

Михаил Вячеславович Ермоленко – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1677-8023.

Акбота Рыспековна Хажидинова* – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Казахстан, Семей; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

Авторлар туралы мәліметтер

Бахор Ержанович Ашимов – "Техникалық физика және Жылу энергетикасы" кафедрасының магистранты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы.

Ольга Александровна Степанова – т.ғ.к., доцент, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедра меңгеруші; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Семей қ.; e-mail: aug11@mail.ru.

Михаил Вячеславович Ермоленко – техника ғылымдарының кандидаты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» Қазақстан Республикасы; «Техникалық физика және жылуэнергетикасы» кафедрасының аға оқытушысы; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1677-8023.

Акбота Рыспековна Хажидинова* – PhD, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а; «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КЕАҚ, Қазақстан, Семей қ.; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

Information about the authors

Bahor Yerzhanovich Ashimov – master's student of the Department of Technical Physics and Thermal Power Engineering, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan.

Olga Alexandrovna Stepanova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of «Technical Physics and heat Power Engineering»; "Shakarim University of Semey", Kazakhstan, Semey; e-mail: aug11@mail.ru.

Mikhail Vyacheslavovich Ermolenko – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department «Technical physics and heat power engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: tehfiz@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1677-8023.

Akbota Ryspekovna Khazhidinova* – PhD, acting associate professor of the department "Technical physics and heat power engineering"; «Shakarim University of Semey», Kazakhstan, Semey; e-mail: nadyrova.akbota@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8802-1559.

Материал поступил в редакцию 01.06.2021 г.

МРНТИ: 87.26.25

Е.П. Евлампиева

Университет имени Шакарима города Семей
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глиники, 20 А
e-mail: elena_semei@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ СВИНЦА В ПОЧВЕ И ЛИШАЙНИКЕ НА ТЕРРИТОРИИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «КАРАЖЫРА»

Аннотация: *Исследованы особенности пространственного распределения валового содержания свинца и форм его соединений в почвах угольного месторождения «Каражыра», которое расположено в Восточно-Казахстанской области на территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона.*

Выявлено, что средние концентрации свинца в почве месторождения превышают фоновые значения в 2,5 раза, однако по отношению к кларку свинец не образует в почвах значительных по интенсивности и контрастности аномалий. Наиболее высокая степень загрязнения тяжелым металлом обнаружена в северной части объекта исследования, что соответствует расположению прибортового породного отвала и погрузочного пандуса угля, а также розе ветров. Минимальные количества свинца сосредоточены в почве в восточном направлении.

Установлены максимальные и минимальные зоны накопления химического элемента в лишайнике *Parmelia vagans*, произрастающего на техногенно загрязненной территории угольного разреза. Средняя концентрация свинца в лишайнике составила 3,9 мг/кг, что превышает фоновый уровень в 2,8 раза. Рассчитанный коэффициент биологического поглощения показал, что свинец по способности накопления в лишайнике, согласно классификации А.Н. Перельмана относится к элементам сильного накопления. Обнаружена связь между содержанием свинца в лишайнике и его накоплением в почвенном покрове исследуемого объекта.

Ключевые слова: угольное месторождение, почва, лишайник, свинец, загрязнение.

Разработка полезных ископаемых приводит к значительному техногенному нарушению земель, созданию отвалов, карьеров, полигонов, отстойников. Возникшие на месте природного ландшафта техногенные образования изменяют эстетику местности. На находящихся под техногенным прессом землях большое значение приобретает изучение элементов-загрязнителей в системе почва-растение.

Лишайники обладают большой металлоаккумулирующей способностью. Их тело является симбиозом двух разных компонентов: гетеротрофного гриба (микобионта) и автотрофной водоросли (фикобионта), что приводит к возникновению целого ряда уникальных морфологических, биохимических особенностей. Поглощенные химические элементы сохраняются в организме лишайника на протяжении всей жизни и даже после смерти [1].

Цель работы – исследовать накопление и распределение валового содержания и форм соединений свинца в системе «почва-лишайник» угледобывающего месторождения «Каражыра».

Месторождение угля «Каражыра» расположено в 130 км к юго-западу от г. Семей Восточно-Казахстанской области на землях бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона, площадь его составляет 21,4 кв.км.

Небольшое количество осадков и сильная засушливость климата обусловили формирование на участке месторождения угля почв светло-каштановой подзоны (рис. 1).

Агрохимические показатели исследуемых почв следующие: содержание гумуса – 1,45%, pH_{H_2O} – 6,59, сумма поглощенных оснований – 5,4 мг-экв на 100 г почвы, сумма полуторных оксидов железа и алюминия – 3%, содержание илистой фракции – 10,43, содержание физической глины – 15,15%. Данные показатели, определяющие подвижность ТМ в почве, позволили рассчитать важнейший показатель защитных возможностей почвы от загрязнения – буферную емкость почвы (табл. 1). При оценке степени буферности в качестве опорной использовали систему градаций В.Б. Ильина [2].

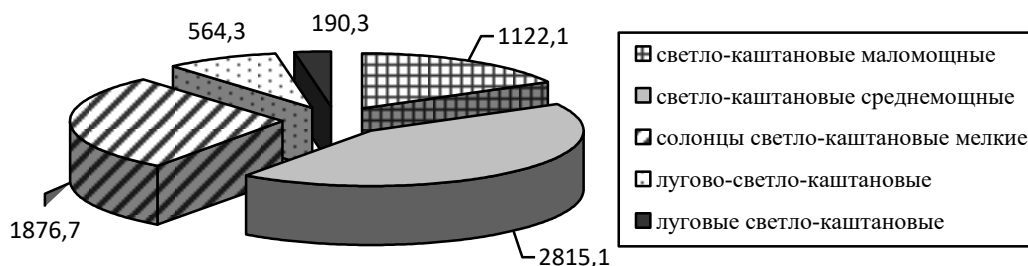


Рисунок 1 – Структура почвенного покрова района угольного месторождения «Каражыра» по площади генетических типов почв, га

Таблица 1 – Буферные свойства светло-каштановой почвы

Количество баллов, полученных за счет:					Сумма баллов	Степень буферности
гумуса	физической глины	R ₂ O ₃	карбонатов	pH		
2	5	4	1,5	10	22,5	средняя

К комплексу источников, загрязняющих природную среду, относятся: добычные и вскрышные работы, которые ведутся в разрезе; прибортовой породный отвал, размещенный севернее разреза на расстоянии 1 км; прибортовые склады угля (расходный и резервный), расположенные юго-восточнее существующего разреза у выездной траншеи; склад угля на железнодорожной станции 65 км на расстоянии 45 км северо-западнее разреза и котельная, обслуживающая вахтовый поселок.

Технологические операции, связанные с добычей и переработкой угля на разрезе, сопровождаются загрязнением окружающей среды. В атмосферу выбрасываются: пыль угольная, пыль породная, окись углерода, углеводороды, сероводород и др.

Для осуществления поставленной цели было отобрано 150 почвенных проб, взятых в зависимости от угольного разреза в соответствии с розой ветров радиально по 8 маршрутным направлениям: север (делили на два направления: 1 и 01, т.к. здесь находится отвал вскрыши и проводятся погрузочные работы, которые являются наиболее интенсивными источниками пылеобразования на разрезе), юг, запад, восток, северо-запад, юго-запад, северо-восток, юго-восток на расстоянии 250, 500, 750, 1000, 1500, 3000 и 5000 м от источника загрязнения. Фоновые почвы отбирались с противоположной стороны от розы ветров (восток) на расстоянии 60 км от контура разреза. Отбор проб проводился строго в соответствии со стандартными методиками [3].

Сопряженно с пробами почв осуществлялся отбор лишайниковых образцов. Пробные площадки закладывались в соответствии с методиками, принятыми в фитоценологии, модифицированными для биогеохимических исследований.

Содержание тяжелого металла в почвенных и растительных образцах определяли фотоколориметрическим химическим дитизиновым методом Г.Я. Ринькиса [4]. Весь экспериментальный материал был обработан вариационно-статистическими методами, описанными в руководствах Н.А. Плохинского [5].

Для извлечения *кислоторастворимой формы* ТМ применяли экстрагент – 1 н. HCl, для экстракции *ионообменной формы* использовали ацетатно-аммонийный буфер (CH₃COONH₄) с pH 4,8, *водорастворимой формы* – экстрагент бидистиллированная вода).

Проведенные исследования показали, что аккумулятивное свинца в **почвах** месторождения «Каражыра» зависит от направления от углеразреза (рис. 2).

Установлено, что содержание (мг/кг) свинца в почве варьирует от 13,0 до 82,1. Средние концентрации свинца в почве месторождения (33,5 мг/кг) превышают фоновые значения (табл. 2) в 2,5 раза.

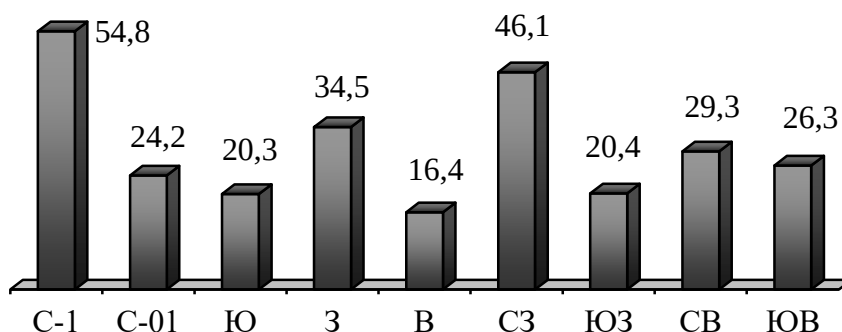


Рисунок 2 – Среднее содержание свинца в почве в зависимости от направления от углеразреза «Каражыра», мг/кг

Таблица 2 – Показатели валового содержания свинца в почве углераэреза «Каражыра»

Элемент	Фон, мг/кг	ПДК, мг/кг	Кларк _{ср.}	Кларк литосф.	Кларк почвы	К _{ср.}	К _{о.ср.}
Свинец	13,3	32	2,1	16	10	2,5	1,05

При сравнении валового содержания химического элемента в почве исследуемого района с его кларком в литосфере было установлено, что свинец не образует в почвах значительных по интенсивности и контрастности аномалий по отношению к кларку. При сравнении средней валовой концентрации элемента с его кларком в почвах мира отмечается превышение в 3,4 раза (табл. 2).

Установлена высокая степень загрязнения тяжелым металлом северной части области объекта исследования, что соответствует расположению приборного породного отвала и погрузочного пандуса угля, а также розе ветров. Минимальные количества свинца сосредоточены в почве в восточном направлении.

Максимумы концентраций тяготеют к промышленной площадке (250 м от источника загрязнения). Более локальные эпицентры установлены на расстояниях 1500-3000 м от контура разреза (рис. 3).

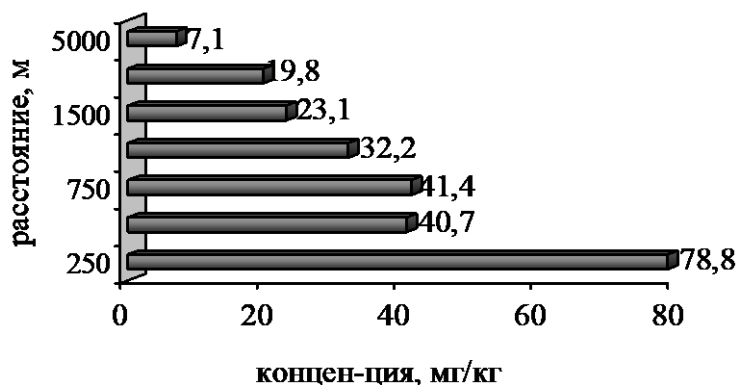


Рисунок 3 – Содержание свинца в почве углераэреза «Каражыра» в зависимости от расстояния

В качестве геохимических показателей, отражающих уровень загрязнения, были использованы коэффициенты концентрации (K_c) и опасности (K_o). K_c – показатель кратности превышения содержания загрязнителя в точке опробования над фоновым значением. K_o – отражает увеличение содержания элементов в исследованной почве в сравнении с ПДК. Выявлено, что превышения для среднего валового содержания свинца K_c и K_o нет (табл. 2). Однако, отмечено, что максимальное содержание элемента превышает принятые ПДК почв до 2,6 ПДК.

Надежность прогноза состояния почв, нарушенных внешним воздействием, в частности, в результате воздействия открытой добычи угля, зависит от адекватности представлений о формах соединений тяжелых металлов в почвах. Важнейшей группой соединений химических элементов, для обеспечения экологических функций почв, являются подвижные соединения этих элементов. Кроме того, степень негативного действия металлов на живые организмы определяется не столько валовым их количеством, сколько содержанием мобильных соединений, находящихся в почве [6].

Содержание кислоторастворимой, обменной и водорастворимой форм исследуемого металла в почве угольного месторождения представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание подвижных форм свинца в почве углераэреза «Каражыра», мг/кг

Элемент	Формы соединения	Пределы колебаний	Среднее содержание	Фон	ПДК
Свинец	кислоторастворимая	2,0-12,4	5,5	2,1	11
	обменная	0,9-5,7	2,4	1,0	
	водорастворимая	0,15-0,99	0,43	0,15	

Выявлено, что средняя концентрация кислоторастворимой формы свинца превышает фон в 2,6 раза; обменной формы – в 2,4 раза, водорастворимой формы – в 3,0 раза. Минимальное накопление подвижных форм соединений свинца в почве выявлено на юго-западе, максимальное – в северном направлении.

На долю кислоторастворимой формы свинца в среднем приходится 16,6 %; обменной формы – 7,2 %, водорастворимой формы – 1,5 % от его валового содержания (табл. 4).

Таблица 4 – Показатели подвижных форм свинца в почве углеразреза «Каражыра»

Процент от валового	K _c (ср.)	K _o (ср.)	Коэффициент подвижности, %	
			пределы колебаний	среднее
кислоторастворимая форма				
13,5-18,2	2,9	0,56	13,5-19,3	16,4
обменная форма				
6,4-8,5	2,7	0,24	6,4-8,5	7,2
водорастворимая форма				
1,0-2,0	3,2	0,04	1,2-1,3	1,2

Рассчитанные коэффициенты концентрации и опасности позволили установить, что среднее содержание K_c кислоторастворимой формы свинца превышает фоновую концентрацию в 1,4 раза; обменной формы – в 2,7 раза. Для K_o изученных подвижных форм химического элемента превышений ПДК не отмечено.

Проведенный анализ позволяет судить о высокой аккумулирующей способности исследуемого вида лишайника, что объясняется, прежде всего, биологическими особенностями растения и активным влиянием техногенной нагрузки. Установлено, что содержание свинца в *Parmelia vagans*, произрастающей в пределах санитарно-защитной зоны (СЗЗ – 250-750 м от контура разреза), с учетом всех направлений и расстояний, варьирует от 2,3 до 5,4 мг/кг. Средняя концентрация свинца в лишайнике составила 3,9 мг/кг, что соответствует 2,8 фоновым уровням.

При сравнении полученных нами данных с показаниями В.В. Добровольского [7] было выявлено, что средняя концентрация свинца в лишайнике, произрастающего в санитарной зоне, в 3,1 раза превышает среднюю концентрацию этого химического элемента в растительности суши, которая составляет 1,25 мг/кг.

Варьирование исследуемого химического элемента в лишайнике вида *Parmelia vagans*, произрастающего на почвах от контура разреза (250 м) до 5000 м с учетом всех направлений находится в пределах – от 1,3 до 5,4 мг/кг, а среднее его содержание (3,3 мг/кг) превышает фон в 2,4 раза и в 2,6 раза превышает среднюю концентрацию этого химического элемента в растительности суши.

Максимальное содержание свинца в *Parmelia vagans* обнаружено на расстоянии 250 м от контура разреза в северном направлении. По мере удаления от угольной разработки «Каражыра» накопление элемента в изучаемом растении закономерно снижается и на расстоянии 5000 м на юго-западе достигает фоновых значений (рис. 4). Приведенные в литературе факты о способности напочвенных лишайников отражать элементный состав почвы подтверждаются нашими исследованиями о распределении металла в растении согласно размеченной розе ветров. Содержание свинца в растительных образцах, взятых от контура разреза до 5000 м с учетом всех направлений, уменьшается в своих значениях на 24,1 %.

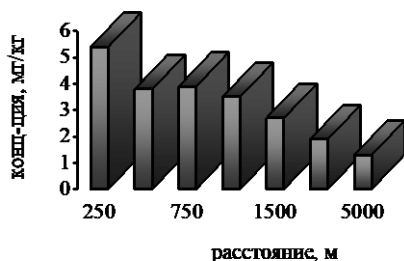


Рисунок 4 – Содержание свинца в лишайнике *Parmelia vagans* в зависимости от расстояния от углеразреза «Каражыра» с учетом всех направлений

По результатам исследований был рассчитан коэффициент биологического поглощения (КБП), который показывает отношение содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве. В нашем случае, значения КБП у свинца согласно всем направлениям и расстояниям колеблются в пределах от 0,60 до 3,58, со средним значением 1,8. Исходя из полученных данных свинец по способности накопления в лишайнике, согласно классификации А.Н. Перельмана [8], относится к элементам сильного накопления.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что доступность элементов в почве для изучаемого вида лишайника связана с биологическими особенностями, позволяющими регулировать их содержание в растении даже при сравнительно одинаковом содержании их в почве.

Список литературы

1. Певзнер, М.Е. Горное дело и охрана окружающей среды / М.Е. Певзнер, А.А. Малышев, А.Д. Мельков, В.П. Ушань / М.: Изд-во МГУ, 2000. – 300 с.
2. Ильин, В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях / В.Б. Ильин, А.И. Сысо / Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
3. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – Москва: Гидрометеиздат, 1981. – 108 с.
4. Ринькис, Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах. – Рига: Изд-во АН ЛССР, 1963. – 160 с.
5. Плохинский, Н.А. Биометрия. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1970. – 367 с.
6. Ладонин, Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Химия почв, № 6. – 2002. – С. 682-692.
7. Добровольский, В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. – М.: Мысль, 1983. – 272с.
8. Перельман, А.И. Геохимия. – Москва: ВШ, 1989. – 407 с.

Е.П. Евлампиева

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі, 20 А
e-mail: elena_semei@mail.ru

«ҚАРАЖЫРА» КӨМІР КЕН ОРНЫ АУМАҒЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТАҒЫ ҚОРҒАСЫННЫҢ ЖӘНЕ ҚЫНАНЫҢ ҚҰРАМЫ

Аңдатпа: Шығыс Қазақстан облысында бұрынғы Семей ядролық сынақ полигонының аумағында орналасқан «Қаражыра» көмір кен орнының топырағындағы қорғасынның жалпы құрамы мен оның қосындыларының кеңістіктік таралу ерекшеліктері зерттелді.

Кен орнының топырағындағы қорғасынның орташа концентрациясы фондық мәндерден 2,5 есе асып кететіні анықталды, алайда кларкке қатысты қорғасын топырақта қарқындылығы мен контрастында айтарлықтай ауытқулар тудырмайды. Ауыр металмен ластанудың ең жоғары деңгейі зерттеу объектісінің солтүстік бөлігінде табылды, бұл тау жыныстары үйіндісінің және көмір тиеу пандусының, сондай-ақ жел көтерілуінің орналасуына сәйкес келеді. Қорғасынның ең аз мөлшері топырақта шығыс бағытта шоғырланған.

Көмір кесіндісінің техногендік ластанған аумағында өсетін *Parmelia vagans* қынасында химиялық элементтің жинақталуының максималды және минималды аймақтары белгіленді. Қынадағы қорғасынның орташа концентрациясы 3,9 мг/кг құрады, бұл фондық деңгейден 2,8 есе жоғары. Есептелген биологиялық сіңіру коэффициенті А.Н. Перельман классификациясына сәйкес қынадағы жинақтау қабілеті бойынша қорғасынның күшті жинақтау элементтеріне жататынын көрсетті. Қынадағы қорғасынның мөлшері мен оның зерттелетін объектінің жер жамылғысында жиналуы арасындағы байланыс анықталды.

Түйін сөздер: көмір кен орны, топырық, қына, қорғасын, ластану

Y. Yevlampiyeva
Shakarim University of Semey
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A
e-mail: elena_semei@mail.ru

LEAD CONTENT IN SOIL AND LICHEN ON THE TERRITORY OF THE KARAZHYRA COAL DEPOSIT

Abstract: *The features of the spatial distribution of the gross lead content and the forms of its compounds in the soils of the Karazhyra coal deposit, which is located in the East Kazakhstan region on the territory of the former Semipalatinsk nuclear test site, are investigated.*

It was revealed that the average concentrations of lead in the soil of the deposit exceed the background values by 2.5 times, however, in relation to Clark, lead does not form significant anomalies in the soils in terms of intensity and contrast. The highest degree of heavy metal contamination was found in the northern part of the research object, which corresponds to the location of the on-board rock dump and coal loading ramp, as well as the wind rose. Minimal amounts of lead are concentrated in the soil in an easterly direction.

*The maximum and minimum zones of accumulation of the chemical element in the lichen of *Parmelia vagans* growing in the technogenically polluted territory of the coal mine have been established. The average concentration of lead in lichen was 3.9 mg/kg, which exceeds the background level by 2.8 times. The calculated coefficient of biological absorption showed that lead, according to the ability of accumulation in lichen, according to the classification of A.N. Perelman, belongs to the elements of strong accumulation. A connection was found between the lead content in lichen and its accumulation in the soil cover of the studied object.*

Key words: coal deposit, soil, lichen, lead, pollution.

Авторлар туралы мәліметтер

Елена Петровна Евлампиева – биология ғылымдарының кандидаты, «Химиялық технология және экология» кафедрасының аға оқытушысы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1953-3686.

Сведения об авторах

Елена Петровна Евлампиева – кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры «Химическая технология и экология»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: elena_semei@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1953-3686.

Information about the authors

Yelena Petrovna Yevlampiyeva – Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Chemical Technology and Ecology; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: elena_semei@mail.ru . ORCID: 0000-0003-1953-3686 .

Материал поступил в редакцию 13.06.2021 г.