

## Оценка влияния содержания марганца в природной в природной воде на здоровье человека в районах водозаборов города Таганрога

*В.Ю. Вишневецкий<sup>1</sup>, В.М. Попружский<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО Южный федеральный университет

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО Южный федеральный университет, ФГУ «Азовморинформцентр»

**Аннотация:** Рассматривается оценка влияния содержания марганца в природной воде на здоровье человека в районах водозаборов города Таганрога. Для оценки используются данные гидрохимического мониторинга за 2004-2014 гг, рассматривается динамика изменения концентраций марганца в районе водозаборов, влияние как недостатка так и избытка марганца в организме на здоровье человека.

**Ключевые слова:** ПДК, марганец, качество воды, здоровье.

В статье рассматривается влияние содержания марганца в природной воде на здоровье человека. Общая информация о химическом элементе: марганец является элементом металлического происхождения, обладает серебристо-белой окраской. Минерал, в котором он содержится, в природе называют пиролюзитом, который придает металлу фиолетовую окраску. Еще с древних времен он использовался для обесцвечивания стекла. Изначально его ассоциировали с железом, но 1808 году элемент выделили в чистом виде и дали ему название магнезий, более древнее название манганум переводилось с греческого, как «обесцвечиваю, проясняю». В природе достаточно распространенный элемент, находится на втором месте по распространенности среди всех металлов, в том числе тяжелых.

Марганец оказывает действие на всю жизнедеятельность организма, т.к. содержится в клетках головного мозга, поджелудочной железы, почках, печени и костях.

Для полноценной деятельности организма человеку необходимо в сутки 1-2 мг марганца, но из-за того, что не весь поступающий объем марганца в организм человека усваивается, в организм должно поступать около 5-10 мг марганца. Поступление свыше 11 мг марганца в сутки

считается вредным для здоровья. Усвоению марганца препятствуют сердечно-сосудистые заболевания, недостаток цинка, животного белка и аскорбиновой кислоты [1].

От нормы могут отклоняться такие категории людей, как женщины во время беременности или кормления грудью, спортсмены, люди, страдающие сахарным диабетом, нервными расстройствами, шизофренией.

При нормальном содержании марганца в организме человека, он оказывает положительное воздействие в следующем:

- в роли антиоксиданта выполняет защиту от свободных радикалов и от избытка железа;
- снижает уровень вредного холестерина и укрепляет артериальные ткани, что позволяет избегать атеросклероза и закупорки сосудов;
- важен для роста и восстановления костей, хрящей и суставов;
- с его помощью облегчается предменструальный синдром;
- улучшает работу центральной нервной системы, благодаря участию в производстве и обмене нейромедиаторов;
- защищает печень от жировых отложений;
- способствует быстрому заживлению ран;
- формирует рост человека, т.к. напрямую воздействует на основные факторы (кости, соединительная ткань, хрящи);
- участвует в процессах окисления глюкозы;
- борется с сахарным диабетом, усиливая действие инсулина;
- принимает участие в синтезе тироксина – главного гормона щитовидной железы;
- регулирует обмен липидов, что делает более активным расход жиров;
- поддерживает работу половых гормонов у женщин, и соответственно, репродуктивную функцию;
- содействует улучшению иммунной системы и выработке интерферона;

- необходим для усвоения витаминов С, Е, и всей группы В.

Марганец оказывает профилактическое и лечебное влияние на такие заболевания, как рассеянный склероз, катаракту, сердечно-сосудистые заболевания, артриты и остеопороз.

Нормальный уровень попадания марганца в организм особенно важен для людей, ведущих активный спортивный образ жизни, поскольку марганец – один из минералов, которые позволяют держать мышцы в тонусе и повышать их чувствительность. Этот химический элемент также оказывает немалое влияние на опорно-двигательный аппарат и состояние суставов. Важен марганец для функции продолжения рода как для мужчин, благодаря улучшению подвижности сперматозоидов, так и для женщин, нормализуя функции яичников [2].

Кроме того раствор марганцовки способен нейтрализовать воздействие токсинов на клетки при отравлении, а также он улучшает процесс кроветворения.

Длительный дефицит марганца в организме может привести к следующим негативным факторам:

- постоянная усталость, нехватка сил;
  - ухудшение мозговой деятельности и памяти;
  - проблемы с кожей в виде пигментации, сыпи;
  - замедленное восстановление волос и ногтей;
  - вероятность бесплодия из-за гормональной дисфункции, ранний климакс и ускоренное старение;
  - риск неправильного формирования плода во время беременности;
  - возникновение проблем с опорно-двигательным аппаратом; артриты, судороги, склероз, эпилепсия;
  - усиливаются риски развития раковых заболеваний;
  - ухудшение иммунитета и развитие аллергических реакций.
-

Однако гораздо более негативное воздействие на здоровье человека оказывает переизбыток марганца в организме.

Марганец относится к тяжелым металлам, оказывающим ядовитое действие на организм и вызывающим неприятные изменения.

В большинстве продуктов питания содержание марганца не высокое. Наибольшее количество марганца содержится в печени, мясе, молочных продуктах, крупах, шиповнике, бобовых, черной смородине, ананасах, некоторых сортах чая.

Большое количество марганца можно обнаружить в клюкве: на 100 г ягоды приходится 4-20 мг марганца. Какао, перец, соевая мука, овсяная мука и хлопья содержат 4 мг марганца на 100 г.

Пшеничная мука, сухой горох, фасоль, шпинат, салат зеленый, черный шоколад содержат около 3 мг марганца на 100 г.

Зеленый лук, брусника и черника, свежий горох, мука ржаная и изделия из нее, финики, инжир и чернослив, виноград, сливы, капуста, огурцы и морковь могут содержать порядка 1 мг марганца.

Свежие, нерафинированные продукты, не прошедшие тепловую обработку, содержат большее количество этого элемента, чем прошедшие тепловую обработку продукты.

Также накопления и отравления марганцем могут происходить среди автомобилистов, электросварщиков, работников ферросплавных производств.

Отрицательное воздействие избытка элемента тут же сказывается на центральной нервной системе, вызывая сонливость, ухудшение памяти, галлюцинации, потерю аппетита. А также негативно влияет на работу легких, сердца и даже способно вызвать аллергические и мутагенные последствия. Превышение нормы марганца в организме может стать причиной анемии, так как марганец мешает усвоению меди и железа. При превышении ежедневной

дозы марганца в восемь раз могут появиться нарушения мозговой деятельности. При систематическом и длительном отравлении марганцем могут иметь место серьезные последствия, проявляющие себя значительным ухудшением здоровья [2].

Наибольшее количество марганца поступает в организм человека с питьевой водой, которая не соответствует нормам. В этой связи можно утверждать, что содержание марганца в природной воде, особенно вблизи водозаборов, является наиболее существенным фактором в проблеме негативного влияния переизбытка марганца на здоровье человека.

Проведем анализ содержания марганца в природной воде в районе водозаборов города Таганрога. В качестве основы исследования используются данные, полученные в результате наблюдений за гидрохимическим состоянием водной среды Федеральным государственным бюджетным учреждением «Информационно-аналитический центр по водопользованию и мониторингу Азовского моря».

Место отбора проб и периодичность отбора установлены программой ведения мониторинга в соответствии с нормативными документами. В нашем случае периодичность отбора проб составляет четыре раза в год [3-6].

Объем взятой пробы соответствует установленному в нормативных документах для аккредитованной лаборатории на метод определения конкретного показателя с учетом количества определяемых показателей и возможности проведения повторного исследования. При этом для получения одной пробы, отражающей состав и свойства воды в данной точке отбора, допускается неоднократно отбирать воду в этой точке отбора за максимально короткий период времени [6].

Метод отбора проб выбирают в зависимости от типа воды, ее напора, потока, температуры, глубины пробоотбора, цели исследований и перечня определяемых показателей с таким расчетом, чтобы исключить (свести к

минимуму) возможные изменения определяемого показателя в процессе отбора. Для марганца допускается отбор пробы в полимерный материал (также можно использовать стекло).

Проба воды для определения марганца должна быть подвергнута исследованию в течение не более одного месяца, с соблюдением условий хранения – проба подлежит фильтрованию и подкислению фильтрата до pH менее 2 [6]. Все процедуры отбора проб строго документированы.

Критериями для выбора емкости, используемой непосредственно для отбора проб и их хранения до начала проведения анализов, являются:

- предохранение состава пробы от потерь определяемых показателей или от загрязнения другими веществами;

- устойчивость к экстремальным температурам и разрушению; способность легко и плотно закрываться; необходимые размеры, форма, масса; пригодность к повторному использованию;

- светопрозрачность;

- химическая (биологическая) инертность материала, использованного для изготовления емкости и ее пробки (например, емкости из боросиликатного или известково-натриевого стекла могут увеличить содержание в пробе кремния или натрия);

- возможность проведения очистки и обработки стенок, устранения поверхностного загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Допускается применение одноразовых емкостей для отбора проб.

Для отбора точечных проб на заданной глубине применяют батометры.

Пробоотборники должны:

- минимизировать время контакта между пробой и пробоотборником;

- быть изготовлены из материалов, не загрязняющих пробу;

- иметь гладкие поверхности;

- быть сконструированы и изготовлены применительно к пробе воды для соответствующего анализа (химический, биологический или микробиологический).

Допускается отбор проб воды бутылкой. Бутылку закрывают пробкой, к которой прикреплен шнур, и вставляют в тяжелую оправу или к ней подвешивают груз на тросе (шнуре, веревке). Бутылку опускают в воду на заранее выбранную глубину, затем пробку вынимают при помощи шнура, бутылка заполняется водой доверху, после чего вынимается. Перед закрытием бутылки пробкой слой воды сливается так, чтобы под пробкой оставался небольшой слой воздуха.

Таганрогский водоканал имеет основное место водозабора в районе х. Рогожкино в устье реки Дон (рукав Кутерьма) и дополнительное место водозабора в районе с. Троицкое на реке Миус. Сравнение концентраций марганца осуществляется с установленными в Российской Федерации ПДК для поверхностных (речных вод) и в сравнении с ПДК для питьевой воды [7], установленной санитарными нормами [8].

Определение содержания марганца в пробах природной воды осуществлено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией. Метод основан на измерении поглощения излучения резонансной длины волны атомным паром определяемого элемента, образующимся в результате электротермической атомизации анализируемой пробы в графитовой печи спектрометра [9]. Для проведения анализа использован атомно-абсорбционный спектрометр «Квант» с электротермическим атомизатором, позволяющим производить по заданной программе разогрев графитовой печи, оборудованный источниками резонансного излучения (спектральными лампами) для определения соответствующих элементов и устройством для коррекции неселективного поглощения (фона).

Вся используемая для отбора, хранения, транспортирования и анализа проб посуда промыта разбавленной в соотношении 1:1 азотной кислотой, затем большим количеством дистиллированной воды и ополаснута 3-4 раза бидистиллированной водой. Не допускается обработка посуды смесями, содержащими хром.

При проведении анализа к пробе воды, если ее не консервировали после отбора, добавляют концентрированную азотную кислоту из расчета 2,0 см<sup>3</sup> азотной кислоты на 200 см<sup>3</sup> воды. Если пробу консервировали, то добавляют 1,0 см<sup>3</sup> азотной кислоты на 200 см<sup>3</sup> воды. Раствор тщательно перемешивают и выдерживают не менее 2 ч. Если в подкисленной пробе находятся заметные глазом взвешенные частицы, то перед проведением измерений ее фильтруют.

В завершении анализа пробы воды проводится контроль стабильности результатов измерений с учетом требований ГОСТ ИСО 5725-6 (раздел 6) [9].

Рассмотрим динамику изменения концентраций марганца в районе основного городского водозабора в реке Дон. Как видно из приведенной ниже диаграммы (рисунок 1) в период 2006-2010 гг. нередко фиксировались значения концентрации марганца, превышающие предельно допустимые в 4 и более раз [5]. Максимальное значение достигнуто в марте 2010 года – 0,1257 мг/дм<sup>3</sup> (12,6 ПДК). Данное разовое значение можно объяснить смывом с прилегающих территорий в период половодья. Также велика вероятность попадания в речные воды сточных вод, сбрасываемых в реку водопользователями [8].

Однако, ПДК для питьевой воды, установлен в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения [10-13]. Контроль качества» составляет 0,1 мг/дм<sup>3</sup> и может быть увеличен по постановлению главного государственного санитарного врача по соответствующей

---



территории для конкретной системы водоснабжения на основании оценки санитарно-эпидемиологической обстановки в населенном пункте и применяемой технологии водоподготовки до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Данная норма превышена лишь однократно [8].

После марта 2010 года по настоящее время концентрации марганца становятся ниже уровня прошлых лет и значительно ниже предусмотренных санитарных норм. Это может объясняться низким уровнем осадков в последние годы, что привело к уменьшению смыва загрязняющих веществ с прилегающих к водным объектам территорий, и, соответственно, снижению объема поступления грунтовых вод, которые также содержат в себе этот элемент.

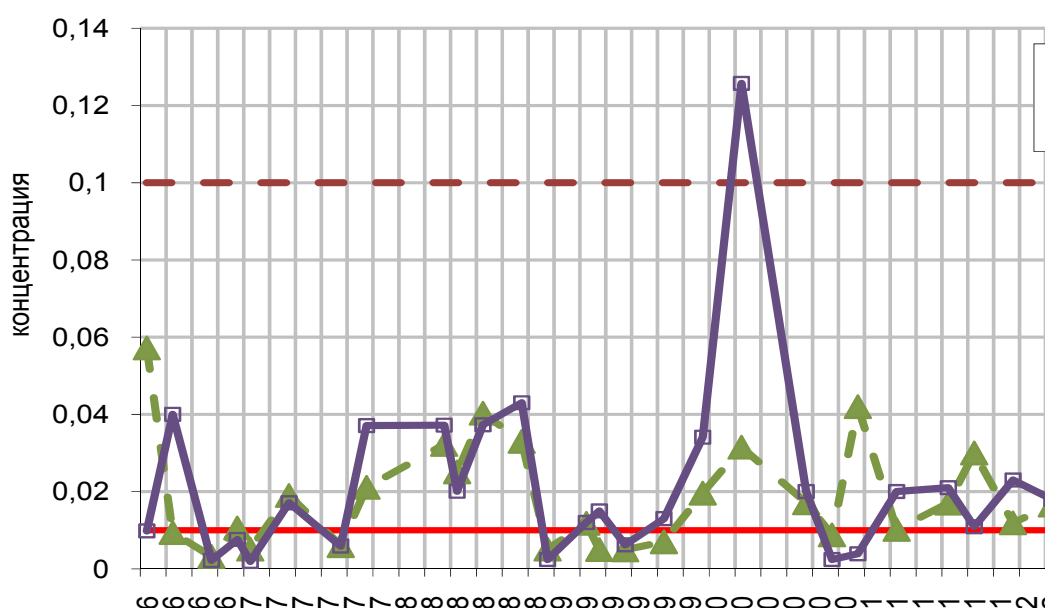


Рис. 1. Динамика концентрации марганца в речных водах в районе х. Рогожкино (рукав Кутерьма устья р. Дон) и в районе водозабора у с. Троицкое (р. Миус) за период 2006-2014 годы

В дополнительной точке водозабора города Таганрога в реке Миус динамика концентраций марганца носит схожий характер, за исключением того, что с 2012 года вновь наблюдается рост концентраций марганца в

природной воде до уровня 4,5 ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения [5].

Для водозабора в районе с. Троицкое характерно то, что находится он лишь в нескольких километрах ( $\approx 5$  км) ниже по течению районного центра с. Покровское, приносящего собственное антропогенное загрязнение в природные воды реки Миус. В нижеприведенной диаграмме видно, что среднегодовые концентрации в точке наблюдения ниже с. Покровское (и соответственно выше по течению точки нахождения водозабора) больше либо равны концентрациям в районе водозабора.

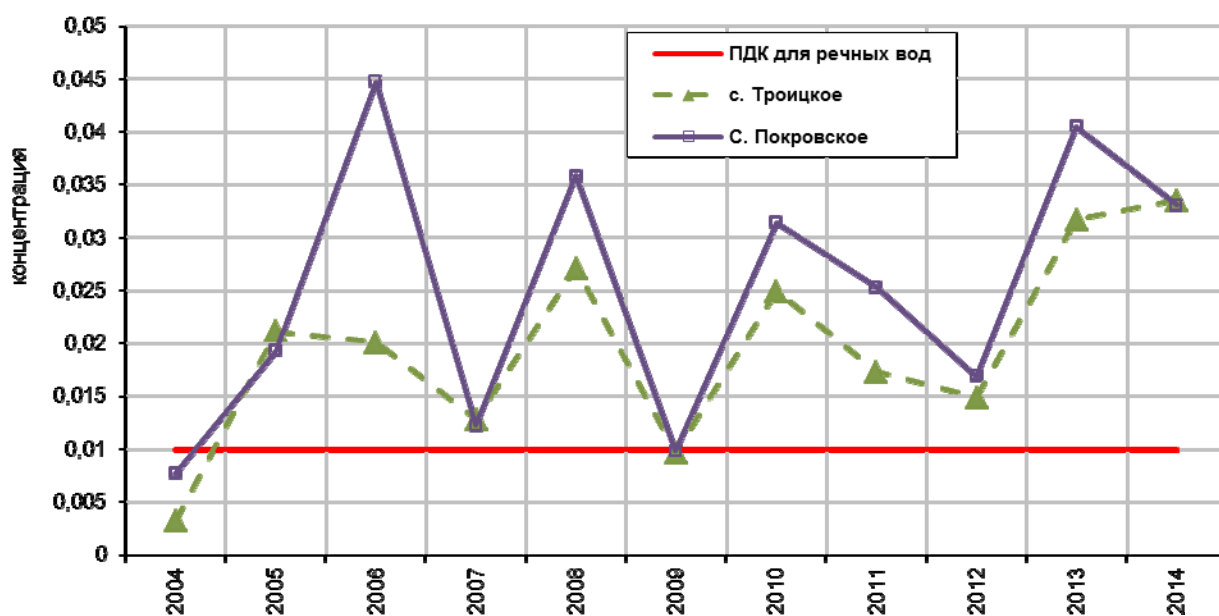


Рис. 2. Динамика среднегодовой концентрации марганца в речных водах в районе водозабора у с. Троицкое и ниже с. Покровское (р. Миус) за период 2004-2014 годы

Снижение концентрации вниз по течению от источника загрязнения с одной стороны свидетельствует о процессах самоочищения реки, с другой стороны позволяет предположить, что при отсутствии антропогенного источника выше по течению городского водозабора природная вода собственно в месте водозабора была бы чище, а, соответственно вода, поступающая в систему питьевого водоснабжения, также была бы чище.

При рассмотрении проблемы влияния загрязняющих веществ и в частности тяжелых металлов, содержащихся в природной воде также нельзя забывать, что тяжелые металлы крайне медленно выводятся из организма, служат предпосылкой так называемого эффекта пищевой цепи - нарастания концентрации в организмах последующих трофических уровней, попадают в существующую водную флору, которая используется для питания рыбой [9].

Таким образом, поступающие в организм человека концентрации тяжелых металлов при принятии рыбы в качестве пищи могут превышать концентрации металлов в воде в десятки раз.

Из рассмотренного в статье сравнения качества воды по содержанию в ней марганца в районе двух водозаборов можно сделать определенный вывод о том, что использование для питья воды из реки Дон оправдывает себя, поскольку концентрации марганца в ней в последние годы значительно ниже.

Из рассмотренного материала очевидно, что прямой угрозы качеству питьевой воды и, соответственно, здоровью человека в районе водозаборов города Таганрога нет, однако существующие концентрации марганца не благоприятствуют рыбному хозяйству. Наличие высоких концентраций марганца в водоеме приводит к его активному поглощению биологической средой, что в свою очередь может привести к заболеваниям, как самой рыбы, так и потребляющему ее в пищу человеку.

В целях профилактики заболеваний, в первую очередь, центральной нервной системы, анемии в качестве питьевой воды следует использовать воду, концентрация марганца в которой соответствует санитарным нормам и не допускать передозировки марганцем организма человека.

## Литература

1. Ширина Л.И., Мазо В.К. Минеральные вещества в питании человека. Марганец: всасывание и биодоступность. Вопросы питания. 2006. Т. 75. № 5. С. 4-14.
2. Климов С.В., Жукова А.Г. Влияние марганца на организм человека и животных В сборнике: Материалы XLVIII научно-практической конференции с международным участием "Гигиена, организация здравоохранения и профпатология" и семинара "Актуальные вопросы современной профпатологии" 2013. С. 33-36.
3. ГОСТ 17.1.3.07-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
4. ГОСТ 17.1.3.08-82. Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества морских вод.
5. Информационный бюллетень о состоянии водных объектов, дна, берегов водных объектов, их морфометрических особенностей, водоохранных зон водных объектов, количественных и качественных показателей состояния водных ресурсов, состояния водохозяйственных систем, в том числе гидротехнических сооружений по зоне деятельности ФГУ «АЗОВМОРИНФОРМЦЕНТР» за 2014 год.
6. ГОСТ 31861-2012. Группа Н08 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ВОДА Общие требования к отбору проб Water. General requirements for sampling МКС 13.060.45 ТН ВЭД 220100000 Дата введения 2014-01-01.
7. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждены приказом от 18.01.2010 г. № 20 Федерального агентства по рыболовству.
8. Вишневецкий В.Ю., Попружный В.М. Оценка качества воды в районах водозаборов города Таганрога по гидрохимическим показателям.

- Инженерный вестник Дона. 2014. Т. 32. № 4-2.  
URL:[ivdon.ru/uploads/article/pdf/9\\_vishnevetskiy\\_popruzhny.pdf\\_1a2435e15a.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/9_vishnevetskiy_popruzhny.pdf_1a2435e15a.pdf)
9. ГОСТ 31870-2012. Группа Н09 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ВОДА ПИТЬЕВАЯ Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods МКС 13.060. ТН ВЭД 220100000Дата введения 2014-01-01.
  10. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
  11. Руководящий документ РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхности вод по гидрохимическим показателям.
  12. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям.
  13. Вишневецкий В.Ю., Попружный В.М. Оценка содержания меди в воде и донных отложениях Азовского моря. Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – №9 (110). – С. 117-122.

### References

1. Shirina L.I., Mazo V.K. Voprosy pitaniya. 2006. Т. 75. № 5. pp. 4-14.
2. Klimov S.V., Zhukova A.G. Materialy XLVIII nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem "Gigiena, organizacija zdravoohraneniya i profpatologiya" i seminar "Aktual'nye voprosy sovremennoj profpatologii" 2013. pp. 33-36.
3. GOST 17.1.3.07-82. Ohrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolja kachestva vody vodoemov i vodotokov[Protection of Nature. Hydrosphere. Regulations for water quality control ponds and streams].

4. GOST 17.1.3.08-82. Ohrana prirody. Gidrosfera. Pravila kontrolja kachestva morskikh vod [Protection of Nature. Hydrosphere. Procedures for quality control of marine waters].
  5. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii vodnyh ob#ektov, dna, beregov vodnyh ob#ektov, ih morfometricheskikh osobennostej, vodoohrannyh zon vodnyh ob#ektov, kolichestvennyh i kachestvennyh pokazatelej sostojanija vodnyh resursov, sostojanija vodohozjajstvennyh sistem, v tom chisle gidrotehnicheskikh sooruzhenij po zone dejatel'nosti FGU «AZOVMORINFORMCENTR» za 2014 god [Information bulletin on the state of water bodies, bottom, shores of water bodies, their morphometric features, water protection zones of water bodies, quantitative and qualitative indicators of water resources, the state of water systems, including waterworks].
  6. GOST 31861-2012. Gruppy N08 MEZhGOSUDARSTVENNYJ STANDART VODA Obshhie trebovanija k otboru prob Water. General requirements for sampling MKS 13.060.45 TN VJeD 220100000 Data vvedenija 2014-01-01.
  7. Normativy kachestva vody vodnyh ob#ektov rybohozjajstvennogo znachenija, v tom chisle normativy predel'no dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh ob#ektov rybohozjajstvennogo znachenija. [Water quality standards fishery water bodies, including the maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies]. Utverzhdeny prikazom ot 18.01.2010 g. № 20 Federal'nogo agentstva po rybolovstvu.
  8. Vishneveckij V.Ju., Popruzhnij V.M. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014. T. 32. № 4-2.  
URL: [ivdon.ru/uploads/article/pdf/9\\_vishnevetskiy\\_popruzhny.pdf\\_1a2435e15a.pdf](http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/9_vishnevetskiy_popruzhny.pdf_1a2435e15a.pdf)
  9. GOST 31870-2012. Gruppy N09 MEZhGOSUDARSTVENNYJ STANDART VODA PIT"EVAJa Opredelenie sodержanija jelementov metodami
-

atomnoj spektrometrii Drinking water. Determination of elements content by atomic spectrometry methods MKS 13.060. TN VJeD 220100000Data vvedeniya 2014-01-01.

10. SanPiN 2.1.4.1074-01. Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody centralizovannyh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva[Drinking water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control].

11. Rukovodjashhij dokument RD 52.24.643-2002. Metodicheskie ukazaniya. Metod kompleksnoj ocenki stepeni zagryaznennosti poverhnosti vod po gidrohimicheskim pokazateljamGuidance Document RD 52.24.643-2002. [Methodical instructions. The method of complex assessment of the contamination of the surface waters by hydrochemical indicators].

12. Metodicheskie rekomendacii po formalizovannoj kompleksnoj ocenke kachestva poverhnostnyh i morskikh vod po gidrohimicheskim pokazateljam [Guidelines on the formalized a comprehensive assessment of the quality of surface and marine waters by hydrochemical indicators].

13. Vishneveckij V.Ju., Popruzhnyj V.M. Izvestiya JuFU. Tehnicheskie nauki. Taganrog: Izd-vo TTI JuFU, 2010. №9 (110). pp. 117-122.