

Проблемные статьи

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Рахманин Ю.А.¹, Иванова Л.В.¹, Артемова Т.З.¹, Гипп Е.К.¹, Загайнова А.В.¹, Максимкина Т.Н.¹, Красняк А.В.¹, Журавлев П.В.², Алешня В.В.², Панасовец О.П.²

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА САНИТАРНО-ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ ИНДИКАТОРНЫХ КОЛИФОРМНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

¹ФГБУ «Центр стратегического планирования и управления медико-биологическими рисками здоровью», НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина, 119991, Москва;

²ФБУН «Ростовский НИИ микробиологии и паразитологии», 344000, г. Ростов-на-Дону

Введение. Критерии, применяемые для санитарно-бактериологической оценки качества водопроводной воды, должны гарантировать её эпидемическую безопасность, что важно при выборе приоритетных индикаторных микроорганизмов, количественное определение которых позволит с достаточной надёжностью характеризовать уровень риска возникновения кишечных инфекций, связанных с условиями водопользования. **Материал и методы.** Проанализированы исследования воды за 10 лет на наличие санитарно-показательных бактерий в воде поверхностных водоёмов в соответствии с МУК 4.2.1884. Для выделения и количественного учёта сальмонелл использовали общепринятую магниевую среду и разработанную питательную среду, готовую к применению. Полученные данные обработаны с использованием пакета статистических программ *Statistic for Windows*.

Результаты. Установлено, что *E. coli* можно рассматривать как дополнительный показатель с целью оценки недавнего фекального загрязнения. Отсутствие в питьевой воде *E. coli* не гарантирует отсутствия других представителей семейства *Enterobacteriaceae*. Наибольшую жизнеспособность проявили патогенные и потенциально патогенные бактерии. Менее устойчивыми оказались *E. coli*, т. е. микроорганизмы, на индикации которых построена система санитарно-эпидемической безопасности водопользования. В экспериментах установлено, что лактозоположительные колиформные бактерии менее устойчивы к действию обеззараживающих агентов, чем сальмонеллы и потенциально патогенные бактерии, что не должно быть присуще индикаторному микроорганизму.

Заключение. Результаты исследований свидетельствуют о том, что отсутствие нормируемых лактозоположительных фекальных индикаторов не гарантирует отсутствие инфекционных агентов, так как неучтёнными остаются лактозонегативные энтеробактерии – патогенные и потенциально патогенные виды, вызывающие кишечные инфекции. Следовательно, при санитарно-бактериологическом контроле водопроводной воды более целесообразно ориентироваться на показатель глюкозопозитивные колиформные бактерии (ГКБ).

Ключевые слова: глюкозоположительные и лактозоположительные колиформные бактерии; патогенные и потенциально-патогенные бактерии; эпидемическая безопасность.

Для цитирования: Рахманин Ю.А., Иванова Л.В., Артемова Т.З., Гипп Е.К., Загайнова А.В., Максимкина Т.Н., Красняк А.В., Журавлев П.В., Алешня В.В., Панасовец О.П. Сравнительная оценка санитарно-эпидемической значимости индикаторных колиформных показателей качества питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2019; 98 (3): 237-249. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249>

Для корреспонденции: Журавлев Петр Васильевич, зав. лаб. санитарно-микробиологических методов исследования ФГУН «РОСТОВНИИМП» Роспотребнадзора, 344000, Ростов-на-Дону. E-mail: rostovniimp@mail.ru

Благодарность. Выражаем глубокую благодарность доктору мед. наук Корш Л.Е., доктору мед. наук, профессору Талаевой Ю.Г., кандидату мед. наук Недачину А.Е. за предоставленные материалы научных исследований, а также всему коллективу лаборатории санитарной микробиологии и паразитологии НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.Н. Сысина.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 15.01.2019
Принята к печати 06.02.2019

© COLLECTIVE OF AUTHORS, 2019

Rakhmanin Yu.A.¹, Ivanova L.V.¹, Artyomova T.Z.¹, Gipp E.K.¹, Zagaynova A.V.¹, Maksimkina T.N.¹, Krasnyak A.V.¹, Zhuravlev P.V.², Aleshnya V.V.², Panasovets O.P.²

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE SANITARY AND EPIDEMIC IMPORTANCE OF COLIFORM INDICATORS OF THE DRINKING WATER QUALITY

¹Centre for Strategic Planning, Russian Ministry of Health, Moscow, 119991, Russian Federation;

²Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation

Introduction. The criteria used for the sanitary-bacteriological assessment of the quality of tap water should ensure its epidemic safety, which is important when choosing priority indicator microorganisms, quantitative determination of which will allow characterizing the risk of intestinal infections associated with water use conditions with sufficient reliability.

Material and methods. Analyzed water studies for 10 years for the presence of sanitary-indicative bacteria in the water of surface water bodies in accordance with the guidelines МУК 4.2.1884. To isolate and quantify *Salmonella*,

there were used the conventional magnesium medium and the developed nutrient medium, ready for use. The obtained data were processed using the statistical software package Statistic for Windows.

Results. It has been established that *E. coli* can be considered as an additional indicator in order to assess recent fecal contamination. The absence of *E. coli* in drinking water does not guarantee the absence of other members of the family Enterobacteriaceae. Pathogenic and potentially pathogenic bacteria exhibited the greatest viability. *E. coli* turned out to be less stable, i.e. microorganisms, on an indication of which the system of sanitary and epidemic safety of the water use was built. In the experiments, lactose-positive coliform bacteria were established to be less resistant to the action of disinfecting agents than salmonella and potentially pathogenic bacteria, which should not be inherent to the indicator microorganism.

Conclusion. Research results indicate that the absence of normalized lactose-positive fecal indicators fails to guarantee the absence of infectious agents since lactose-negative enterobacteria are unaccounted for — pathogenic and potentially pathogenic species causing intestinal infections. Therefore, in the sanitary-bacteriological control of tap water, it is more expedient to focus on the indicator glucose coliform bacteria (GKB).

Key words: glucose positive and lactose positive coliform bacteria; pathogenic and potentially pathogenic bacteria; epidemic safety.

For citation: Rakhmanin Yu.A., Ivanova L.V., Artyomova T.Z., Gipp E.K., Zagaynova A.V., Maksimkina T.N., Krasnyak A.V., Zhuravlev P.V., Aleshnya V.V., Panasovets O.P. Comparative assessment of the sanitary and epidemic importance of coliform indicators of the drinking water quality. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(3): 237-249. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-3-237-249>

For correspondence: Piotr V. Zhuravlev, MD, PhD., DSci., Head of the Laboratory of sanitary, microbiological and virological research methods and environmental impact assessment of the Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology, Rostov-on-Don, 344000, Russian Federation. E-mail: rostovniimp@mail.ru

Information about the author: Rakhmanin Yu.A., <http://orcid.org/0000-0003-2067-8014>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. We express deep gratitude to D.Sci. Korsh L.E., D.Sci., prof. Talaeva Yu.G., Ph.D. Nedachin A.E. for the provided materials of scientific research, as well as the entire team of the laboratory of sanitary microbiology and parasitology of the A.N. Sysin Research Institute of Human Ecology and Environmental Hygiene. The study had no sponsorship.

Received: 15 January 2019

Accepted: 6 February 2019

Введение

Высокая значимость санитарно-бактериологического контроля воды определяется выбором надёжных, научно обоснованных индикаторных микробных показателей, адекватно отражающих степень её потенциальной эпидемической опасности, возможность присутствия в воде возбудителей кишечных инфекций, а повышение эффективности такого контроля является ключевым мероприятием по усилению эпиднадзора за водообусловленными инфекционными заболеваниями.

Известные международные, национальные, в том числе Российские нормативные документы в качестве основных индикаторов эпидемической безопасности используют: колиформные бактерии, определяемые по признаку ферментации лактозы при температуре 37 °C (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии, определяемые по ферментации лактозы при температуре 44 °C (ТКБ), *E. coli* обладающие ферментом глюкоранидазой и определяемые по признаку ферментации лактозы при температуре 44 °C и образования индола.

Вместе с тем за более чем 13-летний период до введения в действие СанПиН 2.1.4.559–96 [1], предшественника СанПиН 2.1.4.1074–01 [2], в России качество питьевой воды контролировалось в соответствии с требованиями ГОСТ 2874–73 [3] и ГОСТ 18963–73 [4] по более широкой группе бактерий семейства Enterobacteriaceae, определяемых по отрицательному оксидазному тесту и ферментации глюкозы при температуре 37 °C (глюкозоположительные колиформные бактерии (ГКБ) или бактерии группы кишечной палочки (БГКП)). В течение нескольких десятилетий при стандартном качестве воды по этому показателю не было зарегистрировано заболеваний острыми кишечными инфекциями (ОКИ). Введение показателя ОКБ вместо ГКБ значительно снизило эпидемическую и санитарно-гигиеническую значимость бактериальных показателей, т. к. индикация по лактозному признаку

Introduction

The high importance of sanitary and bacteriological control of water is defined by a choice of the reliable, evidence-based indicator microbes indicators which are adequately reflecting degree of its potential epidemic danger, possibility of presence at water of causative agents of intestinal infections, and increase of efficiency of such control is key action for strengthening of an epidemic control behind the water caused infectious diseases.

Known international, national, including Russian normative documents, as the main indicators of epidemic safety use: the coliform bacteria determined by a lactose fermentation sign at a temperature of 37C (TCB), the thermotolerant coliform bacteria (FCB) determined by a lactose fermentation at a temperature of 44C (FCB), *E. coli* the lactose fermentations possessing enzyme glucuronidase and determined by a sign at a temperature of 44C and formations of an indole.

At the same time, for more than thirty-year period before introduction Sanitary rules and norms (SRN), Russian abbreviation SanPiN, SanPiN 2.1.4.559-96 [1], the predecessor SanPiN 2.1.4.1074-01 [2], in Russia quality of drinking water was controlled according to requirements of Government Standard (GOST) 2874-73 [3] and GOST 18963-73 [4] for wider group of the bacteria of Enterobacteriaceae family determined by negative oxidant dough and a fermentation of glucose at a temperature of 37C (glucose positive coliform bacteria – GCB or bacteria of group intestinal bacillus). Within several decades at standard quality of water on this indicator it wasn't registered diseases of the acute intestinal infections (AII). Introduction of an indicator (TCB) of experimental design bureau instead of GCB considerably lowered epidemic and sanitary-hygienic importance of bacterial indicators, be-

исключает из учёта значительную и весьма существенную часть лактозоотрицательных бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, среди которых преобладают патогенные (ПЭ) и потенциально-патогенные энтеробактерии (ППЭ). В связи с переходом контролирующих служб на лактозоположительные показатели ОКБ и ТКБ статистические данные по качеству питьевой воды в целом по стране улучшились, однако при этом возросла заболеваемость ОКИ, обусловленная водным фактором, в том числе неустановленной этиологии.

На примере одного из населённых пунктов Московской области подтверждена утрата предупредительной функции общепринятых индикаторных бактериологических показателей, где вспышку ОКИ не удалось предотвратить, так как при контроле качества питьевой воды из подземного источника не было выявлено показателей ОКБ и ТКБ, а также не было доказано поступление загрязнений в водоносный горизонт. При этом по обнаружению бактерий, ферментирующих глюкозу, развитие вспышек чётко прогнозировалось, однако из-за исключения нормативных требований по этому показателю из указанных выше СанПиН основания к организации профилактических мероприятий – введение обеззараживания питьевой воды – не имели легитимного характера.

Недостаточная надёжность лактозоположительных показателей в определении степени эпидемической опасности водопользования показана в многочисленных научных исследованиях и многократно представлена в практике контроля качества воды как в Российской Федерации, так и в зарубежных исследованиях, в частности, в отношении сальмонелл и ППЭ [5–8], в том числе с регистрируемыми случаями ОКИ [9–15].

Контроль качества воды в европейских странах и США, проводимый по лактозоположительным колиформным бактериям и *E. coli* [16], также не обеспечивает эпидемическую безопасность водопользования [17]. По данным известного американского аналитика [18], за 1991–1998 гг. на трёх территориях США больше половины из 126 водных вспышек ОКИ происходило при нулевых значениях ОКБ и ТКБ, что не позволило предотвратить заболеваемость населения.

К недостаткам показателей ОКБ и ТКБ относится также длительность проведения анализа – 72 ч, что ведёт к ограничению оперативности принятия предупредительных мер.

В рекомендациях ВОЗ колиформные бактерии рекомендовано рассматривать только как технологический показатель вторичного загрязнения питьевой воды.

Разноречивость мнений по индикаторному значению различных групп колиформных бактерий определила необходимость научного обоснования наиболее информативного и оперативного индикаторного бактериологического показателя качества питьевой воды, характеризующего потенциальную эпидемическую опасность возникновения ОКИ, что определило цель настоящей работы.

Материал и методы

Исследования проведены по комплексной программе с участием институтов эпидемиологического и гигиенического профиля и практической службы в разных регионах и климатических зонах России. Использована научно обоснованная методология, которая заключалась в установлении соответствия закономерностей жизнедеятельности индикаторных микроорганизмов с патогенными микроорганизмами в реальных условиях действия комплекса факторов и микробиоценозов водных объектов [19].

cause indication on a lactose sign excludes from the account considerable and very essential part lactose of negative bacteria of *Enterobacteriaceae* among which prevail pathogenic enterobacteriya (PE) and potentially - potentially pathogenic enterobacteriya (PPE). Due to the transition of the controlling services on lactose positive indicators of TCB and FCB statistical data on quality of drinking water countrywide improved, however thus the incidence of the AII caused by a water factor, including an unspecified etiology increased.

On the example of one of settlements of the Moscow region loss of precautionary function of the standard indicator bacteriological indicators where flash of (TII) didn't manage to be prevented is confirmed as at quality control of drinking water from an underground source it wasn't revealed indicators of TCB and TCB and FCB, and also receipt of pollution in the water-bearing horizon wasn't proved. Thus on detection of the bacteria fermenting glucose, development of flashes was accurately predicted, however because of an exception of standard requirements for this indicator of the basis SanPiNs stated above to the organization of preventive actions – introduction of disinfecting of drinking water - had no legitimate character.

Insufficient reliability lactose of positive indicators in definition of degree of epidemic danger of water use is shown in numerous scientific researches and repeatedly presented in practice of quality control of water both in the Russian Federation, and in foreign researches, in particular, concerning salmonellas and PPE [5–8], including with the registered cases of AII [9–15].

The quality control of water in the European countries and the USA which is carried out on lactose to positive coliform bacteria and *E. coli* [16], also doesn't ensure epidemic safety of water use [17]. According to the famous American analyst [18], for 1991–1998 in three territories of the USA more than a half of 126 water flashes of AII occurred at zero values of TCB and FCB that didn't allow preventing incidence of the population.

Also duration of carrying out the analysis 72 hours that conducts to restriction of efficiency of acceptance of precautionary measures belongs to shortcomings of TCB and FCB.

In the WHO recommendations it is only recommended to consider coliform bacteria as a technological indicator of secondary pollution of drinking water.

Contradiction of opinions the coliform bacteria determined need of scientific justification of the most informative and operational indicator bacteriological indicator of the quality of drinking water characterizing potential epidemic danger of emergence of TCB that defined the purpose of the real work by indicator value of various groups.

Material and Methods

Researches are conducted according to the comprehensive program with participation of institutes of an epidemiological and hygienic profile and practical service in different regions and climatic zones of Russia. The evidence-based methodology which consisted in establishment of compliance of regularities of activity of indicator microorganisms with pathogenic microorganisms in actual practice of action of a complex of factors and microbiocenoses of water objects is used [19].

Решающими критериями в сравнительной оценке значимости показателей являлись:

- наличие единого таксономического признака для патогенных и индикаторных бактерий;
- выживаемость их в водной среде;
- устойчивость к действию дезинфектантов;
- воспроизводимость результатов исследований;
- эпидемиологическая значимость индикаторного показателя;
- оперативность первичной оценки эпидемического риска.

При проведении экспериментальных и натуральных исследований в каждой пробе воды одновременно определяли сравнимые показатели: ОКБ, ТКБ, ГКБ, *E. coli*, фекальные энтерококки, патогенные бактерии (сальмонеллы), а также потенциально-патогенные бактерии (*Pseudomonas aeruginosa* и *Klebsiella*). Показатели определяли методом мембранной фильтрации [19–21]. При необходимости более надёжного выявления бактерий в питьевой воде после обеззараживания для восстановления свойств стрессированных бактерий использовали титрационный метод с первоначальным накоплением бактерий на неингибиторных и умеренно ингибиторных жидких средах [22, 23]. Глюкозоположительные колиформные бактерии (ГКБ) определяли ускоренным методом: мембранная фильтрация, инкубация посевов на среде Эндо при температуре 37 °С в течение 18–24 ч, определение в течение 1–2 мин оксидазной активности одновременно всех выросших на мембранном фильтре колоний после контакта с оксидазным реактивом, подтверждение способности бактерий, не обладающих оксидазной активностью, ферментировать глюкозу до кислоты и газа при температуре 37 °С на полужидкой среде в течение 4–5 ч.

Для выделения и количественного учёта сальмонелл использовали общепринятую магниевую среду и улучшенную [24] питательную среду, готовую к применению.

Натурные исследования проведены при анализе проб воды подземных источников Московской, Владимирской, Калужской областей, а также в регионе Средней Азии в условиях жаркого климата. Исследовали питьевую воду городов Ростовской области за 5-летний период и Средней Азии за 10-летний период в сопоставлении с заболеваемостью населения ОКИ по данным статистической отчетности. Отбор проб проводили в соответствии с ГОСТ 31942–2012 [25].

Экспериментальные исследования выполнены на воде модельных водоёмов. При изучении закономерностей выживаемости бактерий в воде моделировали условия естественного биоценоза поверхностных водоёмов (при загрязнении сточными водами в ёмкостях по 10 л с разведением до 10^3 – 10^4 ОКБ на 100 мл с добавлением культуры сальмонелл: *Salmonella typhimurium*, *Salmonella infantis*, *Salmonella enteritidis* до этого же уровня и изучали динамику величин сравниваемых показателей в течение 100 сут, анализируя пробы на первые и вторые сутки и далее с недельным интервалом. Аналогичным образом моделировали водоёмы объёмом 1 л для исследования влияния обеззараживающих агентов (гипохлорита натрия, диоксида хлора, сочетанного действия хлора и озона) на изучаемые бактерии. В качестве инактиватора обеззараживающих агентов при отборе проб использовали тиосульфат натрия. При изучении процессов отмирания бактерий в условиях вторичного загрязнения в дехлорированную водопроводную воду добавляли первоначальный уровень бактериального загрязнения и сальмонелл. Сальмонеллы были выбраны как широко встречающиеся и наиболее устойчивые во внешней среде представители патогенных бактерий.

Decisive criteria in a comparative assessment of the importance of indicators were:

- existence of a uniform taxonomical sign for pathogenic and indicator bacteria;
- their survival in the introduction environment;
- resistance to action of disinfectants;
- reproducibility of results of researches;
- epidemiological importance of an indicator;
- efficiency of primary assessment of epidemic risk.

When carrying out pilot and natural studies in each test of water at the same time defined the compared indicators: TCB, FCB, GCB, *E. coli*, fecal Enterococci, pathogenic bacteria (*Salmonella*), and also potentially - pathogenic bacteria (*Pseudomonas aeruginosa* and *Klebsiella*). Indicators determined by method of a membrane filtration [19–21]. In need of more reliable identification of bacteria in drinking water after disinfecting for restoration of properties the stressed bacteria used a titration method with initial accumulation of bacteria on not inhibitory and moderately inhibitory liquid environments [22, 23]. Glucose positive coliform bacteria (GCB) determined by the accelerated method: membrane filtration, incubation of crops on Endo's incubation at a temperature of 37°C within 18–24 hours, definition within 1–2 minutes of oxidant activity of at the same time all colonies which grew on the membrane filter after contact with an oxidant reactant, confirmation of ability of the bacteria which aren't possessing oxidant activity to ferment glucose to acid and gas at a temperature of 37°C on the semi-liquid medium within 4–5 hours.

For allocation and the quantitative accounting of salmonellas are used the standard magnesium environment. It is also improved [24] nutrient medium ready to application.

Natural researches are conducted in the analysis of tests of water of underground sources of the Moscow, Vladimir, Kaluga areas, and also in the region of Central Asia in the conditions of hot climate. Investigated drinking water of the cities of the Rostov region for the five-year period and Central Asia for the ten-year period in comparison to incidence of the population of AII according to the statistical reporting. Sampling are made according to GOST 31942–2012 [25].

Pilot studies are executed on water of model reservoirs. When studying regularities of survival of bacteria in water modelled conditions of a natural biocenosis of superficial reservoirs (at pollution by sewage in capacities on 10 liters with cultivation to 10^3 – 10^4 experimental design bureaus on 100 ml with addition of culture of salmonellas: *Salmonella typhimurium*, *Salmonella infantis*, *Salmonella enteritidis* to the same level also studied dynamics of sizes of the compared indicators within 100 days, analyzing tests on the first and second day and further with a week interval. Similarly modelled reservoirs of 1 liter for research of influence of the disinfecting agents (hypochlorite of sodium, dioxide of chlorine, combined effect of chlorine and ozone) on the studied bacteria. As the in activator of the disinfecting agents when sampling are used sodium thiosulphate. When studying processes of dying off of bacteria in the conditions of secondary pollution added the initial level of bacterial pollution and salmonellas to dechlorinated tap water. Salmonellas were chosen as widely meeting and steadiest representatives of pathogenic bacteria in environment.

Интегральное значение колиформных показателей

Показатель	ГКБ	ОКБ	ТКБ	<i>E. coli</i>
Признак идентификации	Глюкоза, кислота и газ 37 °С	Лактоза, кислота и газ 37 °С	Лактоза, кислота и газ 44 °С	Лактоза, кислота и газ 44 °С образовани е индола
Род семейства <i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i> <i>Citrobacter</i> <i>Enterobacter</i> <i>Rahnella</i> <i>Buttiauxella</i> <i>Gafnia</i> <i>Morganella</i> <i>Edwardsiella</i> <i>Providencia</i> <i>Serratia</i> <i>Enterobacter</i> <i>Proteus</i> <i>Salmonella</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i> <i>Citrobacter</i> <i>Enterobacter</i> <i>Rahnella</i> <i>Buttiauxella</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i>	<i>Escherichia</i>
			ВОДА СТАНДАРТНОГО КАЧЕСТВА	

При экспериментальном изучении динамики отмирания испытываемых бактерий в подземных водах моделировали загрязнение водонасыщенных грунтов с последующим отбором проб на протяжении года. В природных условиях изучали дальность и длительность выживания бактерий в водоносных горизонтах после внесения загрязнённой воды в скважину на экспериментальном участке и последующем повременном отборе проб в скважинах на различном расстоянии от источника загрязнения по направлению продвижения грунтовых вод.

Изучение зависимости заболеваемости населения ОКИ от уровня бактериального загрязнения воды проведено с использованием данных собственных исследований и статистической отчётности по средним данным за каждый месяц в течение многолетнего периода.

Данные, полученные в результате экспериментальных и природных исследований, обработаны с использованием программного обеспечения Microsoft Windows, Microsoft Excel 2003 и пакета статистических программ Statistic for Windows. При исследовании нативных вод достоверность различия показателей рассчитывалась с использованием непараметрических критериев Уайта [26].

Результаты

Анализ по таксономическим признакам родового состава бактерий семейства *Enterobacteriaceae*, определяемых в составе колиформных показателей в соответствии с классификацией Берджи [27], представлен в таблице.

Как видно из таблицы, интегральное значение показателя ГКБ включает как ферментирующие лактозу бактерии *E. coli*, ОКБ, ТКБ, так и лактозоотрицательные роды, среди которых основное место занимают эпидемически значимые патогенные (сальмонеллы) и потенциально-патогенные микроорганизмы, вызывающие оппортунистические инфекции человека (например, гафнии, эдвардсиеллы, морганеллы, протеи, сerratии, провиденции и др.). Таким образом, именно глюкозоферментирующий признак является единым для ГКБ и ПЭ, в связи с чем уже априорно можно полагать, что контроль качества воды только по лактозоположительным показателям не может гарантировать её эпидемическую безопасность.

Показатель *E. coli* можно рассматривать как дополнительный показатель с целью оценки недавнего фекально-

Integrated value coliform of indicators

Indicators	Glycosa-positive bacteria (GCB)	Total coliform bacteria (TCB)	Fecal coliform (FCB)	<i>E. coli</i>
Signs identifying	Glucose acid and gas and 37 °С	Lactose to acid and gas and 37 °С	Lactose to acid and gas and 44 °С	Lactose to acid and gas and 44 °С indole
<i>Enterobacteriaceae</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i> <i>Citrobacter</i> <i>Enterobacter</i> <i>Gafnia</i> <i>Morganella</i> <i>Edwardsiella</i> <i>Providencia</i> <i>Serratia</i> <i>Proteus</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i> <i>Citrobacter</i> <i>Enterobacter</i>	<i>Escherichia</i> <i>Klebsiella</i>	<i>Escherichia</i>
			WATER STANDARD QUALITY	

At experimental studying of dynamics of dying off of ex-aminees of bacteria in underground waters modelled pollution of water-saturated soil with the subsequent sampling for a year. In natural conditions studied range and duration of a survival of bacteria in the water-bearing horizons after entering of the polluted water into a well on an experimental site and the subsequent time sampling in wells at various distance from a pollution source in the direction of advance of ground waters.

Studying of dependence of incidence of the population of TII on the level of bacterial pollution of water is carried out with use of these own researches and the statistical reporting under average data for every month during the long-term period.

The data obtained as a result of pilot and natural studies are processed with use of the software of Microsoft Windows, Microsoft Excel 2003 and package of statistical programs - Statistic for Windows. At research of native waters reliability of distinction of indicators paid off with use of nonparametric criteria of Whyte [26].

Results

The analysis on taxonomical signs of patrimonial structure of the bacteria of *Enterobacteriaceae* family defined in structure the coliform of indicators according to classification Berdzh [27] is presented in table.

Apparently, integrated value of an indicator of GCB includes as the bacteria fermenting lactose – *E. coli*, experimental design bureau, TCB, and lactose negative childbirth among which the main place is taken epidemic significant pathogenic (salmonellas) and potentially – the pathogenic microorganisms causing opportunistic infections of the person (for example, hafniums, edwardsiyella, morganella, proteas, serration, providention, etc.). Thus, glucose the fermenting sign is uniform for GCB and PE in this connection it is already a priori possible to believe that water quality control only on lactose positive indicators can't guarantee its epidemic safety.

The indicator of *E. coli* can be considered as an additional indicator for the purpose of an assessment of recent fecal pol-

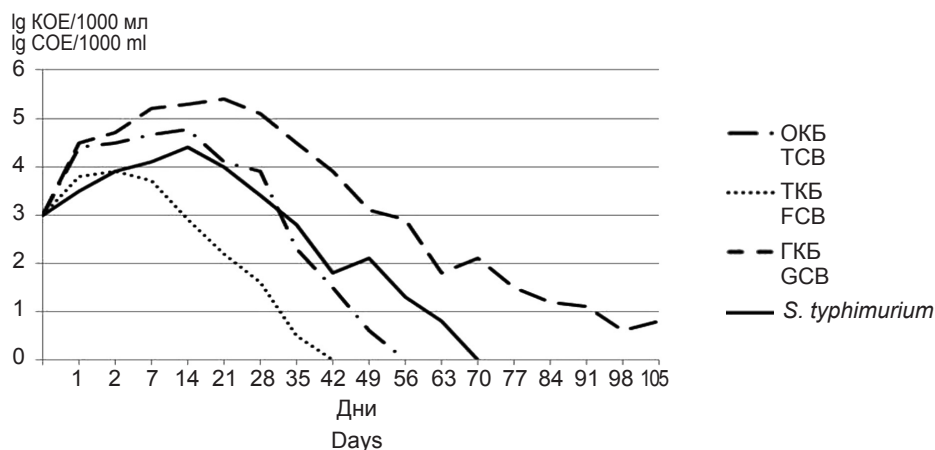


Рис. 1. Сравнительная динамика вегетирования лактозоположительных и ГСВ в стерилизованной речной воде (заражающая доза составила 10^3 КОЕ/л).

Fig. 1. Comparative dynamics of a vegetans the lactose positive and glucose positive coliform of bacteria in the sterilized river water (the infecting dose – 10^3 COE/l).

го загрязнения. Однако отсутствие в питьевой воде *E. coli* не гарантирует отсутствия других представителей семейства *Enterobacteriaceae*.

Кроме того, при изучении биохимической активности видов бактерий семейства *Enterobacteriaceae* выявлено, что признак ферментации лактозы, на котором основаны показатели ОКБ, ТКБ, *E. coli*, является одним из наиболее лабильных, он непостоянен, изменяется внутри вида и у отдельных штаммов. Поэтому выбор этого признака для идентификации индикаторных групп колиформных бактерий следует считать недостаточно обоснованным.

В исследованиях, проведённых на действующих водопроводных станциях, при изучении устойчивости биохимических свойств бактерий, выделенных после первичного хлорирования, показана утрата лактозного признака и способности к газообразованию у 30% штаммов при стабильных показателях ГСВ – ферментации глюкозы и оксидантной активности, характерных для более представительной группы бактерий семейства *Enterobacteriaceae*. Изменчивость признака ферментации лактозы снижает надёжность контроля качества воды по показателям ОКБ и особенно ТКБ, поскольку для этой группы бактерий признак термотолерантности вообще не может рассматриваться как таксономический из-за его непостоянства.

При выборе индикаторных микроорганизмов необходимо учитывать закономерности их вегетирования и сроки выживания в сравнении с патогенными бактериями. Изучение выживаемости бактерий (рис. 1) показало, что в речной воде *Salmonella typhimurium* после размножения в десятки раз за первые сутки эксперимента сохраняли жизнеспособность до 63 сут. Бактерии группы ГСВ, также как сальмонеллы, размножались и обнаруживались в воде даже через 105 сут, являясь тем самым индикаторно значимыми. При этом лактозоположительные индикаторы ТКБ и ОКБ отмирали существенно раньше – через 35 и 49 сут соответственно, что указывает на снижение информативности и надёжности этих показателей в оценке эпидемиологической безопасности.

Аналогичные результаты получены и в сериях экспериментов по моделированию вторичного загрязнения водопроводной дехлорированной воды. Установлено размножение сальмонелл (*S. infantis* и *S. enteritidis*) и длительное их вегетирование до 40–84 сут. Столько же вре-

лution. However, absence *E. coli* in drinking water doesn't guarantee absence of other representatives of *Enterobacteriaceae* family.

Besides, when studying biochemical activity of species of bacteria of *Enterobacteriaceae* family it is revealed that the lactose fermentation sign on which indicators of experimental design bureau are based, of TCB, *E. coli*, is one of the most labile, is changeable, changes in a look and at separate strains. Therefore the choice of this sign for identification of indicator groups the coliform bacteria should be considered insufficiently reasonable.

In the researches conducted at the operating waterworks when studying stability of biochemical properties of the bacteria allocated after primary chlorination loss of a lactose sign and ability to gas generation at 30% of strains at stable indicators of GCB is shown – fermentations of glucose and oxidant activity, characteristic for more representative group of bacteria of *Enterobacteriaceae* family. Variability of a sign of a fermentation of lactose reduces reliability of quality control of water on indicators of experimental TCB and especially TCB as for this group of the thermotolerance bacteria sign can't be considered as taxonomical because of its inconstancy at all.

At a choice of indicator microorganisms it is necessary to consider regularities of their vegetans and terms of a survival in comparison with pathogenic bacteria. Studying of survival of bacteria (fig. 1) showed that in river *Salmonella typhimurium* water after reproduction in tens times for the first time days of experiment kept viability till 63 days. Bacteria of GCB group, also as salmonellas, bred and found in water even in 105 days, being that indicate significant. Thus the TCB and GCB lactose positive indicators died off significantly earlier – in 35 and 49 days respectively that points to decrease in informational content and reliability of these indicators in an assessment of epidemic safety.

Similar results are received and in series of experiments on modeling of secondary pollution of tap dechlorinated water. Reproduction of salmonellas (*S. infantis* and *S. enteritidis*) and their long vegetans till 40–84 days is established. As

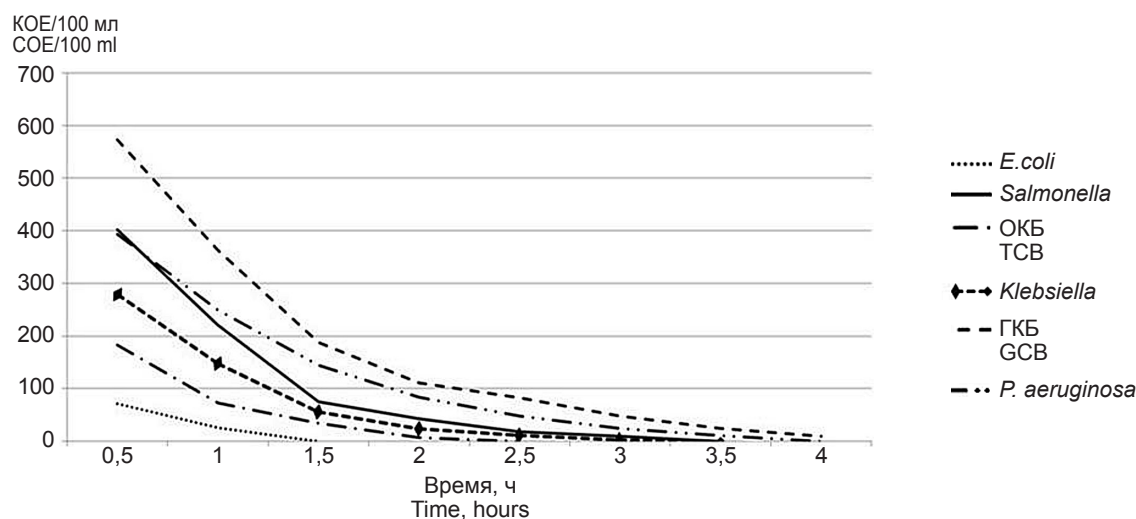


Рис. 2. Сравнительная устойчивость индикаторных и болезнетворных бактерий при воздействии гипохлорита натрия (доза активного хлора 0,3 мг/л).

Fig. 2. Comparative stability of indicator and pathogenic bacteria at sodium hypochlorite influence (a dose of active chlorine of 0,3 mg/l).

мени выживали ГКБ. При этом *E. coli* отмирали через 15 сут, ТКБ – через 28 сут, энтерококки – через 35 сут. Длительность сохранения жизнеспособности ГКБ совпадала с таковой у сальмонелл, следовательно, только этот показатель ГКБ сохранял индикаторную значимость. В экспериментах доказано, что *E. coli* и другие лактозоположительные колиформные бактерии не могут служить надёжными индикаторами при выявлении потенциальной эпидемической опасности в случаях вторичного загрязнения питьевой воды в сетях, водоразборных колонках, скважинах, резервуарах, протяжённых водопроводах и других водопроводных сооружениях, поскольку они отмирают раньше, чем возбудители ОКИ, и тем самым не гарантируют отсутствие ППЭ в питьевой воде.

Экспериментальные данные подтверждены в реальных ситуациях. Так, размножение сальмонелл выявлено на оголовке скважины детской базы отдыха в Московской области. Вспышка сальмонеллёза была предотвращена только при использовании для контроля показателя ГКБ, в то время как по лактозоположительным показателям ОКБ и ТКБ качество воды соответствовало установленным требованиям. Натурные наблюдения на водопроводах различных территорий также подтвердили экспериментальные данные о большей устойчивости и выживаемости ППЭ по сравнению с лактозоположительными колиформами.

В экспериментальных исследованиях установлено, что колиформные бактерии, определяемые по ферментации лактозы, оказались менее устойчивыми, чем сальмонеллы и потенциально-патогенные бактерии, и к действию обеззараживающих агентов (хлору, озону, фотосенсибилизаторам, гуанидинсодержащим препаратам и др.), что не должно быть присуще индикаторному микроорганизму.

Отмечено, что к обеззараживающему действию гипохлорита натрия наиболее чувствительными оказались *E. coli* и ОКБ при значительно большей устойчивости сальмонелл, клебсиелл и синегнойных палочек. Наибольшая толерантность к хлору была выявлена у ГКБ (рис. 2). После того как перестали высеваться лактозоположительные индикаторные микроорганизмы, ещё в течение часа–

much time GCB survived. At this *E. coli* died off in 15 days, TCB – in 28 days, Enterococci – in 35 days. Duration of preservation of viability of GCB coincided with that at salmonellas, therefore, only this indicator of GCB kept the indicator importance. In experiments it is proved that *E. coli* and other lactose positive coliform bacteria can't serve as reliable indicators at detection of potential epidemic danger in cases of secondary pollution of drinking water in networks, water folding columns, wells, tanks, extended water supply systems and other water constructions as they die off earlier, than activators of AII and by that don't guarantee lack of PPE in drinking water.

Experimental data are confirmed in real situations. So, reproduction of salmonellas is revealed on a water well of children's recreation facility in the Moscow region. The outbreak of salmonellas was prevented only when using for control of an indicator of GCB while on lactose positive indicators of experimental design bureau and TCB quality of water conformed to the established requirements. Natural supervision on water supply systems of various territories also confirmed experimental data about bigger stability and survival of PPE, in comparison with lactose positive coliform.

In pilot studies it is established that the coliform bacteria determined by a lactose fermentation were less steady, than salmonellas and potential and pathogenic bacteria, and to action of the disinfecting agents (to chlorine, ozone, photosensitizes, the guanidine-containing drugs, etc.) that shouldn't be inherent in an indicator microorganism.

It is noted that to the disinfecting effect of hypochlorite of sodium were the most sensitive *E. coli* and experimental design bureau at much bigger stability of salmonellas, *Klebsiellas* and *Pseudomonas aeruginosa*. The greatest tolerance to chlorine was revealed at GCB (fig. 2). After lactose positive indicator microorganisms ceased to be sowed, within 1 – 1,5 hours were allocated pathogenic (*Salmonella*) and potentially pathogenic (*Klebsiyella*, *Pseudomonas aeruginosa*). Bacteria

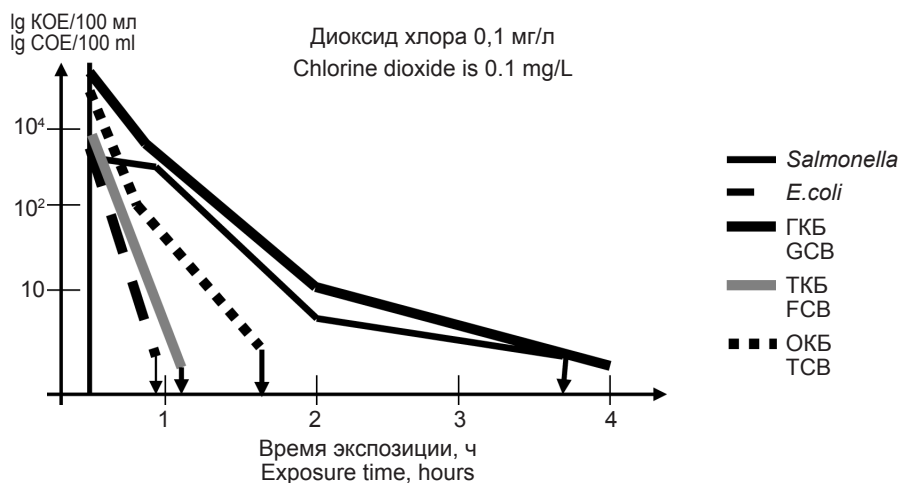


Рис. 3. Сравнительная устойчивость индикаторных и патогенных бактерий к действию диоксида хлора.

Fig. 3. Comparative indicator resistance and pathogenic bacteria to effect of dioxide of chlorine.

полутора выделялись ПЭ (сальмонеллы) и ППЭ (клебсиеллы, синегнойные палочки). Бактерии интегрального показателя ГКБ обнаруживались в воде даже спустя 2 ч после прекращения регистрации ОКБ и в течение 1 ч после отмирания сальмонелл, т. е. сохраняли индикаторное значение в оценке эпидемической безопасности питьевой воды.

При изучении бактерицидной эффективности диоксида хлора (рис. 3) также выявлена меньшая (сравнительно с сальмонеллами) устойчивость *E. coli*, ОКБ и ТКБ, которые не обнаруживались уже при 2-часовом контакте, в то время как сальмонеллы и ГКБ оставались жизнеспособными более 3 ч.

При комбинированном действии обеззараживающих агентов (хлора и озона) подтверждена большая устойчивость сальмонелл к этим дезинфектантам, чем термотолерантная *E. coli* и ОКБ. Сальмонеллы отмирали при времени контакта 4 ч, в то время как *E. coli* и ОКБ не обнаруживались уже через 2 ч. Индикаторное значение в отношении патогенных бактерий сохраняли только ГКБ.

Таким образом, в экспериментах по изучению эффективности различных дезинфектантов ГКБ обладали равной или большей устойчивостью по сравнению с возбудителями кишечных инфекций, что обеспечивает надёжность контроля эффективности обеззараживания по этому показателю в централизованных системах водоснабжения населённых мест.

Результаты экспериментальных исследований подтверждены натурными наблюдениями на водопроводах различных климатических зон страны. Так, изучение видового состава бактерий, выделенных после первичного хлорирования на Рублёвской водопроводной станции г. Москвы показало наибольшую устойчивость клебсиелл, энтеробактеров, цитробактеров и других видов, относящихся к ГКБ. Бактерии *E. coli* при этом не были обнаружены и, следовательно, не обладали индикаторной функцией.

В населённом пункте N, где подача воды населению осуществлялась через уличные водоразборные колонки, периодическая санация которых проводилась по показаниям лабораторного контроля качества воды, было выявлено вторичное загрязнение по показателям ОКБ и ТКБ в 60 колонках, в связи с чем была проведена их санация. В других 63 колонках обнаружены только ГКБ, но при

of an integrated indicator of GCB were found in water even 2 hours later after the termination of registration of experimental design bureau and within 1 hour after dying off of *Salmonella*, i.e. kept indicator value in an assessment of epidemic safety of drinking water.

When studying bactericidal efficiency of dioxide of chlorine (fig. 3) in stability of *E. coli*, experimental design bureau and TCB which weren't found already at two hour contact while salmonellas and GCB remained viable more than 3 hours is also revealed smaller, compared with salmonellas.

At the combined action of the disinfecting agents (chlorine and ozone) big resistance of salmonellas to these disinfectants, than thermotolerant *E. coli* and experimental design bureau is confirmed. Salmonellas died off at contact time 4 hours while *E. coli* and experimental design bureaus weren't found in two hours. Indicator value concerning pathogenic bacteria was kept only by GCB.

Thus, in experiments on studying of efficiency of various disinfectants glucose positive coliform possessed equal or bigger stability in comparison with causative agents of intestinal infections that provides reliability of control of efficiency of disinfecting on this indicator in the centralized systems of water supply of the occupied places.

Results of pilot studies are confirmed with natural supervision on water supply systems of various climatic zones of the country. So studying of specific structure of the bacteria allocated after primary chlorination at Rublevsky waterworks Moscow showed the greatest stability *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Tsitolbacter* and other types relating to GCB. Bacteria *E. coli* thus weren't found and, therefore, didn't possess indicator function.

In settlement N where water supply to the population was carried out through street water folding columns which periodic sanitation was carried out according to indications of laboratory quality control of water, secondary pollution on indicators of experimental design bureau and TCB in 60 columns was revealed; in this connection sanitation is carried out them. In other 63 columns only GCB are found, but in the absence of

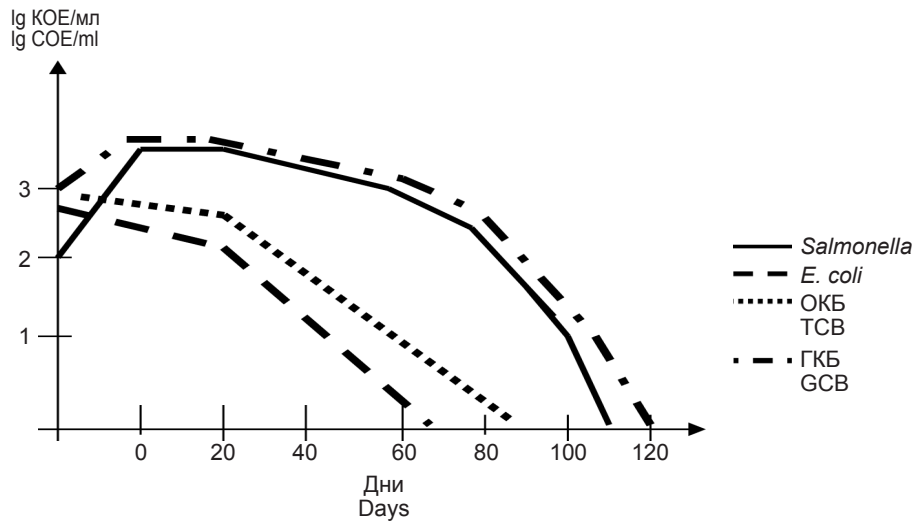


Рис. 4. Выживаемость сальмонелл и колиформных бактерий в водонасыщенных грунтах.

Fig.4. Survival of salmonellas and the coliform of bacteria in water saturated soil.

отсутствии требований в нормативных документах по этому показателю не было оснований к проведению санации, и население было вынуждено пить воду, загрязнённую лактозоотрицательными бактериями, среди которых преобладали ППЭ. В результате возросла заболеваемость населения ОКИ в летний период.

Что касается индикаторного значения показателей при оценке качества воды подземных источников, то многолетними исследованиями закономерностей вегетирования патогенных и индикаторных микроорганизмов в зависимости от таких факторов, как степень исходного заражения, pH, температура, присутствие химических веществ в водонасыщенных грунтах различного типа, установлено размножение и длительные сроки выживания сальмонелл, паратифа В и шигелл, достигавшие 140 сут при сохранении их вирулентности. При длительном вегетировании в воде выявлено изменение видового состава индикаторных бактерий за счёт более интенсивного отмирания *E. coli* и ОКБ, по сравнению с бактериями родов *Citrobacter* и *Enterobacter*, что указывает на снижение индикаторного значения этих показателей (рис. 4).

В природных условиях при изучении скорости миграции микроорганизмов в подземных водах при их искусственном пополнении установлено наибольшее индикаторное значение ГКБ и энтерококков. При этом дальность распространения *E. coli* составила всего 20 м, ГКБ – 100 м, а энтерококков – 200 м. Эти данные объясняют, почему при исследовании свыше 150 проб питьевой воды из подземных источников в Московской области ни разу не была выявлена *E. coli*, ТКБ обнаруживали только в 2% проб, ОКБ – в 5% проб. При этом возможность загрязнения водоносных горизонтов была показана по выделению ГКБ (21% проб) и синегнойных палочек (6,1% проб).

Материалы, полученные при изучении качества питьевой воды городов Ростовской области за период с 2006 по 2010 г., наглядно показали приоритетную надёжность показателя ГКБ при оценке эпидемической безопасности водопользования. Из питьевой воды одного из городов при стандартном качестве воды по показателям ОКБ, ТКБ и *E. coli* выделены клебсиеллы в 26,2% проб, синегнойной палочки в 5,4% проб. В двух случаях обнаружены сальмонеллы. В другом городе в питьевой воде стандарт-

requirements in normative documents for this indicator there were no bases to carrying out sanitation, and the population was compelled to drink the water polluted by lactose positive bacteria among which PPE prevailed. As a result incidence of the population of TII during the summer period increased.

As for indicator value of indicators at an assessment of quality of water of underground sources, long-term researches of regularities of a vegetans of pathogenic and indicator microorganisms depending on such factors as degree of initial infection, pH, temperature, presence of chemicals in various type water-saturated soil, established reproduction and long terms of a survival of salmonellas, a paratyphoid In and shigellas, the reaching 140 days at preservation of their virulence. At a long vegetans in water change of specific structure of indicator bacteria due to more intensive dying off of *E. coli* and FCB, in comparison with bacteria of the sorts *Citrobacter* and *Enterobacter* that points to decrease in indicator value of these indicators (fig. 4).

In natural conditions when studying speed of migration of microorganisms in underground waters at their artificial replenishment the greatest indicator value of GCB and *Enterococci* is established. Thus range of distribution of *E. coli* made all 20m, GCB – 100 m, and *Enterococci* – 200 m. These data are explained why at research over 150 tests of drinking water from underground sources in the Moscow region *E. coli* was never revealed, TCB found only in 2% of tests, experimental design bureau – in 5% of tests. Thus possibility of pollution of the water-bearing horizons was shown on allocation of GCB (21% of tests) and *Pseudomonas aeruginosa* (6,1% of tests).

The materials received when studying quality of drinking water of the cities of the Rostov region during 2006 – 2010, demonstrated priority reliability of an indicator of GCB at an assessment of epidemic safety of water use. From drinking water of one of the cities, at standard quality of water on indicators of experimental design bureau, TCB and *E. coli*, *Klebsiyellas* in 26,2% of tests, a *Pseudomonas aeruginosa* in 5,4% of tests are allocated. In two cases salmonellas are

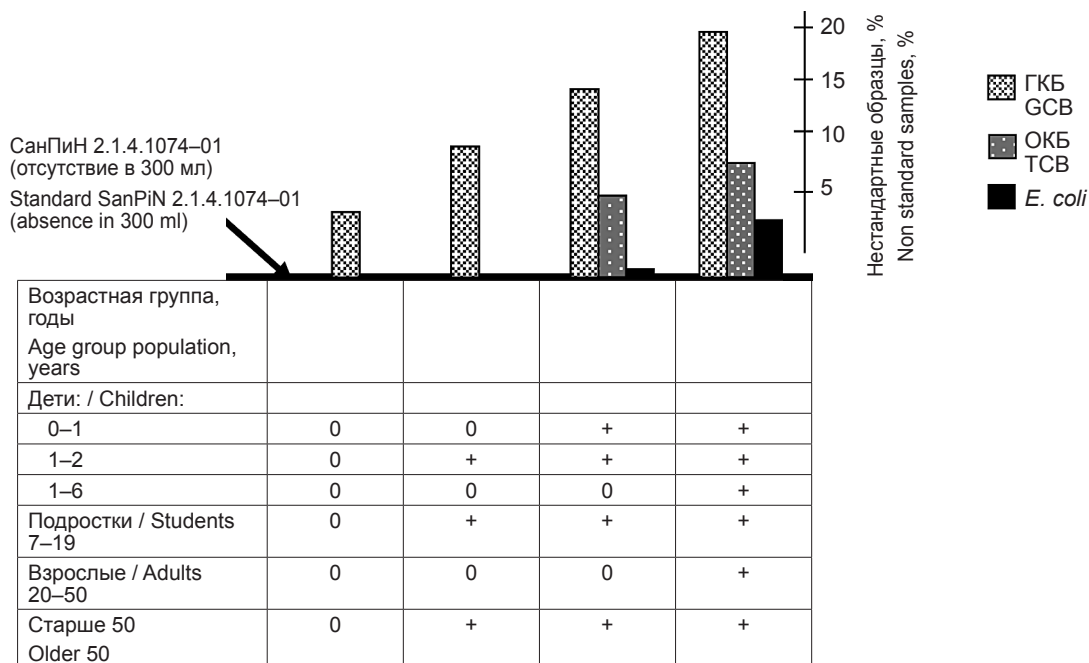


Рис. 5. Приоритетность показателя ГКБ при оценке эпидемической безопасности питьевой воды.
Fig. 5. Priority of an indicator of GCB at an assessment of epidemic safety of drinking water.

ного качества по ОКБ и ТКБ зарегистрировано наличие клебсиелл в 16,6% и синегнойных палочек в 5,2% проб. При этом выявлена чёткая корреляционная связь качества воды с уровнем заболеваемости населения ОКИ только по показателю ГКБ.

Наиболее адекватное индикаторное значение показателя ГКБ подтверждено также по основному критерию – сопоставлению качества питьевой воды с заболеваемостью населения в населённом пункте в условиях жаркого климата. Вклад водного фактора в заболеваемость населения ОКИ подтверждён эпидемиологическими, бактериологическими и статистическими методами.

На рис. 5 показано, что при числе нестандартных проб свыше 5% по ГКБ регистрировалась заболеваемость кишечными инфекциями среди контингента повышенного риска. Этиологическая расшифровка показала, что возбудителями заболеваний являлись потенциально-патогенные бактерии семейства *Enterobacteriaceae* и синегнойная палочка. Эти же бактерии были выделены из воды разводящей сети, загрязнение которой было обусловлено изношенностью сетей, разгерметизацией трубопроводов и перепадами давления при периодическом отключении напора. Лактозоположительные показатели при таком же нормативе не гарантировали эпидемическую безопасность. При отсутствии ОКБ и *E. coli* в 300 мл была отмечена заболеваемость ОКИ среди детей 1–3 лет, учащихся и взрослых старше 50 лет.

На примере этого же города выполнены динамические исследования в ретроспективном анализе данных собственных исследований и санэпидслужбы города за 9-летний период по качеству воды и заболеваемости населения. По каждому из изученных показателей весь массив данных (99 мес и 38 признаков) был ранжирован по уровням загрязнения. В эти же временные интервалы оценивалась в интенсивных показателях заболеваемость ОКИ, дизентерией, брюшным тифом и паратифами по возрастным и

found. In other city in drinking water of standard quality on FCB and TCB existence *Klebsiellas* in 16,6% and *Pseudomonas aeruginosa* of sticks in 5,2% of tests is registered. Thus accurate correlation communication of quality of water with an incidence of the population of AII only on GCB indicator is revealed

The most adequate indicator value of an indicator of GCB is confirmed also by the main criterion – comparison of quality of drinking water to incidence of the population in the settlement in the conditions of hot climate. The contribution of a water factor to incidence of the population of AII is confirmed with epidemiological, bacteriological and statistical methods.

In figure 5 it is shown that at number of non-standard tests over 5% on GCB incidence of intestinal infections among the contingent of the increased risk was registered. Etiological interpretation showed that causative agents of diseases were potentially - pathogenic bacteria of *Enterobacteriaceae* and *Pseudomonas aeruginosa*. The same bacteria were allocated from water of the parting network which pollution was caused, wear of networks, depressed of pipelines and pressure differences at periodic shutdown of a pressure. Lactose positive indicators at the same standard didn't guarantee epidemic safety. In the absence of experimental design bureau and *E. coli* in 300 ml incidence of AII among children of 1-3 years took place, pupils and adults is more senior than 50 years.

On the example of the same city dynamic researches in the retrospective analysis of these own researches and sanitary and epidemiological service of the city for the nine-year period on quality of water and incidence of the population are executed. On each of the studied indicators all data file (99 months and 38 signs) was ranged on pollution levels. Incidence of AII, by dysentery, a typhoid and paratyphus on

социальным группам. При анализе полученных данных подтверждена надёжность показателя ГКБ в отношении ОКИ и установлен критерий эпидемической безопасности – отсутствие ГКБ в 300 мл питьевой воды. Лактозоположительные показатели при таком же нормативе не гарантировали эпидемическую безопасность.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что отсутствие нормируемых лактозоположительных фекальных индикаторов (ОКБ и *E. coli*) не гарантирует отсутствия инфекционных агентов, так как неучтёнными остаются лактозонегативные энтеробактерии, в состав которых входят патогенные и потенциально патогенные виды, вызывающие кишечные инфекции. Следовательно, при санитарно-бактериологическом контроле водопроводной воды более целесообразно ориентироваться на показатель ГКБ.

Обсуждение

В экспериментальных исследованиях и в реальных ситуациях контроля качества воды питьевого водопользования установлено существенное преимущество индикаторного колиформного показателя, идентифицируемого по ферментации глюкозы (ГКБ) и отрицательному оксидазному тесту, являющегося уникальным интегральным показателем потенциальной опасности возникновения кишечных инфекций бактериальной этиологии.

Сравнение с лактозоположительными индикаторами ОКБ, ТКБ и *E. coli*, проведённое по основному критерию – надёжности выявления степени потенциальной эпидемической опасности возникновения бактериальных кишечных инфекций, связанных с водным фактором передачи, этиологическим агентом которых могут быть не только патогенные, но и потенциально патогенные бактерии, показало, что на основании многолетних исследований, проведённых в различных регионах России, а также за рубежом (по сопоставлению качества воды с заболеваемостью населения кишечными инфекциями), в качестве индикаторного показателя эпидемической безопасности воды целесообразно рекомендовать определение содержания ГКБ.

Заключение

Необходимость введения данного показателя в целях укрепления эпиднадзора за водообусловленными инфекционными заболеваниями определяется следующим:

- показатель гарантирует надёжный контроль эпидемической безопасности питьевой воды в отношении патогенных и потенциально-патогенных бактерий: при использовании показателя ГКБ практически невозможны ситуации, когда при стандартном качестве воды обнаруживаются патогенные микроорганизмы (сальмонеллы) и потенциально-патогенные бактерии, в то время как при стандартном качестве воды по ОКБ и ТКБ [18] наблюдаются вспышки кишечных инфекций;
- группа ГКБ выделяется по таксономическому признаку ферментации глюкозы, являющейся интегральным показателем, который объединяет значительно более широкий спектр бактерий семейства *Enterobacteriaceae* по сравнению с ОКБ и ТКБ и гарантирует отсутствие в исследуемом объёме воды как лактозоположительных показателей (*E. coli*, ОКБ, ТКБ), так и патогенных (сальмонеллы) и потенциально-патогенных видов бактерий, не ферментирующих лактозу;
- показатель гарантирует надёжный контроль эпидемической безопасности питьевой воды в отношении патогенных и потенциально-патогенных бактерий, поскольку свойства бактерий, входящих в показатель

age and social groups was estimated at the same time intervals in intensive indicators. In the analysis of the obtained data reliability of an indicator of GCB concerning AII is confirmed and the criterion of epidemic safety – lack of GCB in 300 ml of drinking water is established. Positive indicators at the same standard didn't guarantee to lactose epidemic safety.

Results of researches testify that lack of the positive fecal indicators normalized lactose (GCB and *E. coli*) doesn't guarantee absence of infectious agents as unaccounted are lactose negative *Enterobacteria* which part the pathogenic and potentially pathogenic types causing intestinal infections are. Therefore, at sanitary and bacteriological control of tap water it is more expedient to be guided by GCB indicator.

Discussion

In pilot studies and in real situations of quality control of water of drinking water use essential advantage of the indicator coliform indicator identified on a fermentation of glucose and the negative oxidant test (GCB), which is a unique integrated indicator of potential danger of developing of intestinal infections of a bacterial etiology is established. The comparison with lactose positive indicators, TCB and *E. coli* which is carried out by the main criterion - reliability of identification of degree of potential epidemic danger of developing of the bacterial intestinal infections connected with a water factor of transfer which etiological agent can be not only pathogenic, but also potentially - pathogenic bacteria showed that on the basis of the long-term researches conducted in various regions of Russia, and also abroad (on comparison of quality of water to incidence of the population of intestinal infections), as an indicator of epidemic safety of water it is expedient to recommend definition of the contents the glucose positive coliform bacteria (GCB).

Conclusion

Need of introduction of this indicator for strengthening of an epidemic control behind the water caused infectious diseases is defined by the following:

- the indicator guarantees reliable control of epidemic safety of drinking water concerning pathogenic and potentially - pathogenic bacteria: when using an indicator of GCB situations when at standard quality of water pathogenic microorganisms (*Salmonella*) and potentially - pathogenic bacteria while at standard quality of water on FCB and TCB [18] the outbreaks of intestinal infections take place are found are almost impossible;
- GCB group is determined by a taxonomical sign of a fermentation of the glucose which is an integrated indicator which unites much wider range of bacteria of Enterobacteriaceae in comparison with experimental design bureau and TCB and guarantees absence in the studied water volume as lactose of positive indicators (*E. coli*, FCB, TCB), and pathogenic (salmonellas) and potentially - pathogenic species of the bacteria which aren't fermenting lactose;
- the indicator guarantees reliable control of epidemic safety of drinking water concerning pathogenic and potentially - pathogenic bacteria as properties of the bacteria entering

ГКБ, длительность выживаемости в водных объектах и в питьевой воде, устойчивость к действию обеззараживающих агентов соответствуют или превосходят таковые патогенных бактерий (сальмонелл), что установлено в экспериментальных и натуральных исследованиях различными исследователями Московской и Ростовской областях [10–12, 14];

- показатель основан на стабильных признаках – оксидантный тест и ферментация глюкозы. Их стабильность гарантирована тем, что эти признаки являются основными по Международной классификации типирования для семейства *Enterobacteriaceae* [27];
- модификация определения ГКБ с опережающим экспрессным оксидантным тестом позволяет сократить время выявления возможной эпидемической опасности микробного загрязнения воды до 29 ч и даже до 24 ч вместо 48–72 ч, необходимых для определения ОКБ и ТКБ [18]. Ускоренный метод позволяет проводить одновременное определение оксидантной активности всех выросших колоний, исключает субъективную выборку колоний для идентификации, что повышает точность анализа и воспроизводимость результата;
- опыт контроля качества питьевой воды в России в соответствии с ГОСТ 18963–73 на протяжении 30 лет показал отсутствие за этот период заболеваний ОКИ, связанных с водным фактором, при употреблении воды стандартного качества по нормативному показателю ГКБ;
- использование показателя ГКБ имеет всестороннее научное обоснование, что отражено в многочисленных публикациях;
- введение показателя ГКБ обеспечивает более жёсткий контроль качества воды по сравнению с рекомендуемыми показателями ЕС (*E. coli*, энтерококки), что не противоречит основным установкам ЕС, где констатируется, что требования ЕС минимальны, и каждая страна вправе работать по более строгим национальным критериям, если они научно обоснованы.

Литература

1. СанПиН 2.1.4.559-96. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М., 1996.
2. СанПиН 2.1.4 1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству вод централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». М., 2001.
3. ГОСТ 2874-73 «Вода питьевая». М., 1973. 16 с.
4. ГОСТ 18963-73 «Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа». М., 22 с. 1973.
5. Аleshня В.В., Журавлёв П.В., Головина С.В. и др. Значение индикаторных микроорганизмов при оценке микробного риска в возникновении эпидемической опасности при питьевом водопользовании. *Гигиена и санитария*. 2008 (2): 23–6.
6. Артёмова Т.З., Турчинский И.Н., Чернавская Н.В. К вопросу о надёжности лактозного признака при контроле качества питьевой воды. *Тезисы докладов Всесоюзной конференции по санитарной микробиологии*. М. 1978: 180–81.
7. Журавлёв П.В., Аleshня В.В., Головина С.В. и др. Мониторинг бактериального загрязнения водоёмов Ростовской области. *Гигиена и санитария*. 2010 (5): 33–5.
8. Dechesne M., Soyeux E. Assessment of source water pathogen contamination. *Journal of Water and Health*. 2007; 5 (Suppl 1): 39–50.
9. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации» (2000 – 2010 гг.).
10. Журавлёв П.В., Аleshня В.В., Панасовец О.П. и др. Значение глюкозоположительных колиформных бактерий и потенциально патогенных бактерий как показателей эпидемической безопасности водопроводной воды. *Гигиена и санитария*. 2013 (1): 56–8.
11. Недачин А.Е., Артемова Т.З. «Актуальные проблемы профилактической медицины, управления качеством среды обитания и здоровья

GCB indicator, survival duration in water objects and in drinking water, resistance to action of the disinfecting agents correspond or surpass those of pathogenic bacteria (*salmonellas*) that is established in pilot and natural studies by various researchers the Moscow and Rostov areas [10–12, 14];

- the indicator is based on stable signs – the oxidant test and a fermentation of glucose. Their stability is guaranteed to that these signs are the main on the international classification of *Enterobacteriaceae* [27] family;
- modification of definition of GCB with the advancing express oxidant dough, allows to reduce time of detection of possible epidemic danger of microbes pollution of water till 29 hours and even till 24 hours instead of 48–72 hours necessary for definition of TCB and TCB [18]. The accelerated method allows to carry out simultaneous determination of oxidant activity of all grown colonies, excludes subjective selection of colonies for identification that increases the accuracy of the analysis and reproducibility of result;
- 30 years' experience of quality control of drinking water in Russia according to GOST 18963-73 which showed absence for this period of the diseases of AII connected with a water factor at the use of water of standard quality on a standard indicator of GCB takes place;
- use indicator of GCB has comprehensive scientific justification that is reflected in numerous publications;
- introduction of an indicator of GCB provides more rigid quality control of water in comparison with the recommended indicators of the EU (*E. coli*, *Enterococci*) that doesn't contradict the main installations of the EU where it is noted that requirements of the EU are minimum, and each country has the right to work by more strict national criteria if they are evidence-based.

References

1. SanPiN 2.1.4.559-96. "Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control". M., 1996.
2. SanPiN 2.1.4 1074-01 Drinking water. Hygienic requirements to water quality of centralized drinking water supply systems. Quality control". M., 2001.
3. GOST 2874-73 "Drinking water." M., 1973. 16 p.
4. GOST 18963-73 "Drinking water. Methods of the sanitary and bacteriological analysis". M., 1986. 13 p.
5. Aleshnya V. V., Zhuravlyov P.V., Golovina S.V., etc. Value of indicator microorganisms at an assessment of microbic risk in emergence of epidemic danger at drinking water use. *Gigiena i sanitariya*. 2008 (2): 23–6.
6. Artemova T.Z., Turchinsky I.N., Chernavskaya N. V. To a question of reliability of a laktozny sign at quality control of drinking water. *Tezisy dokladov Vsesojuznoj konferencii po sanitarnoj mikrobiologii*. M., 1978: 180–1.
7. Zhuravlev P.V, Aleshia V.V., Golovina S.V., etc. Monitoring of bacterial pollution of reservoirs of the Rostov region. *Gigiena i sanitariya*. 2010 (5): 33–5.
8. Dechesne M., Soyeux E. Assessment of source water pathogen contamination. *Journal of Water and Health*. 2007; 5 (1): 39–50.
9. State report "On the state sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation (2000 - 2010).
10. Zhuravlev P.V, Aleshia V.V., Panasovets O.P., etc. Value glyukozopolozhitelnykh koliformnykh of bacteria and potentially pathogenic bacteria as indicators of epidemic safety of tap water. *Gigiena i sanitariya*. 2013 (1): 56–8.
11. Nedachin A.E., Artemova T.Z. "Actual problems of preventive medicine, quality management of habitat and health of the population. *Materials of scientific and practical conference*". Cherepovets. 2004: 63–72.

- населения. Материалы научно-практической конференции». Череповец, 2004: 63-72.
12. Недачин А.Е., Артёмова Т.З., Дмитриева Р.А. и др. Проблемы эпидемической безопасности питьевого водопользования населения России. *Гигиена и санитария*. 2005 (6): 14–8.
 13. Недачин А.Е., Артёмова Т.З., Иванова Л.В., Талаева Ю.Г., Богатырёва И.А., Буторина Н.Н., Загайнова А.В. Совершенствование нормативной и методической базы бактериологического мониторинга качества питьевой воды. *Гигиена и санитария*. 2007 (5): 36-9.
 14. Недачин А.Е., Артёмова Т.З., Талаева Ю.Г. и др. *Сравнительное значение индикаторных бактерий в оценке потенциальной опасности возникновения кишечных инфекций при питьевом водопользовании. Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека и гигиены окружающей среды*. М., 2005: 48–63.
 15. Barrell R.A., Hunter P.R., Nichols G. Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Commun. Dis. Public Health*. 2000; 3 (1): 8-13.
 16. Директива Совета Европейского Союза 98/83/ЕС от 3.11.98 по качеству воды, предназначенной для потребления человеком. М., 1999.
 17. Gray N.F. Drinking water Quality. *Problems and solutions*. 1994.
 18. Craun U.F., Nwachuku N., Calderon R.L., Craun M.F. Outbreaks in drinkingwater systems, 1991-1998. *J. Environ. Health*. 2002; 65 (1): 16-23.
 19. МУ 4.2.1.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды». М. 2001. 42 с.
 20. ГОСТ 31955–2012 (ISO 9308-1:2000) «Вода питьевая. Обнаружение и количественный учет *Escherichia coli* и колиформных бактерий». Часть 1. «Метод мембранной фильтрации».
 21. МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов». М., 2004. 75 с.
 22. МР «Питательная среда для накопления сальмонелл, готовая к применению» (ТУ 9385-001-01898776-2008, РУ № ФСР 2009/05759 от 29.09.2009). Ростов-на-Дону. 2012.
 23. МР 01-19/98-17 «Усовершенствованный метод обнаружения энтеробактерий и неферментирующих грамотрицательных микроагнизмов в объектах водной среды». *Ростов-на-Дону*. 1996.
 24. МР 4116-86 «Методическими рекомендациями по гигиенической регламентации микробного загрязнения». М., 1986. 13 с.
 25. ГОСТ 31942–2012 (ISO 19458:2006) «Вода питьевая. Отбор проб для микробиологического анализа».
 26. Малета Ю.С., Тарасов В.В. Непараметрические методы статистического анализа в биологии и медицине. Издательство Московский Университет. М., 1982 г., 178 с.
 27. Определитель Берджи. Под ред. акад. РАН Г.А. Заварзина. М., 1997. Т.1. 430 с.
 12. Nedachin A.E., Artemova T.Z., Dmitriyeva R. A., etc. Problems of epidemic safety of drinking water use of the population of Russia. *Gigiena i sanitariya*. 2005 (6): 14–8.
 13. Nedachin A.E., Artemova T.Z., Talaeva Y.G., Ivanova L.V., Bogatyreva I.A., Butorina N.N., Zagainova A.V. Improvement of normative and methodical base of bacteriological drinking water quality monitoring. *Gigiena i sanitariya*. 2007 (5): 36-9.
 14. Nedachin A.E., Artemova T.Z., Talayeva Yu.G., etc. Comparative value of indicator bacteria in an assessment of potential danger of developing of intestinal infections at drinking water use. *Results and prospects of scientific researches on an environmental problem of the person and hygiene of environment*. М., 2005: 48–63.
 15. Barrell R. A., Hunter, P.R., Nichols G. Microbiological standards for water and their relationship to health risk. *Commun. Dis. Public Health*. 2000; 3 (1): 8-13.
 16. Council Directive of the European Union 98/83/EC of 3.11.98 quality of water intended for human consumption. М. 1999.
 17. Gray N.F. Drinking water Quality. *Problems and solutions*. 1994.
 18. Craun U.F., Nwachuku N., Calderon R.L., Craun M.F. Outbreaks in drinkingwater systems, 1991-1998. *J. Environ. Health*. 2002; 65 (1): 16-23.
 19. Methodical Instructions 4.2.1.1018-01 “The sanitary and microbiological analysis of drinking water”. М., 2001. 42 p.
 20. GOST 31955-2012 (ISO 9308-1:2000) “Drinking water. Detection both quantitative accounting of *Escherichia coli* and coliform of bacteria”. Part 1. “Method of a membrane filtration”.
 21. Methodical Instructions 4.2.1884-04 “Sanitary and microbiological and sanitary and parasitological water analysis of superficial water objects”. М., 2004. 75 p.
 22. Nutrient medium for the accumulation of Salmonella, ready-to-use (ТУ 9385-001-01898776-2008, PN No. SDF 2009/05759 from 29.09.2009). Rostov-on-Don. 2012.
 23. Methodical Recommendation 01-19/98-17 “An advanced method of detection of Enterobacteria and the Microorganism which aren’t fermenting the Gramm negative in objects of the water environment”. Rostov-on-Don, 1996.
 24. Methodical Recommendation 4116-86 “Methodical recommendations about a hygienic regulation of microbes pollution”. М., 1986. 13 p.
 25. GOST 31942-2012 (ISO 19458:2006) “Drinking water. Sampling for the microbiological analysis”.
 26. Maleta Yu.S., Tarasov V. V. Nonparametric methods of the statistical analysis in biology and medicine. *Publishing in Moscow University*. М., 1982. 178 p.
 27. The determinant Bergey. Ed. by Acad. RAS G.A. Zavarzin. М., 1997; 1: 430.