

ТОКСИКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОДЫ ПОДЗЕМНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Степанян А.А.¹, Исаев Д.С.¹, Шилов В.В.^{1,2}, Бузинов Р.В.¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья»

Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФБГОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.

Мечникова МЗ РФ, 195067, Санкт-Петербург, Россия, info@s-znc.ru

Резюме. Введение. Химический состав подземных вод обуславливается особенностями и характеристиками водоносного горизонта, его защищенностью и санитарно-техническим состоянием водозаборных скважин и жизнедеятельностью микробных сообществ, обитающих в водовмещающих породах. В результате, химический состав подземных вод не соответствует санитарному законодательству, что обусловлено природными факторами. Объект исследования в данной работе - подземные водоисточники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Ленинградской области, предмет исследования – сведения о качестве питьевой воды указанных источников. *Цель исследования.* Гигиеническая характеристика элементного состава воды подземных горизонтов. *Материалы и методы.* Литературные источники об особенностях формирования химического состава подземных вод и токсических эффектах элементов, поступающих в организм с питьевой водой, отчёты о результатах поисков и оценки запасов подземных вод для водоснабжения населенных пунктов; лабораторные исследования качества питьевой воды подземных водоисточников Ленинградской области. *Методы:* контент-анализ литературных источников, системный анализ, статистический анализ. *Результаты.* Проведен анализ организации водоснабжения в Ленинградской области за счет подземных источников и анализ массива исследований качества питьевой воды подземных водоисточников в Ленинградской области. Составлен перечень показателей и веществ, превышающих ПДК. Определены органы и системы и потенциальные вредные эффекты, которые могут оказывать эти вещества. *Выводы.* Анализ качества воды подземных горизонтов на территории Ленинградской области показывает значительное количество веществ, превышающих ПДК, прежде всего это вещества 1-2 класса опасности. Вероятное вредное влияние на различные органы и системы может быть снижено, за счет внедрения специальных методов водоподготовки, соответствующих особенностям состава воды подземных водоисточников Ленинградской области для профилактики возможного токсического воздействия питьевой воды на здоровье населения.

Ключевые слова: подземные воды; водоносный горизонт; качество питьевой воды; вещества 1,2 классов опасности

TOXICAL-HYGIENIC CHARACTERISTICS OF THE UNDERGROUND HORIZONS WATERS ELEMENTAL COMPOSITION

Stepanyan A.A.¹, Isaev D.S.¹, Shilov V.V.^{1,2}, Buzinov R.V.¹

¹North-West Public Health Research Centet, 191036, Saint-Petersburg, Russia;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 195067, Saint-Petersburg, Russia; info@s-znc.ru

Abstract. Introduction. The chemical composition of groundwater is determined by the aquifers features and characteristics, its security and water intake wells sanitary condition and the vital activity of microbial communities living in water-bearing rocks. As a result, the groundwater's chemical composition doesn't comply with sanitary legislation due to natural factors. The object of research in this work is underground water sources of drinking and household water supply in settlements of the Leningrad region, the subject of research is information about the quality of drinking water from these sources. *The purpose of the study.* Hygienic characteristics of the underground water horizons elemental composition in the Leningrad region. *Materials and methods.* Literature sources on the groundwater chemical composition formation peculiarities and the toxic effects of elements entering the body with drinking water, reports on the results of groundwater reserves searches and assessments for the settlements water supply; laboratory studies of the drinking water quality from underground water sources in the Leningrad region. *Methods:* content analysis of literary sources, system analysis, statistical analysis. *Results.* The analysis of the water supply organization in the Leningrad region at the expense of underground sources and the analysis of the array of underground drinking water sources quality studies in the Leningrad region is carried out. A list of indicators and substances exceeding the MPC has been compiled. The organs and systems and the potential harmful effects of these substances have been identified. *Conclusions.* Aquifers water quality analysis on the territory of the Leningrad region shows a significant amount of substances exceeding the MPC, primarily substances of the 1-2 hazard class. The likely harmful effect on various organs and systems can be reduced by introducing special methods of water treatment that correspond to the characteristics of the underground water sources composition in the Leningrad region to prevent possible drinking water toxic effects on public health.

Key words: groundwater; aquifer; drinking water quality; substances of 1,2 hazard classes

Введение. В Ленинградской области осуществляется активная эксплуатация подземных источников централизованного водоснабжения [1]. Химический состав подземных вод обуславливается геолого-тектоническими, гидрогеологическими, гидрогеохимическими, ландшафтно-климатическими особенностями водоносного горизонта, его защищенностью и санитарно-техническим состоянием водозаборных скважин [2-4] и

жизнедеятельностью микробных сообществ, обитающих в водовмещающих породах. Основными процессами, формирующими химический состав подземных вод, являются растворение, выщелачивание, сорбция, ионный обмен и комплексообразование. В результате, в подземные воды поступают многочисленные элементы в концентрациях, часто превышающих предельно-допустимые, что обусловлено природными факторами [5].

Объект исследования в данной работе - подземные водоисточники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населенных пунктов Ленинградской области, предмет исследования – сведения о качестве питьевой воды указанных источников.

Цель исследования: гигиеническая характеристика элементного состава воды подземных горизонтов в Ленинградской области.

Материалы и методы: литературные источники об особенностях формирования химического состава подземных вод и токсических эффектах элементов, поступающих в организм с питьевой водой, отчёты о результатах поисков и оценки запасов подземных вод для водоснабжения населенных пунктов; лабораторные исследования качества воды подземных водоисточников Ленинградской области, проведенных в рамках производственного контроля, осуществляемого водоснабжающими организациями, социально-гигиенического мониторинга, проводимого Роспотребнадзором и мониторинга, осуществляемого агентством по недропользованию. Методами исследования служили контент-анализ 266 литературных источников, системный анализ, статистический анализ.

Результаты. В результате анализа определено, что в исследованных 340 населенных пунктах с общей численностью 695 161 человек на территории области активно используется 9 водоносных горизонтов и комплексов [6-8], а именно: ордовикский (O) – 132, девонский (D) – 85, вендский (V) - 55, кембро-ордовикский (Є-O) - 18, каменноугольный (C) – 17, нижнекембрийский водоносный горизонт (Є) – 12, подземные воды четвертичных отложений (Q) – 11, архейско-нижнепротерозойский (AR-PR₁) – 9, нижнепротерозойский (PR₁) – 1 населенный пункт.

В результате анализа массива исследований качества воды 806 подземных водоисточников в Ленинградской области, эксплуатирующих основные водоносные горизонты, был составлен перечень показателей, превышающих ПДК (таблица).

Показатели качества воды, превышающие ПДК в водоносных горизонтах Ленинградской области

Горизонт	Показатели, превышающие ПДК (среднее арифметическое/медиана/максимум)		
	1,2 классов опасности	3,4 классов опасности	Обобщенные показатели
Q	F (0,9/0,3/ 2,8*) Cd(0,0004 /0,0001/ 0,0011) Na (376,5/5/1121,8) B (0,41/0,01/ 1,22)	Mn (1,36/0,33/3,7) Cl (543/6/ 1620) NH ₄ (1,6/0,5/ 6,4) Fe(10,43/2,9/31)	Окисляемость перманганатная (2,5/2,3/ 5,5); Сухой остаток (1155/102/3320)
C	As (0,004/0,005/ 0,019) Cr (0,01/0,002/ 0,1) B (0,2/0,05/ 2,1) Pb (0,007/0,001/ 0,02)	Al (0,061/0,025/ 1,1) Mn(0,101/0,073/0,37) Fe (1,23/1,11/9,2)	Нефтепродукты (0,02/0,02/ 0,5) Общая жесткость (4,9/4,9/ 9,5) Окисляемость перманганатная (3,7/1,7/ 39)
D	Ba (0,67/0,49/ 3,99) Pb (0,006/0,001/ 0,02) NO ₂ (0,63/0,2/ 15) F (0,6/0,4/ 1,7) Na (23,8/12,7/ 273,9) Sr (0,86/0,25/ 133,2) B (0,26/0,19/ 4,1) Ni (0,004/0,001/ 0,024) Hg (0,000043/0,00001/ 0,001)	Al (0,047/0,01/ 2,4) Mn (0,042/0,019/ 0,34) SO ₄ (25,4/6,4/ 670) NO ₃ (4,6/0,2/ 272,3) NH ₄ (0,48/0,5/ 2,3) Mg (21/19,9/ 58,5) Fe (0,96/0,7/8,67) H ₂ S (0,009/0,004/ 0,1) Cl (18/4/ 370)	Нефтепродукты (0,08/0,03/ 0,77) Общая жесткость (4,2/4,1/ 14,5) Окисляемость перманганатная (1/0,8/ 6,1) Сухой остаток (420/404/ 1170)
O	Ba (0,86/0,39/3,24) As (0,005/0,005/ 0,016) NO ₂ (0,32/0,2/ 3,4) Na (46,7/18,9/ 229) B(0,3/0,2/ 1,3) F (0,1/0,046/ 2) 2,4-Дихлорфеноксиуксусная кислота, её соли и эфиры(0,005/0,0001/ 0,059)	Al(0,032/0,01/ 0,42) Mn(0,031/0,01/ 0,6) NO ₃ (16,3/18,7/ 61) Mg (30,3/30/ 69) Fe (0,32/0,08/7) SO ₄ (48,6/23/ 690) NH ₄ (1,55/1,55/ 3)	Нефтепродукты (0,08/0,03/ 5,4) Общая жесткость (1,5/0,5/ 24,5) Окисляемость перманганатная (2/2,1/ 8,5) Сухой остаток (486/478/ 1023)
€-O	Ba (0,5/0,34/ 1,91) Cr (0,021/0,01/ 0,098) NO ₂ (0,28/0,04/ 3,9) Mo (0,018/0,002/ 0,09) Ni(0,012/0,001/ 0,067) B (0,36/0,21/ 0,89)	Al(0,071/0,04/ 0,32) Mg (24,6/19,7/ 71) Fe (2,14/0,2/27,7) NH ₄ (2,3/2,3/2,3) Mn (0,17/0,03/2)	Нефтепродукты (0,03/0,02/ 0,38) Общая жесткость (3,7/3,1/ 11,1) Окисляемость перманганатная (1,7/1,9/ 5,2)
€	B (1,98/2,08/2,6) F (0,2/0,1/ 1,9)	Mn (0,11/0,06/0,32) Fe (1,11/0,89/2,9)	Нефтепродукты (0,05/0,03/ 0,29) Окисляемость перманганатная (3,4/1,5/ 7,7)
V	Ba (0,46/0,21/ 2,47) F (0,9/0,7/ 4,3) Na (59,8/27,4/ 430) Be (0,015/0,0001/1,58) B (0,38/0,21/ 2,1) Ni (0,002/0,001/ 0,13) Hg (0,00015/0,00001/ 0,01)	Al (0,031/0,026/ 0,38) Mn (0,147/0,1/1,12) Cl (48/14/ 590) H ₂ S (0,009/0,002/ 0,24) Fe (0,55/0,17/8,58)	Нефтепродукты (0,03/0,02/ 0,88) Сухой остаток (243/165/ 1306)

Гори зонт	Показатели, превышающие ПДК (среднее арифметическое/медиана/максимум)		
	1,2 классов опасности	3,4 классов опасности	Обобщенные показатели
PR1	B (0,95/0,84/1,17) Na(288,8/288,8/ 456,1)	Mg (37,5/37,5/ 73,1) Fe (0,61/0,61/1,17) Mn (0,45/0,45/0,52) Cl(378/378/740)	Сухой остаток (1038/1038/1754)
AR- PR	Se (0,0029/0,002/ 0,02) Ba (0,25/0,1/ 2,5) Cd (0,007/0,0001/0,131) F (1,3/1,5/ 2,6) Be (0,0003/0,0001/0,0017) B (0,15/0,1/ 0,7)	Al (0,08/0,068/ 0,28) Mn (0,242/0,16/0,73) NH ₄ (0,74/0,6/ 2,6) Fe (2,0/1,2/8,4)	Нефтепродукты (0,04/0,03/ 0,13) Окисляемость перманганатная (2/1,5/ 6,8)

*Выделенные показатели превышают нормативы, установленные СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

Обсуждение. Таким образом, в водоносных горизонтах отмечаются превышения ПДК веществ 1 и 2 классов опасности, таких как 2,4-дихлорфеноксиэтановая кислота (2,4-Д), мышьяк (As), бор (B), барий (Ba), бериллий (Be), кадмий (Cd), хром (Cr), фтор (F), ртуть (Hg), молибден (Mo), никель (Ni), нитриты (NO₂), свинец (Pb), стронций (Sr).

В связи с тем, что из 806 подземных источников на 80,7% из них не практикуется применение методов водоподготовки, подавляющее число жителей населенных пунктов Ленинградской области, водоснабжаемых из подземных источников, на постоянной основе потребляет воду, содержащую вышеперечисленные элементы с превышением гигиенических нормативов.

Таким образом, анализ возможных эффектов на здоровье населения Ленинградской области, которые могут возникнуть вследствие длительного потребления воды с содержанием веществ 1,2 классов опасности в концентрациях, не соответствующих гигиеническим нормативам является актуальной задачей.

На основании имеющейся в литературных источниках информации о результатах токсикологических экспериментов на животных, а также ретроспективных исследований повышенной заболеваемости населения других стран при хроническом поступлении с питьевой водой веществ 1,2 классов опасности в концентрациях, превышавших нормативные, сделано предположение о возможном негативном влиянии питьевой воды на здоровье населения в Ленинградской области.

Поступление с питьевой водой таких веществ, как 2,4-Д [9], кадмия [10-11], хрома [12-13] и свинца [14] ведет к нарушению гемопоэза, что приводит к снижению содержания эритроцитов тромбоцитов, Т- и В-лимфоцитов в крови. Избыточное поступление фторидов

ведет к снижению уровня гемоглобина вследствие ингибирования металлосодержащих соединений [15].

Ретроспективное исследование «случай-контроль», проведенное в Тайване, выявило, что поступление мышьяка с колодезной водой в течение 40 или более лет, по сравнению с контрольной группой, способствовало увеличению частоты возникновения рака мочевого пузыря, легких и печени [9].

Растворимые соли бария и кадмия откладываются в костях, обуславливая их повышенную ломкость, что в дальнейшем может привести к развитию остеопороза [16-18]. Свинец и стронций обладают подобным эффектом в связи со способностью замещать кальций в кристаллической решетке гидроксиапатита костной ткани [5,18-20]. А внедрение фтора в гидроксиапатит ведет к образованию устойчивого фторапатита, что приводит к избыточной минерализации и изменению плотности костной ткани [21].

Избыточное поступление фтора в значительной степени ответственно за развитие флюороза. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, концентрации фтора в подземных источниках 80% деревень в регионах Африки и Азии превышают допустимые ВОЗ пределы, что повышает риск возникновения флюороза у 100 миллионов человек [22].

Избыточное поступление бора и никеля приводит к поражению семенников, выражающееся в дегенерации сперматогенного эпителия вплоть до атрофии, что ведет к снижению фертильности, а иногда – к развитию стерильности [9]. Барий способен проходить через плацентарный барьер, что в совокупности с мутагенным действием формирует риск развития патологии плода [16-17].

Поступление 2,4-Д и избыток бора ведёт к поражению поджелудочной железы [23-24], а в ряде случаев и почек [9]. Избыток кадмия способствует развитию онкологических процессов, наиболее активно проявляющихся в поджелудочной железе [25-26]. В экспериментах [19-20] было отмечено, что хроническое поступление небольших доз свинца в организм приводит к токсическим поражениям экзокринной части поджелудочной железы, а избыток фторидов нарушает углеводный обмен, способствуя развитию сахарного диабета 2 типа [15]. В эксперименте доказана способность соединений бора к формированию дистрофических и воспалительных поражений желудка и 12-перстной кишки [23-24], а поступление бериллия [9] приводило к развитию обширных воспалительных и эрозивно-язвенных поражений желудка, тонкой и толстой кишок.

Соединения бора способны поражать миокард [23-24]. Избыточное поступление стронция и фтора способствуют развитию атеросклероза [27-28], а оксидативный стресс, вызываемый ртутью, кадмием [10-11], хромом [12-13] и свинцом [29] способствует эндотелиальной дисфункции, тем самым активизируя атеросклеротические изменения.

Кадмий и хром оказывают мембранотоксическое действие и обладают сродством к почкам [10-13].

При хроническом воздействии ртути развиваются процессы демиелинизации афферентных аксонов [11,30-32]. В исследовании [33] выявлено, что фтор в питьевой воде токсичен для центральной нервной системы человека, что обусловлено его способностью преодолевать гематоэнцефалический барьер и накапливаться в нейронах, влияя на активность клеток и транспорт ионов.

Избыточное поступление молибдена и фторидов в организм приводит к развитию подагроподобного состояния [9,15]. Ионы ртути способны нарушать практически все виды обмена в организме. Высокое сродство ртути к нуклеиновым кислотам, особенно транспортной РНК, сопровождается выраженным гонадо- и эмбриотоксическим действием [12,18,34].

Онкология. В исследовании [35] выявлено, что пероральное введение 2,4-Д привело к значительной положительной тенденции в частоте возникновения астроцитомы головного мозга.

На юго-западе и северо-востоке Тайваня, во многих исследованиях оценивалась связь между заболеваемостью раком мочевого пузыря и почек и употреблением питьевой воды, содержащей мышьяк. В исследованиях наблюдалось повышение смертности от этих видов рака в различные периоды времени в 1971-1994 годах, связанное с уровнями мышьяка в воде из сельских артезианских скважин, отмечалась зависимость доза-эффект как у мужчин, так и у женщин [36].

Пероральное введение хлорида кадмия увеличивало частоту развития, лейкемии, опухолей предстательной железы и яичек и гиперплазии предстательной железы [37-38], а поступление свинца, по сравнению с контрольной группой, вызывало аденому почек и надпочечников, глиомы головного мозга, аденомы гипофиза, щитовидной и паращитовидной желез, аденомы предстательной железы и молочной железы [39].

Выводы. Анализ качества воды подземных горизонтов на территории Ленинградской области показывает значительное количество веществ, превышающих ПДК, прежде всего это вещества 1-2 класса опасности.

Вероятное вредное влияние на различные органы и системы, рассмотренное в статье, может быть снижено за счет внедрения специальных методов водоподготовки, соответствующих особенностям состава воды подземных водоисточников Ленинградской области для профилактики возможного токсического воздействия питьевой воды на здоровье населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы к государственному докладу «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Ленинградской области в 2021 году. Available at:
http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2021_g.pdf
3. Годин В.Ю. Физиологически полноценная питьевая вода для жителей Санкт-Петербурга и Ленинградской области. *Разведка и охрана недр*. 2016; 8: 44-52.
4. Лепеш Г.В., Саканская-Грицай Е.И. «Анализ факторов, обуславливающих технологический процесс очистки воды из природных источников в Ленинградской области». *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2014; 1(27): 62-68.
6. Максимов А.В., Богданов Ю.Б., Воинова О.А., Коссовая О.Л. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Р-(35),36. Петрозаводск. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2015; 400.
7. Вербицкий В.Р., Вербицкий И.В., Васильева О.В., Саванин В.В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35. Псков, (N 35), О-36. Санкт-Петербург. Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ. 2012; 510.
8. Шварц А.А. Химический состав подземных вод Санкт-Петербургского региона в свете новых требований к качеству питьевой воды. *Вестник Санкт-Петербургского университета*. Серия 7. Геология. География. 2005; 1: 85-93.
10. Дзугкоева Ф.С., Дзюцьева Л.Х. Изменения электролитовыделительной функции почек, про- и антиоксидантной систем на фоне интоксикации сульфатом кадмия у крыс. *Успехи современного естествознания*. 2006; 6: 72-74.
11. Степанова Е.В., Миронова И.К., Игнатов В.В. Изучение некоторых физико-химических показателей крови самок белых крыс на фоне токсического воздействия ионами кадмия и в различные периоды адаптации. *Известия Саратовского университета*. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. 2006; Т.6. 1-2: 42-44.
12. Вуд Т.Г., Кривенко Л.Е., Шерстнева Е.П. Эффективность энтеросорбции при интоксикации хромом в эксперименте. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2014; 1(55): 74-77.
13. Гаглоева Э.М., Брин В.Б., Ахполова В.О. Процессы гемокоагуляции и липопероксидации и механизмы нарушения осморегулирующей функции почек при

хронической интоксикации соединениями хрома. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2020; Т.15. 3: 320-323. doi.org/10.14300/mnnc.2020.15076.

14. Кузьмина Л.П., Хотулева А.Г., Безрукавникова Л.М., Соркина Н.С., Цидильковская Э.С. Использование современных клиничко-лабораторных методов исследования при проведении биологического мониторинга воздействия свинца на организм работников свинецперерабатывающего предприятия. *Здоровье населения и среда обитания - ЗНиСО*. 2018; 7(304): 43-47. doi.org/10.35627/2219-5238/2018-304-7-43-47.

15. Будкарь Л.Н., Гурвич В.Б., Обухова Т.Ю., Солодушкин С.И., Федорук А.А., Шмнина О.Г., Ковин Е.А., Кудрина К.С. Прогнозирование развития профессиональной хронической фтористой интоксикации методами однофакторного анализа. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; Т. 59. 2: 80-85. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-80-85.

16. Стопницкий А.А., Акалаев Р.Н., Хаджибаев А.М. Особенности клинического течения, диагностики и интенсивной терапии острых отравлений бариумом. *Неотложная медицинская помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2021; Т.10. 4: 818-823. doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-818-823.

17. Никулин А.А. Использование ядохимикатов для хищных животных и их негативное воздействие на человека. *Вестник ИрГСХА*. 2012; 52: 159-163.

18. Пантелеев С.В., Шроль О.Ю., Потатуркина-Нестерова Н.И., Нестеров А.С., Нестерова А.В. Изменение микробиома кишечника при хроническом воздействии на макроорганизм солей тяжелых металлов. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2015; 3: 86-89.

19. Клиценко Г.Г., Остапенко О.В. Влияние хронической интоксикации свинцом на поджелудочную железу. *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения: сборник научных трудов*. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург. 2018; 498-502.

20. Грызлова Л.В., Поняев В.В., Кожаев Р.В. Влияние длительной интоксикации свинцом самок белых крыс на остеопластические процессы их потомства. *Символ науки: международный научный журнал*. 2015; 3: 14-15.

21. Жукова А.Г., Михайлова Н.Н., Ядыкина Т.К., Алехина Д.А., Горохова Л.Г., Романенко Д.В., Бугаева М.С. Экспериментальные исследования внутриклеточных защитных механизмов печени в развитии хронической фтористой интоксикации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2016; 5: 21-24.

23. Насыров И.Н., Джаркенов Т.А., Кибатаев К.М., Нургазин Ж.Т. Изменения в внутренних органах экспериментальных животных на фоне интоксикации соединениями бора. *Медицинский журнал Западного Казахстана*. 2012; 3(35): 53.

24. Насыров И.Н., Джаркенов Т.А., Кибатаев К.М., Жайлаубаева А.А., Насыров С.И. Морфология органов пищеварения при интоксикации соединениями бора в эксперименте. *Медицинский журнал Западного Казахстана*. 2012; 3(35): 53-54.
25. Эргашев Н.А., Кучкарова Л.С. Половая специфичность изменения активности панкреатической α -амилазы у крыс при кадмиевой интоксикации. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2011; 5(97): 525-531.
26. Ткаченко Е.А., Дерхо М.А. «Влияние кадмия на белковый спектр крови организма лабораторных мышей». *АПК России*. 2015; 2(72): 167-170.
27. Коротенко О.Ю., Панев Н.И., Захаренков В.В., Филимонов С.Н., Семенова Е.А., Панев Р.Н. Хроническая фтористая интоксикация как фактор риска развития атеросклероза. *Гигиена и санитария*. 2015; Т. 5(94): 91-94.
28. Дадали В.А., Судья Д.А., Иванова Л.В. Биохимические нарушения при хронической интоксикации солями стабильного стронция. *Профилактическая и клиническая медицина*. 2014; 4(53): 124-131.
29. Попкова О.В., Кудаева И.В., Маснавиева Л.Б., Белик В.П. Гено-фенотипические особенности биохимических маркеров дисфункции эндотелия у лиц с хронической ртутной интоксикацией. *Медицина труда и промышленная экология*. 2014; 4: 19-23.
30. Мартынова М.О., Козырев К.М., Цориева З.А. Патоморфологическая характеристика внутренних органов при экспериментальной интоксикации хлоридом алюминия. *Фундаментальные исследования*. 2015; 1-1: 99-102.
31. Русанова Д.В., Лахман О.Л., Катаманова Е.В. Состояние афферентных проводящих путей у рабочих, контактировавших со ртутью, и лиц с хронической ртутной интоксикацией. *Экология человека*. 2010; 6: 12-15.
32. Кудаева И.В., Дьякович О.А., Катаманова Е.В., Попкова О.В., Маснавиева Л.Б. Клинико-биохимическая характеристика нарушений нервной системы и риски основных общепатологических синдромов у работающих на ртутном производстве. *Гигиена и санитария*. 2015; 7(94): 68-72.
34. Гладышев, В. Б. Токсичные свойства ртути и ее влияние на организм животных и человека. *The Scientific Heritage*. 2021; 81-2(81): 16-22. doi.org/10.24412/9215-0365-2021-81-2-16-22.

References

1. Materialy k gosudarstvennomu dokladu «O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Leningradskoj oblasti v 2021 godu. Available at: http://47.rospotrebnadzor.ru/sites/default/files/materialy_k_gosdokladu_leningradskaya_oblast_v_2021_g.pdf (In Russian).
2. Danielopol D., Griebler C., Gunatilaka A., Notenboom J. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation*, 2003. 30(2): 104-130. doi:10.1017/S0376892903000109.
3. Godin V.Ju. Fiziologicheskii polnocennaja pit'evaja voda dlja zhitelej Sankt-Peterburga i Leningradskoj oblasti. *Razvedka i ohrana neдр*. 2016; 8: 44-52 (In Russian).
4. Lepesh G.V., Sakanskaja-Gricaj E.I. Analiz faktorov, obuslavlivajushhih tehnologicheskij process ochistki vody iz prirodnyh istochnikov v Leningradskoj oblasti. *Tehniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2014; 1(27): 62-68 (In Russian).
5. Amadi A.N., Olasehinde P.I., Yisa J., Okosun E.A., Nwankwoala H.O. and Alkali Y.B. Geostatistical Assessment of Groundwater Quality from Coastal Aquifers of Eastern Niger Delta, Nigeria. *Geosciences*. 2013; 2(3): 51-59.
6. Maksimov A.V., Bogdanov Ju.B., Voinova O.A., Kossovaja O.L. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Baltijskaja. List P-(35),36. Petrozavodsk. Objasnitel'naja zapiska. SPb.: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI, 2015; 400(In Russian).
7. Verbickij V.R., Verbickij I.V., Vasil'eva O.V., Savanin V.V. i dr. Gosudarstvennaja geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. Masshtab 1:1 000 000 (tret'e pokolenie). Serija Central'no-Evropejskaja. Listy O-35. Pskov, (N 35), O-36. Sankt-Peterburg. Ob#jasnitel'naja zapiska. SPb.: Kartograficheskaja fabrika VSEGEI. 2012; 510 (In Russian).
8. Shvarc A.A. Himicheskij sostav podzemnyh vod Sankt-Peterburgskogo regiona v svete novyh trebovanij k kachestvu pit'evoj vody. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta*. Serija 7. Geologija. Geografija. 2005; 1: 85-93(In Russian).
9. IRIS Advanced Search. Available at: <https://iris.epa.gov/AdvancedSearch/>
10. Dzugkoeva F.S., Dzocieva L.H. Izmenenija jelektrolitovydelitel'noj funkcii pohek, pro - i antioksidantnoj sistem na fone intoksikacii sul'fatom kadmija u kryс. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*. 2006; 6: 72-74 (In Russian).
11. Stepanova E.V., Mironova I.K., Ignatov V.V. Izuchenie nekotoryh fiziko-himicheskikh pokazatelej krovi samok belyh kryс na fone toksicheskogo vozdejstvija ionami kadmija i v razlichnye periody adaptacii. *Izvestija Saratovskogo universiteta*. Novaja serija. Serija: Himija. Biologija. Jekologija. 2006; 1-2(6): 42-44(In Russian).

12. Vud T.G., Krivenko L.E., Sherstneva E.P. Jefferektivnost' jenterosorbicii pri intoksikacii hromom v jeksperimente. *Tihookeanskij medicinskij zhurnal*. 2014; 1(55): 74-77(In Russian).
13. Gagloeva Je.M., Brin V.B., Ahpolova V.O. Processy gemokoaguljicii i lipoperoksidacii i mehanizmy narushenija osmoregulirujushhej funkcii pocek pri hronicheskoy intoksikacii soedinenijami hroma. *Medicinskij vestnik Severnogo Kavkaza*. 2020; 3(15): 320-323. doi.org/10.14300/mnnc.2020.15076 (In Russian).
14. Kuz'mina L.P., Hotuleva A.G., Bezrukavnikova L.M., Sorkina N.S., Cidil'kovskaja Je.S. Ispol'zovanie sovremennyh kliniko-laboratornyh metodov issledovanija pri provedenii biologicheskogo monitoringa vozdejstvija svinca na organizm rabotnikov svinecpererabatyvajushhego predpriyatija. *Zdorov'e naselenija i sreda obitanija - ZNiSO*. 2018; 7(304): 43-47. doi.org/10.35627/2219-5238/2018-304-7-43-47 (In Russian).
15. Budkar' L.N., Gurvich V.B., Obuhova T.Ju., Solodushkin S.I., Fedoruk A.A., Shmonina O.G., Kovin E.A., Kudrina K.S. Prognozirovanie razvitija professional'noj hronicheskoy ftoristoj intoksikacii metodami odnofaktornogo analiza. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2019; 2(59): 80-85. doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-2-80-85(In Russian).
16. Stopnickij A.A., Akalaev R.N., Hadzhibaev A.M. Osobennosti klinicheskogo techenija, diagnostiki i intensivnoj terapii ostryh otravlenij bariem» // Neotlozhnaja medicinskaja pomoshh'. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo*. 2021; 4(10): 818-823. doi.org/10.23934/2223-9022-2021-10-4-818-823(In Russian).
17. Nikulin A.A. Ispol'zovanie jadohimikatov dlja hishnhnyh zhivotnyh i ih negativnoe vozdejstvie na cheloveka. *Vestnik IrGSHA*. 2012; 52: 159-163(In Russian).
18. Panteleev S.V., Shrol' O.Ju., Potaturkina-Nesterova N.I., Nesterov A.S., Nesterova A.V. Izmenenie mikrobioma kishechnika pri hronicheskom vozdejstvii na makroorganizm solej tjazhelyh metallov. *Ul'janovskij mediko-biologicheskij zhurnal*. 2015; 3: 86-89(In Russian).
19. Klicenko G.G., Ostapenko O.V. Vlijanie hronicheskoy intoksikacii svincom na podzheludochnuju zhelezu». *Nauchnoe obespechenie razvitija APK v uslovijah importozameshhenija: sbornik nauchnyh trudov*. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2018; 498-502 (In Russian).
20. Gryzlova L.V., Ponjaev V.V., Kozhaev R.V. Vlijanie dlitel'noj intoksikacii svincom samok belyh kryz na osteoplasticheskie processy ih potomstva. *Simvol nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal*. 2015; 3: 14-15 (In Russian).
21. Zhukova A.G., Mihajlova N.N., Jadykina T.K., Alehina D.A., Gorohova L.G., Romanenko D.V., Bugaeva M.S. Jeksperimental'nye issledovanija vnutrikletochnyh zashhitnyh mehanizmov pecheni v razvitii hronicheskoy ftoristoj intoksikacii. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija*. 2016; 5: 21-24 (In Russian).

22. Srivastava S, Flora SJS. Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact. *Curr Environ Health Rep.* 2020; 7(2): 140-146. doi.org/10.1007/s40572-020-00270-9.
23. Nasyrov I.N., Dzharkenov T.A., Kibataev K.M., Nurgazin Zh.T. Izmeneniya v vnutrennih organah jeksperimental'nyh zhivotnyh na fone intoksikacii soedinenijami bora. *Medicinskij zhurnal Zapadnogo Kazahstana.* 2012; 3(35): 53 (In Russian).
24. Nasyrov I.N., Dzharkenov T.A., Kibataev K.M., Zhajlaubaeva A.A., Nasyrov S.I. Morfologiya organov pishhevareniya pri intoksikacii soedinenijami bora v jeksperimente. *Medicinskij zhurnal Zapadnogo Kazahstana.* 2012; 3(35): 53-54 (In Russian).
25. Jergashev N.A., Kuchkarova L.S. Polovaya specifichnost' izmeneniya aktivnosti pankreaticheskoy α -amilazy u krys pri kadmievoj intoksikacii. *Rossijskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova.* 2011; 5(97): 525-531 (In Russian).
26. Tkachenko E.A., Derho M.A. Vliyanie kadmija na belkovyj spektr krovi organizma laboratornyh myshej. *APK Rossii.* 2015; 2(72): 167-170 (In Russian).
27. Korotenko O.Ju., Panev N.I., Zaharenkov V.V., Filimonov S.N., Semenova E.A., Panev R.N. Hronicheskaja ftoristaja intoksikacija kak faktor riska razvitiya ateroskleroza. *Gigiena i sanitarija.* 2015; 5(94): 91-94 (In Russian).
28. Dadali V.A., Sud'ja D.A., Ivanova L.V. Biohimicheskie narusheniya pri hronicheskoy intoksikacii soljami stabil'nogo stroncija. *Profilakticheskaja i klinicheskaja medicina.* 2014; 4(53): 124-131 (In Russian).
29. Popkova O.V., Kudaeva I.V., Masnavieva L.B., Belik V.P. Geno-fenotipicheskie osobennosti biohimicheskikh markerov disfunkcii jendotelija u lic s hronicheskoy rtutnoj intoksikaciej. *Medicina truda i promyshlennaja jekologija.* 2014; 4: 19-23 (In Russian).
30. Martynova M.O., Kozyrev K.M., Corieva Z.A. Patomorfologicheskaja harakteristika vnutrennih organov pri jeksperimental'noj intoksikacii hloridom aljuminija. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2015; 1-1: 99-102 (In Russian).
31. Rusanova D.V., Lahman O.L., Katamanova E.V. Sostojanie afferentnyh provodjashhih puteju rabochih, kontaktirovavshih so rtut'ju, i lic s hronicheskoy rtutnoj intoksikaciej. *Jekologija cheloveka.* 2010; 6: 12-15 (In Russian).
32. Kudaeva I.V., D'jakovich O.A., Katamanova E.V., Popkova O.V., Masnavieva L.B. Kliniko-biohimicheskaja harakteristika narushenij nervnoj sistemy i riski osnovnyh obshhepatologicheskikh sindromov u rabotajushhih na rtutnom proizvodstve. *Gigiena i sanitarija.* 2015; 7(94): 68-72 (In Russian).
33. Dec K, Łukomska A, Maciejewska D, Jakubczyk K, Baranowska-Bosiacka I, Chlubek D, Wąsik A, Gutowska I. The Influence of Fluorine on the Disturbances of Homeostasis in the Central

Nervous System. *Biol Trace Elem Res.* 2017; 177(2): 224-234. doi.org/10.1007/s12011-016-0871-4.

34. Gladyshev, V. B. Toksichnye svojstva rtuti i ee vlijanie na organizm zhivotnyh i cheloveka. *The Scientific Heritage.* 2021; 81-2(81): 16-22. doi.org/10.24412/9215-0365-2021-81-2-16-22 (In Russian).

35. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 113. 2016; 480.

36. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100c. 2012; 50.

37. Waalkes MP & Rehm S. Carcinogenicity of oral cadmium in the male Wistar (WF/NCr) rat: effect of chronic dietary zinc deficiency. *Fundam Appl Toxicol*, 1992; 19: 512–520. doi.org/10.1016/0272-0590(92)90089-Z.

38. Waalkes MP, Anver MR, Diwan BA. Chronic toxic and carcinogenic effects of oral cadmium in the Noble (NBL/Cr) rat: induction of neoplastic and proliferative lesions of the adrenal, kidney, prostate, and testes. *J Toxicol Environ Health A.* 1999; 58: 199–214. doi.org/10.1080/009841099157296.

39. Zawirska, B. & Medras, K. The role of the kidneys in disorders of porphyrin metabolism during carcinogenesis induced with lead acetate. *Arch immunol. ther. exp.*, 1972; 20: 257-272.