

УДК 556.5
DOI 10.17513/use.38081

ПУТИ СОЗДАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ТУКАЕВСКОГО МУНИЦИПАЛЬНОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

¹Урбанова О.Н., ¹Горшкова А.Т., ¹Бортникова Н.В., ¹Семанов Д.А.,
¹Рыков Р.А., ¹Горбунова В.П., ²Анисимова Л.Г.

¹Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан,
Казань, e-mail: rykov97@gmail.com;

²Институт экологии ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы», Москва

В результате экспедиционного обследования водосборных бассейнов р. Бетьки, Биклянь, Шукралинка (Челна), Шильна, Игат, Тиргауш, являющихся притоками первого порядка р. Кама и Нижнекамского водохранилища, протекающих в Тукаевском муниципальном районе (м.р.) Республики Татарстан (РТ), были измерены расходы с помощью гидрометрической вертушки ГР-21 М методом скорость – площадь и отобраны пробы воды согласно ГОСТ Р 59024-2020 для гидрохимического анализа. Полученные данные наглядно отображены в программном обеспечении QGIS на тематических картосхемах, в дальнейшем именуемых гидрологическими картами или просто картами, показывающими распределение основных гидрологических характеристик по водосборным площадям гидрографической сети исследуемых рек. Это карты измеренных межениных расходов воды, слоя стока 50% обеспеченности, интенсивности подземного питания, класса качества поверхностных вод, отражающие гидрографию и водный режим водных объектов. По величине расходов воды исследованные реки относятся к категории мельчайших, самых малых и малых рек, а по классу качества воды – к загрязненным, грязным, очень грязным. По слою межениного стока 50% обеспеченности большая часть исследуемых водосборных бассейнов находится в рамках 0–40 мм, а по интенсивности подземного питания – 0,5–3 л/(с*км²).

Ключевые слова: QGIS, гидрологические карты, водосборный бассейн, расход воды, слой стока, подземное питание, качество воды

WAYS OF CREATING HYDROLOGICAL MAPS OF THE TUKAEVSKY MUNICIPAL DISTRICT OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

¹Urbanova O.N., ¹Gorshkova A.T., ¹Bortnikova N.V., ¹Semanov D.A.,
¹Rykov R.A., ¹Gorbunova V.P., ²Anisimova L.G.

¹Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences,
Kazan, e-mail: rykov97@gmail.com;

²Institute of Ecology Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow

According to the results of an expedition survey of the catchment basins of the rivers Bet'ki, Biklyan', Shukralinka (Chelna), Shil'na, Igat, and Tirgaush, which are tributaries of the first order of the Kama River and the Nizhnekamsk reservoir, and their tributaries, flowing in the Tukayevsky municipal district of the Republic of Tatarstan (RT), discharges were measured using a hydrometric turntable GR-21 M by the method velocity – area and water samples were taken according to GOST R 59024-2020 for hydrochemical analysis. The data obtained are clearly displayed in the QGIS software on thematic cartographies, hereinafter referred to as hydrological maps or simply maps showing the distribution of the main hydrological characteristics over the catchment areas of the hydrographic network of the rivers under study. These are maps measured low-flow period discharges, runoff layer of the low flow period 50% duration, intensity of underground feeding, surface water quality class, reflecting hydrography and water regime of water bodies. According to the amount of water consumption, the studied rivers belong to the category of the smallest, smallest and small rivers, and according to the class of water quality – polluted, dirty, very dirty. According to the runoff layer of the low flow period 50% duration, most of the studied catchment basins are within the range of 0 – 40 mm, and according to the intensity of underground feeding – 0,5–3 l/(sec * km²).

Keywords: QGIS, hydrological maps, catchment basin, water discharge, runoff layer, underground feeding, water quality

Изучение всех реальных (река с притоками) и абстрактных (водоразделы, расходы воды, слой, модуль стока и др.) гидрологических объектов и явлений опирается на картографический анализ, поэтому вопросы построения гидрологических карт выделены в самостоятельное тематическое

направление картографии – гидрологическое. Гидрологическую составляющую любой территории можно отобразить графически в виде карт или картосхем, главное отличие которых состоит в схематичном изображении гидрологических объектов на картосхемах. Схематичность заключа-

ется в сильной генерализации географической основы и выборе самых необходимых для показа объектов.

Объекты и явления можно отобразить на картах как методом изолиний, так и методом районирования. Считается, что речной сток, как гидрологическое явление, правильнее показывать методом изолиний. Это утверждение основано на гипотезе, что изменение величины стока в пространстве происходит плавно и непрерывно. Построенные методом изолиний гидрологические карты нашли широкое применение в практике, так как позволяют получать необходимые характеристики стока, не прибегая к сложным полевым исследованиям. С другой точки зрения, правильным методом построения карт стока считается и метод районирования территории, позволяющий группировать объекты и явления, в размещении которых наблюдаются закономерные региональные различия [1, 2]. Этот метод, опираясь на данные стационарных наблюдений за стоком рек, позволяет выявлять районы с разными значениями осредненных гидрологических характеристик. Оба метода (изолиний и районирования) при гидрологическом картографировании взаимно дополняют друг друга. Первый применяется для карт мелких и очень мелких масштабов, а второй – для карт более крупных масштабов.

Для бассейнов малых рек территории Тукаевского м.р. РТ, ставших объектами картографирования, был создан ряд однопредметных (изображен один объект или одно явление) гидрологических картосхем, названных тематическими (гидрологическими) картами или просто картами. Поскольку карты представлены в виде рисунков, то они не имеют координатной сетки, принятого направления сторон света и масштаба.

Все объекты и явления отображены на картах условными знаками, смысл и содержание которых показаны в легенде к каждой карте. Карты составлены в границах, очерчивающих водораздельные пространства изучаемых речных бассейнов. Созданы карты методом районирования территории за исключением карты расходов воды, величины которых изображены линейными знаками вдоль рек. Актуальность создания гидрологических карт этой части РТ обусловлена первым детальным изучением условий и процессов формирования речного стока, изменением структуры речной сети и химического состава вод.

Основная цель создания гидрологических карт малых рек Тукаевского м.р. РТ – детальное отображение строения речной сети и водосборных площадей, их качественных и количественных гидрологических характеристик для возможности их прогноза в неизученных частях бассейнов.

Материалы и методы исследования

Основой создания карт стали результаты экспедиционных обследований бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ (Бетьки, Биклянь, Шукралинка, Шильна, Игат, Тиргауш). Предварительным этапом полевых работ явилось определение положения бассейнов рек в административном отношении, для чего была использована общегеографическая карта РТ, с помощью которой были намечены створы измерения расходов и отбора проб воды, а также маршрут следования к ним [3]. Водообеспеченность территории бассейнов рек формируется в двух ландшафтных районах (Мензелинском возвышенном и Актанышском низменно-равнинном), где скрещивается взаимное влияние общего и местного климата, рельефа, геологических условий, растительности и животного мира [4].

Определение и анализ гидрологических параметров проводился статистическими и географическими методами. Среди географических методов выбран способ картографического оформления результатов, выраженный в построении гидрологических карт, равнозначных большому количеству цифр в таблицах многостраничного отчета. Основной объект (явление) на картах показан первым планом, например слой или модуль стока, а остальные географические элементы (реки, водоразделы) изображаются уже вторым планом, для лучшего ориентирования.

Методика составления подобных карт отработана довольно хорошо и в большинстве случаев довольно проста. Фактические данные, использованные для построения карт, изображаются условными знаками, разделенными на количественные градации, выбор которых зависит от степени изученности территории и полноты исходных данных. Каждая градация отображена многоцветным фоном, цвет которого отражает возрастание или убывание изображаемого параметра. Качественный фон районирован по количественному признаку.

В качестве программного обеспечения при создании карт использовалась QGIS Desktop. Это свободная геоинформацион-

ная система (ГИС), предназначенная для создания и редактирования данных, производства карт и выполнения аналитических операций.

Результаты исследования и их обсуждение

Первоначальным этапом разработки карт бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ явилось определение границ водосборных площадей (орографических водоразделов), от размеров которых зависит строение и состав речной сети. В рассматриваемом случае сток шести малых рек Тукаевского м.р. поступает в р. Кама с территории, отделяющей большим орографическим водоразделом от водосбора р. Ик на востоке и р. Степной Зай на западе. Водосборы каждой из обследованных рек разделены водоразделами притоков на различное количество частных (элементарных) бассейнов, количество которых не зависит от величины площади водосбора, а связано с расчлененностью территории, обусловленной различной интенсивностью процессов почвенной эрозии и величиной эрозионного вреза речных русел. Общая площадь водосбора р. Шильна (334,7 км²) и Шукралин-

ка (359,6 км²) примерно одинаковая, но поверхность первой разделена на 66 частных бассейнов, а второй – только на 45. Площадь водосбора р. Тиргауш (118,7 км²) разделена на 24 частных бассейна, а Биклянь (60,9 км²) на 14. На водосборе р. Игат (46,7 км²) сформировалось 3 частных бассейна, а у р. Бетьки (21,9 км²) только 1. В целом же водосборы шести обследованных рек состоят из 153 частных бассейнов [5, 6]. Поскольку отразить точное местоположение каждого частного водосбора затруднительно, была проведена их генерализация, в результате которой на представленных ниже картах показаны только наиболее крупные водосборы, по площадям которых проведены расчеты гидрологических характеристик.

Реки Тукаевского м.р. по своим параметрам относятся к категории мельчайших, самых малых и малых рек не только по длине (9,4–39,2 км) и площади водосбора (21,9–359,6 км²), но и по величине расходов воды (0,002–0,404 м³/с). Увеличение расходов воды, происходящее от истока к устью, отображено на карте линейными условными знаками, тянущимися вдоль рек, и выражено в шести градациях – от 0,05 до 0,450 м³/с (рис. 1).

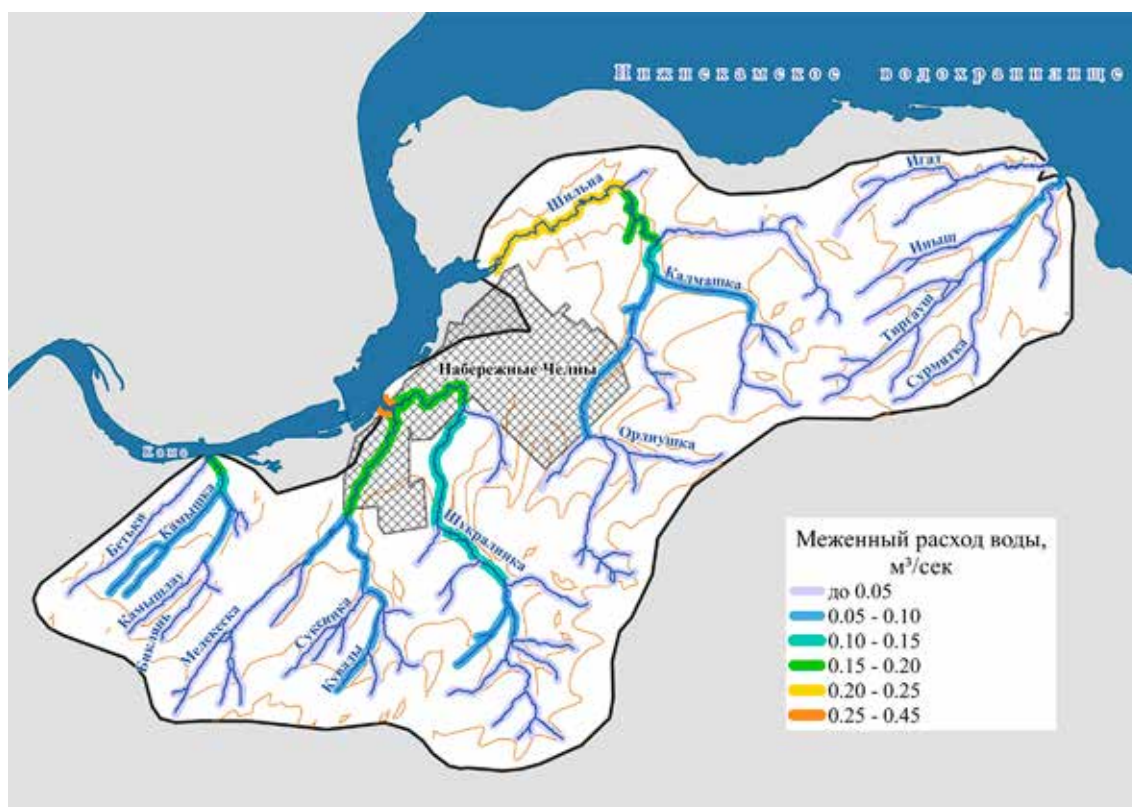


Рис. 1. Измеренные меженные расходы воды малых рек

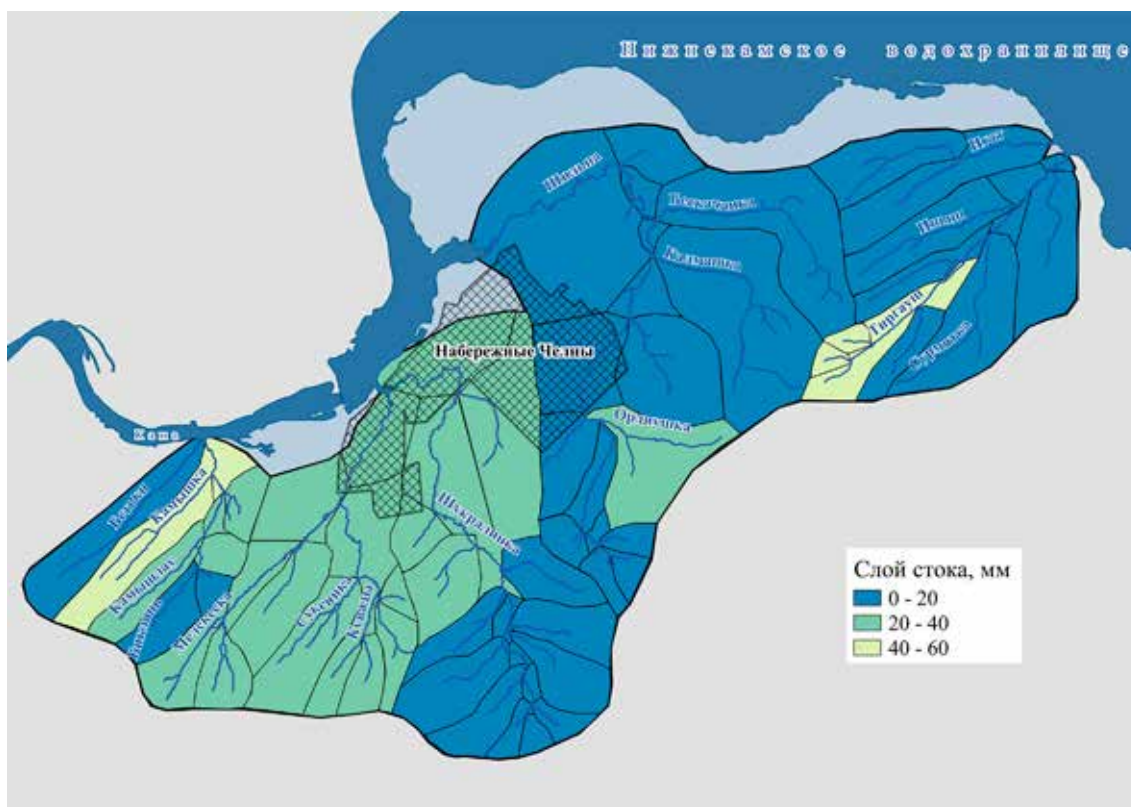


Рис. 2. Слой межennaleго стока 50% обеспеченности малых рек

Самое малое количество воды формируется в устьях р. Бетьки ($0,012 \text{ м}^3/\text{с}$) и Игат ($0,011 \text{ м}^3/\text{с}$). Расход воды р. Биклянь и Тиргауш немного выше ($0,086$ и $0,075 \text{ м}^3/\text{с}$), а расход Шукралинки и Шильны, пересыхающих в истоках, в устье равен $0,404$ и $0,223 \text{ м}^3/\text{с}$ соответственно.

Количественные характеристики стока тесно связаны друг с другом, и для перехода от одних к другим существуют эмпирические формулы, по которым был рассчитан обеспеченный (50%) слой межennaleго стока в бассейнах обследованных рек. Для наглядного его распределения по территории методом районирования (количественный фон отображен цветной заливкой) построена карта, представленная на рис. 2.

Районирование производилось по бассейновому принципу, когда за единицу района брался бассейн реки до замыкающего створа, на котором величина стока интегрируется с различных ландшафтов. Это считается принципиально правильным и обоснованным, так как позволяет установить причинную связь между величиной слоя стока и географическим ландшафтом частных водосборов. При выделении градаций

районов неизбежна генерализация исходных данных. Всего на карте выделено три градации значений слоя стока: $0-20$ мм, $20-40$ мм, $40-60$ мм. К первой группе территорий ($0-20$ мм) относятся: весь бассейн р. Бетьки, истоки р. Биклянь, верхнее течение р. Шукралинка (водосборы первых восьми притоков), почти весь водосбор р. Шильна, бассейн р. Игат и основная часть водосбора р. Тиргауш. Ко второй группе территорий ($20-40$ мм) относятся: среднее и нижнее течение р. Шукралинки, основная часть водосбора р. Биклянь. Третью группу территорий ($40-60$ мм) составляют несколько частных бассейнов малых рек. Это водосбор р. Камышка (левый приток р. Биклянь). Отметим, что на водосборе р. Биклянь ($60,9 \text{ км}^2$) маленькая величина слоя стока постепенно увеличивается к устью реки. А на водосборе р. Тиргауш наблюдается обратная картина. От истоков реки слой поверхностного стока уменьшается от 55 мм до 26 и 13 мм.

Увеличение расходов воды к устью обеспечивается поступлением в основную реку воды, приносимой как поверхностным, так и подземным путем. Подземное питание, поддерживающее наличие речной

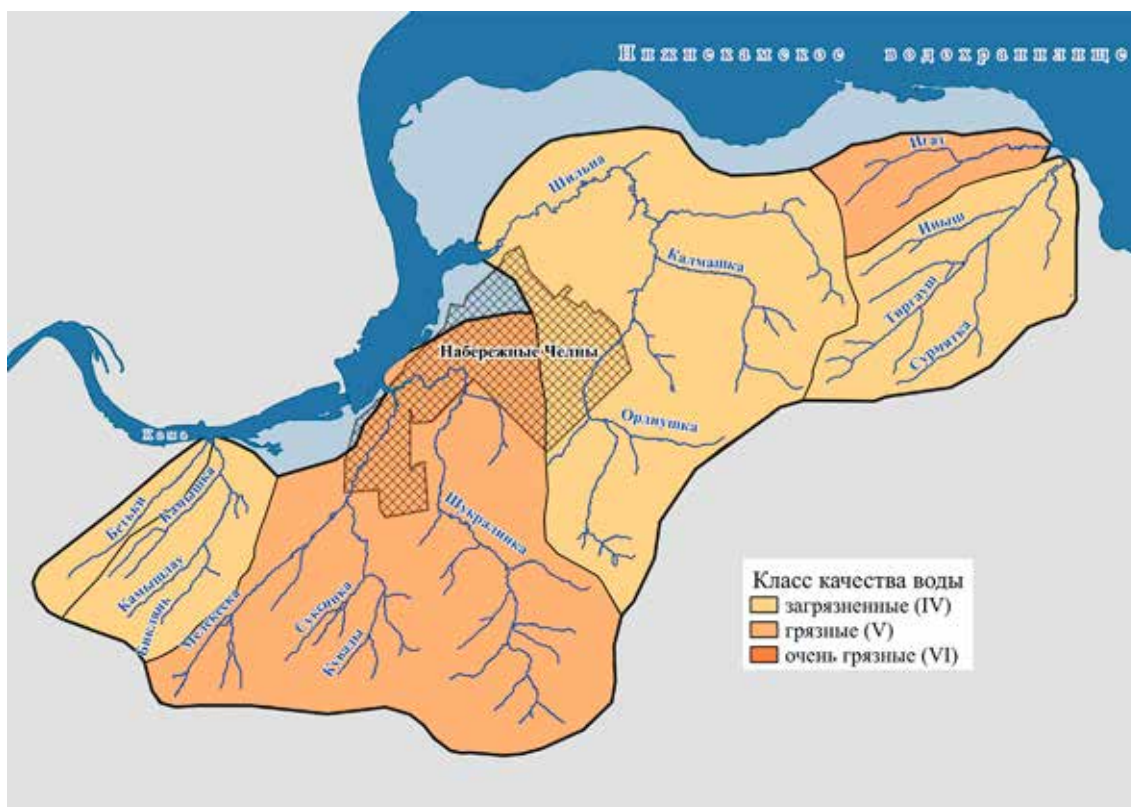


Рис. 4. Класс качества поверхностных вод

Рассматривая класс качества с экологической точки зрения, отметим, что наиболее чистая вода протекает в р. Тиргауш, Шильна, Биклянь и Бетьки, но тем не менее она относится к IV классу качества. Реки имеют значительную антропогенную нагрузку, богаты биогенами, вызывающими вторичное загрязнение воды. Имеют ограничения по использованию для рекреации и рыбоводства. Исключение составляют р. Игат и Шукралинка, речная вода которых относится к V («грязные» воды) и VI классу качества («очень грязные» воды). Присутствие данных загрязняющих веществ объясняется поступлением в водоемы ливневых вод с территорий промышленных предприятий города, в том числе с литейного завода ПАО «КамАЗ» [8].

Заключение

Создание гидрологических (тематических) карт базируется на полноте информационной базы данных, которая должна содержать материалы не только многосторонне характеризующие территорию, но и сопоставимые друг с другом. С помощью тематической карты получают новые знания и даже делают прогнозы.

В соответствии с общим порядком проведения гидрологических исследований, результатом которых являются гидрологические карты, их создание базируется на трех этапах работ: предварительном, полевом и камеральном. Основой предварительного этапа является изучение по общегеографическим картам района исследования, назначение мест измерения расходов, отбора проб воды и маршрута к ним. Во время полевого обследования в намеченных створах собирается фактический материал, необходимый для расчета и анализа формирования качественного состава и количественных запасов водных ресурсов. Камеральные работы позволяют по значениям расходов воды, полученным в ходе их измерения в полевых условиях, рассчитать гидрологические характеристики обследованных рек и их притоков, а затем построить гидрологические карты, заменяющие объемные отчеты с большим цифровых данных.

Гидрологические карты бассейнов малых рек Тукаевского м.р. РТ, инструментальной средой для которых явилась геоинформационная система QGIS Desktop, отображали не только водосборные площади и речную сеть территории, но и водный

режим рек (меженные расходы воды, слой стока, модуль подземного питания, класс качества поверхностных вод).

Список литературы

1. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Бортникова Н.В., Урбанов Д.А. Картографическая основа оценки водных ресурсов Республики Татарстан // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2017. № 5–3. С. 128–132.
2. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 468–484.
3. Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Павлова О.Г., Бортникова Н.В., Валетдинов А.Р. Использование данных гидрометеорологических исследований при планировании работ

на водных объектах // Журнал экологии и промышленной безопасности. 2016. № 1 (65). С. 21–24.

4. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ. Казань: ООО «Слово». 2007. 410 с.
5. Водные объекты Республики Татарстан. Гидрографический справочник. 2-е изд., перераб. и доп. Казань: Фолиант, 2018. 521 с.
6. Длины малых рек Республики Татарстан. Справочник. Казань: ЗАО «Новое знание», 2003. 319 с.
7. Яковлев П.И. Основные факторы формирования низкого подземного притока на реках Кашинка и Корожечна и других соседних волжских водотоках в северо-восточной части Тверской области // Ростовский научный журнал. 2018. № 12. С. 409–426.
8. Падемирова Р.М., Донскова Ю.В., Смирнова Н.Н. Качество поверхностных вод в районе г. Набережные Челны Республики Татарстан // Евразийский союз ученых. 2016. № 31–2. С. 25–27.