

УДК 504.453(470.62)

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ РЕКИ КУБАНЬ В ЧЕРТЕ ГОРОДА КРАСНОДАРА НА ОСНОВЕ ЧАСТНОГО ОТБОРА ПРОБ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРИРОДНЫХ ВОД

Короткова Т.Г., Заколюкина А.М., Бушумов С.А.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар,  
e-mail: korotkova1964@mail.ru

Приведены результаты анализов качества воды реки Кубань, протекающей в пределах г. Краснодара. Выделено 10 точек от входа реки Кубань в город (Пашковский пережат) до её выхода из города (ул. Вавилова). Отбор проб поверхностных природных вод проведен в октябре и ноябре 2018 г. на глубине 30 см в соответствии с требованиями нормативных документов ГОСТ 31861-2012 и ГОСТ 31942-2012. С помощью количественного химического анализа определены 11 показателей: хлориды, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), нефтепродукты, железо общее, фосфаты, взвешенные вещества и сульфаты. Микробиологический анализ проведен по трем показателям: общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги. Для определения содержания поллютантов применены фотометрический метод анализа, титриметрический метод анализа, ИК-спектрометрический анализ с предварительной экстракцией. Для подтверждения правильного определения типа колоний бактерий (ОКБ или ТКБ) проведен оксидазный тест в пробирках. За результат количественного химического анализа принята медиана, полученная из трех параллельных определений. Сделан вывод, что р. Кубань загрязнена нефтепродуктами, взвешенными веществами, ионами аммония, нитрит-ионами, железом, ОКБ и ТКБ. Наличие колифагов свидетельствует о возможном присутствии опасных патогенных вирусов. Приведенные показатели относятся к характеристике загрязненных бытовых сточных вод, что согласуется с результатами исследований других авторов. По удельному комбинаторному индексу загрязненности воды на основе доклада Министерства природных ресурсов Краснодарского края р. Кубань в 2017 г. соответствует 4 классу разряда «а» «грязная».

**Ключевые слова:** загрязнение, р. Кубань, количественный химический анализ, микробиологический анализ, качество воды

## ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE KUBAN RIVER WITHIN THE CITY OF KRASNODAR BASED ON PRIVATE SELECTION OF SAMPLES OF SURFACE NATURAL WATER

Korotkova T.G., Zakolyukina A.M., Bushumov S.A.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: korotkova1964@mail.ru

The results of analyzes of the water quality of the Kuban River flowing within the city of Krasnodar are presented. 10 points were identified from the entrance of the Kuban River to the city (Pashkovsky Riffle) to its exit from the city (Vavilova Street) and water samples were taken. Sampling of surface natural waters was carried out in October and November 2018 at a depth of 30 cm in accordance with the requirements of regulatory documents GOST 31861-2012 and GOST 31942-2012. Using quantitative chemical analysis, 11 indicators were determined: chlorides, ammonium ion, nitrite ion, nitrate ion, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), petroleum products, total iron, phosphates, suspended solids and sulfates. Microbiological analysis was carried out on three indicators: total coliform bacteria (TCB), thermotolerant coliform bacteria (TTCB), coliphages. To determine the content of pollutants, a photometric analysis method, a titrimetric analysis method, and infrared spectrometric analysis with preliminary extraction were applied. To confirm the correct determination of the type of bacterial colonies (TCB or TTCB), an oxidase test was carried out in test tubes. The median obtained from 3 parallel definitions was adopted for the result of the quantitative chemical analysis. It is concluded that the Kuban River is polluted with oil products, suspended solids, ammonium ions, nitrite ions, iron, CCB and TCB. The presence of coliphages suggests the possible presence of dangerous pathogenic viruses. These figures refer to the characterization of polluted domestic wastewater, which is consistent with the results of research by other authors. According to the specific combinatorial index of water pollution on the basis of a report by the Ministry of Natural Resources of the Krasnodar Region, the Kuban River in 2017 corresponds to the 4th grade of the «a» category «dirty».

**Keywords:** pollution, river Kuban, quantitative chemical analysis, microbiological analysis, water quality

Р. Кубань является одной из достопримечательностей Краснодарского края, входящего в Южный федеральный округ и являющегося частицей Кубани – житницы России. Базы отдыха и прогулки по реке доставляют радость жителям края

всех возрастов. На правом побережье реки раскинулся город-миллионник Краснодар с развитым промышленным комплексом и сельским хозяйством. Строятся микрорайоны, муниципальные учреждения и возводятся крупные промышленные объекты.

С одной стороны, улучшаются условия жизни населения в целом, а с другой стороны, это приводит к возрастанию антропогенной нагрузки на окружающую среду. Жилые комплексы, сельскохозяйственные и промышленные предприятия сбрасывают в реку огромное количество сточных вод, а побережье зачастую завалено сломанными деревьями, бытовыми отходами и мусором. С поверхностным смывом поллютанты попадают в р. Кубань. Такое загрязнение водоемов, по мнению авторов [1, 2] практически не поддается прямому контролю и ограничению. Длительное воздействие загрязняющих веществ на водную экосистему приводит к обеднению видового состава животного и растительного мира [3, 4]. Кроме того, происходит непрерывный рост заболеваемости населения. Территория бассейна р. Кубани отнесена к зоне повышенного риска заболеваний щитовидной железы [2].

Оценка загрязнения р. Кубань, представленная в [5], выявила негативное воздействие на качество воды рек бассейна Кубани недостаточно очищенных сточных вод жилищно-коммунального хозяйства и сброса неочищенных ливневых вод с территорий населенных пунктов. Пробы воды, отобранные в первой половине октября с 2004 по 2008 г. на расстоянии 1 м от берега в районе парка «Солнечный остров» показали увеличение гетеротрофных бактерий, плесневых грибов, колиформных и уробактерий.

Анализ ежегодных докладов Министерства природных ресурсов Краснодарского края «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края» [6] показывает, что величина удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) в соответствии с РД 52.24.643-2002 [7] возрастает. Для наглядности эти показатели с 2010 г. по 2017 г. представлены нами на рис. 1.

В 2017 г. р. Кубань из 3 класса разряда «б» «загрязненная» переведена в 4 класс разряда «а» «грязная» [6]. По данным [8] в Краснодарском крае 16 из 196 гидротехнических сооружений работают неудовлетворительно.

Целью данной работы было экспериментальное определение показателей качества поверхностной воды р. Кубань, протекающей в пределах г. Краснодара, путём отбора проб воды и проведением количественного химического и микробиологического анализов в аккредитованной лаборатории.

## Материалы и методы исследования

Количественный химический анализ 10 отобранных проб воды проведен в аккредитованной лаборатории по 11 показателям: хлориды, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), нефтепродукты, железо общее, фосфаты, взвешенные вещества и сульфаты. Микробиологический анализ проведен по трем показателям: общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги. Исследуемые показатели качества воды определены по следующим нормативным документам: природоохранный нормативный документ федерального уровня (ПНД Ф); Федеральный реестр (ФР); Руководящий документ (РД); Государственный отраслевой стандарт (ГОСТ); Методические указания (МУК). БПК<sup>полн.</sup> ПНД Ф 14.1:2:3:4.123-97; взвешенные вещества ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009; железо общее ПНД Ф 14.1:2:4.50-96; ХПК ПНД Ф 14.1:2.100-97; хлориды ПНД Ф 14.1:2:4.111-97; сульфаты ПНД Ф 14.1:2.159-2000; нефтепродукты ПНД Ф 14.1:2:4.5-95; аммоний-ион ПНД Ф 14.1:2:4.262-10; нитрат-ион ПНД Ф 14.1:2:4.4-95; нитрит-ион ПНД Ф 14.1:2:4.3-95; общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), колифаги МУК 4.2.1884-04.

## Результаты исследования и их обсуждение

На участке р. Кубань в черте г. Краснодара выбрано 10 точек (рис. 2). Нумерация точек принята по направлению течения реки Кубань: вход в г. Краснодар (Пашковский пережат) точка 1; точка 2 расположена в районе поселка Прикубанский, точка 3 – поселки Козет и Новый, точка 4 после нефтеперерабатывающего завода АО «КНПЗ-КЭН» (Краснодарский нефтеперерабатывающий завод – Краснодарэконевфть); точка 5 расположена в 500 м до стока в реку Кубань со стороны города. Точка 6 характеризует сток в реку Кубань в районе Тургеневского моста со стороны жилых построек города (рис. 3); точка 7 расположена в 500 м после стока; точки 8 и 9 охватывают дачные участки и жилой поселок Республики Адыгея (аул Старобжегокай), расстояние между ними составляет 1000 м; точка 10 характеризует выход из города.

Отбор проб поверхностных природных вод проведен в октябре и ноябре 2018 г. на глубине 30 см в соответствии с требованиями

ми нормативных документов ГОСТ 31861-2012 и ГОСТ 31942-2012. Для определения химических компонентов пробы отобраны в количестве 5 дм<sup>3</sup> в пластиковую тару, для определения содержания нефтепродуктов отобрано 2 дм<sup>3</sup> в стеклянную банку с завинчивающейся крышкой и для проведения

микробиологических исследований отобрано по 1 дм<sup>3</sup> воды в стерильную стеклянную бутылку. Пробы были доставлены в лабораторию не позднее 2 ч после начала отбора. Исследования проведены непосредственно после доставки проб в лабораторию, консервация проб не проводилась.



Рис. 1. Оценка загрязненности р. Кубань по показателю УКИЗВ

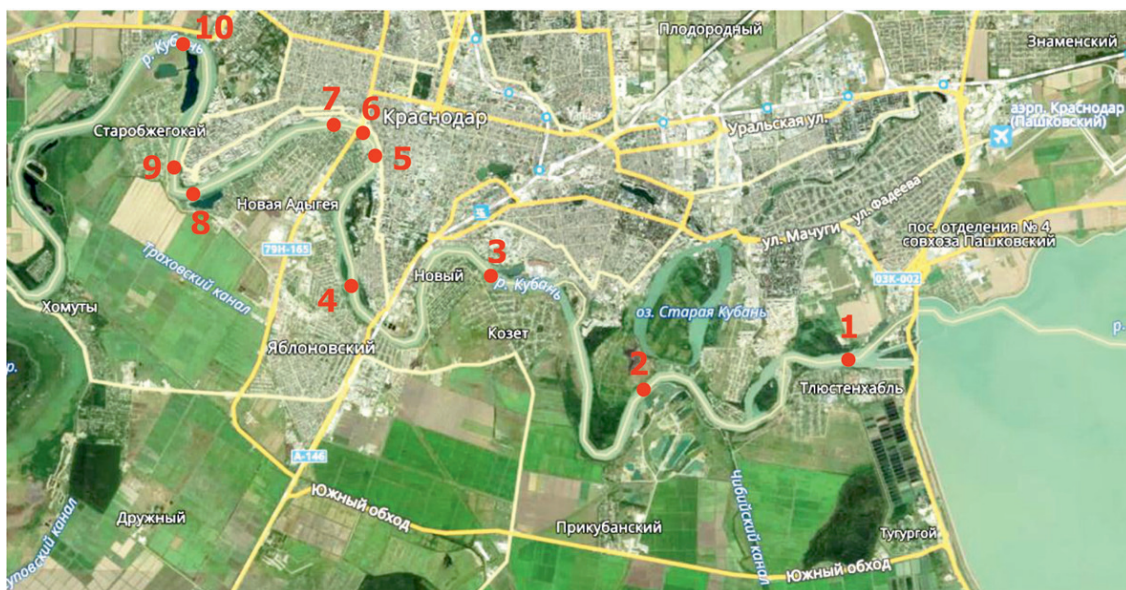
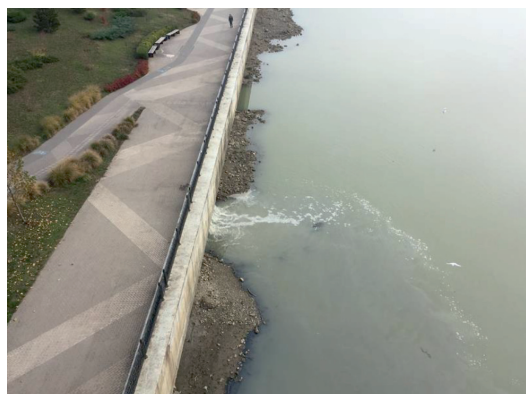


Рис. 2. Карта р. Кубань в черте г. Краснодара с указанием точек отбора проб



а)



б)

Рис. 3. Сток в районе Тургеневского моста на Кубанской набережной:  
а) вид стока с Тургеневского моста б) сток в р. Кубань

Проведен количественный химический анализ поверхностных природных вод. Содержание общего железа определено путем минерализации проб с последующим фотометрированием образующегося комплексного соединения ионов железа (III) с 1,10-фенантролином, окрашенного в красно-оранжевый цвет при  $\text{pH} = 3$ . Сульфат-ионы количественно определены турбидиметрическим методом анализа, основанным на поглощении излучения коллоидами сульфата бария, стабилизированных водным раствором глицерина и этилового спирта. Выполнение измерений массовой концентрации аммонийного азота основано на взаимодействии аммиака в щелочной среде с раствором тетраиодмеркурата калия. В результате образуется иодид меркурат аммония, окрашивающий раствор в цвет от желтого до красно-бурого в зависимости от концентрации аммонийного азота. Содержание нитратов определено на основе восстановительной способности по отношению к сульфату гидразина с последующим детектированием синтезированных нитритов. Сульфаниламид, как и прочие первичные ароматические амины, при действии азотистой кислоты образует диазосоединение, дающее сильноокрашенный комплекс малинового цвета азокрасителя в сочетании с N-(1-нафтил)этилендиамином.

Величина ХПК определена титриметрическим методом, основанном на окислении органических соединений калием двухромовокислом в сильноокислой среде. В качестве катализатора использован сульфат серебра. После количество непрореагиро-

вавшего бихромата калия определено титрованием раствором железомонийных квасцов и по разности количеств титрантов рассчитано количество, пошедшее на окисление органических соединений.

Исследования массовой концентрации хлоридов основываются на способности определяемого компонента образовывать практически нерастворимое соединение хлорид серебра в реакции с раствором нитрата серебра. По окончании осаждения хлоридов избыточные ионы серебра вступают в реакцию с хромат-ионами, выступающими в качестве индикатора, и образуют равновесный красно-оранжевый комплекс хромата серебра на поверхности осадка. Анализ проводили при  $\text{pH}$  от 6 до 9 для возможности образования хромата серебра. При сильнощелочной реакции среды ионы серебра образуют гидроксид серебра, которые сразу же разлагаются с образованием осадка оксида серебра.

Определение содержания нефтепродуктов выполнено методом ИК-спектрометрического анализа с предварительной экстракцией. Метод основан на детектировании пропускания излучения в ИК-области спектра с длиной волны 3,42 мкм через анализируемый экстракт нефтепродуктов в четыреххлористом углероде. С-Н связи метильных и метиленовых групп интенсивно поглощают ИК-излучение. Для удаления соединений других классов от определяемых нефтепродуктов экстракты пропускали через колонку с активированным оксидом алюминия. Учет входящих в состав нефтепродуктов

ароматических углеводов, не поглощающих в этой области, осуществляли с помощью специального искусственного стандарта, содержащего 25 % бензола.

Микробиологический анализ проведен для обнаружения и подсчета общих и термотолерантных колиформных бактерий, ОКБ и ТКБ соответственно. Чашки Петри с мембранными фильтрами (рис. 4) в питательных средах на подложке из агар-агара выдерживали в термостате при температуре  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  в течение 24 ч, в последовательном разбавлении в  $10$ ,  $10^2$ ,  $10^3$ ,  $10^4$  и  $10^5$  раз. Через мембранные фильтры были пропущены пробы воды в соответствующем разведении в объеме 100 мл каждая по сравнению с контролем. Образующиеся колонии бактерий характеризовались наличием наростов в среде чашек в виде образований с характерным металлическим блеском: золотистых и красных. К золотистым колониям относят как ОКБ, так и ТКБ, к красным – только ТКБ.

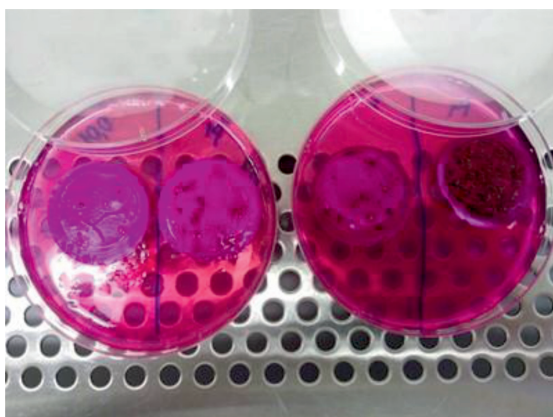


Рис. 4. Чашки Петри с мембранными фильтрами

Для подтверждения правильного определения типа колоний бактерий (ОКБ или ТКБ) проведен оксидазный тест в пробирках (рис. 5). Для этого колонию количественно переносили в тест-пробирку с помощью обеззараженной микробиологической петли. Пробирка с агаром, окрашенным в синий цвет – контроль. Изменение цвета с синего на желтый и образование пузырьков газа свидетельствуют о наличии ОКБ при выдерживании образца в течение 24 ч при температуре  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  и ТКБ при температуре  $41 \pm 1^\circ\text{C}$ . В первых трех чашках наблюдали сплошной рост бактерий, что не дало возможности количественно

определить показатели ОКБ и ТКБ. При разбавлении в  $10^4$  также наблюдали рост колоний с их конгломерацией («срастанием» друг с другом). Наиболее подходящее для количественного определения ОКБ и ТКБ в нашем случае было разведение в  $10^5$  раз. Далее количество ОКБ и ТКБ рассчитывали с учетом разбавления и объема фильтрата и результат представляли в виде количества ОКБ или ТКБ в 100 мл пробы воды.



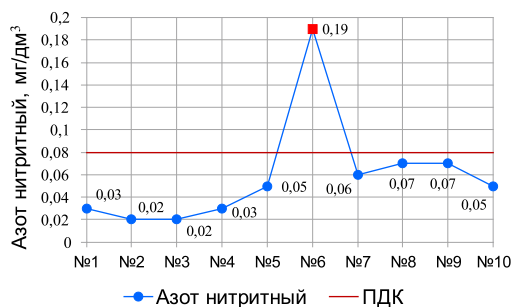
Рис. 5. Оксидазный тест

Результаты количественного анализа получены согласно методикам выполнения измерений. За результат количественного химического анализа принята медиана, полученная из трех параллельных определений. В аккредитованной лаборатории разработана и внедрена процедура внутрिलाбораторного контроля качества результатов исследований, что подтверждено удовлетворительными результатами контроля показателей качества используемых методик.

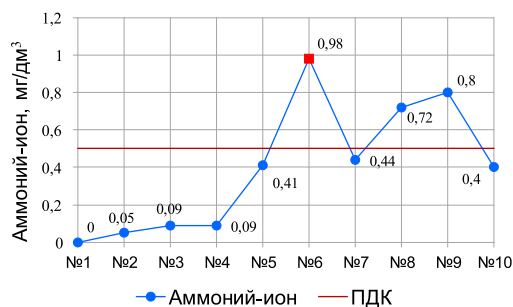
На рис. 6 графически представлены результаты количественного химического анализов (а)–(ж) и микробиологического анализов (з)–(к). Из результатов анализов следует, что точка сброса стока (точка б) оказывает сильное влияние на загрязнение р. Кубань. Повышенное содержание азота нитритного (а) и аммоний-иона (б) приводит к изменению прозрачности и запаха воды. В свою очередь изменение органолептических свойств вызывает рост болезнетворных бактерий. Повышенные значения данных компонентов в стоке свидетельствуют о том, что сток относится к бытовым сточным водам, очистка которых проводится не на должном уровне. Увеличение содержания нефтепродуктов

(в) (точка 4) показывает влияние нефтеперерабатывающего завода, очистные сооружения которого нуждаются в реконструкции. Резкое увеличение в стоке (точка б) БПК<sub>5</sub> (е) и ХПК (ж) говорит о биологическом и химическом загрязнении, что в свою очередь снижает содержание растворенного кислорода. Известно, что снижение растворенного кислорода приводит

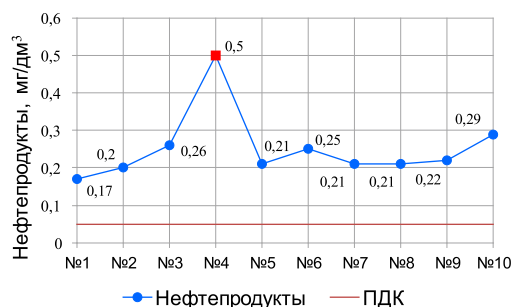
к усилению неприятного запаха водоема и его заражению патогенными микроорганизмами. Кратность превышения по ПДК общих (з) (ОКБ) и термотолерантных колиформных бактерий (и) (ТКБ) отражает негативное воздействие поверхностных и бытовых стоков жилых застроек и предприятий города и поселков, расположенных вдоль береговой линии р. Кубань.



а)



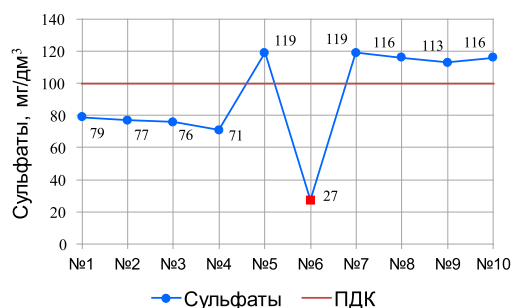
б)



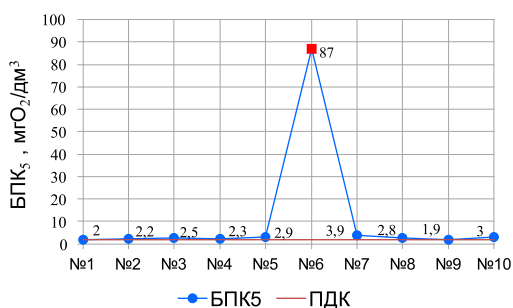
в)



г)



д)



е)

Рис. 6. Результаты анализов: (а)–(ж) – количественный химический анализ; (з)–(к) – микробиологический анализ (начало рисунка)

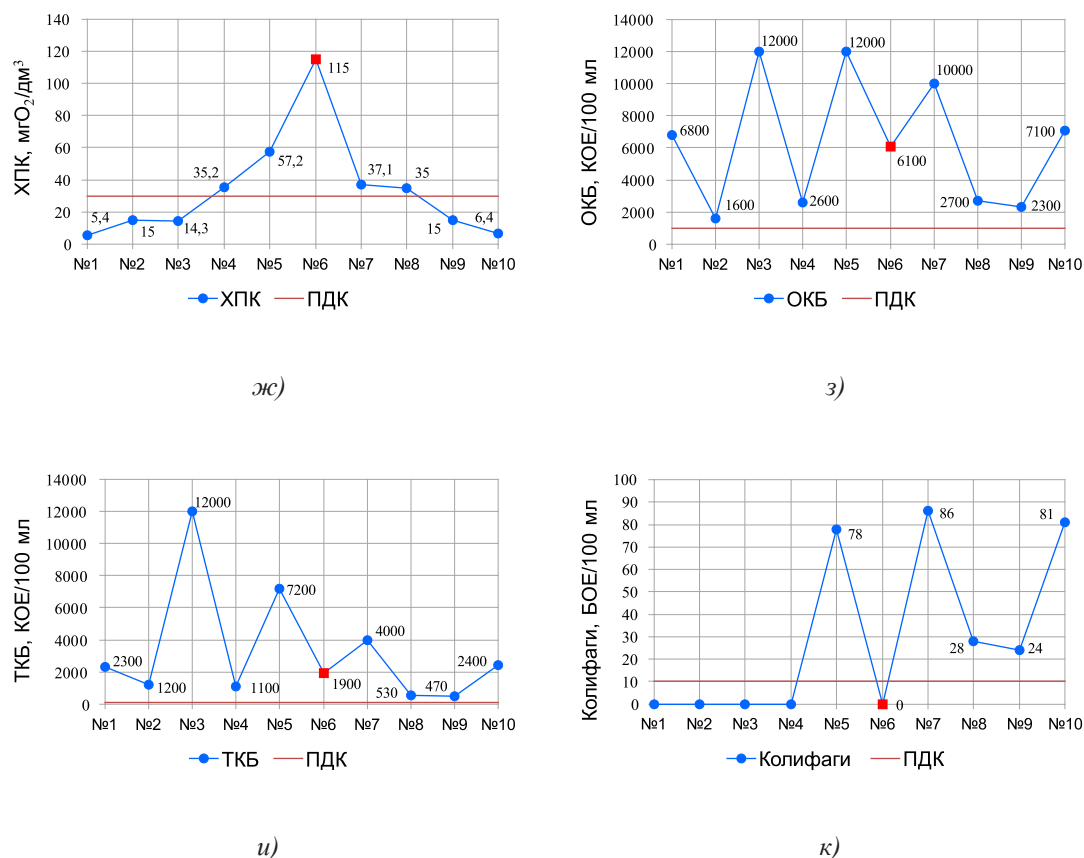


Рис. 6. Результаты анализов: (а)–(ж) – количественный химический анализ; (з)–(к) – микробиологический анализ (окончание рисунка)

### Заключение

По результатам количественного химического и микробиологического анализов сделан вывод, что р. Кубань загрязнена нефтепродуктами, взвешенными веществами, ионами аммония, нитрит-ионами, железом, общими колиформными бактериями, термотолерантными колиформными бактериями. Наличие колифагов (рис. 6, к) свидетельствует о возможном присутствии опасных патогенных вирусов. Приведенные показатели относятся к характеристике загрязненных бытовых сточных вод. Повышение экологической безопасности р. Кубань напрямую связано с модернизацией очистных сооружений.

### Список литературы / References

1. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Влияние антропогенных и иных факторов на изменение водных экологических систем бассейна реки Кубань // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. № 9 (146). С. 197–203.
2. Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. The influence of anthropogenic and other factors on the change of aquatic ecological systems of the Kuban river basin // Izvestiya

SFedU. Engineering Sciences. 2013. № 9 (146). P. 197–203 (in Russian).

2. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. К вопросу влияния состояния водных объектов бассейна реки Кубань на обострение проблемы йододефицита // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2014. № 4. ч. 2 [Электронный ресурс]. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2014/2639> (дата обращения: 28.02.2019).

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. To the question of influence of the state of water bodies of the Kuban River basin on the worsening of iodine deficiency problem // Electronic scientific journal «Engineering Bulletin of the Don». 2014. № 4. p. 2 [Electronic resource]. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2014/2639> (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

3. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. Анализ воздействия загрязняющих веществ на поверхностные водные объекты // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск. «Экология 2009 – море и человек». 2009. № 7. С. 135–139.

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. Analysis of the impact of pollutants on surface water bodies // Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. Thematic issue. «Ecology 2009 – the sea and human». 2009. № 7. P. 135–139 (in Russian).

4. Вишневецкий В.Ю., Вишневецкий Ю.М. К вопросу влияния гидробионтов на качество воды в водных объектах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2011. № 9 (122). С. 145–152.

Vishnevetskiy V.Yu., Vishnevetskiy Yu.M. To the question of influence of hydrobionts on the quality of water in water bod-

ies // Izvestiya SFedU. Engineering Sciences. 2011. № 9 (122). P. 145–152 (in Russian).

5. Иванова В.В. Особенности гидрографии реки Кубань и степень ее загрязнения // Экологический вестник Северного Кавказа. 2012. Т. 8. № 1. С. 80–84.

Ivanova V.V. Kuban river hydrography peculiarities and degree of its pollution // Ecological Bulletin of the North Caucasus. 2012. Vol. 8. № 1. P. 80–84 (in Russian).

6. Доклады Министерства природных ресурсов Краснодарского края «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края» (2010–2017 гг.). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mprkk.ru/ob-okruzhayuschej-srede/o-sostoyanii-okruzhayuschej-sredyi/ezhegodnyj-doklad-o-sostoyanii-prirodopolzovaniya-i-ohrane-okruzhayuschej-sredyi-krasnodarskogo-kрая/> (дата обращения: 28.02.2019).

Reports of the Ministry of Natural Resources of the Krasnodar Region «On the state of environmental management and environmental protection of the Krasnodar Region» (2010–

2017) [Electronic resource]. URL: <http://www.mprkk.ru/ob-okruzhayuschej-srede/o-sostoyanii-okruzhayuschej-sredyi/ezhegodnyj-doklad-o-sostoyanii-prirodopolzovaniya-i-ohrane-okruzhayuschej-sredyi-krasnodarskogo-kрая/> (date of access: 28.02.2019) (in Russian).

7. РД 52.24.643-2002 «Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям».

8. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2016 году». Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации [Electronic resource]. URL: [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/) (дата обращения: 28.02.2019).

State report «On the status and use of water resources of the Russian Federation in 2016». Official website of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation [Electronic resource]. URL: [http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye\\_doklady/](http://www.mnr.gov.ru/docs/gosudarstvennye_doklady/) (date of access: 28.02.2019) (in Russian).