УДК 556:551.444(470)

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДГОРНЫХ И ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ НА ЮГЕ РОССИИ

Компаниец Е.В.

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: Elena13.Kompaniets@yandex.ru

В данной статье приводятся результаты реализации новых систем выявления родников, изучения их качественных, и количественных характеристик, химического состава подземных вод, в дальнейшем организации и ведения мониторинга. Эти исследования являются составной частью работ по ведению мониторинга подземных вод в предгорных и горных территориях на юге России. Основными оценочными параметрами являются полнота и качество получаемой гидрогеологической информации о водообильности и химическом составе подземных вод. Отбор пресных подземных вод по природным факторам не является объектом, приводящим к изменению экологической обстановки, за исключением изменений, связанных с добычей подземных вод, которая может привести к их загрязнению и истощению, в связи с чем основным объектом мониторинга является мониторинг подземных вод. Мониторинг подземных вод включает в себя наблюдение за эксплуатационными водоносными горизонтами в пунктах водоотбора, состоянием зон санитарной охраны и техническим состоянием водоисточников. Ведение мониторинга подземных вод проводится с целью предотвращения загрязнения водоисточников, истощения запасов подземных вод и с целью подготовки фактических материалов к подсчету эксплуатационных запасов. В ходе данного исследования рассматривались предгорные и горные территории на юге России – горная часть Республики Адыгея (с. Хамышки и п. Гузерипль), территория плато Лаго-Наки. В результате проведенного обследования будет получена характеристика существующих источников подземных вод (данные о водообильности, качестве подземных вод), что позволит использовать их для водоснабжения населения и включить в систему мониторинга геологической среды.

Ключевые слова: родники, мониторинг, подземные источники водоснабжения, геологоразведочные работы, химический состав подземных вод

PROBLEM ISSUES AND EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF MONITORING OF UNDERGROUND SOURCES OF WATER SUPPLY IN FOOTHNESS AND MOUNTAIN TERRITORIES IN SOUTH RUSSIA

Kompaniets E.V.

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, e-mail: Elena13.Kompaniets@yandex.ru

This article presents the results of the implementation of new systems for the identification of springs, the study of their qualitative and quantitative characteristics, the chemical composition of groundwater, further organization and monitoring. These studies are an integral part of the monitoring of groundwater in the foothills and mountain areas in the South of Russia. The main evaluation parameters are the completeness and quality of hydrogeological information on water availability and chemical composition of groundwater. The selection of fresh groundwater by natural factors is not an object that leads to changes in the environmental situation, except for changes associated with the extraction of groundwater which can lead to their pollution and depletion, and therefore the main object of monitoring is the monitoring of groundwater. Groundwater monitoring includes monitoring of the operational aquifers at the water collection points, the state of the sanitary protection zones and the technical condition of the water sources. Groundwater monitoring is carried out to prevent pollution of water sources, depletion of groundwater resources and to prepare actual materials for the calculation of operating reserves. This study examined the foothills and mountain areas in the South of Russia – the mountainous part of the Republic of Adygea (Hamyshki village and Guzeripl village) and the territory of the plateau of Lago-Naki. As a result of the survey will be obtained characteristics of existing groundwater sources (data on water availability, groundwater quality), which will use them for water supply to the population and include in the monitoring system of the geological environment.

Keywords: springs, monitoring, underground water sources, geological exploration, chemical composition of groundwater

Россия является одной из стран, наиболее обеспеченных водными ресурсами. Водные ресурсы на территории страны распределены крайне неравномерно. Юг России является самым менее обеспеченным водными ресурсами регионом. На наиболее освоенные районы европейской части России приходится около 10–15% водных ресурсов, что приводит к дефициту в воде [1].

Исследования по проведению гидрогеологического обследования родников в предгорной и горной части территории юга России проводятся согласно «Республиканскому плану геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы Республики Адыгея», а также «Программе на маршрутное обследование горной части Республики Адыгея с выделением типовых водопунктов для включе-

ния их в систему охраны и мониторинга геологической среды». В результате проведенного обследования будет получена характеристика существующих источников подземных вод, выполнен поиск источников пресных вод в горной части Республики Адыгея для водоснабжения населенных пунктов (с. Хамышки, п. Гузерипль) и развивающихся горных курортов на плато Лаго-Наки, а также поиск и оценка источников пресных подземных вод, пригодных для промышленного розлива (данные о водообильности, качестве подземных вод), что позволит использовать их для водоснабжения населения и включить в систему мониторинга геологической среды [2].

Материалы и методы исследования

Оценочные параметры проектируемых работ.

1. Предполевая проработка фондовых материалов по геолого-съемочным работам, проведенным на территории исследований. Создание каталога родников с выноской их на карту в пределах обозначенных площадей. Выделение перспективных площадей для поиска водоисточников (родников), пригодных для водоснабжения небольших населенных пунктов, объектов туризма и культуры (в том числе религиозного направления). Приобретение топоосновы масштаба 1:10000 и/или аэрокосмических снимков для проведения гидрогеологического обследования родников и поиска источников водоснабжения на перспективных участках.

2. Гидрогеологические маршруты проводятся с целью поисков источников родникового стока, изучения и описания горных пород, геоморфологических элементов рельефа.

3. Гидрогеологическое обследование родников с определением их водообильности и гидрохимическим опробованием для оценки качества источников родникового стока [3].

4. Рекогносцировочное обследование выделенных площадей для оценки их санитарного состояния.

5. Геофизические исследования методом наземной площадной электроразведки для выделения степени и характера обводненности геологического разреза и в результате определение перспективных мест проведения буровых работ.

6. При выявлении перспективных площадей, пригодных для организации централизованного водоснабжения, бурение поисково-разведочных скважин на перспективных участках, выделенных при помощи геофизических исследований.

7. Опытные гидрогеологические работы проводятся с целью оценки водообильности исследуемых водоносных комплексов, предварительного определения их гидрогеологических параметров и гидрохимических условий.

8. Лабораторные исследования поверхностных вод для определения их качества и возможности использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения и, возможно, промышленного розлива проводятся согласно требованиям СанПиНа 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников». Лабораторные работы заключаются в определении химического состава поверхностных вод, их микробиологических и органолептических свойств, содержания в них макро- и микрокомпонентов, в том числе элементов группы азота, тяжелых металлов, фенола, фтора и нефтепродуктов [4].

9. Оборудование перспективных для целей водоснабжения водоисточников под проведение режимных наблюдений (по сезонам года) – мониторинга поверхностных водных объектов.

Физико-географическое положение района предполагаемых работ, расположенного в предгорной части Северного склона Главного Кавказского хребта, абсолютные отметки поверхности земли колеблются от 170 м до 3238 м и повышаются в направлении с севера на юг. Основными водными артериями района работ являются р.р. Белая, Лаба, Курджипс, Фарс, Чахрак и их более мелкие притоки. Это горные реки со стремительным течением – 1,5–2,0 м/с. Долины рек на равнине довольно широкие, плоские, иногда асимметричные, склоны террасированы [5]. Потоки рек в поймах разветвляются на многочисленные рукава, меандрирующие по долине и изменяющие во время паводка глубину вреза. Питание рек осуществляется за счет таяния высокогорных снегов и льдов, за счет атмосферных осадков и разгрузки подземных вод. Основным источником водоснабжения района работ являются артезианские скважины, эксплуатирующие водоносные горизонты четвертичных, неогеновых и верхнеюрских отложений. В юго-западной части Майкопского района эксплуатируется Пшехинское месторождение подземных вод, представленное родниками Шумик 1; 2 и р. Шумичка, приуроченное к верхнеюрским трещинно-карстовым известнякам.

В южной части района водоснабжение осуществляется и за счет поверхностных вод, колодцев и родников. На территории района работ расположено 68 родников с дебитами от 0,02–0,05 л/с до 0,9–2,4 л/с. Воды родников пресные, используются для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения и водопоя скота. Приблизительная оценка эксплуатационных запасов по суммарному дебиту родников дается для родников с дебитом свыше 0,1 л/с. Общая площадь горной и предгорной частей Республики Адыгея, оцениваемая по родниковому стоку, составляет около 3400 км^2. Общий родниковый сток с этой площади равен – 22,95 л/с. Средний модуль родникового стока будет равен – 22,95 л/с: 3400 км^2 = 0,007 л/с, км^2 [6].

Для выяснения современного состояния источников, их местоположения, количественных и качественных характеристик необходимо провести их обследование. Гидрогеологические условия района исследований таковы: район находится в пределах южной части Азово-Кубанского артезианского бассейна, выполненного мощной толщей песчано-глинистых и галечниковых отложений кайнозойского возраста. Южная часть района находится в пределах горноскладчатой области Северо-Западного Кавказа, сложенной песчаниками, известняками.

Водоносные горизонты четвертичных отложений. Аллювиальные отложения распространены по долинам р.р. Белой, Курджипс, Ходзь, Фарса и их многочисленных притоков. Воды грунтовые приурочены к песчано-галечниковым отложениям мощностью от 2 до 10 м. Водоносный горизонт вскрывается на глубинах 0,5–6,5 м (колодцы) [7]. Дебиты колодцев изменяются от 0,2 до 1,5 л/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатно-хлоридные кальциевые, кальциево-магниевые с сухим остатком 0,4–1 г/л. Питание грунтовых вод происходит за счет атмосферных осадков, они же определяют и их режим [8].

Грунтовые воды делювиально-эллювиальных отложений широко распространены по всей территории, за исключением высокогорья, лишенного четвертичного покрова. Водовмещающими породами являются суглинки и супеси с прослоями песков, мощностью от 1 до 20 м. Дебиты колодцев колеблются от 0,1 до 0,8 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,6–1 г/л, пестрые по химическому составу: гидрокарбонатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые.

Водоносные горизонты верхнего и среднего миоцена (N^3_1–N^2_1). Выходы отложений верхнего сармата ($N^3_1s_3$) на поверхность наблюдаются в бортах долин рек Фарс, Белая, Курджипс. В местах выхода этих отложений вскрываются грунтовые воды. Водовмещающими породами являются галечник с песком. Мощность отложений от 1 до 30 м. Водообильность отложений характеризуется дебитами 0,1–0,2 л/с. Воды пресные, гидрокарбонатные, кальциевые, кальциево-натриевые с минерализацией 0,34–1 г/л. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений.

Водоносный горизонт среднего сармата ($N^3_1s_2$) приурочен к пескам и песчаникам, мощность которых колеблется от 3 до 18 м [9]. Дебиты родников незначительные 0,1–0,2 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,6–1,0 г/л по химическому составу гидрокарбонатные натриевые натриево-магниево-кальциевые. Питание водоносного горизонта происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений [10].

Отложения нижнего сармата ($N^3_1s_1$) развиты в северной части территории. Водоносными являются пески небольшой мощности. Дебиты родников составляют 0,2 л/с. Воды нижнего сармата дренируются родниками по склонам мелких балок и речек. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные магниево-натриевые с сухим остатком 0,38–0,78 г/л. Питание происходит за счет атмосферных осадков и грунтовых вод четвертичных отложений.

Караганский водоносный горизонт (N^2_1kg) представлен песками и трещиноватыми мергелями. Водообильность горизонта характеризуется дебитами 0,4–0,5 л/с. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-магниевые с сухим остатком 0,6 г/л. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков.

Воды отложений чокракского горизонта (N^2_1c) развиты в песках, реже в песчаниках и мергелях. Мощность песков колеблется от 2 до 32 м. В местах выхода на поверхность данного горизонта вскрываются грунтовые воды. Водообильность горизонта 0,1–0,3 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,4 г/л. По химическому составу воды гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые сульфатно-гидрокарбонатные натриевые. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков в местах выходов пород на поверхность.

Водоносные горизонты олигоцен-нижнемиоценовых отложений (Pg_3-N^1_1mk) – Май-

копская свита и эоцен-палеоценовых отложений (Pg_{1-2}) [11]. Майкопские отложения (Pg^3_3–N^1_1mk) широкой полосой выходят на поверхность, протягивающуюся в широтном направлении. Водовмещающей породой являются пески, мощностью 2–6 м. Водообильность отложений характеризуется дебитами родников от 0,04 до 0,5 л/с. Минерализация грунтовых вод 0,36 г/л, по химическому составу воды гидрокарбонатные кальциевые, натриево-кальциевые. Питание горизонта происходит за счет атмосферных осадков.

Породы нижнего и среднего палеогена выходят на поверхность на юге района. Представлены они аргиллитами, глинами. Воды этих отложений в районе работ не изучены.

Водоносные горизонты меловых отложений (K_1-$_2$). Меловые отложения выходят на поверхность в горной части района исследований. Грунтовые воды залегают на глубине 10–18 м. В пониженных местах они дренируются родниками. Водовмещающими породами являются пески, трещиноватые известняки и песчаники. Дебиты родников изменяются от 1,2 до 2,4 л/с. Воды пресные с сухим остатком 0,3–0,5 г/л, по химическому составу – гидрокарбонатные кальциевые. Питание водоносных горизонтов происходит за счет атмосферных осадков.

Водоносные горизонты юрских отложений ($J_{3.2.1}$). Отложения верхней юры (J_3) распространены на юге, где они широкой полосой выходят на поверхность. На глубине до 15 м залегают грунтовые воды, дренирующиеся в виде родников в пониженных участках, в долинах рек. Дебиты родников изменяются от 0,02 до 1,0 л/с. Грунтовые воды пресные с сухим остатком 0,5 г/л. По химическому составу – гидрокарбонатные кальциево-магниевые, сульфатные-кальциевые. Питание горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков. Область питания совпадает с площадью выхода отложений верхней юры на поверхность.

Отложения средней юры J_2 представлены глинистыми сланцами и практически безводны, выходящие родники, по-видимому, связаны с элювием этих отложений. Водовмещающими породами нижней юры J_1 являются трещиноватые алевролиты и песчаники. Выходы вод приурочиваются к тектоническим нарушениям. В пониженных участках, долинах рек и балках выходят источники с небольшими дебитами (0,003–0,7 л/с).

Водоносный горизонт триасовых отложений (Т). Триасовые отложения (Т) распространены в южной части района работ. Представлены они трещиноватыми известняками, песчаниками, конгломератами. В пониженных участках выходят источники с дебитами 0,07 л/с. Воды пресные с минерализацией 0,5 г/л, по химическому составу гидрокарбонатно-сульфатные кальциево-натриевые и гидрокарбонатные натриевые [12].

Водоносный горизонт палеозойских отложений (Pz). Палеозойские отложения (Pz), сложенные осадочными и изверженными породами, распространены в юго-западной части территории. Дебиты родников, выходящих из палеозойских отложений в пониженных участках, долинах рек и балок незначительны: 0,03–0,04 л/с.

Для определения качественных показателей воды проводятся лабораторные работы, которые заключаются в определении химического состава подземных вод, их органолептических свойств, содержания в них микрокомпонентов, в том числе элементов группы азота, тяжелых металлов, фенола, фтора, нефтепродуктов [13].

Наиболее эффективным методом обеспечения рационального использования подземных вод, контроля за состоянием подземной гидросферы и ее взаимосвязи с различными компонентами природной среды, получения необходимой информации для обоснования и принятия управленческих решений являются создание системы и проведение мониторинга месторождений и водозаборов [14].

Основным целевым назначением мониторинга на территории водных объектов является, прежде всего, подготовка фактических материалов к подсчету эксплуатационных запасов, защита подземных вод от истощения и загрязнения, обеспечение их рациональной эксплуатации.

Источники загрязнения родниковых вод, которыми могут являться склады удобрений и ядохимикатов, канализационные сооружения и выгребные ямы, должны располагаться не ближе 50 м ниже по потоку грунтовых вод от родника. В радиусе ближе 20 м запрещается проведение любой деятельности, способствующей загрязнению родника. Также источники забора родниковых вод должны устраиваться в определённых местах, которые не подвержены заболачиваю, развитию оползней.

Результаты исследования и их обсуждение

В процессе проведения работ были выявлены участки пресных подземных вод в районе с. Хамышки, п. Гузерипль и развивающихся горных курортов на плато Лаго-Наки. Также были получены данные

о водообильности и химическом составе источников, проведена регистрация источников и внесение их в кадастр. На выявленных источниках водоснабжения проводится слежение за динамикой изменения водообильности и качества подземных вод в зависимости от сезонов года (ведение мониторинга поверхностных водных объектов).

Выводы

Таким образом, в работе показаны особенности реализации мониторинга подземных источников водоснабжения в предгорных и горных территориях на юге России. В результате проведения исследования получена характеристика поверхностных вод родников с целью выявления пригодных источников для водоснабжения небольших населенных пунктов, объектов туризма и культуры (в том числе религиозного направления), что позволяет включить их в систему мониторинга геологической среды Краснодарского края.

Список литературы / References

1. Бандурин М.А. Применение систем управления базами данных при эксплуатационном мониторинге водопроводящих сооружений // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 12–1. С. 24–28.

Bandurin M.A. Application of Control Systems with Database Operational Monitoring Water Spending Constructions // Modern high technologies. 2016. № 12–1. С. 24–28 (in Russian).

2. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Вопросы моделирования технического состояния водопроводящих каналов при проведении эксплуатационного мониторинга // Мониторинг. Наука и безопасность. 2012. № 1. С. 70–74.

Volosoukhin Ya.V., Bandourin M.A. Issues of water-conducting channels technical state modeling while operational monitoring // Monitoring. Nauka i bezopasnost. 2012. № 1. P. 70–74 (in Russian).

Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Стогний В.В., Погорелов А.В. Новые методы инженерно-геологического районирования территории Краснодарского края и Республики Адыгея // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 132. С. 239–248 [Электронный ресурс]. URL: http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/19.pdf DOI: 10.21515/1990-4665-132-019 (дата обращения: 16.12.2018).

Luybimova T.V., Bondarenko N.A., Stogny V.V., Pogorelov A.V. New Methods of Engineering-Geological Zoning of the Territory of the Krasnodar Region and the Republic Of Adygea // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 132. P. 239–248 [Electronic resource]. URL: http://ej.kubagro.ru/2017/08/pdf/19.pdf (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-132-019 (in Russian).

3. Юрченко И.Ф. Планово-предупредительные мероприятия повышения надежности мелиоративных объектов // Природообустройство. 2017. № 1. С. 73–79.

Yurchenko I.F. Planned-Prophylactic Measures of Improving Reliability of Reclamation Objects // Prirodoobustrojstvo. 2017. № 1. P. 73–79 (in Russian).

4. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Стогний В.В., Погорелов А.В. Разработка научно-методических основ оценки интегрального риска проявления экзогенных геологических процессов на территории Краснодарского края // Бюллетень науки и практики. 2017. № 11 (24). С. 205–214 [Электронный ресурс]. URL: http://www.bulletennauki.com/luybimova (дата обращения: 16.12.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1048445.

Luybimova T.V, Bondarenko N.A, Stogny V.V., Pogorelov A.V. Development of the scientific and methodical bases of an assessment of the integrated risk of manifestation of exogenous geological processes in the territory of Krasnodar Krai // Bulletin of Science and Practice. 2017. № 11 (24). С. 205–214 [Electronic resource]. URL: http://www.bulletennauki.com/luybimova (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.5281/zenodo.1048445 (in Russian).

5. Любимова Т.В., Бондаренко Н.А., Погорелов А.В. Интегральная оценка сложности инженерно-геологических условий территории Краснодарского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 2031–2044 [Электронный ресурс]. URL: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/129.pdf (дата обращения: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-121-129.

Luybimova T.V., Bondarenko N.A., Pogorelov A.V. Integrated Assessment of Complexity of Engineering and Geological Conditions of the Territories of the Krasnodar Region // Politematicheskij setevoj e`lektronny`j nauchny`j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 121. P. 2031–2044 [Electronic resource]. URL: http://ej.kubagro.ru/2016/07/pdf/129.pdf (date of access: 16.12.2018). DOI: 10.21515/1990-4665-121-129 (in Russian).

6. Балакай Г.Т., Юрченко И.Ф., Лентяева Е.А., Ялалова Г.Х. Безопасность бесхозяйных гидротехнических сооружений. Германия: LAP Lambert, 2016. 85 с.

Balakaj G.T., Yurchenko I.F., Lentyaeva E.A., Yalalova G.H. Safety of ownerless hydraulic engineering constructions. Germany: LAP Lambert, 2016. 85 p. (in Russian).

7. Башарин А.К. Берзин К.А., Борукаев Ч.Б., Гришняк Р.И., Косыгин Ю.А., Матвеевская А.Д., Парфенов Л.М., Чиков Б.М. Труды института геологии и геофизики. Карта тектоники докембрия в масштабе 1:15000000 (Объяснительная записка). Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1972. 90 с. [Электронный ресурс]. URL: http://www.geokniga.org/books/18125 дата обращения: 16.12.2018).

Basharin A.K. Berzin K.A., Borukayev Ch.B., Grishnyak R.I., Kosygin Yu.A., Matveevskaya A.D., Parfyonov L.M., Chikov B.M. Works of institute of geology and geophysics. The card of tectonics of the Precambrian in scale 1:15000000 (Explanatory note). Novosibirsk: IGiG SO AN SSSR, 1972. 90 p. [Electronic resource]. URL: http://www.geokniga.org/books/18125 (date of access: 16.12.2018) (in Russian).

8. Черепанский М.М., Каримова О.А., Карабанов А.К., Томина Н.М., Зекцер И.С. Подземные воды в водных ресурсах и водном балансе бассейна р. Днепра // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2017. № 1 (149). С. 7–18.

Cherepanskiy M.M., Karimova O.A., Karabanov A.K., Tomina N.M., Zektser I.S. Groundwater in Water Resources and Water Balance of the River's Dnieper Basin // Ispol`zovanie i oxrana prirodny`x resursov v Rossii. 2017. № 1 (149). P. 7–18 (in Russian).

9. Волосухин В.А., Бандурин М.А. Расчёт и эксплуатационный мониторинг лотковых каналов оросительных систем. Ростов н/Д., 2007. 139 с.

Volosukhin V.A., Bandurin M.A. Calculation and operational monitoring of tray channels of irrigating systems. Rostov n/D., 2007. 139 p. (in Russian).

10. Бандурин М.А., Волосухин В.А. Способ проведения эксплуатационного мониторинга технического состояния лотковых каналов оросительных систем // Патент РФ № 2368730. МПК E02B 13/00. / № 2008100926/03; заявл. 09.01.2008; опубл. 27.09.2009. Бюл. № 27.

12. Yurchenko I.F. Automatization of water distribution control for irrigation // International Journal of Advanced and Applied Sciences. 2017. № 4 (2). С. 72-77. DOI: 10.21833/ijaas.2017.02.013

13. Волосухин Я.В., Бандурин М.А. Проведение эксплуатационного мониторинга с применением неразрушающих методов контроля и автоматизация моделирования технического состояния гидротехнических сооружений // Мониторинг. Наука и безопасность. 2011. № 3. С. 88–93.

Volosoukhin Ya.V., Bandourin M.A. Operational monitoring with application of nondestructive control methods and automatic control of modeling of hydraulic facilities technical state // Monitoring. Nauka i bezopasnost`. 2011. № 3. P. 88–93 (in Russian).

14. Язиков Е.Г. Мониторинг территорий водозаборов. Лекция 12-13. [Электронный ресурс]. URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/y/YAZIKOVEG/Uch_publikacii/Tab1 (дата обращения 6.12.2018)

Yazikov E.G. Monitoring of territories of water intakes. Lecture 12-13. [Electronic resource]. URL: http://portal.tpu.ru/SHARED/y/YAZIKOVEG/Uch_publikacii/Tab1 (date of access: 6.12.2018) (in Russian).