

УДК 616-008.9:615.89

DOI 10.25005/3078-5022-2025-2-4-439-447

**РЕЗЮМЕ****О. М. ШАХСУФБЕКОВА****ЖЕЛЧЕГОННЫЕ И ГЕПАТОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ГУСТОЙ ЭКСТРАКТ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУР СОРТ САРВАТ НА ФОНЕ ТОКСИЧЕСКОГО ГЕПАТИТА****(экспериментальное исследование)***Кафедра медицинской биологии с основами генетики имени профессора Бердиев Н.Б.**Государственного образовательного учреждения «Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино», Таджикистан*

В статье представлено экспериментальное изучение желчегонные и гепатопротекторные свойства густой экстракт клубней топинамбура сорта Сарват произрастающих в Южном Таджикистане на фоне токсического гепатита. Обсуждается применение этого растения в народной и традиционной медицине. Особое внимание уделено обоснованию фармакологических эффектов инулина и других биологически активных веществ, оказывающих гепатопротекторное, желчегонное и общеукрепляющее действие на организм. Экспериментальные исследования показали, густой экстракт клубней земляной груши сорта Сарват, выращенный в условиях Южного Таджикистана, в дозах 0,25, 0,35 и 0,5 г/кг оказывает выраженное гепатопротекторное и желчегонное действие при токсический гепатите. Густой экстракт клубней земляной груши сорта Сарват, также оказывает положительное влияние на продолжительность гексиналового сна, активность маркеров цитолитического синдрома и малоновый диальдегид, на уровень билирубина, содержание глюкозы, содержание общего белка сыворотки крови у подопытных животных при токсическом гепатите.

**Ключевые слова:** Земляная груша (*Helianthus tuberosus L.*) сорта Сарват, инулин, биологически активные вещества, карсил, билирубин, токсический гепатит.

**Для цитирования:** О. М. Шахсуфбекова. Желчегонные и гепатопротекторные свойства густой экстракт клубней топинамбура сорта Сарват на фоне токсического гепатита (экспериментальное исследование). Наука и образование. 2025;2(4): 439-447. <https://doi.org/10.25005/3078-5022-2025-2-4-439-447>

**ХУЛОСА****О. М. ШАХСУФБЕКОВА****ХУСУСИЯТҲОИ ХОЛИГУНАНДА ВА ҲИМОЯКУНАНДАИ ИҚТИБОСИ ҒАЛАБИ ЛУНДАҲОИ ТОПИНАМБУРИ НАВЪИ САРВАТ, МУҚОБИЛИ ГЕПАТИТИ ЗАҲРНОК****(таҳқиқоти эксперименталӣ)**

Кафедраи биологияи тиббӣ бо асосҳои генетика ба номи проф. Н.Б. Бердиеви Муассисаи давлатии таълимии "Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ Сино", Тоҷикистон

Дар ин мақола таҳқиқоти таҷрибавии ҳосиятҳои ҳепатоҳимоягӣ ва талхачудокунии қиёми ғафси лӯндаи ноки заминии навъи Сарват, ки дар ҷануби Тоҷикистон парвариш карда мешавад, дар заминаи гепатити заҳролудӣ, пешниҳод шудааст. Истифодаи ин растани дар тибби халқӣ ва анъанавӣ баррасӣ шудааст. Таваҷҷӯҳи махсус ба асоснок кардани таъсири фармакологии инулини таркиби ин растани ва дигар моддаҳои фаъоли биологӣ, ки таъсири ҳепатоҳимоягӣ, талхачудокунии ва хусусияти барқароркунандагии бадан доранд, равона карда шудааст. Таҳқиқотҳои таҷрибавӣ нишон доданд, ки қиёми ғафси лӯндаи ноки заминии навъи Сарват, ки дар ҷануби Тоҷикистон парвариш карда мешавад бо миқдори 0,25, 0,35 ва 0,5 г/кг, таъсири назарраси ҳепатоҳимоягӣ ва талхачудокунии дар гепатити заҳролудӣ дорад. Қиёми ғафси лӯндаи ноки заминии навъи Сарват инчунин ба давомнокии ҳоби гексиналӣ, фаъолияти маркерҳои синдроми цитолитикӣ ва алдегиди малонӣ, миқдори билирубин, глюкоза ва миқдори умумии сафедаи зардоби хуни ҳайвоноти таҷрибавӣ дар гепатити заҳролудӣ таъсири мусбат мерасонад.

**Калимаҳои калидӣ:** ноки заминӣ (*Helianthus tuberosus L.*) навъи Сарват, инулин, моддаҳои фаъоли биологӣ, карсил, билирубин, гепатити токсикӣ.

## ABSTRACT

O. M. SHAKHSUFBEKOVA

**CHOLAR AND HEPATOPROTECTIVE PROPERTIES OF A THICK EXTRACT OF TOPINAMBUR TUBERS, SARVAT VARIETY, AGAINST TOXIC HEPATITIS  
(experimental study)**

*Department of Medical Biology with Genetics named after Professor N.B. Berdiev of the State Educational Institution "Tajik State Medical University named after Avicenna", Tajikistan*

*This article presents an experimental study of the cholaretic and hepatoprotective properties of a thick extract of Jerusalem artichoke tubers Sarvat grown in southern Tajikistan against a background of toxic hepatitis. The use of this plant in folk and traditional medicine is discussed. Particular attention is paid to substantiating the pharmacological effects of inulin and other biologically active substances that have hepatoprotective, cholaretic, and restorative effects on the body. Experimental studies have shown that a thick extract of Jerusalem artichoke tubers Sarvat, grown in southern Tajikistan, at doses of 0.25, 0.35, and 0.5 g/kg, has a pronounced hepatoprotective and cholaretic effect in toxic hepatitis. A thick extract of Jerusalem artichoke tubers of the Sarvat variety also has a positive effect on the duration of hexinal sleep, the activity of cytolytic syndrome markers and malondialdehyde, bilirubin levels, glucose content, and the content of total serum protein in experimental animals with toxic hepatitis.*

**Keywords:** *Jerusalem artichoke (Helianthus tuberosus L.) Sarvat varieties, inulin, biologically active substances, carsil, bilirubin, toxic hepatitis.*

**Актуальность.** В современном мире растёт интерес к натуральным продуктам и профилактике заболеваний, что делает изучение лечебных свойств растений особенно актуальным. В структуре заболеваемости в странах с высоким уровнем дохода значительный вклад вносят заболевания метаболического синдрома, среди которых сахарный диабет (СД) занимает видное место, поражая примерно 15% людей в возрасте от 40 до 75 лет [1, 3, 6]. Кроме того, наблюдается чёткая тенденция к росту распространённости сахарного диабета не только в возрастной группе старше 40 лет, но и среди молодых людей.

Каждые 15 лет число больных сахарным диабетом удваивается за счёт роста числа больных сахарным диабетом 2 типа, превышая все теоретические прогнозы. Установлено, что около 40% от общего числа лекарственных средств, утверждённых фармакопеей, составляют растительные лекарственные средства. В отличие от синтетических препаратов, они содержат биологически активные вещества в оптимальных и сбалансированных соотношениях, что является наиболее приемлемым способом нормализации физиологических и биохимических процессов и восстановления функциональных

возможностей организма. Кроме того, растительные лекарственные средства полностью заменяют синтетические препараты и обладают рядом преимуществ, таких как возможность длительного и безопасного применения, совместимость с синтетическими препаратами [2, 5]. Поэтому одной из важнейших задач современной фармакологии является разработка и внедрение новых лечебно-профилактических средств, предназначенных для лечения и профилактики различных патологий органов и систем организма человека. В последние годы сохраняет свою актуальность применение лекарственных растений, в том числе растений, содержащих полисахариды, для профилактики и лечения различных заболеваний, в том числе сахарного диабета 2 типа. Одним из таких лекарственных растений, произрастающих в Республике Таджикистан, является груша земляная. В регионах Республики Таджикистан выращивается сорта Сарват, изученные таджикскими учёными, которые обладают хорошими лечебными свойствами. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) - ценная сельскохозяйственная и лекарственная культура с богатым химическим составом и разнообразными лечебными свойствами [8]. Многие виды продукции на основе топинамбура сегодня оцениваются как

импортозамещающие и экспорт-ориентированные, что имеет важное значение для развития экономики республики Таджикистан [8, 9]. В Таджикистане в результате изучения сорта «Интерес» (Российской селекции) и селекционных разработок 2009-2015гг, таджикским ученым удалось получить новый сорт растения, у которого клубни были относительно более гладкими и не имели «деток» на их поверхности, как у исходного сорта. Данный сорт был выведен методом клонового отбора и получил название Сарват (Богатство).

Согласно заседанию региональной комиссии по сортам растений при Министерстве сельского хозяйства Республики Таджикистан под №1 от 28.04.2017 было дано разрешения на посев нового сорта «Сарват» на территории РТ, также сорт «Сарват» был внесен в Государственный реестр торговых и охраняемых растений [8, 10].

Выделенная форма топинамбура отличается от исходного сорта «Интерес» по гладкой форме клубней, листьям, цветкам, массе клубней и общей биомассе на 28,7-68%. Клубни топинамбура содержат углевод инулин, витамины группы В, витамин С, микроэлементы (железо, калий, кремний, цинк), органические кислоты и аминокислоты, которые обуславливают его высокую биологическую ценность [4, 10]. Топинамбур особенно важен для людей, страдающих сахарным диабетом, желудочно-кишечными заболеваниями, сердечно-сосудистыми заболеваниями и нарушениями обмена веществ. Интерес к топинамбуру растёт не только в народной медицине, но и в научных исследованиях, направленных на подтверждение и расширение знаний о его фармакологических свойствах. Продукты на основе топинамбура используются в диетическом питании, фитотерапии и фармацевтике, что свидетельствует о его потенциале как доступного и безопасного натурального лечебного средства [11, 13].

Поэтому изучение его лечебных свойств и анализ применения в народной и традиционной медицине являются важными вопросами, имеющими научное и практическое значение как для поддержания здоровья, так и для профилактики заболеваний.

*Helianthus tuberosus* L., или опунция, — многолетнее растение семейства сложноцветных. Его клубни богаты биологически активными веществами, что объясняет его широкое применение в диетологии, народной и традиционной медицине. Клубни содержат до 20–25% инулина, а также фруктозу, пектин, аминокислоты, органические кислоты, витамины (С, В1, В2, РР) и минеральные вещества, такие как калий, кальций, магний, железо, цинк и кремний. Большое количество инулина делает гелиантус ценным природным пребиотиком, способствующим нормализации кишечной микрофлоры и обмена веществ. Благодаря своему составу гелиантус обладает гипогликемическим, гиполипидемическим, иммуностимулирующим и антиоксидантным действием. При сахарном диабете употребление опунции способствует снижению уровня глюкозы в крови и повышению чувствительности тканей к инсулину. В народной медицине опунцию используют в виде отваров, настоев, порошков и свежего сока [5, 13].

В современной медицине препараты на основе опунции используются в качестве функциональных пищевых добавок и фитопрепаратов с детоксикационным, гипогликемическим и пребиотическим действием. Клубни опунции используют для получения инулина и сиропа, которые включают в состав диетических продуктов для больных сахарным диабетом и нарушениями обмена веществ [1, 6, 12].

**Цель исследования.** Изучение желчегонные и гепатозащитные свойства густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват, произрастающий на территории республики Таджикистана на фоне токсического гепатита.

**Материалы и методы исследования.** Объектом исследования явились экспериментальные животные (кролики, белые крысы) и густой экстракт клубней топинамбура сорт Сарват, выращенного на территории Южного Таджикистана (Файзабадском, Дангаринском районах) урожая 2012- 2015 годов. Также объектом исследования являлась образцы густого экстракта клубней топинамбура сорт Сарват

для экспериментальных исследований разрабатывались в лабораторных условиях. Токсический гепатит вызывали подкожным введением 50% масляного раствора  $CCl_4$  в дозе 2 мл/кг массы белым крысам в течение одного месяца. Антитоксическую функцию печени определяли по длительности гексеналового сна.

Исследования проводились на базе ЦНИЛ ГОУ “Таджикского государственного медицинского университета им. Абуали ибни Сино” и в ГНИИ Питания Министерства промышленности и новых технологий РТ. В качестве препарата сравнения использовали антидиабетический синтетический препарат Карсил.

Содержание экспериментальных животных соответствовало правилам лабораторной практики доклинических исследований (по ГОСТ № 51000.3-96-51000.4-2008 при соблюдении Международной рекомендации Европейской конвенции по защите позвоночных животных).

В связи с тем, что желчевыделительная функция печени является наиболее чувствительной к воздействию  $CCl_4$ , доклиническое исследование испытуемых средств проводили на белых крысах с подострой интоксикацией гепатотоксином.

Исследование проводились на 60 белых крысах обоего пола массой 190-220 г. линии Wistar.

Испытуемые вещества на фоне токсического гепатита вводились из расчета 0,25, 0,35 и 0,5 г/кг массы тела в течение одного месяца.

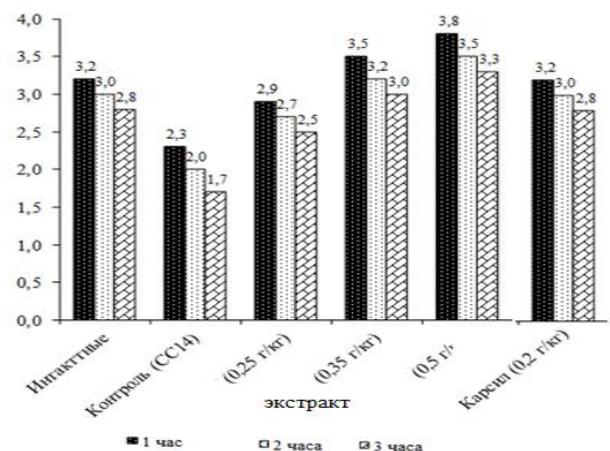
**Рисунок 1.- Желчегонные свойства густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват при токсическом гепатите**

С целью выяснения механизма гепатозащитного действия густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват, у животных при отравлении гепатотоксином изучали влияние этих средств на активность ферментов (АлАТ, АсАТ,ЩФ) (табл. 1.).

Как видно из табл.1, четыреххлористый углерод усиливает активности маркеров цитолитического синдрома АлАТ, АсАТ и ЩФ

**Результаты исследования.** При подострой интоксикации  $CCl_4$  у контрольных животных наблюдалось достоверное ( $p<0,001$ ) уменьшение объема секретируемой желчи. Объем секретируемой желчи у контрольных (не леченых) животных по сравнению с интактными за три часа от начала фистулирования желчного протока уменьшается на 41,2%. В то же время в опытных сериях, получавших густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват в дозах 0,25, 0,35 и 0,5 г/кг, объём желчи по сравнению с контрольными сериями увеличивается на 40,0%, 70,0% 90,0% и 70,0% 80% и 92,0% соответственно. Таким образом, опыты на белых крысах показали, что густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват в дозах 0,25, 0,35, и особенно в дозе 0,5 г/кг, обладали достаточно выраженным желчегонным эффектом (рис. 1.).

При этом эффективность испытуемых средств в отношении препарата сравнения Карсил была значительно выше. Показатели секретируемой желчи в мг/мин представлены на рисунке 1.



по сравнению с интактными животными на 89,0%, 104,0% и 123,7% соответственно, МДА в 6 раз. В результате месячного лечения крыс с токсическим гепатитом установлено, что испытуемые средства способствовали смягчению гепатотоксического действия тетрахлорметана и нормализации биохимических показателей крови.

Анализ полученных результатов показывает, что показатель активности АлАТ, АсАТ и ЩФ в сериях, получавших густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват в дозах 0,35 и 0,5 г/кг по сравнению с  $CCl_4$

индуцированными животными, статистически снизился на 35,4%, 32,3% и 47,0% соответственно, содержание малонового диальдегид в сыворотке крови на 47,5%. В сериях, получавших густой экстракт топинамбур сорт Сарват, активность вышеуказанных ферментов снизилась на 30,8%, 30,5%, 41,5% и 48,2% соответственно.

**Таблица 1. – Влияние густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват на активность маркеров цитолитического синдрома и МДА сыворотки крови крыс на фоне СС14**

| Группы животных    | Показатели сыворотки крови |             |                               |                                       |
|--------------------|----------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|                    | АлАТ (Ед/л)                | АсАТ (Ед/л) | Щелочная фосфатаза(ЩФ) (Ед/л) | Малоновый диальдегид (МДА) (нмоль/мл) |
| Интактные          | 75,0±3,2                   | 62,6±2,1    | 284,6±9,5                     | 2,5± 0,1                              |
| Контрольные        | 142,8±6,6*                 | 128,8 ±5,8* | 636,7±10,5*                   | 16,6±0,9*                             |
| Экстракт 0,35 г/кг | 108,9±6,6**                | 95,8±4,4**  | 380,5 ±6,6**                  | 11,4±0,8**                            |
| Экстракт 0,5 г/кг  | 98,8±4,0**                 | 89,5±3,3**  | 349,5±3,8**                   | 8,6±0,9**                             |
| Карсил 0,2 г/кг    | 101,5±5,0**                | 84,9±0,5**  | 399,8±5,5**                   | 10,0±0,7**                            |

Примечание: \* –  $p < 0,01$  сравнении с интактной группой

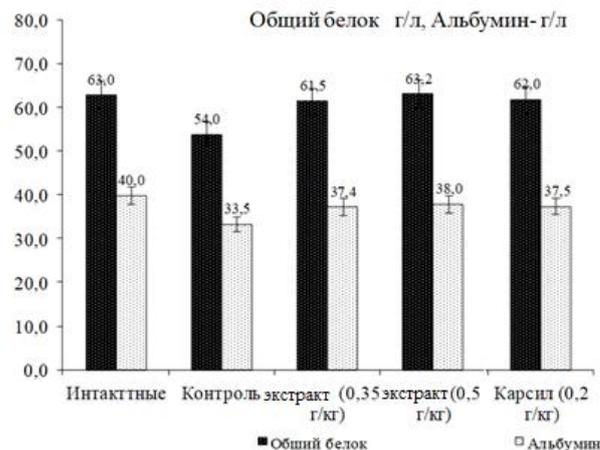
\*\* –  $p < 0,01$  в сравнении с контрольной группой

При сравнительном анализе полученных результатов установлено, что испытуемые средства по эффективности не уступают препарату сравнения, обладающему гепатопротекторными свойствами - Карсилу. Подострая интоксикация гепатотоксином сопровождалась недостоверным, заметным уменьшением концентрации общего количество белка, альбумина и достоверным повышением концентрации билирубина в крови контрольных животных. Проведенное месячное лечение испытуемыми средствами и Карсилом оказали благоприятное влияние на обмен белков и билирубина (рис. 2. и рис. 3.).

Динамика изменения содержания билирубина в сыворотке крови (рис. 2.) под действием испытуемых средств показала, что при концентрации 0,5 г/кг массы ГЭКТС и ГЭКТИ оказывают существенное действие, и данный показатель у опытных животных по сравнению с контрольными снижается в среднем на 80-90%.



**Рисунок 2.- Влияние густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват на уровень билирубина и содержание глюкозы сыворотки крови при токсическом гепатите.**

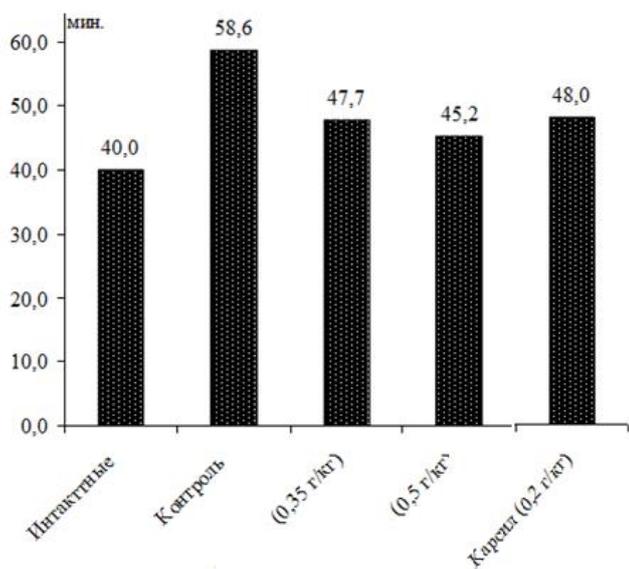


**Рисунок 3.- Влияние густой экстракт клубней топинамбур сорт Сарват на содержание общего белка и альбумина в сыворотке крови при токсическом гепатите**

Как видно из результатов, представленных на рис. 3., концентрация общего белка и альбумина под действием оптимальных доз густой экстракт клубней

толпинамбур сорт Сарват почти восстановилась до уровня интактных крыс. Препарат сравнения Карсил в дозе 0,2 г/кг по эффективности не уступал густой экстракт клубней толпинамбур сорт Сарват.

Гепатопротекторные свойства густой экстракт клубней толпинамбур сорт Сарват также были выявлены при исследовании антитоксической функции печени (на модели гексиналового сна) при токсическом гепатите СС1<sub>4</sub>, что сопровождалось резким ухудшением антитоксической функции печени.



**Рисунок 4.- Влияние густой экстракт клубней топинамбура сорт Сарват на продолжительность гексиналового сна у крыс при токсическом гепатите**

Результаты наших исследований хорошо согласуются и в определенной степени

Продолжительность гексиналового сна у контрольных крыс по сравнению с интактными животными удлинялась на 42,2% (рис.4). Продолжительность гексиналового сна у леченных густой экстракт клубней толпинамбур сорт Сарват в указанных дозах по сравнению с контрольными сериями укорачивалось на 23,4%, 26,0%, 25,7% и 29,2% соответственно. Показатели Карсила были аналогичными с испытуемыми средствами (рис.4).

подтверждают мнение других авторов о том, что биологически активные вещества состава клубней топинамбура положительно влияют на функциональную активность печени, оказывая непосредственное влияние на синтез гликогена, утилизацию глюкозы и улучшение энергетического обмена [3]. Следует отметить, что данный эффект стимулирует процессы синтеза общего белка, общего холестерина, метаболизм желчных кислот, и на этом фоне улучшает функцию гепатобилиарной системы. Топинамбур усиливает антиоксидантный потенциал печени при воздействии различных токсических факторов внешней и внутренней среды [4].

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о том, что густой экстракт клубней толпинамбура сорт Сарват обладают существенными желчегонными и гепатозащитными свойствами, что, на наш взгляд, тесно связано с биологически активными веществами состава клубней топинамбура.

### Литература

1. Ахмедов ХМ, Партоев К, Ташбаев ГА. Топинамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – перспективная культура для производства биоэтанола в Таджикистане. Известия Академии наук Республики Таджикистан. 2014;4(157):105-112.
2. Байдалинова ЛС, Мельникова ВА. Повышение профилактической эффективности кофейного напитка из топинамбура. Научный журнал «Известия КГТУ». 2015;38:11.
3. Веревкин АН, Попов ТН, Агарков АА, Семенихина АВ. Воздействие мелаксена на интенсивность свободнорадикальных процессов и активность некоторых антиоксидантных ферментов в печени и сыворотке крови крыс при сахарном диабете 2 типа. Биомедицинская химия. 2015;61(5): 640-645.
4. Исследование гепатопротекторной активности травы топинамбура на модели токсического гепатита у крыс. Проблемы ветеринарной медицины и биотехнологии. 2022;3:45–52.
5. Зиганшин АУ, Бейбутова КН. Топинамбур как источник биологически активных веществ: обзор. Химия растительного сырья. 2017;4:221–231.

6. Ким ЛХ, Абдурахманов Б. Минеральный состав клубней топинамбура. *Universum: Естественные науки*. 2020;8(74):54–58.
7. Ковалева МА. Фармакология хинонов природного происхождения, оцененная в экспериментальных моделях нарушений углеводного и липидного обмена, дис. на канд. медицинских наук: 14.03.06, 03.01.04. Санкт-Петербург, 2015:9-23.
8. Партоев К, Сайдалиев Н. Изучение топинамбура (*Helianthus tuberosus*) в условиях Таджикистана. Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию образования агрономического факультета Казанского государственного аграрного университета. Казань. 2014:123-126 .
9. Топинамбур — лекарственная культура. В: Большая медицинская энциклопедия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020:546–550.
10. Abdel-Hamid NM, El-Khalik SM, Morsy MS, El-Sheikh AM. Synergistic effects of Jerusalem artichoke in combination with pegylated interferon alfa-2a and ribavirin against hepatic fibrosis in rats. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2016;17(4):1979–1985.
11. Abdel-Hamid NM. Jerusalem artichoke attenuates experimental hepatic fibrosis via modulation of apoptotic signaling and fibrogenic activity. *Bio-Basic Research*. 2015;2(3):134–142.
12. Chang WC, Jia H, Lee IT. Beneficial effects of soluble dietary Jerusalem artichoke in the prevention of type 2 diabetes and NAFLD in high-fructose diet-fed rats. *British Journal of Nutrition*. 2014;112:709–717.
13. Khalifa I. Protective impact of Jerusalem artichoke polysaccharides against oxidative stress and liver injury induced by CCl<sub>4</sub>. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;137:138–147.

#### REFERENCES

1. Akhmedov KHM, Partoyev K, Tashbayev GA. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) – perspektivnaya kul'tura dlya proizvodstva bioetanol v Tadjikistane [Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) – a promising crop for bioethanol production in Tajikistan]. *Izvestiya Akademii nauk Respubliki Tadjikistan - Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan*. 2014;4(157):105-112.
2. Baydalinova LS, Mel'nikova VA. Povysheniye profilakticheskoy effektivnosti kofeynogo napitka iz topinambura [Improving the prophylactic efficacy of Jerusalem artichoke coffee drink.]. *Nauchnyy zhurnal «Izvestiya KGTU» - Scientific journal "Bulletin of KSTU"*. 2015;38:11.
3. Verevkin AN, Popov TN, Agarkov AA, Semenikhina AV. Vozdeystviye melaksena na intensivnost' svobodnoradikal'nykh protsessov i aktivnost' nekotorykh antioksidantnykh fermentov v pecheni i syvorotke krovi kryis pri sakharnom diabete 2 tipa [The effect of melaxen on the intensity of free-radical processes and the activity of some antioxidant enzymes in the liver and blood serum of rats with type 2 diabetes mellitus]. *Biomeditsinskaya khimiya - Biomedical chemistry*. 2015;61(5): 640-645.
4. Issledovaniye gepatoprotektoynoy aktivnosti travy topinambura na modeli toksicheskogo gepatita u kryis [Study of the hepatoprotective activity of Jerusalem artichoke herb in a toxic hepatitis model in rats]. *Problemy veterinarnoy meditsiny i biotekhnologii - Problems of veterinary medicine and biotechnology*. 2022;3:45–52.
5. Ziganshin AU, Beybutova KN. Topinambur kak istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv: obzor [Jerusalem artichoke as a source of biologically active substances: a review]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya - Chemistry of plant raw materials*. 2017;4:221–231.
6. Kim LKH, Abdurakhmanov B. Mineral'nyy sostav klubney topinambura [Mineral composition of Jerusalem artichoke tubers]. *Universum: Yestestvennyye nauki - Universum: Natural sciences*. 2020;8(74):54–58.
7. Kovaleva MA. Farmakologiya khinonov prirodnoy proiskhozhdeniya, otsenennaya v eksperimental'nykh modelyakh narusheniya uglevodnogo i lipidnogo obmena [Pharmacology of naturally occurring quinones

evaluated in experimental models of carbohydrate and lipid metabolism disorders] dis. kand. meditsinskikh nauk - Cand. of Medical Sciences diss.: 14.03.06, 03.01.04. Sankt-Peterburg, 2015:9-23.

8. Partoyev K, Saydaliyev N. Izucheniye topinambura (*Helianthus tuberosus*) v usloviyakh Tadjikistana [Study of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) in Tajikistan]. Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchenaya 80-letiyu obrazovaniya agronomicheskogo fakul'teta Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - International scientific and practical conference dedicated to the 80th anniversary of the founding of the Agronomy Faculty of Kazan State Agrarian University. Kazan'. 2014:123-126.

9. Topinambur — lekarstvennaya kul'tura [Jerusalem artichoke — a medicinal crop]. V: Bol'shaya meditsinskaya entsiklopediya - In: The Great Medical Encyclopedia. M.: GEOTAR-Media, 2020:546–550.

10. Abdel-Hamid NM, El-Khalik SM, Morsy MS, El-Sheikh AM. Synergistic effects of Jerusalem artichoke in combination with pegylated interferon alfa-2a and ribavirin against hepatic fibrosis in rats. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*. 2016;17(4):1979–1985.

11. Abdel-Hamid NM. Jerusalem artichoke attenuates experimental hepatic fibrosis via modulation of apoptotic signaling and fibrogenic activity. *Bio-Basic Research*. 2015;2(3):134–142.

12. Chang WC, Jia H, Lee IT. Beneficial effects of soluble dietary Jerusalem artichoke in the prevention of type 2 diabetes and NAFLD in high-fructose diet-fed rats. *British Journal of Nutrition*. 2014;112:709–717.

13. Khalifa I. Protective impact of Jerusalem artichoke polysaccharides against oxidative stress and liver injury induced by CCl<sub>4</sub>. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2019;137:138–147.

#### **Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов**

Финансовой поддержки со стороны компаний–производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

#### **Сведения об авторе:**

**Шахсуфбекова Оимниссо Мамадназаровна** - Таджикский государственный медицинский Университет им. Абуали ибни Сино, г. Душанбе. Доцент кафедры медицинской биологии с основами генетики имени профессор Бердиев Н.Б.

**Адрес.** 734026, г. Душанбе, улица Сино 29-31, тел: (44) 6003977; Факс: 2353496; E-mail: info@tajmedun.tj. Web: www.tajmedun.tj

УДК 612.314.2;549.28;546.19

DOI 10.25005/3078-5022-2025-2-4-447-453

**РЕЗЮМЕ****В. В. НИКОЛАЕВА****ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА**

*Кафедра биоорганической и физколлоидной химии ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибни Сино», Душанбе, Республика Таджикистан*

**Цель.** Изучить механизмы токсического воздействия тяжёлых металлов (например, свинца, кадмия, ртути) и мышьяка на организм, оценить уровень их накопления и влияние на основные системы и органы.

**Методы исследования** включали анализ литературы и существующих научных данных по токсикологии тяжёлых металлов и мышьяка, метод атомно-абсорбционной спектроскопии на лабораторных животных и статистическая обработка полученных данных для определения значимости результатов.

**Результаты** показали, что тяжёлые металлы и мышьяк накапливаются преимущественно в печени, почках и нервной ткани, вызывая нарушение их функций. Обнаружено повышение уровней окислительного стресса и снижение активности антиоксидантных ферментов под действием токсинов. Экспериментально подтверждено, что даже низкие дозы мышьяка и некоторых тяжёлых металлов приводят к изменению морфологии клеток и развитию воспалительных процессов. Выявлены пороки работы сердечно-сосудистой и нервной систем, связанные с хронической интоксикацией.

**В заключение** отмечается необходимость и важность дальнейших исследований токсического действия тяжёлых металлов и мышьяка на человека в связи с развитием мелких бесконтрольных производств, загрязняющих воздух и почву Таджикистана. Тяжёлые металлы и мышьяк обладают выраженным токсическим действием, приводящим к системным нарушениям в организме. Для снижения рисков необходимо контролировать уровень их содержания в окружающей среде и пищевых продуктах, а также развивать методы детоксикации и профилактики хронических отравлений. Дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск эффективных биомаркеров и терапевтических подходов.

**Ключевые слова:** тяжёлые металлы, мышьяк, токсичность, интоксикация, биометаллы, окислительный стресс, гепатотоксичность, нейротоксичность, экспериментальное исследование.

**Для цитирования:** В. В. Николаева. Токсическое действие тяжелых металлов и мышьяка. Наука и образование. 2025;2(4): 447-453. <https://doi.org/10.25005/3078-5022-2025-2-4-447-453>

**ХУЛОСА****В. В. НИКОЛАЕВА****ТАЪСИРИ ЗАҲРОКИИ МЕТАЛЛҲОИ ВАЗНИН ВА АРСЕН БА ОРГАНИЗМ**

*Кафедраи химияи биоорганикӣ ва физколлоидии МДТ «ДДТТ ба номи Абуали ибни Сино», Душанбе, Тоҷикистон*

**Мақсад.** Омӯзиши механизмҳои таъсири заҳрокии металлҳои вазнин (масалан, сурб, кадмий, симоб) ва арсен ба бадан, баҳодихии сатҳи ҷамъшавии онҳо ва арзёбии таъсири онҳо ба системаҳои узвҳои асосӣ.

**Усулҳои таҳқиқот:** баррасии адабиёт ва маълумотҳои мавҷудаи илмӣ оид ба заҳрокии металлҳои вазнин ва арсен, спектроскопияи атомии абсорбсияи ҳайвоноти лабораторӣ ва таҳлили статистикӣ маълумотҳои бадастомадаро барои муайян кардани аҳамияти натиҷаҳо дар бар мегиранд.

**Натиҷаҳо** нишон доданд, ки металлҳои вазнин ва арсен пеш аз ҳама дар ҷигар, гурдаҳо ва бофтаҳои асаб ҷамъ шуда, боиси халалдор шудани вазифаи ин узвҳо мешаванд. Дар зери таъсири захрӯҳо зиёдшавии фишори оксидативӣ ва кам шудани фаъолияти ферментҳои антиоксидантӣ ошкор карда шуд. Таҷрибаҳо тасдиқ карданд, ки ҳатто миқдори ками арсен ва баъзе металлҳои вазнин ба тағйирёбии морфологияи ҳуҷайраҳо ва инкишофи равандҳои илтиҳобӣ оварда мерасонанд. Мушкилоти системаи дилу рағҳо ва системаи асаб, ки бо мастии музмин алоқаманданд, муайян карда шуданд.

**Хулоса:** Дар ҷамъбаст зарурат ва аҳамияти таҳқиқоти минбаъдаи таъсири захрӯкии металлҳои вазнин ва арсен ба инсон дар робита ба рушди соҳаҳои хурди беназорат, ки ҳаво ва хоки Тоҷикистонро олуда мекунад, қайд карда мешавад. Металлҳои вазнин ва арсен таъсири захрӯлудӣ доранд, ки боиси ихтилоли системавӣ дар бадан мешаванд. Барои кам кардани ин хатарҳо, назорат кардани сатҳи онҳо дар муҳити зист ва гизо, инчунин таҳияи усулҳои безарагардонӣ (детоксикация) ва пешгирии захрӯлудшавии музмин зарур аст. Таҳқиқоти минбаъда бояд ба муайян кардани биомаркерҳои самаранок ва равишҳои табобатӣ равона карда шавад.

**Калимаҳои бунёдӣ:** металлҳои вазнин, арсен, захрӯлудшавӣ, биометаллҳо, фишори оксидативӣ, гепатотоксикӣ, нейротоксикӣ, омӯзиши таҷрибавӣ.

### ABSTRACT

V. V. NIKOLAEVA

### TOXIC EFFECTS OF HEAVY METALS AND ARSENIC

Department of Bioorganic and Physical Colloid Chemistry, Avicenna State Medical University,  
Dushanbe, Republic of Tajikistan

**Objective.** To study the mechanisms of toxic effects of heavy metals (e.g., lead, cadmium, mercury) and arsenic on the body, to assess their accumulation levels and impact on major systems and organs.

**Research methods** included analysis of literature and existing scientific data on the toxicology of heavy metals and arsenic, atomic absorption spectroscopy on laboratory animals, and statistical processing of the data obtained to determine the significance of the results.

**The results** showed that heavy metals and arsenic accumulate mainly in the liver, kidneys, and nervous tissue, causing disruption of their functions. An increase in oxidative stress levels and a decrease in the activity of antioxidant enzymes under the influence of toxins were detected. It has been experimentally confirmed that even low doses of arsenic and some heavy metals lead to changes in cell morphology and the development of inflammatory processes. Defects in the cardiovascular and nervous systems associated with chronic intoxication have been identified.

**In conclusion,** it is noted that further research on the toxic effects of heavy metals and arsenic on humans is necessary and important in connection with the development of small uncontrolled industries that pollute the air and soil of Tajikistan. Heavy metals and arsenic have a pronounced toxic effect, leading to systemic disorders in the body. To reduce the risks, it is necessary to monitor their levels in the environment and food products, as well as to develop methods of detoxification and prevention of chronic poisoning. Further research should be aimed at finding effective biomarkers and therapeutic approaches.

**Keywords:** heavy metals, arsenic, toxicity, intoxication, biominerals, oxidative stress, hepatotoxicity, neurotoxicity, experimental study.

**Введение.** Тяжелые металлы и мышьяк представляют собой серьезную угрозу для здоровья человека и экосистемы в целом.

Механизм их токсического действия основан на нескольких ключевых аспектах, которые включают взаимодействие с клеточными

структурами и системами организма. В данной статье рассматриваются некоторые тяжелые металлы и мышьяк и их токсическое действие, а также меры по профилактике их токсического воздействия.

**Цель.** Изучить механизмы токсического воздействия тяжёлых металлов (например, свинца, кадмия, ртути) и мышьяка на организм, оценить уровень их накопления и влияние на основные системы и органы.

**Материал и методы исследования.** В качестве материала использовались образцы почвы и овощей, произрастающих на территории Гиссарского района.

**Методы исследования** включали химический анализ проб биологических тканей и окружающей среды; экспериментальное исследование на лабораторных животных с использованием различных доз металлов для оценки гематологических и биохимических показателей; морфологическое исследование тканей под микроскопом для выявления повреждений.

**Результаты исследования и их обсуждение.**

Тяжёлые металлы представляют собой одну из наиболее значительных экологических угроз для природы Таджикистана. В последние десятилетия увеличенное антропогенное воздействие, связанное с промышленным производством, сельским хозяйством и добычей полезных ископаемых, привело к накоплению токсичных металлов в экосистемах страны. Исследования показывают, что такие металлы, как свинец, ртуть, кадмий и мышьяк, проникают в почву и водные ресурсы, нарушая биологическое равновесие и вредя местной флоре и фауне [1,10].

Степень изученности токсического действия этих элементов на природу Таджикистана варьируется. Некоторые исследователи акцентируют внимание на влиянии тяжёлых металлов на здоровье растений, отмечая снижение их жизнеспособности и продуктивности. Другие исследования сосредоточены на

биомониторинге состоянием экосистем, что позволяет выявить накопление токсикантов в пищевых цепях и их воздействие на живых существ, включая людей [2,3].

Необходимы дальнейшие исследовательские усилия для более глубокого понимания механизмов токсического воздействия тяжёлых металлов, а также для разработки эффективных методов очистки и восстановления загрязнённых территорий, что является ключевым шагом на пути к экологически чистому будущему Таджикистана.

Во-первых, тяжелые металлы, такие как свинец, кадмий и ртуть, способны связываться с белками, нарушая их структуру и функцию. Это может привести к нарушению метаболических процессов и гибели клеток. Например, ртуть блокирует ферменты, необходимые для синтеза ДНК и белков, что в свою очередь приводит к мутациям и канцерогенным изменениям.

Во-вторых, мышьяк проявляет свою токсичность через образование активных форм кислорода, что вызывает окислительный стресс и повреждение клеточных мембран. При длительном воздействии наблюдается иммунодепрессия и развитие различных заболеваний, включая рак [4,5,10].

Кроме того, данные токсиканты могут накапливаться в организмах водных и наземных экосистем, создавая замкнутые круги токсического воздействия на пищевые цепи. Поэтому понимание механизмов их действия имеет ключевое значение для разработки стратегий профилактики и лечения.

В современном мире растет количество экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды тяжелыми металлами и мышьяком. Эти элементы широко используются в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и быту. Однако их высокая токсичность при накоплении в организме приводит к серьезным нарушениям здоровья человека и разрушению экосистем. Основной опасностью является стойкое накопление, что делает их источниками

хронической интоксикации. В данной статье рассматриваются химический состав, пути проникновения, механизмы токсического действия, симптомы и методы диагностики отравлений тяжелыми металлами и мышьяком, а также современные подходы к лечению и профилактике [1,7].

Термин "тяжелые металлы" используется в научной литературе для обозначения металлов, обладающих высокой плотностью (обычно выше  $5 \text{ г/см}^3$ ), а также высокой токсичностью при определенных концентрациях. Среди них особое место занимают свинец (Pb), ртуть (Hg), кадмий (Cd), хром (Cr), и др. Эти металлы характеризуются способностью к накоплению в организмах и окружающей среде, а также длительным периодом выведения.

Мышьяк (As) - металлоподобный элемент, который встречается в природе в виде соединений – арсенидов и арсенатов. Он не является жидким металлом, а обладает свойствами, характерными для полуметаллов или металлоподобных элементов. Мышьяк широко используется в промышленности, например, при производстве полупроводников, стекла, пестицидов, но его токсичность вызывает серьезные опасения. В природе мышьяк содержится в минеральных образованиях, а его соединения обладают высоким биохимическим потенциалом вредоносного воздействия на организм человека [7,8].

Основные пути проникновения тяжелых металлов и мышьяка в организм – ингаляционный (вдыхание пыли, паров металлов, особенно при работе с промышленным оборудованием, добыче, переработке руд. Ртуть, свинец и хром часто попадают в дыхательные пути в виде аэрозолей), пероральный (употребление воды, пищи, загрязненных металлами. Например, рыба, содержащая органическую ртуть, или овощи, взрыхленные в почвах с высоким содержанием кадмия) и контактный (возможен при работе с металлами, в сантехнических работах, при использовании косметики или

медикаментов, содержащих тяжелые металлы) [9].

После попадания в организм металл или мышьяк быстро распространяется по кровотоку, начиная воздействовать на клетки, ткани и органы, вызывая токсические реакции.

Механизмы токсического действия. Большинство тяжелых металлов и мышьяка вызывают повреждение клеток через связывание с белками, нарушая их функции, а также через образование свободных радикалов, что ведет к оксидативному стрессу. Эти процессы вызывают повреждение мембран, ДНК, митохондрий и ферментных систем, что влечет за собой клеточный апоптоз или некроз [11, 12].

Действие свинца обусловлено его способностью конкурировать с ионами кальция и железа, вмешиваясь в ферментативные системы. Он ингибирует синтез гемоглобина, вызывая анемию, а также разрушает нервную ткань за счет нарушения функционирования нейрональных кальциевых каналов. В результате наблюдаются когнитивное снижение, ухудшение памяти, снижение внимания.

Ртуть существует в двух основных формах: неорганическая и органическая (метилртуть). Метилртуть, которая образуется в морских организмах, является высокотоксичной. Ртуть связывается с тиолгруппами белков, нарушая функции нервных клеток, вызывая хроническую нейротоксичность, включает нарушения в развитии плода у беременных.

Кадмий с высоким афинитетом связывается с белками и накапливается в печени и почках. Он вызывает хронический нефрит, остеопороз, а также развивает канцерогенные процессы, особенно в легких и почках.

Мышьяк действует через ингибирование ферментов, участвующих в гликолизе и митохондриальных процессах. Он вызывает интоксикацию с проявлениями в виде поражения кожных покровов (блоки арсеновых соединений вызывают

гиперкератоз), онкологических процессов, а также нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы, нервной системы и ЖКТ [10, 12, 15].

Клинические проявления интоксикаций.

В зависимости от типа металлов и мышьяка, степени и длительности воздействия возникают разные симптомы.

Свинец – анемия, боли в животе, нарушения развития у детей, неврологические симптомы, головные боли.

Ртуть – тремор, головные боли, когнитивные нарушения, гиперсаливация, нарушение слуха.

Кадмий – хроническое поражение почек, остеопороз, гиповитаминоз D.

Мышьяк – кожные поражения (гиперкератоз, гиперпигментация), онкологические заболевания кожи, легких; гастроэнтерит, неврологические нарушения.

Хроническая интоксикация может протекать бессимптомно или иметь неспецифические признаки, что усложняет диагностику и требует специальных исследований [14].

Методы диагностики и мониторинга

Для определения уровня токсичных элементов используют биохимические методы:

- Анализ крови и мочи (для выявления острых и хронических форм).

- Анализ волос, ногтей.

- Спектрометрия атомно-абсорбционная или индуктивно-связанная плазменная эмиссия (ICP-AES).

- Эко- и биохимические тесты для оценки функционального состояния органов – печени, почек, нервной системы.

Особое значение имеет комплексный подход, включающий сбор анамнеза, диагностическую визуализацию и лабораторные методы, позволяющие выявить степень персистенции токсикантов [12, 13, 14].

Современные подходы к лечению и профилактике: детоксикационная терапия и симптоматическая терапия [15].

Основой лечения является использование хелатирующих средств,

которые связывают и вытягивают тяжелые металлы из организма: ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота), димеркапрол (DMSA), пенцигам (Unithiol).

Показания к применению, дозировка и длительность терапии подбираются индивидуально, с учетом вида металла и тяжести состояния.

Симптоматическая терапия заключается в обеспечении поддержки функций лишенных поражения органов, коррекция метаболических сдвигов, симптоматическое лечение.

Профилактические меры заключаются в:

- Ужесточение экологических стандартов и контроль за промышленной деятельностью.

- Рациональная пища и вода, мониторинг качества продуктов.

- Использование средств индивидуальной защиты при работе с потенциально опасными веществами.

- Образование и повышение уровня информированности населения.

Экологический аспект. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами приводит к их биоаккумуляции в морских и пресноводных организмах, растениях и почве. Это вызывает долговременные экологические последствия: деградацию биоценозов, нарушение пищевых цепочек и увеличение риска для здоровья населения.

Реализация программ по очистке территорий, регламентация выбросов промышленных предприятий, создание «зеленых» технологий - важные направления борьбы с этой глобальной проблемой.

**Заключение.** Токсическое воздействие тяжелых металлов и мышьяка представляет собой важную проблему современности, затрагивающую экосистемы, здоровье человека и устойчивое развитие. Для минимизации негативных последствий необходимо совершенствовать методы диагностики, разрабатывать новые хелатирующие препараты, внедрять экологические стандарты и проводить

превентивные мероприятия. Только безопасное будущее и снизить уровень комплексный подход сможет обеспечить хронических отравлений населения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Атлас токсикологических свойств химических веществ: под общ. ред. ИИ. Иванова. М.: Наука, 2021:512.
2. Васильева НС, Петров АВ. Токсичность тяжелых металлов и пути их детоксикации. Вестник Российского химико-технологического университета. 2020;63(3):45-55. DOI:10.18577/2410-9335-2020-63-3-45-55.
3. Давыдов МБ, Ларина ЕП. Биомедицинские аспекты воздействия мышьяка. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2021:230.
4. Environmental Toxicology and Chemistry. Special Issue: Heavy Metals and Their Toxicity: Ed. by F. Smith, J. Liu. Wiley, 2022;41(5):1100–1245.
5. Goyer RA. Toxic effects of metals. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons; 10th ed. Philadelphia: McGraw-Hill, 2021:933–978.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, GA: ATSDR, 2021:345.
7. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. Br. Med. Bull., 2021;109(1):139-154. DOI:10.1093/bmb/ldz028.
8. Козлова ИВ, Михайлова ТС. Современные методы биомониторинга тяжелых металлов. Экология человека. 2022;2:12–20.
9. Smith JA, Thompson LF. Advances in chelation therapy for heavy metal poisoning. J. Med. Toxicol. 2021;17(4):255–273. DOI:10.1007/s13181-021-00843-9.
10. Фёдоров ВМ. Экологические аспекты загрязнения тяжелыми металлами. Вестник экологии. 2020;4:70–82.
11. Rosencrantz RR., Gupta RC. Toxicology of Metals. CRC Press, 2010.
12. Flora SJS, Mittal M, Mehta A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. Indian Journal of Medical Research. 2008. — Vol. 128, № 4, С. 501–523.
13. Ghosh S, Ghosh D. Chelation therapy – a potential approach for heavy metals toxicity: a review. Frontiers in Pharmacology. 2019;10: 65.
14. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic: ATSDR. 2007.
15. Bartlett JB, Gilbert J. Clinical Toxicology: Principles and Mechanisms. Wiley-Blackwell, 2014.

### REFERENCES

1. Atlas toksikologicheskikh svoystv khimicheskikh veshchestv: pod obshch. red. II. Ivanova [Atlas of toxicological properties of chemicals: ed. I. I. Ivanov]. M.: Nauka, 2021:512.
2. Vasil'yeva NS, Petrov AV. Toksichnost' tyazhelykh metallov i puti ikh detoksikatsii [Toxicity of heavy metals and their detoxification pathways]. Vestnik Rossiyskogo khimiko-tekhnologicheskogo universiteta - Bulletin of the Russian University of Chemical Technology. 2020;63(3):45-55. DOI:10.18577/2410-9335-2020-63-3-45-55.
3. Davydov MB, Larina YEP. Biomeditsinskiye aspekty vozdeystviya mysh'yaka [Biomedical aspects of arsenic exposure]. SPb.: Izd-vo SPbGU, 2021:230.
4. Environmental Toxicology and Chemistry. Special Issue: Heavy Metals and Their Toxicity: Ed. by F. Smith, J. Liu. Wiley, 2022;41(5):1100–1245.
5. Goyer RA. Toxic effects of metals. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons; 10th ed. Philadelphia: McGraw-Hill, 2021:933–978.

6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, GA: ATSDR, 2021:345.
7. Jarup L. Hazards of heavy metal contamination. Br. Med. Bull., 2021;109(1):139-154. DOI:10.1093/bmb/ldz028.
8. Kozlova IV, Mikhaylova TS. Sovremennyye metody biomonitoringa tyazhelykh metallov [Modern methods of heavy metal biomonitoring]. Ekologiya cheloveka - Human ecology. 2022;2:12–20.
9. Smith JA, Thompson LF. Advances in chelation therapy for heavy metal poisoning. J. Med. Toxicol. 2021;17(4):255–273. DOI:10.1007/s13181-021-00843-9.
10. Fodorov VM. Ekologicheskiye aspekty zagryazneniya tyazhelymi metallami [Ecological aspects of heavy metal pollution]. Vestnik ekologii - Herald of Ecology. 2020;4:70–82.
11. Rosencrantz RR., Gupta RC. Toxicology of Metals. CRC Press, 2010.
12. Flora SJS, Mittal M, Mehta A. Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. Indian Journal of Medical Research. 2008. — Vol. 128, № 4, С. 501–523.
13. Ghosh S, Ghosh D. Chelation therapy – a potential approach for heavy metals toxicity: a review. Frontiers in Pharmacology. 2019;10: 65.
14. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Arsenic: ATSDR. 2007.
15. Bartlett JB, Gilbert J. Clinical Toxicology: Principles and Mechanisms. Wiley-Blackwell, 2014.

**Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов**

Финансовой поддержки со стороны компаний–производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали.

**Конфликт интересов:** отсутствует.

**Сведения об авторах:**

**Николаева Вера Васильевна** – к.б.н., доцент кафедры биоорганической и физколлоидной химии ГОУ «ТГМУ им. Абуали ибн Сино»; Адрес: 734003. Республика Таджикистан. г. Душанбе. Ул. Сино 29-31. E-mail: niko73@list.ru. Тел: 939-00-03-29. ORCID 0000-0002-1790- 5696.