

DOI 10.15593/2409-5125/2019.02.10

УДК 504.75: 628.5

**Д.В. Макаров<sup>1</sup>, Е.А. Кантор<sup>1</sup>, Р.Н. Вострова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет транспорта

## **ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА В МОНИТОРИНГЕ СОДЕРЖАНИЯ МУТНОСТИ СКВАЖИННЫХ ВОД ЮГО-ВОСТОЧНОГО РЕГИОНА БЕЛАРУСИ**

Проведен анализ стабильности значений мутности подземных и исходных вод двух инфильтрационных водозаборов (ИВ) юго-восточного региона Республики Беларусь. С этой целью были построены  $X-R$ -карты Шухарта, для подземных и  $X-MR$ -карты Шухарта для исходных вод. Помимо этого, проведено исследование изменчивости содержания мутности в исходных водах от их абсолютных значений. Для определения различий и общих закономерностей формирования значений мутности в подземных водах были построены матрицы парных корреляций между концентрацией по мутности и значениями по 18 показателям качества по каждой скважине. Установлено, что на 23 % скважин ИВ 1 и 18 % скважин ИВ 2 значения мутности нестабильны. Нестабильность значений на некоторых скважинах может быть вызвана периодическим присутствием нерастворимых минеральных веществ в подземных водах. Несмотря на нестабильность значений рассматриваемого показателя в подземных водах некоторых скважин, выявлена стабильность значений в исходных водах обоих ИВ. Это может быть вызвано смешиванием подземных вод, подаваемых с разных скважин. Выявлена тенденция к снижению значений мутности в исходных водах на обоих водозаборах. Возможной причиной этого может быть меньшая скорость фильтрации вод через грунт, связанная с долгосрочной эксплуатацией водозаборов. Построением матриц парных корреляций значений мутности и 18 показателей качества исходных вод установлено, что 87,5 % коэффициентов корреляции на первом водозаборе и 85,4 % коэффициентов корреляции на втором водозаборе характеризуются слабой связью. Это может быть связано со сложностью химического состава подземных вод.

**Ключевые слова:** подземные воды, показатели качества воды, карты контроля качества, мутность, экологический мониторинг.

**Введение.** Оценка водных объектов, выявление динамики изменения качества вод, а также факторов, влияющих на эти процессы, являются важными и актуальными задачами, поскольку они оказывают влияние на

---

Макаров Д.В., Кантор Е.А., Вострова Р.Н. Применение статистических методов анализа в мониторинге содержания мутности скважинных вод юго-восточного региона Беларуси // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2019. – № 2. – С. 118–127. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.10

Makarov D., Kantor E., Vostrova R. Application of Statistical Methods of Analysis for Monitoring of the Content of Turbidity of Supply Wells' Waters in the South-eastern Region of Belarus. PNRPU. Applied ecology. Urban development. 2019. No. 2. Pp. 118-127. DOI: 10.15593/2409-5125/2019.02.10

здоровье людей [1]. Мутность воды – один из ключевых технологических параметров, определяющих работу станций водоподготовки [2–4]. Она характеризуется [2, 5]:

- наличием осадка, который может отсутствовать, быть незначительным, заметным, большим, очень большим, измеряясь в миллиметрах;
- взвешенными веществами (грубодисперсными и мелкодисперсными примесями), определение которых происходит гравиметрически после фильтрования пробы;
- прозрачностью.

Результаты построения контрольных карт Шухарта (ККШ) дают возможность оценить управляемость и стабильность процесса, соответствие показателей качества природных объектов нормативной документации [1]. Применение ККШ позволяет снизить риски следующих ошибок:

- рассматривать обычную флуктуацию изучаемого показателя как особую причину нарушения установленных требований;
- принимать отклонение в системе за естественную флуктуацию, не выявляя факторы, нарушающие установленные требования [6–8].

Использование ККШ позволяет выявить, когда флуктуация представляет естественную вариабельность системы, а когда технологический процесс требует вмешательства [9]. Кроме этого, ККШ позволяет оценить стабильность контролируемых показателей, характеризующих управляемость в соответствии с концепцией о статистическом управлении процессами (SPC) [10].

**Методика исследования.** В качестве исходных данных использовано ежеквартально определяемое качество вод 52 скважин инфильтрационных водозаборов (ИВ) юго-восточного региона Республики Беларусь в период 2001–2016 годов (для ИВ 1) и 2004–2016 годов (для ИВ 2). На ИВ 1 и большинстве скважин ИВ 2 эксплуатируется водоносный горизонт турон-маастрихтских отложений верхнего мела.

Для оценки стабильности формирования концентрации мутности в подземных водах ИВ 1 и ИВ 2 произведено построение  $X-R$  ККШ (карты средних и размахов), а в исходной –  $X-MR$  ККШ (карты индивидуальных значений и скользящего размаха)<sup>1</sup>. Построение ККШ проведено в программе Statistica 10.0. В качестве выборок для построения ККШ принималось содержание мутности в исходных и скважинных водах ИВ 1 с 2001 по 2016 год (64 значения) и ИВ 2 – с 2004 по 2016 год (51 значение). Построение  $X-MR$  ККШ проводилось аналогично работам [11, 12].

---

<sup>1</sup> ГОСТ Р 50779.42–99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 20 с.

Исследование анализа изменчивости содержания мутности ( $\Delta C[C_{(t)}] = C_{(t+1)} - C_{(t)}$ ) в исходных водах ИВ 1 и ИВ 2 от их абсолютных значений ( $C_{(t)}$ , где  $t$  – момент отбора проб) позволяет оценить ошибку выборочных измерений и выявить диапазон значений мутности, в котором опасно доверять единичным измерениям. Время не входит в явном виде в динамические ряды  $\Delta C[C_{(t)}]$ , по этой причине данные ряды можно интерпретировать как стационарные характеристики качества исходных вод исследуемых водозаборов.  $\Delta C[C_{(t)}]$  показывает компромисс воздействующих на концентрацию по мутности случайных факторов.

Для выявления связи содержания мутности с показателями качества (запах (при 20 и 60 °С), привкус, цветность, мутность, железо общее, окисляемость перманганатная, сухой остаток, жесткость общая, нефтепродукты, ПАВ, фенольный индекс, нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ), хлориды ( $\text{Cl}^-$ ), фториды ( $\text{F}^-$ ), сульфаты ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), цинк ( $\text{Zn}^{2+}$ ), медь ( $\text{Cu}^{2+}$ ), водородный показатель) по каждой скважине нами проведен корреляционный анализ. Предварительно для визуальной оценки наличия связей и выбросов построены диаграммы рассеяния [13].

**Результаты и обсуждение.** По  $X$ -карте на 28 % скважин ИВ 1 и 18 % скважин ИВ 2 процесс формирования значений мутности нестабилен, а по  $R$ -карте – на 41 и 27 % скважин соответственно (рис. 1). Судя по  $X$ - $R$ -картам, на 23 % скважин ИВ 1 и 18 % скважин ИВ 2 формирование исследуемого показателя нестабильно как по средним значениям, так и по размахам. Зависимости стабильности процесса от географической близости между скважинами не выявлено [14].

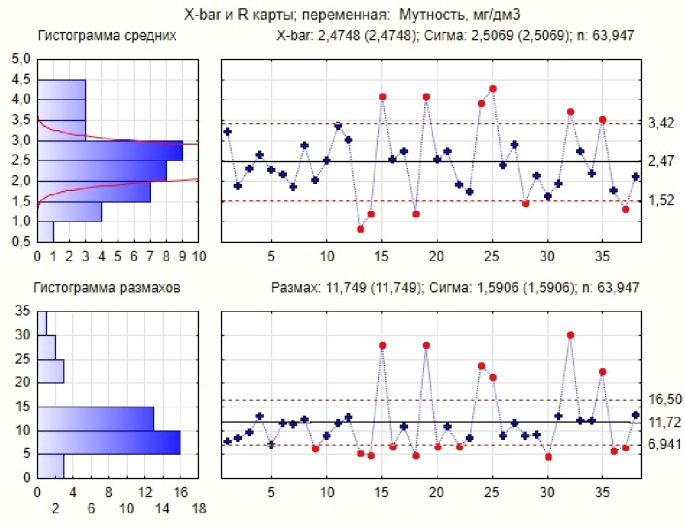
За 2001–2016 годы на ИВ 1 значения концентрации мутности в целом неоднородно (рис. 2). Отмечена нестабильность содержания исследуемого показателя со второго квартала 2001 года по четвертый квартал 2001 года, во втором квартале 2003 год, 2004 годов, втором и третьем кварталах 2005 года, четвертом квартале 2014 года, первом и третьем кварталах 2015 года. Большая часть показаний колеблется в пределах от 1 до 2,3 ПДК (ПДК равно  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ )<sup>2</sup>. Результаты построения карт скользящих размахов (см. рис. 2) свидетельствуют о том, что процесс стабилен только по дисперсии, обладает значительной изменчивостью значений.

За 2004–2016 годы на ИВ 2 содержание мутности нестабильно в четвертом квартале 2004 года и во втором квартале 2005 года (см. рис. 2). На ИВ 2 точки на  $X$ -карте расположены преимущественно вдоль центральной

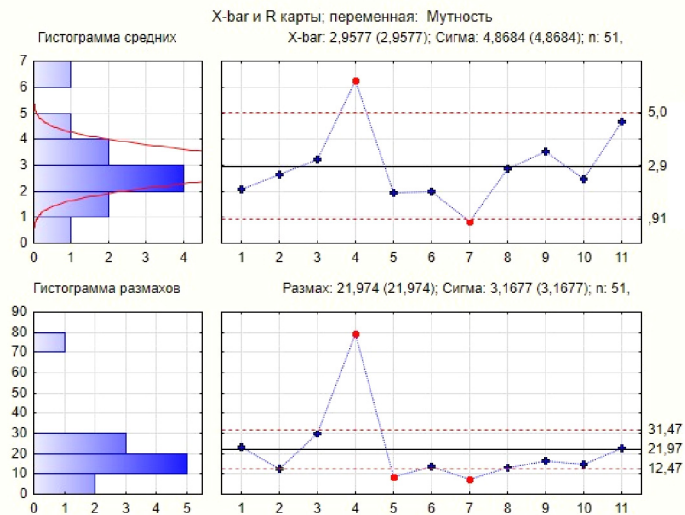
---

<sup>2</sup> Постановление об утверждении Санитарных норм и правил «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» / Госстандарт. – Минск, 1999. – 48 с.

линии в диапазоне от 0 до 2,7 ПДК, в среднем составляя 2 ПДК. По  $X-MR$  ККШ на ИВ 2 с 2005 года все точки расположены в пределах контрольных границ, что свидетельствует о том, что концентрация мутности согласуется с требованиями статистического контроля по средним значениям и изменчивости [10].

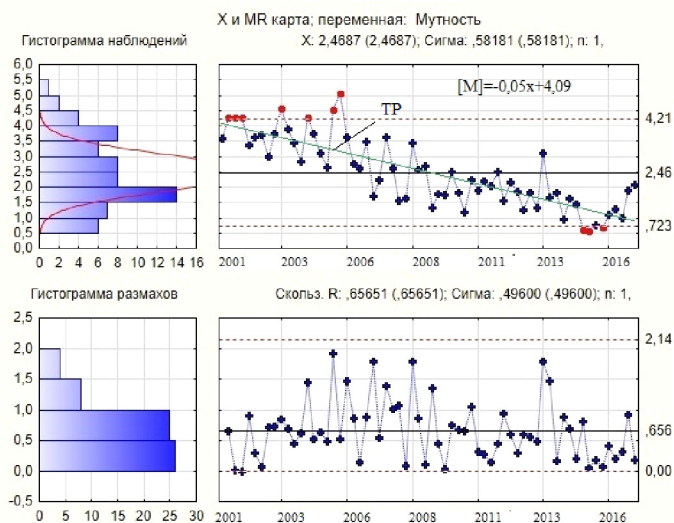


*a*

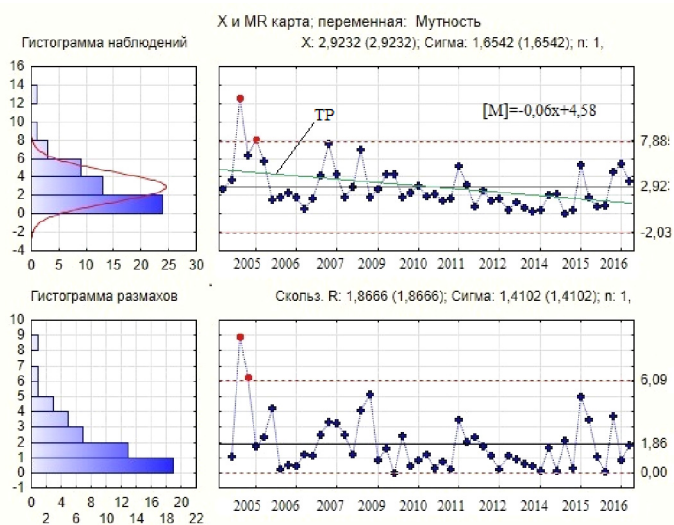


*б*

Рис. 1. Контрольные карты Шухарта ( $X-R$ -карты) на содержание мутности в скважинах ИВ 1 за 2001–2016 годы (*a*) и ИВ 2 за 2004–2016 годы (*б*)



*a*



*б*

Рис. 2. Контрольные карты Шухарта ( $X-MR$ -карты) на содержание мутности в исходных водах ИВ1 за 2001–2016 годы (*a*) и ИВ 2 за 2004–2016 годы (*б*).  $[M]$  – концентрация мутности,  $mg/dm^3$ ,  $x$  – номер измерения, ТР – линии тренда временных рядов

Поскольку на  $X$ -карте точки более центрированы относительно центральной оси и меньшее число точек на  $X-MR$  ККШ выходит за контрольные границы, процесс формирования значений исследуемого показателя на ИВ 2 более стабилен.

Среднее значение содержания мутности на ИВ 2 на 16 % больше, чем на ИВ 1 (2,94 мг/дм<sup>3</sup> для ИВ 2 и 2,47 мг/дм<sup>3</sup> для ИВ 1). Исходя из линий тренда (рис. 2), среднее значение концентрации мутности уменьшилось на 3,2 и 2,7 мг/дм<sup>3</sup> за 2001–2006 годы и 2004–2016 годы на ИВ 1 и ИВ 2 соответственно.

По графикам (рис. 3) линейный и полиномиальный тренды дают возможность сделать выводы о стабильности значений мутности. Исходя из изменений линий тренда, в случае наблюдения заметно большего содержания мутности относительно средних значений концентрация при последующем измерении наблюдается существенно меньше. Таким образом, система формирования концентрации по мутности в целом устойчива.

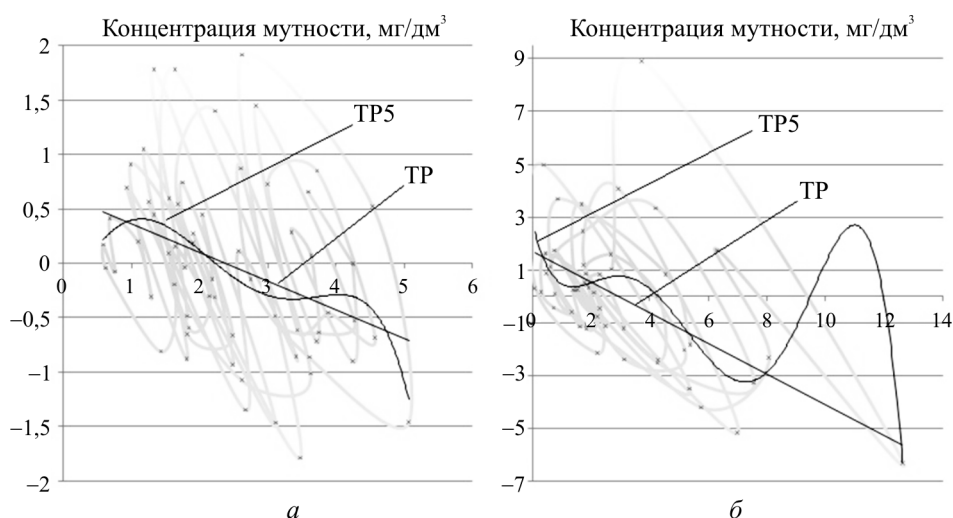


Рис. 3. Зависимость приращения содержания мутности  $C$  от  $\Delta C$  на содержание мутности в исходных водах ИВ1 за 2001–2016 годы (а) и ИВ 2 за 2004–2016 годы (б).

ТР, ТР5 – линейные и полиномиальные линии трендов временных рядов

Для выявления различий и общих закономерностей формирования качества скважинных вод по мутности проведено построение матриц парных корреляций между концентрацией мутности и показателями качества на каждой скважине (таблица). Предварительно для каждой связи были построены диаграммы рассеяния.

Полученные данные свидетельствуют о том, что 87,5 % коэффициентов корреляции (КК) на ИВ 1 и 85,4 % на ИВ 2 характеризуются слабой связью по шкале Чеддока [15] (значение КК 0,0–0,3); 9,4 % на ИВ 1 и 13,1 % на ИВ 2 характеризуются умеренной связью (значение КК 0,3–0,5); 2,4 % на ИВ 1 и 1 % на ИВ 2 характеризуются заметной связью (значение

КК 0,5–0,7); «высокая» связь (значение КК 0,7–0,9) отсутствует. На 5 скважинах ИВ 1 и одной скважине ИВ 2, отмечается «весьма высокая» связь (значение КК 0,9–1,0) между содержанием мутности и железом общим. Выявлено, что количество отрицательных и положительных КК на обоих водозаборах вполне сопоставимо (365 к 376 на ИВ 1 и 97 к 101 на ИВ 2).

Диапазон коэффициентов корреляции между мутностью  
и другими показателями качества воды

Показатели	Диапазон коэффициентов корреляции	
	ИВ 1	ИВ 2
Мутность/запах при 20 °С	-0,37÷0,29	-0,16÷0,36
Мутность/запах при 60 °С	-0,54÷0,23	-0,26÷0,32
Мутность/привкус	-0,41÷0,22	-0,19÷0,34
Мутность/цветность	-0,21÷0,62	-0,16÷0,56
Мутность/окисляемость перманганатная	-0,24÷0,38	-0,12÷0,37
Мутность/сухой остаток	-0,34÷0,66	-0,30÷0,21
Мутность/жесткость общая	-0,32÷0,37	-0,20÷0,26
Мутность/нефтепродукты	-0,25÷0,62	-0,29÷0,36
Мутность/ПАВ	-0,36÷0,43	-0,23÷0,14
Мутность/фенольный индекс	-0,26÷0,47	-0,18÷0,39
Мутность/нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	-0,40÷0,38	-0,24÷0,21
Мутность/железо общее	-0,44÷1,00	-0,24÷0,92
Мутность/хлориды	-0,35÷0,48	-0,31÷0,38
Мутность/фториды	-0,50÷0,46	-0,41÷0,32
Мутность/сульфаты	-0,31÷0,32	-0,35÷0,29
Мутность/цинк	-0,24÷0,46	-0,31÷0,31
Мутность/медь	-0,24÷0,66	-0,07÷0,41
Мутность/водородный показатель	-0,46÷0,44	-0,23÷0,43

**Заключение.** По  $X$ - $R$ -ККШ установлено, что на 23 % скважин ИВ 1 и 18 % скважин ИВ 2 значения мутности нестабильны. Эти результаты могут учитываться для обеспечения оптимальных значений рассматриваемого показателя при выборе рабочих скважин.

По результатам построения  $X$ - $MR$ -ККШ установлено, что процесс формирования значений исследуемого показателя в исходных водах несколько более стабилен на втором водозаборе. Так, на ИВ 2 нестабильно 15,6 % показаний, а на ИВ 1 – 5,9 %. Зависимостью содержания мутности от абсолютных значений выявлено, что формирование исследуемого показателя в исходных водах в целом стабильно на обоих ИВ. Таким образом, выявлено, что, несмотря на нестабильность формирования содержания мутности в подземных водах некоторых скважин, формирование в исходных водах стабильно на обоих ИВ. Вероятно, это связано со смеси-

ванием подземных вод, подаваемых с разных скважин. Несмотря на достаточно высокую концентрацию мутности в подземных водах, наблюдается тенденция к уменьшению значений исследуемого показателя. Возможной причиной этого может быть меньшая скорость фильтрации вод через грунт, связанная с долгосрочной эксплуатацией водозаборов.

Выявлено, что мутность с показателями качества подземных вод связана слабо (коэффициент корреляции 0,0–0,3) (87,5 % на ИВ 1 и 85,4 % на ИВ 2); 5 скважин ИВ 1 и одна скважина ИВ 2 характеризуется КК 0,9–1,0 между показателями мутности и общего железа. Вероятно, это связано с присутствием коллоидного железа в подземных водах скважин.

*Опубликовано в рамках научно-исследовательской работы № 5.12863.2018/8.9 «Разработка системы идентификации и количественного анализа экологических рисков, возникающих при водоснабжении крупной городской агломерации».*

#### Библиографический список

1. Статистический анализ данных экологического мониторинга родниковых вод урбанизированных территорий / М.И. Суслов, К.А. Булкина, А.Г. Бубнов, С.А. Буймова, Ю.В. Царев // Южно-сибирский научный вестник. – 2016. – № 3. – С. 15–19.
2. Жигалова А.В., Андреева В.А., Кантор Е.А. Сопоставление мутности воды реки Уфы в створах и резервуарах чистой воды городских водозаборов // Опыт прошлого – взгляд в будущее: материалы 6-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов. – Тула, 2016. – С. 42–45.
3. Об изменении мутности, цветности, перманганатной окисляемости и pH воды реки Уфы / А.В. Харабрин, С.В. Харабрин, Л.И. Кантор, Е.А. Кантор, М.С. Клявлин // Башкирский химический журнал. – 2003. – № 3. – С. 80–81.
4. Сопоставление показателей качества воды реки Уфа по мутности, цветности, окисляемости и pH в створах городских водозаборов / А.В. Харабрин, С.В. Харабрин, Л.И. Кантор, Е.А. Кантор, М.С. Клявлин // Башкирский химический журнал. – 2003. – № 3. – С. 82–83.
5. Муравьев А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. – СПб.: Крисмас+, 2009. – 248 с.
6. Булдакова Т.В., Розенталь О.М., Шперт В.Л. Как повысить эффективность анализа качества воды // Методы оценки соответствия. – 2012. – № 3. – С. 16–20.
7. Уиллер Д., Чамберс Д. Статистическое управление процессами: оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2016. – 410 с.
8. Деминг Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. – М.: Альпина-бизнес, 2007. – 620 с.
9. Розенталь О.М., Серенькая Е.П. Визуальный контроль экологической безопасности на примере природных и сточных вод // Экология и промышленность России. – 2014. – № 5. – С. 50–55.
10. Миттаг Х.-Й., Ренни Х. Статистические методы обеспечения качества. – М.: Машиностроение, 1995. – 616 с.
11. Кондрагьева Т.А., Исмаилова Р.Н., Волостнова О.И. Выявление закономерностей пространственного распределения загрязнения поверхностных вод республики Татарстан с использованием методов многомерной статистики. Сообщение 2. Карты Шухарта // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 18. – С. 287–292.
12. Маслов Н.В., Мовчан Н.И., Трутнева В.А. Применение статистических методов при мониторинге содержания фенола в составе поверхностных вод озер экосистемы Кабан // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 6. – С. 179–184.



13. Бакуменко Л.П., Коротков П.А.. Статистический анализ влияния качества питьевой воды на здоровье населения региона // Прикладная эконометрика. – 2011. – № 2. – С. 32–47.
14. Макаров Д.В., Валева Э.Р., Вострова Р.Н., Кантор Е.А. Оценка эффективности очистки по железу общему подземных вод инфильтрационного водозабора юго-востока Беларуси // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 3. – С. 101–106.
15. Вашку П.Г., Пастер П.Л., Сторожук О.П. Теория статистики: учеб. пособие. – М.: Просвещение, 2001. – 320 с.

## References

1. Suslov M., Bulkina K., Bubnov A., Buymova S., Tsarev Y. Statisticheskij analiz dannyh ehkologicheskogo monitoringa rodnikovyh vod urbanizirovannyh territorij [Statistical analysis of data of environmental monitoring of spring water in urban areas]. *South-Siberian scientific bulletin*, 2016, no. 3, pp. 15-19.
2. Zhigalova A.V., Andreeva V.A., Kantor E.A. Sopostavlenie mutnosti vody reki Ufa v stvorah i rezervuarah chistoj vody gorodskih vodozaborov [Comparison of the turbidity of the water in the Ufa River in alignments and reservoirs of clean water in urban water intakes]. Materials of the 6th International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students: Past Experience – A Look into the Future. Vol. 2. Tula, Tula State University, 2016, pp. 42-45.
3. Kharabrin A.V., Kharabrin S.V., Kantor L.I., Kantor E.A., Klyavlin M.S. Ob izmenenii mutnosti, cvetnosti, permanganatnoj okislyaemosti i rN vody reki Ufy [About change of turbidity, color, permanganate oxidizability and pH of water of the river Ufa]. *Bashkirsky chemical journal*, 2003, no. 3, pp. 80-81.
4. Kharabrin A.V., Kharabrin S.V., Kantor L.I., Kantor E.A., Klyavlin M.S. Sopostavlenie pokazatelej kachestva vody reki Ufa po mutnosti, cvetnosti, okislyaemosti i pH v stvorah gorodskih vodozaborov [Comparison of water quality indicators of the Ufa River by turbidity, color, oxidizability and pH in urban water intake points]. *Bashkirsky Chemical Journal*, 2003, no. 3, pp. 82-83.
5. Muravyov A. G. Rukovodstvo po opredeleniyu pokazatelej kachestva vody polevymi metodami [Handbook for measuring the parameters of water quality by field methods]. Saint-Petersburg.: Christmas+, 2009, 248 p.
6. Buldakova T.V., Rosenthal O.M., Shpert V.L. Kak povysit' ehffektivnost' analiza kachestva vody [How to improve the efficiency of water quality analysis]. *Methods for assessing compliance*, 2012, no. 3, pp. 16-20.
7. Wheeler D., Chambers D. Statisticheskoe upravlenie processami: Optimizaciya biznesa s ispol'zovaniem kontrol'nyh kart Shuharta [Statistical Process Control: Optimizing Business Using Control Cards Shuharta]. Moscow. Alpina Biznes Buks, 2009, 410 p.
8. Deming E. Vyhod iz krizisa. Novaya paradigma upravleniya lyud'mi, sistemami i processami [The way out of the crisis. A New Paradigm for Managing People, Systems and Processes]. Moscow. Alpina Biznes Buks, 2007, 620 p.
9. Rosenthal O.M., Serenkaya E.P. Vizual'nyj kontrol' ehkologicheskoy bezopasnosti na primere prirodnyh i stochnyh vod [Visual control of ecological safety by the example of natural and waste water]. *Ecology and industry of Russia*, 2014, no. 5, pp. 50-55.
10. Mittag H.-J., Rennie H. Statisticheskie metody obespecheniya kachestva [Statistical methods of quality assurance]. Moscow. Machine-building, 1995, 616 p.
11. Kondratieva T.A., Ismailova R.N., Volostnova O.I. Vyyavlenie zakonomernostej prostranstvennogo raspredeleniya zagryazneniya poverhnostnyh vod respubliki Tatarstan s ispol'zovaniem metodov mnogomernoj statistiki. Soobshchenie 2. Karty Shuharta [Identification of regularities in spatial distribution of surface water pollution in the Republic of Tatarstan using multidimensional statistics methods. Communication 2. Maps of Shuhart]. *Bulletin of Kazan Technological University*, 2013, no. 18, pp. 287-292.
12. Maslov N., Movchan N.I., Trutneva V.A. Primenenie statisticheskikh metodov pri monitoringe sodержaniya fenola v sostave poverhnostnyh vod ozer ehkosistemy Kaban [Application of statistical methods in monitoring the phenol content in the surface waters of the lakes of the Kaban ecosystem]. *Bulletin of Kazan Technological University*, 2015, no. 6, pp. 179-184.
13. Bakumenko L.P., Kоротков P.A. Statisticheskij analiz vliyaniya kachestva pit'evoy vody na zdorov'e naseleniya regiona [Statistical analysis of the influence of drinking water quality on the health of the population of the region]. *Applied econometrics*, 2011, no. 2, pp. 32-47.
14. Makarov D.V., Valeeva E.R., Vostrova R.N., Kantor E.A. Ocenka ehffektivnosti ochistki po zhelezu obshchemu podzemnyh vod infil'tracionnogo vodozabора yugo-vostoka Belarusi [Monitoring and

assessment of well water quality in infiltration water intakes of the southeast of Belarus]. *Advances in current natural sciences*, 2018, no. 3, 101 p.

15. Vashku P.G., Paster P.L., Storozhuk O.P. *Teoriya statistiki: Uchebnoe posobie* [Theory of Statistics: Textbook]. Moscow. Enlightenment, 2001, 320 p.

Получено 11.02.2019

**D. Makarov, E. Kantor, R. Vostrova**

**APPLICATION OF STATISTICAL METHODS OF ANALYSIS  
FOR MONITORING OF THE CONTENT OF TURBIDITY OF SUPPLY WELLS'  
WATERS IN THE SOUTH-EASTERN REGION OF BELARUS**

In the article the stability of turbidity values of underground and source waters of two infiltration water intakes (IW) of the south-eastern region of the Republic of Belarus has been analyzed. To this end,  $X$ - $R$  Shuhart maps for underground waters and  $X$ - $MR$  Shuhart maps for source waters were built. In addition, the variability of the turbidity content in the source waters, from their absolute values have been studied. To determine the differences and general patterns of the formation of turbidity values in groundwater, matrices of pair correlations between the turbidity concentration and the values of 18 quality indicators for each well were constructed. It was established that 23% of IW-1 wells and 18% of IW-2 wells have unstable turbidity values. The instability of the turbidity values in some wells may be caused by the periodic presence of insoluble minerals in groundwater. Despite the instability of the turbidity values in the groundwater of some wells, the stability of the values in the source water of both IW was revealed. This may be due to mixing of groundwater supplied from different wells. A tendency to decrease the turbidity in the source waters at both water intakes was found. A possible reason for this may be a lower rate of water filtration through the soil, associated with the long-term operation of water intakes. By constructing matrices of paired correlations of turbidity values and 18 indicators of the quality of source water, it was established that 87.5% of the correlation coefficients at the first water intake and 85.4% of the correlation coefficients at the second water intake are characterized by a weak coupling. This may be due to the complexity of the chemical composition of groundwater.

**Keywords:** groundwater, water quality indicators, quality control maps, turbidity, environmental monitoring.

**Макаров Дмитрий Вадимович** (Уфа, Россия) – аспирант кафедры «Прикладная экология», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: dmitrij.makarov-1990@yandex.ru).

**Кантор Евгений Абрамович** (Уфа, Россия) – д-р хим. наук, профессор кафедры «Физика», Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Уфа, ул. Космонавтов, 1, e-mail: evgkantor@mail.ru).

**Вострова Регина Николаевна** (Гомель, Беларусь) – канд. техн. наук, доцент кафедры «Экология и энергоэффективность в техносфере», Белорусский государственный университет транспорта (246653, Гомель, ул. Кирова, 34, e-mail: vostrova@tut.by).

**Makarov Dmitry** (Ufa, Russia) – Graduate Student, “Applied Ecology” Department, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: dmitrij.makarov-1990@yandex.ru).

**Kantor Evgeny** (Ufa, Russia) – Ph.D. in Technical Science, Professor of the Department of Physics, Ufa State Petroleum Technological University (450062, Ufa, Kosmonavtov st., 1, e-mail: evgkantor@mail.ru).

**Vostrova Regina** (Gomel, Belarus) – Ph.D. in Technical Science, Associate Professor of the Department of Ecology and Energy Efficiency in the Technosphere, Belarusian State University of Transport (246653, Gomel, Kirova st., 34, e-mail: vostrova@tut.by).