

СОСТОЯНИЕ ЭКОСФЕРЫ И ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ В ГРАНИЦАХ ВЛИЯНИЯ ЗАКРЫТОГО ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПРИМОРЬЯ

Н.К. Растанина¹, Д.А. Голубев^{1,2}, Е.И. Шаврин¹

¹ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия,
e-mail: n.rastanina@yandex.ru

² Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Хабаровск, Россия

Аннотация: Представлены результаты многолетних исследований состояния экосферы и здоровья населения в границах влияния закрытого горного предприятия «Хрустальный ГОК» Кавалеровского района Приморского края (пос. Рудный и Фабричный). Интенсивное освоение оловорудного сырья в прошлом веке привело к накоплению большого количества токсичных отходов переработки минерального сырья, складированных в хвостохранилища в непосредственной близости от горняцких поселков. Из литературных данных известно, что они оказывают негативное воздействие на биосферу и здоровье населения. Однако эта проблема для района исследования недостаточно изучена. В связи с этим, цель работы состояла в оценке воздействия природно-горнопромышленной техногенной системы в границах влияния закрытого горного предприятия на экосферу и здоровье населения для обеспечения экологической и социальной безопасности. Для определения количественного содержания соединений тяжелых металлов и мышьяка в отходах переработки оловорудного сырья и почвогрунтах использован метод атомно-абсорбционной спектрометрии. Методами вариационной статистики проведен анализ с поиском корреляционных связей между относительной заболеваемостью населения и уровнем загрязнения экосферы. Установлено, что компоненты биосферы аккумулировали соединения цинка, меди и свинца в количествах, превышающих фоновые значения от 2—6 до 29 раз. Наибольшее содержание тяжелых металлов отмечалось в почвогрунтах вблизи источника загрязнения, где суммарный показатель загрязнения (Z_{Σ}) составляет 176. По уровню загрязнения окружающей среды здесь сложилось критическое положение, что способствовало снижению резерва здоровья населения, особенно детей, которые наиболее чувствительны к воздействию загрязняющих веществ. Рассчитанные нами коэффициенты корреляции превышают пороговые значения ($r_{\text{порог}} = 0,666$) по заболеваемости населения, например, в поселке Фабричный $r_{\text{расч}} = 0,766$ и в поселке Рудный $r_{\text{расч}} = 0,710$ (по заболеваниям органов дыхания), что свидетельствует о значимом уровне корреляции по данным нозологиям. Результаты исследования подтверждают экстремально высокий, критический уровень загрязнения окружающей среды в районе исследования. Тесная корреляционная связь показывает экологически обусловленную зависимость заболеваемости населения от уровня ее загрязнения. Разработаны предложения по снижению негативного влияния техногенной системы на окружающую среду и здоровье населения исследуемого района.

Ключевые слова: хвостохранилище, закрытое горное предприятие, горнопромышленные отходы, техногенное загрязнение, тяжелые металлы, здоровье населения, социальная и биологическая безопасность.

Благодарность: Публикация выполнена при поддержке Государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности ФГБОУ ВО Тихоокеанский государственный университет, проект научной тематики, шифр 0818-2020-0004.

Для цитирования: Растанина Н.К., Голубев Д.А., Шаврин Е.И. Состояние экосферы и здоровья населения в границах влияния закрытого горного предприятия Приморья // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 3. – С. 115–127. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-3-0-115-127.

Ecosphere and health conditions within the influence zone of a closed mine in Primorye

N.K. Rastanina¹, D.A. Golubev^{1,2}, E.I. Shavrin¹

¹ Pacific National University, Khabarovsk, Russia, e-mail: n.rastanina@yandex.ru

² Far Eastern Forestry Research Institute, Khabarovsk, Russia

Abstract: The article describes the long-term research data on ecosphere and health condition within the influence zone of closed Khrustalny Mining-and-Processing Plant in the Kavalerovo district in the Primorsky Krai (townships of Rudny and Fabrichny). Extensive production of tin in the last century resulted in accumulation of huge toxic processing waste in the tailings storages nearby the miners' townships. It has been known for a long time from literature sources that such toxic waste adversely affects the biosphere and health of people. In the meanwhile, this problem remains yet to be studied in the region in question. In this regard, this study aims at the impact assessment of the natural-and-geotechnical system within the influence zone of the closed mining practice on the ecosphere and health in order to ensure social and environmental safety. The content of heavy metals and arsenic in tin ore processing waste and in soil was evaluated using atomic absorption spectrometry. The analysis of variance was performed to find correlations between the relative sickness rate and the ecosphere pollution level. It is found that the biosphere components have accumulated zinc, copper and lead compounds in quantities which exceed the background values by 2–6 to 29 times. The highest content of heavy metals is observed in soil at the pollution source; here, the total contamination index is 176. This situation is critical in terms of the environmental pollution. As a consequence, a considerable decline is witnessed in health of people, especially children as they are the most susceptible to pollutant exposure. The calculated correlation factors exceed the threshold values ($r_{\text{threshold}} = 0.666$) of sickness rates, for instance, $r_{\text{calc}} = 0.766$ in Fabrichny township and $r_{\text{calc}} = 0.710$ in Rudny township (respiratory deceases), which means considerable correlation in the given nosonomies. The research results prove the extremely high, even critical level of the environmental pollution in the study region. The tight correlation defined points at the ecologically governed sickness rate–pollution dependence. The provisions are developed toward reduction in the adverse effect of the manmade system on the environment and health of people in the study region.

Key words: tailings storage, closed mine, mining waste, induced pollution, people health, social and biological safety.

Acknowledgements: The study was carried out under the state contract between the Ministry of Education and Science of the Russian Federation and the Pacific National University, Science Project Code 0818-2020-0004.

For citation: Rastanina N.K., Golubev D.A., Shavrin E.I. Ecosphere and health conditions within the influence zone of a closed mine in Primorye. *MLAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(3):114-127. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2021-3-0-114-127.

Введение

Горнодобывающая промышленность по мнению К.Н. Трубецкого и др. [1], а также Ю.П. Галченко и др. [2] является одним из основных и самых опасных видов промышленной деятельности человека и важным сектором экономики для множества стран, расположенных на разных континентах. Анализ отечественного опыта свидетельствует об интенсивном негативном влиянии процессов переработки минерального сырья на окружающую среду [3, 4]. А.Н. Сивухин [5], К.В. Шепель [6] и другие авторы утверждают, что содержание соединений тяжелых металлов (ТМ) в экосфере, в границах влияния природно-горнопромышленных систем, имеет максимально негативный эффект как для экосферы, так и для здоровья человека. Е.А. Воронин (2017) [7], С.А. Куролап [8] и другие ученые, занимающиеся вопросами влияния соединений тяжелых металлов на заболеваемость людей, утверждают, что в отличие от органических веществ соединения ТМ не разлагаются, а лишь перераспределяются в организме, нанося тем самым значительный ущерб здоровью человека.

В статье Ю.О. Славиковской с соавторами [9] описана методика оценки экономического ущерба в процессе воздействия на окружающую среду отходов горнопромышленного комплекса. По мнению исследователей основной причиной возникновения ущерба для природной среды и человека является отсутствие замкнутости производственного цикла. Так, после извлечения полезных компонентов из оловосодержащего сырья на обогатительной фабрике большое количество токсичных отходов складывается в хвостохранилища, расположенные вблизи населенных пунктов.

Результатами исследования К.Н. Трубецкого и др. [1, 3, 10] выявлены основ-

ные проблемы загрязнения окружающей природной среды, обусловленные экстенсивным характером, масштабами и способами освоения месторождений полезных ископаемых. Авторами предложены важные аспекты защиты окружающей среды, связанные с прогрессивными технологиями, направленными на глубину переработки рудной массы, полноту и комплексность извлечения полезных компонентов, особенно токсичных металлов и кислотообразующих элементов, и способами консервации хвостов обогащения.

В работах Н.К. Растиной и др., Д.А. Голубева и др., О.Л. Качор [11–14] изложены результаты исследования миграции соединений тяжелых металлов и мышьяка от отходов в почвы, растительность, в том числе сельскохозяйственную продукцию и в дальнейшем — в организм человека. Авторами сделан вывод о формировании экологически обусловленных заболеваний в границах влияния техногенной системы закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК». Л.Т. Крупской с соавторами [4] на основе изучения проблемы опасности отходов для окружающей среды были разработаны рекомендации по снижению риска экологических катастроф.

Анализируя зарубежный опыт изучения состояния вопросов техногенного загрязнения экосистем при освоении месторождений полезных ископаемых, необходимо отметить, что по темпам добычи минеральных ресурсов Китай занимает лидирующие позиции в мире. В связи с этим наиболее остро здесь обозначена проблема миграции от отходов соединений тяжелых металлов в экосферу.

Кеhui Liu с соавторами [15] отмечает, что освоение марганцевой руды привело к интенсивному загрязнению сельскохозяйственных земель, почв сопредельных

территорий, растений и воды. Их данные свидетельствуют о том, что количественное распределение соединений тяжелых металлов в почвах обычно имеют следующий порядок: $Mn > Pb > Zn > Cu > Cd$. Концентрации Mn и Cd в сельскохозяйственных почвах превысили концентрации национального стандарта в 15,38–38,41 и 21,64–28,75 раза соответственно. Оценка авторами степени загрязнения с использованием единичного P_i и многофакторного P_{com} индексов загрязнения показала, что отобранные почвы были сильно загрязнены тяжелыми металлами, особенно Cd и Pb [15].

Lingli Zhou с соавторами утверждает, что примерно 10% сельскохозяйственных почв в Китае страдают от загрязнения соединениями тяжелых металлов [16]. Их повышенное содержание в почве неизбежно приводит к снижению урожайности и качества сельскохозяйственных культур, и, что более важно, к повышению их накопления в сельскохозяйственной продукции, что влечет за собой ухудшение здоровья населения.

Изучением проблемы загрязнения питьевой воды соединениями тяжелых металлов занимаются многие авторы из разных стран мира. Reza Ali Fallahzadeh с соавторами [17] утверждает, что с ростом промышленности и неконтролируемой утилизации отходов в окружающей среде загрязнение питьевой воды соединениями тяжелых металлов может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека. Nesta Bortey-Sam и др. [18] в 2015 г. представили результаты исследований, согласно которым воздействие соединений тяжелых металлов на организм может влиять на риск развития онкологических и других заболеваний.

Зарубежные исследователи активно изучают вопросы загрязнения воздушного бассейна. Так, например, группа авторов из Индии (Abhinav Srivastava,

N.A. Siddiqui и др.) в своей работе 2017 г. [19] оценили влияние соединений тяжелых металлов на здоровье человека. Ими выявлены неблагоприятные последствия загрязнения организма человека соединениями тяжелых металлов. Авторами установлено, что уровень заболеваемости, например, органов дыхания возрастает с увеличением интенсивности добычи полезных ископаемых.

В работе Shengjun Zhu (КНР) [20] обоснована необходимость реструктуризации промышленных предприятий Китая с высоким уровнем загрязнения окружающей среды посредством инноваций, модернизации, географического перемещения, аутсорсинга и закрытия предприятий.

Janette Musilova [21] установлено загрязнение почвы, воды и растений соединениями тяжелых металлов в окружающей среде на техногенно нарушенной территории в Словакии, эти загрязнения представляют собой серьезную угрозу для экологической безопасности.

Анализируя отечественный и зарубежный опыт исследований проблемы состояния экосферы и здоровья населения в границах влияния техногенных систем необходимо отметить, что эти вопросы для условий горных предприятий Дальневосточного федерального округа недостаточно изучены. В связи с этим целью исследования является оценка влияния природно-горнопромышленной системы в границах воздействия закрытого горного предприятия («Хрустальненский ГОК») на окружающую среду и здоровье населения, проживающего в горняцких поселках, для обеспечения экологической и социальной безопасности. Исходя из цели определены следующие задачи:

1. Оценить экологическое состояние района исследования;

2. Изучить и уточнить существующие закономерности формирования и

развития техногенного загрязнения объектов окружающей среды от отходов;

3. Проанализировать заболеваемость населения;

4. Разработать предложения по снижению негативного воздействия на окружающую среду и здоровье населения.

Объекты исследований и методы

Методологической основой исследований послужило учение академика В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере [22]. Объектом исследования является природно-горнопромышленная техногенная система, сформировавшаяся в результате деятельности предприятия «Хрустальненский ГОК», обанкротившегося и прекратившего свою работу в начале XXI в.

Кавалеровский район Приморского края расположен в восточной части Сихотэ-Алиня, рельеф территории преимущественно горный. Преобладают горы,

низкие (1000 м) и средние по высоте (от 1000 до 2000 м). Климат исследуемого района носит континентально-муссонный характер с жарким летом и малоснежной суровой зимой, обусловлен его приморским положением и горным рельефом. Весна затяжная, холодная, ветреная. Среднегодовая температура воздуха $+3,5-4^{\circ}\text{C}$, максимальная температура воздуха в июле до $+35^{\circ}\text{C}$, минимальная (в январе) -36°C . Суммарное годовое количество осадков составляет 680 мм. Максимальное количество осадков за месяц выпадает в августе (114 мм), наименьшее — в январе, феврале (11 мм). Северо-западное направление ветра со средней скоростью 3,3 м/с за год является преобладающим [23, 24]. Анализ природно-климатических условий (температурный режим и географические особенности) позволил оценить территорию Кавалеровского района как небла-

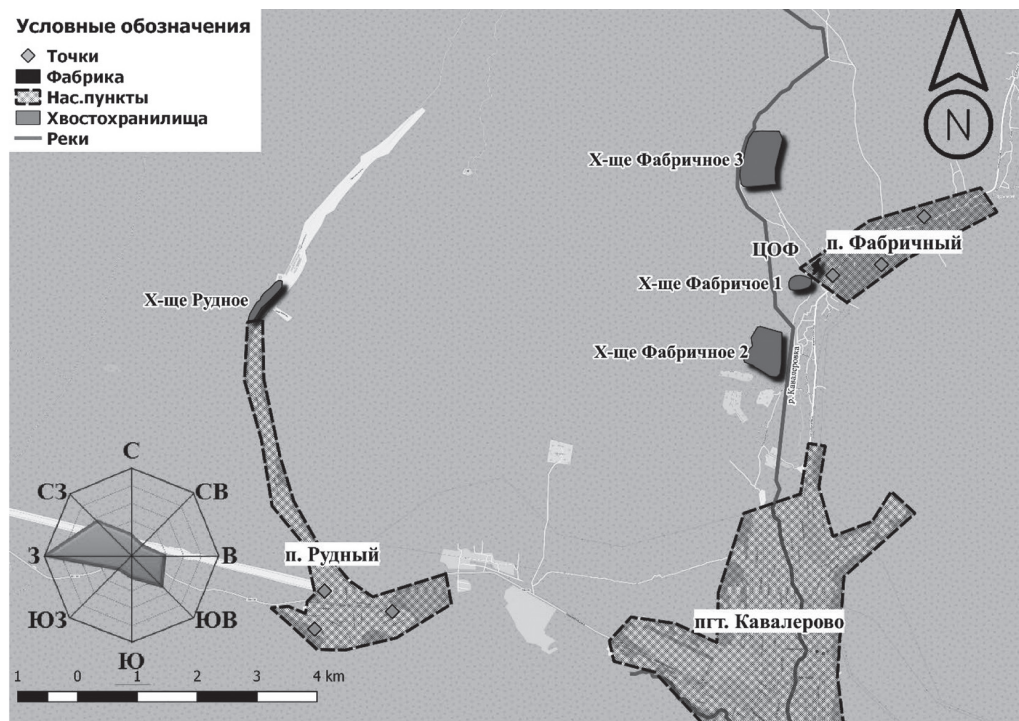


Рис. 1. Карта района исследования (Приморский край, Кавалеровский район)

Fig. 1. Study region map (Primorsky Krai, Kavalerovo district)

гоприятную для рассеивания загрязняющих веществ с поверхности хвостохранилищ закрытых горнодобывающих предприятий [25].

Для количественного анализа состава проб образцов (отходов переработки оловорудного сырья, почвогрунтов) был использован метод атомно-абсорбционной спектроскопии по методике выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) [26]. На атомно-абсорбционном спектрофотометре (Z-9000, «Hitachi», Япония) определялось количественное содержание элементов Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn, Sb, Hg, Tl, Pb. Далее методами вариационной статистики был проведен анализ с поиском корреляционных связей между относительной заболеваемостью населения и уровнем загрязнения в границах влияния закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК».

Результаты и обсуждение

В период функционирования предприятия «Хрустальненский ГОК» Приморского края Дальневосточного федерального округа суммарный объем накопленных отходов обогащения минерального сырья составил около 48,9 млн т, размещенных в хвостохранилищах.

В непосредственной близости от поселка Фабричный находятся 3 хвостохранилища. На первом хвостохранилище было складировано 8 млн т отходов с 1948 по 1968 гг. на площади 4 га. Среднее содержание олова в хвостах составило 0,183%. Второе шламоохранилище действовало с 1968 по 1988 гг., по размерам оно несколько превосходит первое: площадь 7 га, объем 21,6 млн т; среднее содержание олова в хвостах обогащения 0,14%. Отходы третьего хвостохранилища накапливались с 1989 по 1997 гг. Его площадь 4 га, объем 5,2 млн т, содержа-

ние олова в хвостах обогащения 0,122%. Оно находится выше уровня фабрики и первого хвостохранилища примерно на 50 м. В настоящее время первое и второе хвостохранилища осушены, а на третьем имеется маленькое шламовое озеро не более 10 м². Общая площадь хвостохранилищ первой фабрики 15 га, объем хвостов 43,6 млн. На второй фабрике (пос. Рудный) перерабатывались руды месторождения Дубровское, где расположено одно хвостохранилище. Объем хвостов обогащения составляет 2,055 млн т (рис. 1).

Состав оловорудного сырья представлен минералами: арсенопиритом, сфалеритом, пиритом, галенитом и др. [4]. Отходы представляют собой мелко раздробленные высокодисперсные грунты, содержащие остатки химических реагентов флотационного обогащения, являются источниками токсичных химических элементов и соединений, загрязняющих окружающую природную среду [13]. Отобранные в границах влияния хвостохранилища закрытого горно-обогатительного комбината образцы отходов переработки оловорудного сырья («хвосты») характеризуются большим содержанием Cu, Zn, Cr, Pb, Sn, Sb, Co, Hg, As и др. Мигрируя, они оказываются в техногенных почвах, растительности, донных осадках, пыли. Наибольшее загрязнение отмечается в почвогрунтах вблизи источника загрязнения (от 0,3 до 7 км), где превышение ПДК составило от 2 до 48 раз, в растительности — от 1,5 до 16 раз [27]. Здесь обнаружен высокий суммарный показатель (Zс), определенный по Черных и др. [28], равный 176. Значительные концентрации пылевых выбросов создают постоянную опасность высокого уровня загрязнения воздушного бассейна, особенно для жителей близлежащих горняцких поселков. Краткое превышение максимальных концентраций загрязня-

Таблица 1

Содержание соединений тяжелых металлов и мышьяка в пыли отходов переработки оловорудного сырья (п. Фабричный) [12]

Content of heavy metals and arsenic compounds in tin ore processing waste dust (Fabrichny township) [12]

| Годы | Содержание токсичных элементов в пыли, мг/кг | | | | | | | | |
|------|--|--------|--------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| | As | Cr | Pb | Hg | Cd | Sn | Co | Sb | Cu |
| 2012 | 16,04 | 112,64 | 80,54 | 0,042 | 1,15 | 14,32 | 8,35 | 5,43 | 36,3 |
| 2015 | 27,1 | 197,65 | 111,49 | 0,011 | 3,94 | 14,90 | 9,37 | 21,14 | 43,2 |
| 2016 | 28,3 | 199,12 | 118,41 | 0,014 | 3,98 | 15,14 | 11,34 | 23,45 | 49,4 |

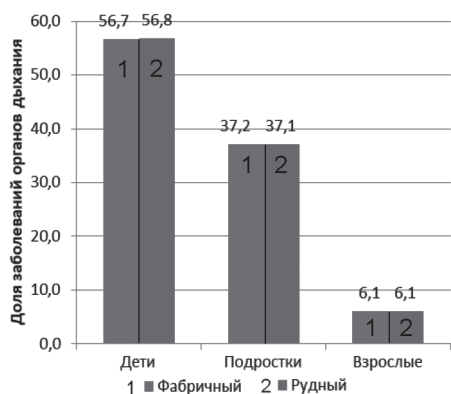


Рис. 2. Доля заболеваний органов дыхания населения п. Фабричный, Рудный по возрастным группам (дети до 14 лет, подростки 14–18 лет, взрослые)

Fig. 2. Percentage of respiratory diseases in the townships of Fabrichny and Rudny per age groups (kids to 14, teenagers of 14–18, adults)



Рис. 3. Средняя заболеваемость населения по основным классам болезней в п. Фабричный (за 10 лет)

Fig. 3. Average sickness rates per basic diseases in the township of Fabrichny (over a period of 10 years)

ющих веществ относительно фоновых величин составило от 3 до 78 раз. Население поселков Рудный, Хрустальный и Фабричный, расположенных в непосредственной близости от хвостохранилищ, на протяжении длительного времени находятся в состоянии экстремально высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха пылью, которая является высокодисперсной фракцией отходов переработки оловорудного сырья с высоким содержанием соединений тяжелых металлов и мышьяка (табл. 1).

Одним из важнейших показателей здоровья населения является заболеваемость. Проведено изучение заболеваемости взрослого населения и детей по материалам статистической отчетности с 2004 по 2018 гг., в которой представлены также данные о численности населения и его возрастной структуре.

Изучение динамики общей заболеваемости во взаимосвязи с уровнем загрязнения атмосферного воздуха свидетельствует о высоких показателях заболеваемости органов дыхания (рис. 2, 3). Результаты анализа данных (табл. 2) заболеваемости населения горняцких поселков Рудный и Фабричный Кавалеровского района демонстрируют долю заболеваемости данной категории в разных возрастных группах.

Действие атмосферных загрязнителей (пыли, взвешенных частиц, газообразных загрязняющих веществ) способ-

ствует изменениям в иммунной системе организма, формированию предрасположенности к развитию заболеваний дыхательной системы (ОРВИ, бронхиальной астмы, бронхита, фарингита, изменению функций внешнего дыхания) [11]. Воздействие повышенных концентраций соединений тяжелых металлов приводит к изменению деятельности иммунной системы как детского, так и взрослого населения.

Результаты проведенного анализа данных заболеваемости населения горняцких поселков, расположенных в границах влияния закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК», обусловленных неблагоприятным состоянием окружающей среды, свидетельствуют о достоверных различиях в уровнях заболеваемости населения. Рассчитан коэффициент корреляции $r(\omega, t)$ [29 – 31] изменения относительной частоты заболеваний от содержания соединений токсичных элементов в пыли отходов переработки оловорудного сырья (табл. 1) за период наблюдений в течение 7 лет. В таблицу внесены только те значения коэффициента, которые превысили пороговый уровень этого показателя при вероятности $P = 0,95$ и соответствующем числе степеней свободы $n = 7$, $r_{\text{пор}}(0,95; 7) = 0,666$, отделяющего значимые показатели и случайно отличающиеся от нуля; t : от 1 до 7 (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции $r(\omega, t)$ заболеваний и времени, уравнения линий трендов
Disease-time correlation factors $r(\omega, t)$, trend equations

| Населенный пункт | Линейные уравнения | Коэффициент корреляции r |
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| Заболевания органов дыхания | | |
| Рудный | $\omega = 0,0194 \cdot t + 0,363$ | $r = 0,710$ |
| Фабричный | $\omega = 0,0233 \cdot t + 0,331$ | $r = 0,766$ |
| Новообразования | | |
| Рудный | $\omega = 0,0027 \cdot t + 0,0363$ | $r = 0,840$ |
| Фабричный | $\omega = 0,0029 \cdot t + 0,0343$ | $r = 0,823$ |

Полученные коэффициенты подтверждают корреляционную связь по качеству атмосферного воздуха и заболеваемости населения различных возрастных групп данных нозологий.

Для снижения негативного воздействия отходов переработки оловорудного сырья на экосферу и здоровье населения в границах влияния закрытого горного предприятия «Хрустальненский ГОК» и улучшения состояния окружающей среды необходимо:

1. Проведение рекультивации нарушенных горными работами земель, в том числе поверхности хвостохранилища, содержащих токсичные отходы [11, 12];

2. Организация горно-экологического мониторинга изменения природных сред в границах влияния данного закрытого горного предприятия [11, 12];

3. Оздоровление населения горняцких поселков с целью профилактики возникновения экологически обусловленных заболеваний при помощи сорбентов природного происхождения («Ламифорен», «Литовит», «Полифепан»). Е.И. Рябина рекомендует [32 – 34] в качестве адсорбента использовать активированный уголь, полифепан и яблочный жом. Показано, что яблочный жом связывает соединения тяжелых металлов значительно сильнее, что обусловлено наличием пектина, обладающего гидро-

фильными и комплексообразующими свойствами по сравнению с гидрофобными исследуемыми препаратами. А.Н. Разумов [35] предлагает препарат «Водоросли бурые гомогенизированные», обладающие способностью выводить из организма токсические вещества, соли тяжелых металлов, радионуклиды. Основным структурным полисахаридом бурых морских водорослей является альгиновая кислота. Исследования А.Н. Разумова позволили расположить металлы в ряд по сорбционной активности альгиновой кислоты на этом веществе: $Pb > Cu > Ba > Sr > Ca > Co > Mn > Zn > Fe$ [36].

Заключение

На основе многолетних исследований в Кавалеровском районе Приморского края Дальневосточного федерального округа, вблизи поселков Фабричный и Рудный, в результате прошлой деятельности закрытого горного предприятия «Хрустальненский горно-обогатительный комбинат» установлено негативное влияние на экосферу токсичных отходов, складированных в хвостохранилища. Из-за высокого содержания соединений тяжелых металлов и мышьяка они являются главным источником загрязнения воздушного бассейна, почв, растительности и водных объектов, что негативно сказывается и на здоровье людей, проживающих в границах влияния закрытого горного предприятия. Установлено, что содержание соединений тяжелых металлов в почвогрунтах вблизи источника загрязнения имеет максимальные показания. Так, например, техногенные почвы характеризуются высоким содержанием соединений токсичных тяжелых металлов, превышающим фоновые величины от 3 до 78 раз.

Атмосферные загрязнители (взвешенные вещества, пыль) способствуют

изменениям в иммунной системе организма, формированию предрасположенности к развитию заболеваний дыхательной системы для различных возрастных групп. Обнаружена корреляционная связь — зависимость заболеваемости населения от уровня загрязнения окружающей среды. Рассчитанные коэффициенты корреляции превышают пороговые значения ($r_{пор} = 0,666$) по заболеваемости населения, например, по заболеваниям органов дыхания, в поселке Фабричный $r_{расч} = 0,766$ и в поселке Рудный $r_{расч} = 0,710$. Они свидетельствуют о высоком уровне корреляции. Результаты исследования подтверждают экстремально высокий, критический уровень загрязнения воздушного бассейна и окружающей среды в районе исследования.

Также исследованиями выявлены развитие у разных возрастных групп населения онкологических заболеваний, изменения функций внешнего дыхания, которое проявляется в таких заболеваниях дыхательной системы, как ОРВИ, бронхиальная астма, бронхит, фарингит.

Для снижения негативного воздействия отходов переработки оловорудного сырья на экосферу и здоровье населения горняцких поселков были предложены следующие мероприятия:

1. Проведение рекультивации поверхности хвостохранилищ;
2. Организация экологического мониторинга в границах влияния исследуемого района;
3. Оздоровление населения горняцких поселков с целью профилактики возникновения экологически обусловленных заболеваний при помощи сорбентов природного происхождения, обладающих высокой адсорбционной активностью по отношению к катионам тяжелых металлов благодаря наличию в них пектина, альгиновой кислоты и ее солей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К. Н., Захаров В. Н., Панфилов Е. И. Актуальные проблемы состояния и перспективы развития минерально-промышленного комплекса России // Маркшейдерия и недропользование. — 2017. — № 1 (87). — С. 17–19.
2. Галченко Ю. П., Ким И. Э. Общая методология развития геоэкологии недропользования в условиях ограничений экологического императива // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № S1. — С. 168–179.
3. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П., Грехнев Н. И., Крупская Л. Т., Ионкин К. В. Основные направления решения экологических проблем минерально-сырьевого комплекса в Дальневосточном регионе // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. — 2009. — № 6. — С. 483–489.
4. Зверева В. П., Крупская Л. Т. Техногенные воды Комсомольского, Кавалеровского и Дальнегорского горнорудных районов Дальнего Востока и их воздействие на гидросферу // Экологическая химия. — 2012. — Т. 21. — № 3. — С. 144–153.
5. Сивухин А. Н., Марков Д. С., Борисова Е. А. Влияние загрязнения почв тяжелыми металлами на здоровье населения Ивановской и Костромской областей // Проблемы региональной экологии. — 2019. — № 3. — С. 81–86. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13081.
6. Шепель К. В. Геоэкологическая оценка загрязнения почв в районе расположения предприятий горно-металлургического комплекса Урала // Проблемы недропользования. — 2019. — № 2. — С. 171–177. DOI: 10.25635/2313-1586.2019.02.171.
7. Воронин Е. А. Биохимическое воздействие кадмия и свинца в продуктах питания на здоровье человека // Современные инновации. — 2017. — № 6(20). — С. 36–37.
8. Kurolap S.A., Klepikov O.V., Vinogradov P.M., Gritsenko V.A. Regional geographic information systems of health and environmental monitoring // Baltic Region. 2016. Vol. 8. No 4. Pp. 108–124. DOI: 10.5922/2079-8555-2016-4-10.
9. Славиковская Ю. О., Рудакова Л. В., Рудаков Р. Б. Оценка последствий техногенного воздействия предприятий горнопромышленного комплекса на окружающую среду // Журнал экономической теории. — 2016. — № 4. — С. 124–137.
10. Трубецкой К. Н., Панфилов Е. И. Развитие методологии определения и учета потерь при освоении месторождений твердых полезных ископаемых // Рациональное освоение недр. — 2016. — № 1. — С. 28–40.
11. Растанина Н. К., Крупская Л. Т., Голубев Д. А., Черенцова А. А. Оценка риска для здоровья населения, связанного с техногенным загрязнением от отходов бывшего горного предприятия «Хрустальненский ГОК» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 12. — С. 88–95. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-88-95.
12. Голубев Д. А., Мелконян Р. Г., Растанина Н. К., Абубекиров С. А. Оценка токсичных отходов хвостохранилищ Приморского края и возможности их использования в некоторых отраслях народного хозяйства // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 10. — С. 36–42. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-10-0-36-42.
13. Крупская Л. Т., Мелконян Р. Г., Зверева В. П., Растанина Н. К., Голубев Д. А., Филатова М. Ю. Опасность отходов, накопленных горными предприятиями в Дальневосточном федеральном округе, для окружающей среды и рекомендации по снижению риска экологических катастроф // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 12. — С. 102–112. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-0-102-112.
14. Качор О. Л. Разработка научно-практических основ ликвидации накопленного экологического ущерба от мышьяковистых отходов горно-перерабатывающей промышленности: Дис. ... докт. техн. наук. — Иркутск: ИРНИТУ, 2019. — 407 с.
15. Kehui Liu, Liuqun Fan, Yi Li, Zhengming Zhou, Chaoshu Chen, Bin Chen, Fangming Yu Concentrations and health risks of heavy metals in soils and crops around the Pingle manganese (Mn) mine area in Guangxi Province, China // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25. No 30. Pp. 30180–30190. DOI: 10.1007/s11356-018-2997-8.

16. Lingli Zhou, Bing Yang, Nandong Xue, Fasheng Li, Hans Martin Seip, Xin Cong, Yunzhong Yan, Bo Liu, Baolu Han, Huiying Li Ecological risks and potential sources of heavy metals in agricultural soils from Huanghuai Plain, China // Environmental Science and Pollution Research. 2014. Vol. 21. No 2. Pp. 1360–1369. DOI: 101007/s11356-013-2023-0.

17. Reza Ali Fallahzadeh, Mohammad Taghi Ghaneian, Mohammad Miri, Mohamad Mehdi Dashti Spatial analysis and health risk assessment of heavy metals concentration in drinking water resources // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Vol. 24. No 32. Pp. 24790–24802. DOI 101007/s11356-017-0102-3.

18. Nesta Bortey-Sam, Shouta M.M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Osei Akoto, Elvis Baidoo, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka Health risk assessment of heavy metals and metalloids in drinking water from communities near gold mines in Tarkwa, Ghana // Environmental Monitoring and Assessment. 2015. Vol. 187. No 7. Pp. 397. DOI: 101007/s10661-015-4630-3.

19. Abhinav Srivastava, Siddiqui N.A., Rupesh Kumar Koshe, Vishal Kumar Singh Human health effects emanating from airborne heavy metals due to natural and anthropogenic activities: a review / Advances in Health and Environment Safety. Springer, Singapore, 2017. Pp. 279–296. DOI: 101007/978-981-10-7122-5_29.

20. Shengjun Zhu, John Pickles, Canfei He Going green or going away: environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries // Geographical Dynamics and Firm Spatial Strategy in China. Springer, Berlin, Heidelberg, 2017. Pp. 169–197. DOI: 101007/978-3-662-53601-8_8.

21. J. Musilova, J. Arvay, A. Vollmannova, T. Toth, J. Tomas Environmental contamination by heavy metals in region with previous mining activity // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2016. Vol. 97. No 4. Pp. 569–575.

22. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. — М.: Айрис-Пресс, 2004. — 576 с.

23. География. Климат Приморского края: [сайт]. URL: <http://old.pgpb.ru/cd/terra/kray/prim03.htm>

24. GISMETEО.RU: погода в России: [сайт]. URL: <http://gismeteo.ru/>, Кавалерово.

25. Витвицкий Г. Н. Дальний Восток. Физико-географическая характеристика. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — С. 93–115.

26. ПНД Ф 161:23:311-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. — М., 1998. — 31 с.

27. Крупская Л. Т., Зверева В. А., Голубев Д. А., Бубнова М. Б., Тагирова В. Т. Проблемы снижения экологического ущерба экосистемам, нанесенного в прошлом веке добычей минерального сырья, и пути их решения в ДФО // Экологическая химия. — 2016. — № 2 (25). — С. 91–99.

28. Черных Н. А., Сидоренко С. Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. Монография. — М.: Изд-во РУДН, 2003. — 430 с.

29. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник для СПО. 12-е изд. — М.: Изд-во Юрайт, 2016. — 479 с.

30. Большев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. — М.: Наука, 1964. — 464 с.

31. Крицкий О. Л., Михальчук А. А., Трифонов А. Ю., Шинкеев М. Л. Теория вероятностей и математическая статистика для технических университетов. — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 212 с.

32. Рябинина Е. И., Зотова Е. Е., Пономарева Н. И. Изучение адсорбционной активности энтеросорбентов различной природы по отношению к катионам свинца // Вестник воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2016. — № 1– С. 21–24.

33. Рябинина Е. И., Никитина Т. Н., Андреева Н. А., Зотова Е. Е., Пономарева Н. И. Влияние кислотности среды на сорбционные свойства яблочного жомы в отношении ионов

некоторых тяжелых металлов // Вестник воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. — 2016. — № 3. — С. 35–38.

34. Рябинина Е. И., Зотова Е. Е., Пономарева Н. И., Андреева Н. А. Сорбционная активность яблочного жома по отношению к ионам цинка, меди и никеля // Прикладные информационные аспекты медицины. — 2015. — Т. 18. — № 2. — С. 80–84.

35. Разумов А. Н., Бобровницкий И. П., Михайлов В. И., Мостовой С. М., Одинец А. Г., Подкорытова А. В. Влияние геля из бурых морских водорослей на иммунитет, функцию внутренних органов. Технология изготовления, использования для диетического и лечебно-профилактического питания. — М.: Медицина для всех, 2004. — 239 с.

36. Одинец А. Г. Патент 2225219, 18.03.2003. Способ производства адоптогена со свойствами сорбента. **ПАТ**

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Zakharov V. N., Panfilov E. I. Actual problems of the state and prospects of development of the mineral-industrial complex of Russia. *Marksheyderiya i nedropol'zovaniye*. 2017, no 1 (87), pp. 17–19. [In Russ].

2. Galchenko Yu. P., Kim I. E. General methodology for the development of geoecology of subsoil use in the context of environmental imperative restrictions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no S1, pp. 168–179. [In Russ].

3. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P., Grekhnev N. I., Krupskaya L. T., Ionkin K. V. The main directions of solving the environmental problems of the mineral resource complex in the Far Eastern region. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya*. 2009, no 6, pp. 483–489. [In Russ].

4. Zvereva V. P., Krupskaya L. T. Technogenic waters of Komsomolsk, Kavalerovsky and dalnegorsky mining districts of the Far East and their impact on the hydrosphere. *Ekologicheskaya khimiya*. 2012, vol. 21, no 3, pp. 144–153. [In Russ].

5. Sivukhin A. N., Markov D. S., Borisova E. A. Influence of soil pollution by heavy metals on the health of the population of Ivanovo and Kostroma regions. *Problemy regional'noy ekologii*. 2019, no 3, pp. 81–86. [In Russ]. DOI: 10.24411/1728-323X-2019-13081.

6. Shepel' K. V. Geoecological assessment of soil pollution in the area of the location of enterprises of mining and metallurgical complex of the Urals. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2019, no 2, pp. 171–177. [In Russ]. DOI: 10.25635/2313-1586.2019.02.171.

7. Voronin E. A. Biochemical effects of cadmium and lead in food on human health. *Modern innovations*. 2017, no 6(20), pp. 36–37. [In Russ].

8. Kurolap S. A., Klepikov O. V., Vinogradov P. M., Gritsenko V. A. Regional geographic information systems of health and environmental monitoring. *Baltic Region*. 2016. Vol. 8. No 4. Pp. 108–124. DOI: 10.5922/2079-8555-2016-4-10.

9. Slavikovskaya Yu. O., Rudakova L. V., Rudakov R. B. Assessment of the consequences of the technogenic impact of mining enterprises on the environment. *Zhurnal ekonomicheskoy teorii*. 2016, no 4, pp. 124–137. [In Russ].

10. Trubetskoy K. N., Panfilov E. I. Development of a methodology for determining and accounting for losses in the development of solid mineral deposits. *Ratsional'noye osvoyeniye nedr*. 2016, no 1, pp. 28–40. [In Russ].

11. Rastanina N. K., Krupskaya L. T., Golubev D. A., Cherentsova A. A. Evaluation of health risk due to pollution with waste of the abandoned Khrustalnensky Mining and Processing Plant. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no 12, pp. 88–95. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-0-88-95.

12. Golubev D. A., Melkonyan R. G., Rastanina N. K., Abubekirov S. A. Estimation of toxic waste at tailing storages in the Primorsky Krai and their application in some sectors of national economy. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2017, no 10, pp. 36–42. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-10-0-36-42.

13. Krupskaya L. T., Melkonyan R. G., Zvereva V. P., Rastanina N. K., Golubev D. A., Filatova M. Yu. Ecological hazard of accumulated mining waste and recommendations on risk reduction in the Far Eastern Federal District. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 12, pp. 102–112. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-12-0-102-112.

14. Kachor O. L. *Razrabotka nauchno-prakticheskikh osnov likvidatsii nakoplennoogo ekologicheskogo ushcherba ot mysh'yakovistykh otkhodov gorno-pererabatyvayushchey promyshlennosti* [Development of scientific and practical principles for the elimination of accumulated environmental damage from arsenic waste from the mining industry], Doctor's thesis, Irkutsk, IRNITU, 2019, 407 p.

15. Kehui Liu, Liuqun Fan, Yi Li, Zhengming Zhou, Chaoshu Chen, Bin Chen, Fangming Yu Concentrations and health risks of heavy metals in soils and crops around the Pingle manganese (Mn) mine area in Guangxi Province, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2018. Vol. 25. No 30. Pp. 30180–30190. DOI: 10.1007/s11356-018-2997-8.

16. Lingli Zhou, Bing Yang, Nandong Xue, Fasheng Li, Hans Martin Seip, Xin Cong, Yunzhong Yan, Bo Liu, Baolu Han, Huiying Li Ecological risks and potential sources of heavy metals in agricultural soils from Huanghuai Plain, China. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014. Vol. 21. No 2. Pp. 1360–1369. DOI: 10.1007/s11356-013-2023-0.

17. Reza Ali Fallahzadeh, Mohammad Taghi Ghaneian, Mohammad Miri, Mohamad Mehdi Dashti Spatial analysis and health risk assessment of heavy metals concentration in drinking water resources. *Environmental Science and Pollution Research*. 2017. Vol. 24. No 32. Pp. 24790–24802. DOI 10.1007/s11356-017-0102-3.

18. Nesta Bortey-Sam, Shouta M. M. Nakayama, Yoshinori Ikenaka, Osei Akoto, Elvis Baidoo, Hazuki Mizukawa, Mayumi Ishizuka Health risk assessment of heavy metals and metalloids in drinking water from communities near gold mines in Tarkwa, Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2015. Vol. 187. No 7. Pp. 397. DOI: 10.1007/s10661-015-4630-3.

19. Abhinav Srivastava, Siddiqui N. A., Rupesh Kumar Koshe, Vishal Kumar Singh Human health effects emanating from airborne heavy metals due to natural and anthropogenic activities: a review. *Advances in Health and Environment Safety*. Springer, Singapore, 2017. Pp. 279–296. DOI: 10.1007/978-981-10-7122-5_29.

20. Shengjun Zhu, John Pickles, Canfei He Going green or going away: environmental regulation, economic geography and firms' strategies in China's pollution-intensive industries. *Geographical Dynamics and Firm Spatial Strategy in China*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2017. Pp. 169–197. DOI: 10.1007/978-3-662-53601-8_8.

21. J. Musilova, J. Arvay, A. Vollmannova, T. Toth, J. Tomas Environmental contamination by heavy metals in region with previous mining activity. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 2016. Vol. 97. No 4. Pp. 569–575.

22. Vernadskiy V. I. *Biosfera i noosfera* [Biosphere and noosphere], Moscow, Ayris-Press, 2004, 576 p.

23. *Geografiya. Klimat Primorskogo kraya* [Geography. The climate of Primorsky Krai], available at: <http://old.pgpb.ru/cd/terra/kray/prim03.htm> (accessed 30.11. 2019).

24. *GISMETEO.RU: pogoda v Rossii* [GISMETEO.RU: weather in Russia], available at: <http://gismeteo.ru/>, Kavalerovo. (accessed 30.11.2019).

25. Vitvitskiy G. N. *Dal'niy Vostok. Fiziko-geograficheskaya kharakteristika* [Far East. Physico-geographical characteristic], Moscow, Izd-vo AN SSSR, 1961, pp. 93–115.

26. *PND F 161:23:311-98. Kolichestvennyy khimicheskyy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy soderzhaniya metallov v tverdykh ob'ektakh metodom spektrometrii s induktivno-svyazannoy plazmoy* [Quantitative chemical analysis of soils. Methodology for measuring the content of metals in solid objects by inductively coupled plasma spectrometry], Moscow, 1998, 31 p.

27. Krupskaya L. T., Zvereva V. A., Golubev D. A., Bubnova M. B., Tagirova V. T. Problems of reducing environmental damage to ecosystems caused in the last century by the extraction of mineral raw materials, and ways to solve them in the Far Eastern Federal District. *Ekologicheskaya khimiya*. 2016, no 2 (25), pp. 91–99. [In Russ].

28. Chernykh N.A., Sidorenko S.N. *Ekologicheskiy monitoring toksikantov v biosfere*. Monografiya [Ecological monitoring of toxicants in the biosphere. Monograph], Moscow, Izd-vo RUDN, 2003, 430 p.

29. Gmurman V. E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Uchebnik dlya SPO. 12-e izd], Moscow, Izd-vo YUrayt, 2016, 479 p.

30. Bol'shev L. N., Smirnov N. V. *Tablitsy matematicheskoy statistiki* [Tables of mathematical statistics], Moscow, Nauka, 1964, 464 p.

31. Kritskiy O. L., Mikhal'chuk A. A., Trifonov A. Yu., Shinkeev M. L. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika dlya tekhnicheskikh universitetov* [Probability theory and mathematical statistics for technical universities]. Tomsk: Izd-vo TPU, 2010, 212 p.

32. Ryabinina E. I., Zotova E. E., Ponomareva N. I. Study of the adsorption activity of enterosorbents of various nature with respect to lead cations. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2016, no 1, pp. 21–24. [In Russ].

33. Ryabinina E. I., Nikitina T. N., Andreeva N. A., Zotova E. E., Ponomareva N. I. The effect of medium acidity on the sorption properties of apple pulp in relation to ions of some heavy metals. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2016, no 3, pp. 35–38. [In Russ].

34. Ryabinina E. I., Zotova E. E., Ponomareva N. I., Andreeva N. A. Sorption activity of apple pulp in relation to zinc, copper and nickel ions. *Prikladnyye informatsionnyye aspekty meditsiny*. 2015, vol. 18, no 2, pp. 80–84. [In Russ].

35. Razumov A. N., Bobrovnikskiy I. P., Mikhaylov V. I., Mostovoy S. M., Odinets A. G., Podkorytova A. V. *Vliyaniye gelya iz buriykh morskikh vodorosley na immunitet, funktsiyu vnutrennikh organov. Tekhnologiya izgotovleniya, ispol'zovaniya dlya dieticheskogo i lechebno-profilakticheskogo pitaniya* [The effect of brown algae gel on immunity, the function of internal organs. Manufacturing technology, use for dietetic and therapeutic nutrition], Moscow, Meditsina dlya vsekh, 2004, 239 p.

36. Odinets A. G. *Patent RU 2225219*, 18.03.2003.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Растанина Наталья Константиновна¹ — канд. биол. наук, доцент,
e-mail: n.rastanina@yandex.ru,

Голубев Дмитрий Анатольевич^{1,2} — канд. техн. наук,
старший преподаватель; старший научный сотрудник,
Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
Шаврин Евгений Игоревич⁴ — студент,

¹ Тихоокеанский государственный университет.

Для контактов: Растанина Н.К., e-mail: n.rastanina@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

N.K. Rastanina¹, Cand. Sci. (Biol.), Assistant Professor,
e-mail: n.rastanina@yandex.ru,

D.A. Golubev^{1,2}, Cand. Sci. (Eng.), Senior Lecturer;
Senior Researcher, Far Eastern Forestry Research Institute,
680020, Khabarovsk, Russia,
E.I. Shavrin⁴, Student,

¹ Pacific National University, 680035, Khabarovsk, Russia.

Corresponding author: N.K. Rastanina, e-mail: n.rastanina@yandex.ru.

Получена редакцией 30.01.2020; получена после рецензии 13.07.2020; принята к печати 10.02.2021.

Received by the editors 30.01.2020; received after the review 13.07.2020; accepted for printing 10.02.2021.