

# СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

---

## AGRICULTURAL SCIENCES

DOI: 10.12731/wsd-2017-1-100-114

УДК 626/627.004:551.579.001.25

### ОСНОВЫ КОНВЕРГЕНЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

*Бондаренко В.Л., Семенова Е.А., Гурина И.В.,  
Алиферов А.В.*

*Исследованиями являлось совершенствование конвергенции технологий использования водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве. На современном этапе развития водохозяйственного комплекса в составе АПК бассейновых геосистем Северного Кавказа и Южного Федерального округа, где проживает более 23 млн чел. (16,3% от числа жителей Российской Федерации) стоит весьма амбициозная задача по созданию принципиально новых технологий использования водных ресурсов в различных технологических системах [1]. Результаты многолетних исследований ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население» в области использования водных ресурсов показывают, что главным и практически единственным направлением решения данной проблемы является совершенствование применения энергии водных ресурсов на основе современных научных подходов и создание новых технологий производства сельскохозяйственной продукции [2, 3]. Одним из таких научных подходов является конвергентный, который объединяет в себе достижения в фундаментальных знаниях (физике, химии, биологии, математике и др.) и отраслевых научных направлениях (материаловедение, гидрологии, гидравлики, информатики и др.) [4, 5]. В качестве выводов следует отметить, что конвергентный подход к созданию новых и совершенствованию существующих технологий водопользования в АПК позволяет сформироваться устойчивой тенденции к более широкому применению возобновляемых источников электрической энергии на*

*малых ГЭС с целью повышения эффективности использования водных ресурсов. Кроме того, водный режим в корнеобитаемом слое почвы может быть управляемым, что способствует манипулированию процессами взаимосвязи между потреблением необходимого количества воды растениями и технологией подачи воды в активный слой почвы [6].*

**Ключевые слова:** *природа; отраслевые и фундаментальные технологии; конвергенция; природно-техническая система; влагообеспеченность; малая ГЭС.*

## **FUNDAMENTALS OF TECHNOLOGY CONVERGENCE WHEN USING WATER RESOURCES IN AGRICULTURAL PRODUCTION**

***Bondarenko V.L., Semenova E.A., Gurina I.V.,  
Aliferov A.V.***

*Improvement of convergence for technologies of water resource use in agricultural production was studied. At modern stage of development of water utilization system within agribusiness of basin geosystems in the North Caucasus and Southern Federal District where more than 23 mln people (16.3 % of resident number of the Russian Federation) live a rather ambitious task of creating principally new technologies of water resource use in different technological systems confronts. The results of many years studies of natural and technical systems (NTS) "Natural Environment – Object of Activity – Population" in the field of water resource use show that the main and practically the only direction for solving this problem is to improve use of water resource energy on the basis of modern scientific approaches-and to create new production technologies for agricultural products. One of such scientific approaches is convergent approach that integrates achievements in fundamental knowledge (physics, chemistry, biology, mathematics etc.) and in sectoral scientific directions (material science, hydrology, hydraulics, informatics etc.). As conclusions, it should be noted that the convergent approach to creating new technologies and improving the existing technologies of water use in agribusiness makes it possible to form a stable tendency for wider use of renewable sources of electric power on small hydroelectric stations (HES) with the purpose to increase efficiency of water resource use. Besides, water regime in a root layer can be controlled and this promotes to manipulating*

*with processes interrelation between consumption of necessary water quantity by plants and technology of water supply in active soil layer.*

**Keywords:** *nature; sectoral and fundamental technologies; convergence; natural and technical system (NTS); moisture supply; small hydroelectric station (HES).*

### Цель

Совершенствование конвергенции технологий использования водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве.

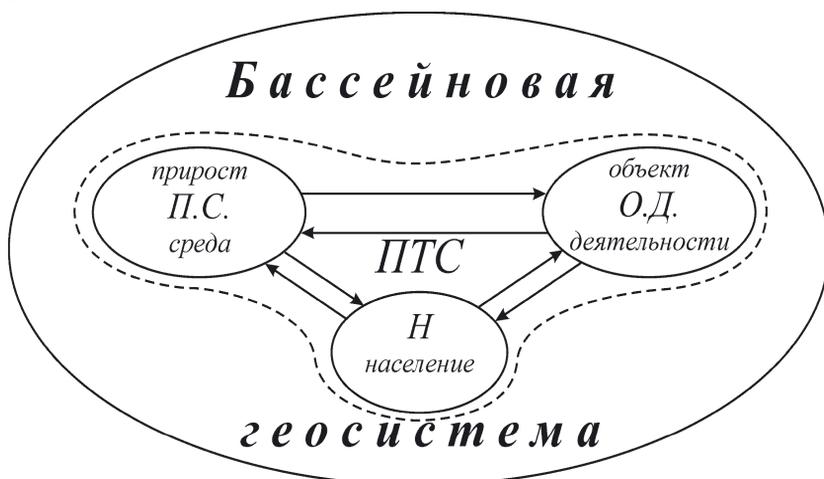
### Введение

Современное развитие общества, как на глобальном уровне «Природа-Общество-Человек» в пространственных пределах биосферы Земли ( $W_{\text{био.}} = 1 \cdot 10^{10} \text{ км}^3$ ), так и на локальном уровне бассейновых геосистем, где формируются водные ресурсы (поверхностный и подземный сток), ведутся все виды многогранной хозяйственной и иной деятельности, характеризуется устойчивым ростом актуальности всех аспектов взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения между обществом и Природой [7]. Системная взаимосвязь, взаимодействия и взаимоотношения между хозяйственной или иной деятельностью с природными средами (атмосферой, гидросферой, литосферой и почвенным покровом) способствует формированию устойчивой тенденции на увеличение потребления природных ресурсов (не возобновляемых до 85%, возобновляемых до 15%), из которых наиболее жизненно важными является водные, и потребления которых превышает объем всех остальных ресурсов вместе взятых [1].

Следует отметить, что значительное водопотребление в различных сферах жизнедеятельности развивающегося общества обуславливается, с одной стороны критической необходимостью для всех живых организмов и технологических процессов промышленного и сельскохозяйственного производства, а с другой стороны, уникальностью физико-химическими природными свойствами, которые как можно полагать были сформированы более 4 млрд лет назад в период образования Солнечной системы из гигантского первоначального облака из газа и пыли [8]. Уникальность воды, как широко распространенного природного ресурса, обуславливает собой множество ее видов (атмосферная, биологическая, речная, подземная, многолетней мерзлоте, ледников горных и полярных, подземных в верхних слоях литосферы, почвогрунтовая, болотная, озерная, морей и Мирового океана), которые взаимосвязаны в Глобальном гидрологи-

ческом процессе влагооборота. Следует также отметить, что время их использования и возобновления различно, от нескольких часов (биологический вид) до 10000 лет (многолетняя мерзлота) [9].

При системном рассмотрении процессов жизнедеятельности и проводимых видов хозяйственной или иной деятельности как на глобальном уровне системы «Природа – Общество – Человек», так и на локальном уровне бассейновых геосистем (рисунок 1), наблюдается определенная ограниченность природных ресурсов в условиях дальнейшего развития [7, 10].



**Рис. 1.** Схема взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношений структурных элементов ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население»

Под давлением роста численности населения, его потребительской активности и вводимые лимиты на использование природных ресурсов в ограничивающихся условиях способствуют формированию устойчивой тенденции к возникновению глобальных и локальных кризисных ситуаций. Исходя из взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения между проводимой хозяйственной или иной деятельностью и природой, современное развитие общества характеризуется наличием ряда глобальных проблем, из которых первые три являются наиболее важными – энергии, воды и пищи, и без решения которых невозможно и решение других значимых и не менее острых проблем: экологии, демографии, нищеты, терроризма, военных конфликтов, болезней, образования [11, 12].

Проблематика получения энергии, воды и пищи является основополагающей потому, что от ее решения зависит и решение отмеченных других семи проблем. Так, например, располагая достаточным количеством доступной по цене энергией для осуществления отбора воды из природного источника (река, озеро) и возможностью ее транспортировки к конкретному водопотребителю (сельскохозяйственным растениям на орошаемом участке пашни), можно получить более высокую урожайность этих растений, как необходимого продукта питания. При системном рассмотрении взаимосвязи энергии, воды и пищи, можно отметить, что нехватка одного, вызывает недостаток других [4, 13–15]. Такой системный методологический подход к проблемам, связанных с энергией, водой и пищей, позволяет наметить реальные перспективы их решения на локальном уровне бассейновых геосистем Северо-Кавказского и Южного федеральных округов (бассейны нижнего Дона, Кубани, Терека), где проживает более 23 млн чел. (16,3% от числа жителей РФ) [1]. В связи с этим целью проводимых исследований является совершенствованием технологий использования водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве.

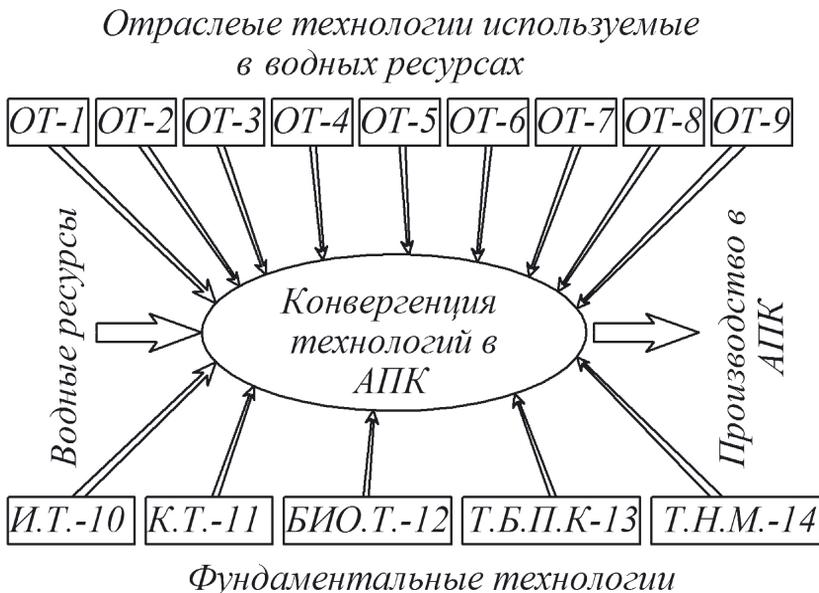
Комплексное использование водных ресурсов формирующихся в трансграничных пределах бассейновых геосистем Нижнего Дона, Кубани и Терека в суммарном количестве 625,6 тыс. км<sup>3</sup>/год, обеспечивается действующими водохозяйственными комплексами, которые базируются на гидротехнических сооружениях различных типов в количестве более 10709 [1, 6].

На основе результатов анализа речного стока бассейнов рек Дона ( $W_{\text{водос.}} = 442,0 \text{ тыс. км}^2$ ), Кубани ( $W_{\text{водос.}} = 57,9 \text{ тыс. км}^2$ ), Терека ( $W_{\text{водос.}} = 43,2 \text{ тыс. км}^2$ ) за период до 2014 года была установлена устойчивая тенденция к уменьшению объемов этих стоков (поверхностного, подземного) по сравнению среднесреднегодными данными. Это обуславливает сокращение объемов воды на действующих регулирующих водохранилищах и, соответственно падение отметок уровней воды в них (ниже НПУ) [6]. Снижение отметок уровней воды в водохранилищах ведет к ряду нежелательных последствий, связанных с уменьшением отбираемых на водозаборных гидроузлах объемов воды, падением выработки электрической энергии на действующих ГЭС, сокращением отбираемых объемов воды на орошение и понижение урожайности сельскохозяйственных культур (овощей, кукурузы и др.), а также других негативных явлений [6, 8]. Характерным примером является Цимлянское водохранилище на реке

Дон (с площадью водного зеркала 2702 км<sup>2</sup>. полным объемом при НПУ 23,9 км<sup>3</sup>, полезный объем 11,54 км<sup>3</sup>), комплексное использование которого связано со многими видами хозяйственной деятельности: ирригацией, судоходством, гидроэнергетикой, рыбным хозяйством, водоснабжением, рекреацией. Наблюдаемое последние три года снижение уровней воды в водохранилище ниже отметки НПУ, в значительной степени отразилось практически на всех видах хозяйственной деятельности, а в особенности на сельскохозяйственном производстве на орошаемых землях, выработке электрической энергии, водном транспорте и рыбном хозяйстве. Следовательно, системная взаимосвязь, взаимодействие и взаимоотношение энергии, воды и пищи, отмечаемые на глобальном уровне («Природа – Общество – Человек»), в полной мере отражаются на локальном системном уровне природно-технических систем (ПТС), «Природная среда – Объект деятельности – Население». В этой системе в качестве «Природной среды» выступают пространственные пределы бассейновой геосистемы р. Дон, «Объекта деятельности» – Цимлянский гидроузел, «Населения» – население проживающее в зонах влияния «Объекта деятельности». Следует отметить, что данная локальная бассейновая геосистема, в пределах которой ведется многогранная хозяйственная деятельность, является неотъемлемой частью глобальной системы биосферы Земли. И на основе взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения наиболее важных ресурсных системных составляющих (энергии, воды, пищи) эта глобальная система оказывает влияние на внутренние процессы самоорганизации локальной системы [15, 16].

Решение современных проблем, связанных, к примеру, с сельскохозяйственным производством на орошаемых землях [11, 17] становится возможным, если будут сформированы устойчивые тенденции к снижению удельных энергозатрат, потребления водных ресурсов и образования пищевых отходов на единицу готовых продуктов питания (хлеб, молоко, мясо и др.). Результаты многолетних исследований ПТС «Природная среда – Объект деятельности – Население» в области использования водных ресурсов показывают, что главным и практически единственным направлением решения данной проблемы является совершенствование имеющихся и создание новых технологий производства сельскохозяйственной продукции с использованием современных научных подходов. Одним из таких научных подходов является конвергентный [4, 12, 18], который объединяет в себе достижения в фундаментальных знаниях (физике, химии, биологии, математике и др.) и отраслевых научных направлениях

(материаловедение, гидрологии, гидравлики, информатики и др.). Применительно к решаемым вопросам использования водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве такой научно-методологический подход должен базироваться на конвергенции имеющихся отраслевых (ОТ) и фундаментальных (БИО.Т, И.Т., К.Т. и др.) технологий (рисунок 2):



**Рис. 2.** Схема конвергенции отраслевых и фундаментальных технологий использования водных ресурсов в АПК

Данная схема включает в себя:

- ОТ-1 – технологию управления процессами формирования стока (поверхностного, подземного) на водосборной территории гидрографической речной сети выше створа напорного фронта водохранилищного гидроузла;
- ОТ-2 – технологию регулирования стока в расчетных створах гидрографической речной сети;
- ОТ-3 – технологию отбора расчетных расходов воды из вод источника в систему транспортировки;
- ОТ-4 – технологию транспортировки расчетных расходов воды до водопотребителей или водопользователей;

- ОТ-5 – технологию водоподготовки для систем питьевого или технического водоснабжения;
- ОТ-6 – технологию использования воды в технологических системах питьевого водоснабжения;
- ОТ-7 – технологию использования воды в технологических процессах промышленного, сельскохозяйственного производства;
- ОТ-8 – технологию использования воды в системах технического водоснабжения ТЭС, АЭС и ГЭС;
- ОТ-9 – технологию оптимизации снижения водопотребления непосредственными водопотребителями (корневая система растений и т.п.);
- И.Т. – информационные технологии;
- К.Т. – компьютерные технологии;
- БИО.Т – биотехнологии;
- Т.Б.П.К. – технологию применения бионических принципов совершенствования конструкций и устройств в технических системах использования водных ресурсов;
- Т.Н.М. – технологию применения новых материалов в технологических схемах использования водных ресурсов.

Актуальность конвергентного подхода в создании новых или совершенствовании существующих технологий производства сельскохозяйственной продукции на орошаемых землях определяется современными проблемами, связанными с выработкой энергии, использованием водных ресурсов, производством и потреблением продуктов питания. Технологический прогресс в данной отрасли хозяйственной деятельности, как показывает анализ, продолжает развиваться линейно, путем модификации, совершенствования уже изобретенного, как, например, путем увеличения или уменьшения числа разбрызгивающих воду насадов в дождевальной технике и т.п. [8].

Системное изучение взаимосвязи, взаимодействия и взаимоотношения отраслевых (1–9) и фундаментальных (10–14) технологий в агропромышленном комплексе (АПК) показывает, что технологический прорыв в нем может быть достигнут путем устойчивого снижения энергетических затрат при использовании не возобновляемых источников энергии (НИЭ) и объемов водных ресурсов [13–15]. Снижение энергозатрат при использовании НИЭ в значительной степени связано с потреблением электрической энергии, вырабатываемой на ТЭС, АЭС, ГРЭС и применяемыми агротехнологиями производство продуктов питания [19, 20].

Так, в ходе анализа водохозяйственного комплекса Ростовской области, что значительный объем электрической энергии, необходимой для АПК, можно получить на базе существующих и действующих внутрисистемных гидротехнических сооружениях (ГТС), имеющих перепады до 5 м. Результаты проведенных предварительных расчетов показывают, что при устройстве малых ГЭС на базе действующих ГТС Ростовской области появляется возможность создания внутрисистемных источников энергии с установленной суммарной мощностью 66,6 МВт и годовой выработкой электроэнергии порядка 570 млн кВт/час, что позволит значительно уменьшить энергозависимость АПК, а также внедрить энергосберегающие технологии как на орошаемых землях, так и в АПК в целом (таблица 1).

Таблица 1.

**Основные интегральные показатели малых ГЭС на действующих ПТС  
в зависимости от планируемой нормы прибыли**

Плановая прибыль, % в год равна	0,0	3,0	6,0	9,0	12,0
Суммарная номинальная мощность, МВт	66,6	66,6	66,6	66,6	66,6
Годовая выработка ВИЭ, млн кВт·ч	570	570	570	570	570
Капитальные затраты на воздействие ВИЭ, млн €	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
Замещение органического топлива (природного газа, тыс. т/год)	114	114	114	114	114
Стоимость замещенного органического топлива РФ, тыс. €/год	9204	9204	9204	9204	9204
Сокращение выбросов парниковых газов, тыс. т/год	313,4	313,4	313,4	313,4	313,4
Стоимость предотвращенных выбросов, тыс. €/год	6360,5	6360,5	6360,5	6360,5	6360,5
Себестоимость энергии ВЭС, €/кВт·ч	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Срок окупаемости ВИЭ по оптовой цене рынка, лет	4,5	5,0	6,1	8,0	12,0
Срок окупаемости ВИЭ по оптовой цене + надбавки, лет	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Срок окупаемости ВИЭ по оптовой цене + топливный бонус, лет	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
Трудоёмкость реализации проекта ВИЭ, чел.·час / млн кВт·ч	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114

Устойчивое снабжение доступной электроэнергией эксплуатируемых системных ГТС создаст возможности для внедрения более эффективных

технологий использования водных ресурсов на оросительных системах АПК Ростовской области.

### **Выводы**

1. На основе результатов исследований было установлено, что использование конвергентного подхода в совершенствовании технологии использования водных ресурсов в сельскохозяйственном производстве на орошаемых землях имеет перспективу практического применения в целях экономии энергозатрат и водных ресурсов и соответственно снижение себестоимости продуктов растениеводства.

2. На основе результатов анализа интегральных показателей малых ГЭС на ГТС оросительных систем (Азовской, Багаевской, Садковской, Пролетарской и Садковском сбросе и др.) позволят комплексно решать задачи по выработке дешевой электрической энергии для внутрисистемных действующих насосных станций и других необходимых эксплуатационных служб, а также снизить выбросы парниковых газов путем замены органического топлива для выработки электроэнергии на Новочеркасской ГРЭС.

### **Список литературы**

1. Государственный доклад о состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году. М.: НИА-Природа, 2010.
2. Природно-технические системы в использовании водных ресурсов: территории бассейновых геосистем: монография / В.Л. Бондаренко, Е.А. Семенова, А.В. Алиферов, О.В. Клименко. Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2016. 204 с.
3. Ковальчук М.В., Нарайкин О.С. Конструктор для будущего // В мире науки. 2011. № 9. С. 24–31.
4. Ковальчук М.В. От синтеза в науке – к конвергенции в образовании // Образовательная политика. 2010. № 11–12 (49–50). С. 1–12.
5. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Российские нанотехнологии: В 6 т. №1–2. 2011. С. 13–23.
6. Решение экологических проблем при проектировании гидротехнических сооружений (на примере бассейновой геосистемы Верхней Кубани): монография / В.Л. Бондаренко, В.В. Приваленко, А.В. Кувалкин, С.Г. Прыганов, Е.С. Поляков. Ростов-на-Дону: Черкесск: РАН Южный научный центр, 2009. 360 с.
7. Экологическая безопасность в природообустройстве, водопользовании и строительстве: экологическая инфраструктура бассейновых геосистем:

- монография / В.Л. Бондаренко, В.В. Приваленко, Г.М. Скибин, В.Н. Азаров. Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2012. 308 с.
8. Проблемы и перспективы использования водных ресурсов в агропромышленном комплексе России: монография / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко и др.; под общ. ред. В.Н. Щедрина. Новочеркасск: РосНИИПМ, 2009. С. 298–304.
  9. Бондаренко В.Л., Кувалкин А.В. Экологически устойчивое управление природно-техническими системами бассейнов малых рек // Науч. журнал Рос. НИИ проблем мелиорации: электронный журнал. 2012. №3(7). С. 166–174. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=126> (дата обращения: 13.12.2016).
  10. Peter Saling, Andreas Kicherer, Brigitte Dittrich-Kramer, Rolf Wittlinger, Winfried Zombik, Isabell Schmidt, Wolfgang Schrott and Silke Schmidt. Life Cycle Management. Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. BASF, Germany, 2002, pp. 42–57.
  11. Дуб А.В. Технологии на вырост // В мире науки. 2015. № 4. С. 32–38.
  12. Гед Р. Дейвис. Энергия для планеты Земля // В мире науки. 1990. № 11. С. 7–16.
  13. Saling P., Hofer R. (ed) (2009); “Metrics for Sustainability” as part of RSC Green Chemistry No. 4; Sustainable Solutions for Modern Economies Edited by Rainer Hufner; 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, pp. 25–37.
  14. Системный подход в оценке воздействия водохранилищ на окружающую среду / В.Л. Бондаренко [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2006. № 5. С. 6–12.
  15. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. М.: Прогресс, 1986. 256 с.
  16. Майкл Уэббер. Задача для всей планеты // В мире науки. 2015. № 4. С. 65–71.
  17. Россия: Вводно-ресурсный потенциал / Под науч. ред. А.М. Черняева; РосНИИВХ. Екатеринбург: 1998. 338 с.
  18. Система природа – общество – человек: Устойчивое развитие / О.Л. Кузнецов, П.Г. Кузнецов, Б.Е. Большаков. Гос. науч. центр РФ ВНИИ геосистем «Дубна». 2000. 410 с.
  19. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. 440 с.
  20. ITU-T Recommendation X.902 (1995) / ISO/IEC 10746-2:1996, Information Technology – Open Distributed Processing – Reference Model: Foundations.

---

---

### References

1. *Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii vodnykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2009 godu* [Governmental report on the state and use of water resources in the Russian Federation in 2009]. M.: NIA-Priroda, 2010.
2. Bondarenko V.L., et al. *Prirodno-tekhnicheskie sistemy v ispol'zovanii vodnykh resursov: territorii basseynovykh geosystem* [Natural and technical systems in water resource use: territories of basin geosystems]. Novochoerkassk, YuRGPU (NPI) Publ., 2016, 204 p.
3. Koval'chuk M.V., Naraykin O. S. Konstruktor dlya budushchego [Designer for the future]. *V mire nauki*, 2011, № 9, pp. 24–31.
4. Koval'chuk M.V. Ot sinteza v nauke – k konvergentsii v obrazovanii [From synthesis in science to convergence in education]. *Obrazovatel'naya politika*, 2010, № 11–12 (49-50), pp. 1–12.
5. Koval'chuk M.V. Konvergentsiya nauk i tekhnologiy – proryv v budushchee [Convergence of sciences and technologies – breakthrough Into the future]. *Rossiyskie nano-tekhnologii*, Vol. 6, №1-2, 2011, pp. 13–23.
6. Bondarenko V.L., et al. *Reshenie ekologicheskikh problem pri proektirovaniy gidrotekhnicheskikh sooruzheniy (na primere basseynovoy geosistemy Verkhney Kubani)* [Solving of ecological problems when designing hydraulic structures (basin geosystem of Upper Kuban as an example)]. Rostov-on-Don – Cherkessk, RAN Yuzhnyy nauchnyy tsentr Publ., 2009, 360 p.
7. Bondarenko V.L., et al. *Ekologicheskaya bezopasnost' v prirodoobustroytve, vodopol'zovanii i stroitel'stve: ekologicheskaya infrastruktura basseynovykh geosystem* [Geological safety in environmental engineering, water management and construction: ecological infrastructure of basin geosystems]. Novochoerkassk, YuRGTU (NPI) Publ., 2012, 308 p.
8. Shchedrin V.N., et al. *Problemy i perspektivy ispol'zovaniya vodnykh resursov v agropromyshlennom komplekse Rossii* [Problems and prospects of water resource use in agribusiness of Russia]. Novochoerkassk, RosNIIPM Publ., 2009, pp. 298–304.
9. Bondarenko V.L., Kuvalkin A.V. *Ekologicheski ustoychivoe upravlenie prirodno-tekhnicheskimi sistemami basseynov malykh rek* [Ecologically, stable management with natural and technical systems of small river basins]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii, elektronnyy zhurnal*, 2012, №3 (7). pp. 166–174. <http://http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=113&id=126> (accessed December 13, 2016).
10. Peter Saling, Andreas Kicherer, Brigitte Dittrich-Kramer, Rolf Wittlinger, Winfried Zombik, Isa-bell Schmidt, Wolfgang Schrott and Silke Schmidt. Life

- Cycle Management. Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method. BASF, Germany, 2002, pp. 42–57.
11. Dub A.V. Tekhnologii na vyrost [Technologies to allow for growth]. *V mire nauki*, 2015, № 4, pp. 32–38.
  12. Ged R. Deyvis Energiya dlya planety Zemlya [Energy for the Earth planet]. *V mire nauki*, 1990, № 11, pp. 7–16.
  13. Saling P., R. Hofer (ed) (2009); “Metrics for Sustainability” as part of RSC Green Chemistry No. 4; Sustainable Solutions for Modern Economies Edited by Rainer Htsfer; The Royal Society of Chem-istry; „Green Chemistry Series“ edited by the Royal Society of Chemistry Series Editors: J. Clark, University of York; G. Kraus, Iowa State University, 2009, pp. 25–37.
  14. Bondarenko V.L. et al. Sistemnyy podkhod v otsenke vozdeystviya vodokhranilishch na okruzhayushchuyu sredu [System approach in evaluation of reservoir impact.on the environment]. *Problemy regional'noy ekologii*, 2006, № 5, pp. 6–12.
  15. Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz khaosa [Order from chaos]. Moscow, Progress Publ., 1986, 256 p.
  16. Maykl Uebber. Zadacha dlya vsej planety [Task for the whole planet]. *V mire nauki*, 2015, № 4, pp. 65–71.
  17. *Rossiya: Vvodno-resursnyy potentsial* [Russia: Water resource potential] / A.M. Chernyaev (ed.); RosNIIVKh, Ekaterinburg, 1998, 338 p.
  18. Kuznetsov O.L. et al. *Sistema priroda – obshchestvo – chelovek: Ustoychivoe razvitie* [Nature – Society – Human system: stable development]. Gos. nauch. tsentr RF VNII geosistem «Dubna» Publ., 2000, 410 p.
  19. Nikolis G., Prigozhin I. *Samoorganizatsiya v neravnovesnykh sistemakh* [Self-organization.in unbalanced systems]. Moscow, Mir Publ., 1979, 440 p.
  20. ITU-T Recommendation X.902 (1995)/ ISO/IEC 10746-2:1996, Information Technology – Open Distributed Processing – Reference Model: Foundations.

### ДАнные ОБ АВТОРАХ

**Бондаренко Владимир Леонидович**, доктор техн. наук, профессор кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства

*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал федерального государственного федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донского государственного аграрного университета»*

*ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, 346428,  
Российская Федерация  
kafedra.tbmir@yandex.ru  
SPIN-код: 3383-6870*

**Семенова Елена Анатольевна**, кандидат техн. наук, доцент кафедры транспортных средств и процессов  
*Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет»  
ул. 40 лет Октября, 56, г. Пятигорск, Ставропольский край, 357500, Российская Федерация  
dekanpn@mail.ru  
SPIN-код: 3691-5773*

**Гурина Ирина Владимировна**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства  
*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал федерального государственного федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донского государственного аграрного университета»  
ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, 346428, Российская Федерация  
NGMANauka@yandex.ru  
SPIN-код: 3579-6944*

**Алиферов Алексей Вячеславович**, аспирант кафедры техногенной безопасности, мелиорации и природообустройства  
*Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А.К. Кортунова – филиал федерального государственного федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донского государственного аграрного университета»  
ул. Пушкинская, 111, г. Новочеркасск, Ростовская область, 346428, Российская Федерация  
aliferov\_92@mail.ru  
SPIN-код: 2673-3080*

**DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Bondarenko Vladimir Leonidovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair Techno Security, Land Reclamation and Environmental Engineering

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University*

*111, Pushkinskaya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation*

*kafedra.tbmip@yandex.ru*

*SPIN-code: 3383-6870*

**Semenova Elena Anatol'evna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair Vehicles and Processes

*North-Caucasus Federal University (Branch in Pyatigorsk)*

*56, 40th anniversary of October Str., Pyatigorsk, 357500, Russian Federation*

*dekannn@mail.ru*

*SPIN-code: 3691-5773*

**Gurina Irina Vladimirovna**, Doctor of Agriculture Sciences, Professor of the Chair Techno Security, Land Reclamation and Environmental Engineering

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University*

*111, Pushkinskaya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation*

*NGMANauka@yandex.ru*

*SPIN-code: 3579-6944*

**Aliferov Aleksei Vyacheslavovich**, Postgraduate of the Chair Techno Security, Land Reclamation and Environmental Engineering

*Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute of Don State Agrarian University*

*111, Pushkinskaya Str., Novocherkassk, 346428, Russian Federation*

*aliferov\_92@mail.ru*

*SPIN-code: 2673-3080*