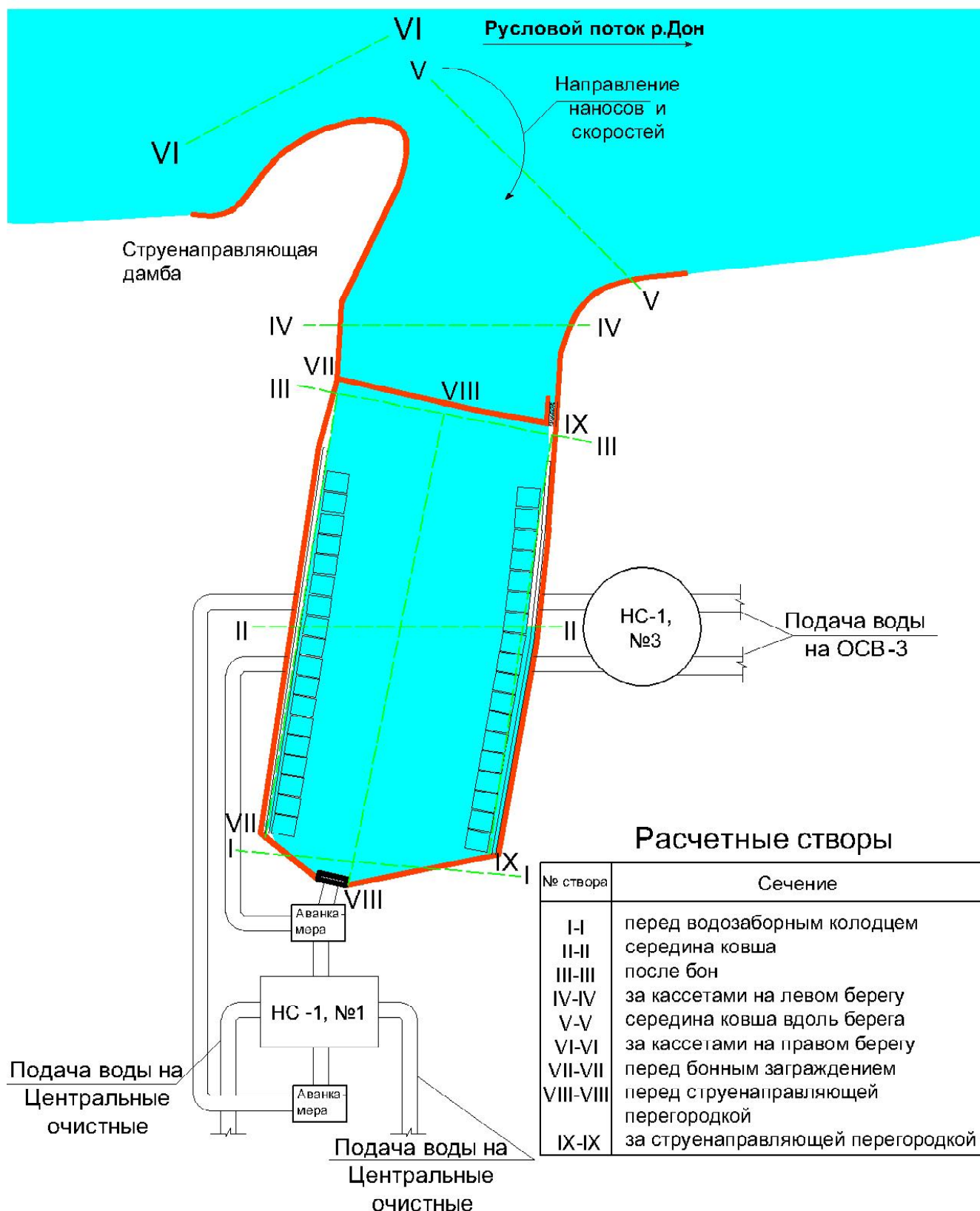


Рис. 2. Плановое расположение водозаборного ковша СМВ городов Ростов-на-Дону, Аксай, Батайск

Обеспечение ЭБ в зонах влияния «ВТК» функционирующего в составе ПТС «ПВС-ВТК-СМВ», по установленным 7 основным критериальным показателям определило необходимость в обосновании приемлемых основ методологии на базе использования системного подхода (Стефаненко и др., 2018). Для решаемых задач по обеспечению ЭБ на действующих и создаваемых новых «ВТК» в составе ПТС

«ПВС-ВТК-СМВ» отечественный опыт использования мягких наплавных конструкций (МНК), в выполняемых из высокопрочных синтетических тканевых материалов, может в полной мере быть использован для «ВТК», в которых производительность водозаборных сооружений составляет не более  $10\text{ м}^3/\text{с}$  (Ковальчук, 2010; Бондаренко и др., 2017; Стефаненко и др., 2018).

На основе результатов исследований процессов ВВВ конструктивных элементов между собой (рис. 1, 2) было установлена их иерархия функциональной значимости в составе «ВТК». Так, МНК-В водозаборного устройства является многофункциональной, которая непосредственно взаимодействует с «ПВС» водного объекта. Функциональное взаимодействие МНК-В с «ПВС» обеспечивает сохранение биологического разнообразия в водном объекте путем защиты молоди рыб, водной растительности, шуги, плавающих предметов от попадания в водозаборный ковш. МНК-Д при взаимодействии с донными слоями водного потока «ПВС» обеспечивает отвод от водозаборного окна МНК-В донных видов рыб и влекомых донных наносов. В совокупности два конструктивных элемента обеспечивают защиту водозаборного ковша по трем наиболее важным критериальным показателям, которые обеспечивают ЭБ «ВТК» до 65 %.

На четвертом иерархическом уровне функциональной значимости находится критериальный показатель защиты акватории водозаборного ковша от синезеленых водорослей, способствующие возникновению и развитию токсичных микроорганизмов, которые поступают в «СМВ» городского хозяйства. Защита «СМВ» от токсичных микроорганизмов обеспечивает ЭБ «ВТК» в пределах до 20 %.

На пятом иерархическом уровне функциональной значимости находится критериальный показатель защиты технологической системы отбора расчетных расходов воды из водозаборного ковша (рис. 2) в «СМВ» от негативного воздействия дрейссены на пропускную способность напорных трубопроводов. Защита от дрейссены трубопроводов обеспечивает ЭБ в пределах до 10 %.

На шестом иерархическом уровне функциональной значимости стоит критериальный показатель защиты МНК-В (рис. 1) от ледостава в осенне-зимний период эксплуатации «ВТК», который обеспечивает ЭБ в пределах до 4 %.

На седьмом иерархическом уровне функциональной значимости стоит критериальный показатель воздействия руслоформирующих процессов на водном объекте на функциональную работу «ВТК» и, соответственно, влияет на ЭБ в пределах до 1 %.

На основе системного анализа и синтеза полученных результатов исследований процессов ВВВ конструктивных элементов «ВТК» с «ПВС» и «СМВ» были обоснованы их критериальные показатели ЭБ, на основе которых сформулировано базовое понятие ЭБ «ВТК» в составе специализированного тип ПТС «ПВС-ВТК-СМВ»: **«экологическая безопасность в пространстве и времени в зонах влияния «ВТК» в составе специализированного тип ПТС «ПВС-ВТК-СМВ» определяется уровнем защищенности «ПВС» водного объекта по сохранению в нем естественного биоразнообразия ихтиофауны и флоры, «СМВ» от токсичных микроорганизмов и процессов развития дрейссены в трубопроводах».**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бондаренко В.Л., Приваленко В.В., Скибин Г.М., Азаров В.Н. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: экологическая инфраструктура бассейновых геосистем : монография. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2012. 308 с.
- Бондаренко В.Л., Семенова Е.А., Алиферов А.В., Клименко О.В. Методика формирования новых идей в технологических процессах использования водных ресурсов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета / Серия: Строительство и архитектура. 2017. Т. 50 (69). С. 73–79.
- Бондаренко В.Л., Семенова Е.А., Алиферов А.В., Клименко О.В. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейнов геосистем: монография. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. 204 с.
- Бондаренко В.Л., Скибин Г.М., Азарова В.Н., Семенова Е.А., Приваленко В.В. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: оценка экологического состояния бассейновых геосистем : монография. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2016. 416 с.
- Ковальчук М.В. От синтеза к науке — конвергенции в образовании // Образовательная политика. 2010. № 11–12 (49–50).
- Природообустройство: территории бассейновых геосистем : уч. пос. / под общ. ред. И.С. Румянцева. Ростов-н/Д.: Издательский центр «МарТ», 2010. 528 с.

- Стефаненко И.В., Семенова Е.А., Клименко О.В., Бондаренко В.А.* Основы методологии разработки технической теории природно-технических систем в использовании водных ресурсов // Прикладная механика и материалы. 2018. Вып. 875. С. 141–144.
- Хецуриани Е.Д., Костюков В.П., Угроватова Е.Г.* Гидрологические исследования на реке Дон-в-Александровский ОСВ Водозаборные сооружения // Procedia техники : 2-я Междунар. конф. по промышленному машиностроению, ICIE 2016 (Челябинск, 19 мая 2016 – 20 мая 2016). 2016. Т. 150. С. 2358–2363.
- Хецуриани Е.Д., Фесенко Л. Н., Костюков В. П., Хецуриани Т.Е.* Получение уравнения регрессии и оценка их адекватности для анализа полевых исследований, получение уравнения регрессии и оценка их адекватности для анализа данных полевых исследований // Норвежский журнал развития международной науки). 2017. Т. 2, № 9. С. 69–72.
- Хецуриани Е.Д., Хецуриани Т.Е.* 2016 году будут приняты меры по борьбе с эвтрофикацией водоемов // Приоритетные задачи и стратегии развития сельскохозяйственной науки : сб. науч. тр. на базе стажера. науч.-практич. конф. (25 мая 2016 / FTSNiO EVENSIS). Тольятти, 2016. С. 11–13.
- Saling P., Hover R. (ed.)*. “Metrics for Sustainability” as part of RSC Green Chemistry; Sustainable Solutions for Modern Economies Edited by Rainer Hufer; The Royal Society of Chemistry; “Green Chemistry Series” edited by the Royal Society of Chemistry Series Editors: J. Clark, University of York, G. Kraus, Iowa State University, 2009. No. 4. Pp. 25–37.