

УДК 550.8:636.03

DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-33-42

АГРОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ: ШИВЫРТУИН

AGRO-INDUSTRIAL GEOLOGY: SHIVIRTUIN

*Ю. В. Павленко, Забайкальский государственный университет, г. Чита
payurva@mail.ru*

Yu. Pavlenko, Transbaikalian State University, Chita



Представлены основные результаты оценки токсиколого-гигиенических, медико-биологических и радиационно-гигиенических свойств шивыртуина — наиболее богатой разновидности монтмориллонит-цеолитсодержащих пород крупнейшего в России Шивыртуйского месторождения, чаще называемого цеолитовым. Открытым на рубеже веков многочисленным цеолитовым объектам предсказывалось большое будущее, поскольку с новым эффективным многоцелевым полезным ископаемым связывались перспективы решения крупнейших народнохозяйственных проблем страны, прежде всего, сельского хозяйства. Изменение ветеринарного кодекса способствовало получению первых положительных результатов испытаний цеолитов в животноводстве настолько, что группе специалистов присуждена Премия Совета Министров СССР. Одновременно для оценки массы необычных свойств, присущих новому полезному ископаемому, решались важнейшие организационные, методические, геологические, необычные для геологов наукоемкие медико-биологические, исследовательские и иные вопросы. Отмечено, что необходимый объем специальной информации о качестве специфического сырья, его потребительских свойствах существенно превышал требования всех действующих инструкций, что способствовало развитию нового научного направления в науках о Земле — агропромышленной геологии. У истоков молодого научного направления наряду с геологами участвовали специалисты ВНИИгеолнеруд, ИМГРЭ, Мингео СССР, Гинщветмет, ВАМИ Минщветмета СССР, институты физико-органической химии АН БССР и АН ГССР, Министерства сельского хозяйства и продовольствия РФ, коллективы сорока научных учреждений всех регионов РФ, семь медицинских институтов, ветеринарная и сельскохозяйственная службы страны и т. д. Комплекс решаемых вопросов включал характеристику и гигиеническую оценку цеолитов основных месторождений, оценку природных цеолитов в животноводстве и птицеводстве, мясном скотоводстве и овцеводстве, молочном животноводстве, рыбоводстве, производстве премиксов, ветеринарных препаратов, комбикормов и т. д. Основная задача всех исследований заключалась в разработке норм и правил использования цеолитов, обеспечивающих экологическую безопасность продуктов питания

Ключевые слова: агропромышленная геология; Шивыртуйское месторождение; цеолит; монтмориллонит; токсиколого-гигиенические, медико-биологические, радиационно-гигиенические свойства; Восточное Забайкалье; геологические науки; система знаний

The main results of the evaluation of the toxicological-hygienic, biomedical and radiation-hygienic properties of shivertuin, the richest variety of montmorillonite-zeolite-containing rocks of Russia's largest Shivyrtui deposit, more commonly called zeolite. Being opened at the turn of the century, numerous zeolite objects were predicted a great future because the prospects of solving the major economic problems of the country and, above all, agriculture, were associated with the new effective multi-minerals.

The change of the veterinary code contributed to the first positive results of zeolite tests in animal husbandry so that the group of specialists was awarded the prize of the USSR Council of Ministers. At the same time, the most important organizational, methodological, geological, unusual for geologists science-intensive medical and biological, research and other issues were solved to assess the mass of unusual properties inherent in the new mineral. The necessary amount of special information about the quality of specific raw materials, its consumer properties significantly exceeded the requirements of all existing instructions, which contributed to the develop-

ment of a new scientific direction in the Sciences of Earth — Agro-industrial Geology. At the origins of a new research direction the specialists of VNIgeolnerud, IMGRE, the USSR Ministry of Geology, Gintsvetmet, BAMI mintsvetmet USSR, institutes of physical organic chemistry, Belorussian Academy of Sciences and Sciences of the Georgian SSR, Ministry of Agriculture and Food of the Russian Federation, groups of 40 research institutions from all regions of the Russian Federation, 7 medical institutions, veterinary and agricultural services of the country, etc. participated along with geologists.

The complex of issues to be solved included: characterization and hygienic assessment of zeolites of the main fields, evaluation of natural zeolites in animal husbandry and poultry, beef cattle and sheep breeding, dairy farming, fish farming, in the production of premixes, veterinary drugs, animal feed, etc. The main task of all studies was to develop norms and rules for the use of zeolites, ensuring the environmental safety of food

Key words: *Agro-industrial Geology; Shivyrtui deposit; zeolite; montmorillonite; toxicological and hygienic, biomedical, radiation and hygienic properties; Eastern Transbaikalia; geological sciences; knowledge system*

Введение. Агропромышленная геология — новое научное направление, формирующееся из смежных сельскохозяйственных и геологических наук. Оно развивается в результате естественной непрерывной диалектической дифференциации и интеграции геологических знаний применительно к потребностям агропромышленного комплекса, конкретизации геологических особенностей и природного вещества потребностям эффективного производства экологически чистой и биологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Агропромышленная геология относится одновременно к смежным и комплексным наукам [1; 29], поскольку решает задачи комплексной интеграции знаний ряда относительно самостоятельных научных направлений, ветвей, объединяет разрозненные сведения о ценностях веществ разного уровня и предназначения в единую востребованную систему знаний.

Одним из основных критериев промышленной ценности полезных ископаемых является качество минеральных скоплений в недрах [12; 29]. Однако качество сырья для агропромышленного комплекса представляет особую значимость, пока оно не регламентируется законодательством России и требованиями к качеству минерального сырья. При разведке таких месторождений геологи вынуждены существенно расширять круг специалистов, прямо не связанных с изучением недр. Оценка полезных ископаемых для агропромышленного комплекса представляет необычную

и сложнейшую задачу разведчика недр, которую (из-за специфики оценки) целесообразно обособлять в агропромышленную геологию.

Со второй половины прошлого века на территории СССР открыто большое количество месторождений и проявлений силикатных, алюмосиликатных пород, в том числе 56 месторождений цеолитов [14], около 10 объектов цеолитсодержащих мергелей, трепела и опоки [27], которые по результатам лабораторных исследований могут эффективно использоваться в сельском хозяйстве. Из них наибольший интерес учёных и практиков агропромышленного комплекса представляют цеолиты с их уникальными свойствами обмена катионов, селективностью к катионам аммония, щелочным, щёлочноземельным и некоторым тяжёлым металлам, поглощающей и молекулярно-ситовой способностью, пролонгирующим действием, отсутствием токсичности и т. д.

Из цеолитов — самому многочисленному классу минералов в группе силикатов (из более сорока видов) — промышленный интерес представляют клиноптилолит, морденит, гейландит, шабазит, филлипсит, ломонтит, резко отличающиеся свойствами, биологической активностью и безопасностью. Среди цеолитов клиноптилолитовый минеральный тип месторождений не только резко преобладает по запасам и распространённости, но и, вероятно, безопасностью применения, особенно при производстве продуктов питания.

Результаты исследования. Шивыртуйское месторождение монтмориллонит-цеолитсодержащих туфов является не только крупнейшим цеолитовым объектом России, но и лучшим месторождением, сырье которого наиболее полно отвечает требованиям агропромышленного комплекса для производства продуктов животноводства. Практически во всех регионах России проведены широкомасштабные испытания шивыртуина с медико-биологической оценкой продукции в земледелии, растениеводстве, защищенном грунте и, прежде всего, в животноводстве, рыбководстве, птицеводстве, звероводстве. В НИИ ветеринарии Восточной Сибири на основе цеолита разработаны эффективные лечебные и профилактические ветеринарные препараты. Во всех научно-исследовательских работах установлено положительное влияние цеолитов на продуктивность и качество продукции [27]. Выполненные исследования могут служить основой для разработки требований медико-биологической оценки агрохимического сырья. Для решения этой задачи шивыртуин является необходимым источником и пока единственным эталоном.

Шивыртуин — алевролитовый пепловый туф, туффит, витрокластита которого замещена гидротермально-диагенетическими клиноптилолитом и монтмориллонитом, содержание которых составляет 85...95 %. Эта наиболее богатая разновидность монтмориллонит-цеолитсодержащих пород (МЦП) Шивыртуйского месторождения является основой для достоверной оценки воздействия полезного ископаемого на объекты многочисленных направлений его перспективного применения и, прежде всего, агропромышленного комплекса (АПК). На рубеже веков комплексные научные исследования по использованию цеолитсодержащих пород (ЦП) в АПК проведены более чем сорока научными учреждениями страны [27]. Наибольшее внимание уделено эффективности их использования в животноводстве, птицеводстве, рыболовстве, растениеводстве, дана медико-биологическая оценка качества производимой

продукции. Исследования показали, что наряду с положительными результатами на объекты исследований возможны и отрицательные последствия. Цеолиты оказались агрессивным биологически активным веществом, способным при нарушении технологии применения принести огромный вред человеку.

Из известных в природе более сорока минералов группы цеолитов [28] семь широко распространены и образуют промышленные скопления. В Забайкалье промышленную ценность представляют клиноптилолит, морденит и шабазит, остальные минеральные виды практически не изучены. Многообразные и многоликие цеолиты являются примером самоорганизации вещества природы. Они образуются из простых реагентов, но обладают разнообразной, сложной, высокоупорядоченной и эстетически красивой структурой [4] и к тому же проявляют способность к структурному и химическому модифицированию [10].

Обладая рядом специфических свойств, цеолиты представляют, по существу, образования, переходные между неживой и живой природой. Поэтому они и вызывают особый интерес исследователей. Управляемые многочисленные физико-химические, биологические, радиационно-гигиенические и другие эффекты этих минералов относятся к разряду нанотехнологий и лежат в основе новой отрасли производства на основе природных цеолитов. Необычные свойства минералов привлекают пристальное внимание науки, открывают возможность получения новых экзотических материалов и разработки новых технологических решений. Качественные различия цеолитов различных месторождений, возможность сочетания многочисленных оригинальных свойств цеолитов, их активации, модифицирования, создания композиционных материалов применительно к отдельным минеральным видам существенно расширяют сферу практического и перспективного использования минерального сырья. Насчитывается до сорока перспективных направлений его применения.

Месторождение открыто при выполнении задач «Продовольственной программы СССР до 1990 г.». Оно располагается в крайней юго-восточной части Забайкальского края у железной дороги Чита – Забайкальск. Площадь месторождения около 57 км². Это крупнейший в стране цеолитовый объект, минерогенический потенциал которого оценивается в 2,5 млрд т ЦП. В настоящее время разведан участок I очереди, составляющий 1/11-ю часть месторождения, на котором практически в полном объеме могут использоваться слабо цеолитизированные вскрышные породы (671,6 млн т).

На месторождении выявлено 40 пластов МЦП мощностью 1...86 м, из которых 14 – наиболее крупные и выдержанные. Монтмориллонит – неотъемлемый, необычный, но весьма ценный компонент цеолитов, обладающий рядом близких к цеолитам свойств, во многих случаях улучшающих потребительские свойства полезного ископаемого, особенно в животноводстве. Среднее суммарное содержание цеолита и монтмориллонита 55...82, по разведанному участку – 74 % при допустимом по ТУ 50 % суммарном содержании. С утверждением запасов ГКЗ выдан сертификат (№ 43) о подготовленности Шивыртуйского месторождения для промышленного освоения. Этому моменту предшествовал огромный объем научных исследований клиноптилолита как цеолита, менее опасного для живого организма.

Первые положительные результаты применения МЦП на курах и гигантский минерально-сырьевой потенциал месторождения явились основанием для форсированного изучения всех свойств цеолитов по специальной программе СМ СССР «О всесоюзной программе проведения научно-исследовательских испытаний цеолитов Шивыртуйского месторождения в животноводстве». Программа выполнялась тринадцатью крупнейшими НИИ страны различного профиля. Она предусматривала повышение качества животноводческой продукции, её экологической чистоты и санитарной безопасности, восстановление

экологического равновесия в районах интенсивного развития промышленности и агропромышленного комплекса.

В процессе многочисленных испытаний НИИ установлено, что основные наиболее востребованные направления использования Шивыртуйских цеолитов – это природная кормовая добавка для животных и птиц, а также активная минеральная добавка и сырьевой компонент для получения клинкера в процессе производства цемента. С большим экономическим и социальным эффектом цеолиты также апробированы для использования по многим другим направлениям при содержании полезных компонентов выше 15 %. Промышленных или повышенных концентраций каких-либо сопутствующих цеолиту и монтмориллониту элементов, в том числе редких и рассеянных, в МЦП не обнаружено. Это наиболее изученное в России месторождение высококачественных цеолитов пока для животноводства может отрабатываться около двадцати веков. Разведанные запасы участка I очереди способны обеспечить все потребности страны на несколько десятилетий.

Биологическая активность клиноптилолита определяется уникальными адсорбционным, молекулярно-ситовым, каталитическим, ионообменным и другими свойствами. Важнейшими показателями качества и технологических характеристик полезного ископаемого являются ионообменные и сорбционные свойства. Такие свойства, как термическая, химическая, кислотная, радиационная стойкость, молекулярно-ситовые характеристики, важны для некоторых специальных технологий.

По содержанию кремнезема (60...63 %) и мольному соотношению $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (71,4...71,9) МЦП занимают промежуточное положение между синтетическими цеолитами (2) и высококремнистыми природными (10-11), что предопределило присутствие монтмориллонита. Катионный состав МЦП изменчив. По суммарному объему пор (0,074...0,154 · 10⁻¹ м³/кг) МЦП превосходит другие искусственные и природные цеолиты. Минерал средне-

кислотоустойчивый (50–70 %), низкотермостойкий (200...500 °C) и высокотермостойкий (до 800 °C) [24]. Полная динамическая обменная ёмкость МЦП Cs, Pb, Cu, Sr, Се близка к показателям других месторождений [5; 6; 28]. Шивыртуинские МЦП в реакциях с биологическими жидкостями высокоактивны, проявляют высокую сорбционную ёмкость при низком давлении, которая практически не зависит от температуры [9; 28]. Отмечена высокая поглотительная способность МЦП к Cs, Sr, вредным водным примесям, органическим соединениям, бенз(а)пирену [16]. Экспериментально установлено существенное улучшение структурных характеристик МЦП при солянокислой и комбинированной активации. Каталитическая активность повышается с ростом соотношения Si/Al [22].

Токсиколого-гигиенические и медико-биологические свойства имеют самостоятельное, порой большое значение в использовании полезного ископаемого. Все испытания проведены по утвержденным методикам НИИ, имеющим право давать заключения на использование МЦП в составе рациона добавок животным.

Токсикологическими исследованиями [7; 17] установлено:

- МЦП не обладают острой токсичностью. На курах испытаны дозы в 40, 50, 60, 80 и 100 % от массы сухого рациона, на свиньях – 60, 80, 100 % от массы суточного вещества сухого корма, на крысах – дозы 25, 80 % к массе сухого корма;

- в хронических экспериментах отмечаются морфологические изменения в виде гиперплазии лимфоидной ткани, утолщения стенок ЖКТ, дистрофии внутренних органов и т. д. Опыты проведены на курах от суточного до 18-месячного возраста и подсвинках 3...6-месячного возраста в субтоксической дозе в 10, 20, 30 % к массе сухого вещества корма.

Основные результаты медико-биологических испытаний сводятся к следующему:

- шивыртуин не обладает эмбриотоксическим и тератогенными свойствами при его потреблении животными внутрь;

- в легочной ткани шивыртуин проявляет цитотоксические (на уровне каолина), мутагенные, фиброгенные (ниже кварца) свойства, а также вызывает воспалительные процессы в альвеолах, терминальных бронхиолах. ПДК пыли цеолита не должна превышать 2 г/м³ [25];

- шивыртуин не обладает сенсibilизирующими и аллергенными свойствами;

- шивыртуин слабо канцерогенен, в том числе за счет бенз(а)пирена; последний может накапливаться в легочной паренхиме [15; 23];

- шивыртуин, предназначенный для скормливания сельскохозяйственным животным и птице, согласно регламенту Главного управления эпидемиологии и гигиены МЗ РФ, применяется в дозе до 4 % к массе сухого вещества рациона. Эта доза обеспечивает получение гигиенически чистого мяса свиней и куриных яиц [8; 18];

- не вызывает паталогических изменений в печени и почках. В слизистой оболочке тонкого и толстого кишечника отмечаются структурные изменения, свидетельствующие о повышенной функциональной активности секреторных и всасывающих механизмов, выявлены иммуностимулирующий и антисклеротический эффекты [20]. При постоянном приеме ЦП в количестве 8 % в третьем поколении крыс отмечена сильная мутация организма, изменение размеров внутренних органов и даже состава крови;

- обладает высокой сорбционной способностью к микроорганизмам воды, снижает обсемененность безалкогольных напитков [26];

- яйца кур, полученные с добавкой 4 и 8 % шивыртуина, обладают высоким санитарным качеством, не отличающимся от качества контрольных яиц [17; 19];

- породная и протонированная форма шивыртуина обладает гипохолестеринемическим эффектом энтеросорбции. Сорбция шивыртуином холата желчи в кишечнике увеличивает скорость синтеза из холестерина желчных кислот в печени и снижает содержание холестерина в сыворотке крови [11];

- при длительном энтеральном приеме шивыртуина внутренняя среда организма

способствует более эффективному участию макрофаг в адаптивных процессах животных [21].

Многочисленными опытами на живых организмах и в лабораториях впервые установлена степень подвижности (усвояемости) токсичных и других элементов из шивыртуина. Это позволило обосновать массовую долю токсичных элементов в МЦП, внесённую в ТУ 10 РСФСР 359-91, подготовить наставления, рекомендации, инструктивные указания.

Исследованиями установлено:

- органами-концентраторами токсичных элементов (в виде солей тяжелых металлов) в организме животных являются печень и почки, в яйце такие элементы сосредоточены в белке;

- при длительном скармливании кормов с цеолитами в дозе не только 4 % (рекомендуемой), но и 8 % не отмечена концентрация элементов выше допустимого уровня для продуктов питания, установленных Минздравом СССР (СанПИН 42-123-4089-86).

Благоприятные ветеринарно-гигиенические свойства шивыртуина во многом объясняются развитием монтмориллонита. Этот глинистый минерал, развиваясь по «стареющему» клиноптилолиту, образует на микронных зернах цеолита своеобразную «рубашку». Поскольку в трехэтажные структурные слои монтмориллонита легко внедряются молекулы воды, вызывая набухаемость, цеолиты в ЖКТ животных распадаются на отдельные зерна, существенно увеличивая площадь активного взаимодействия минерала и ферментов организма. К тому же натрий монтмориллонита положительно сказывается на жизни животных; в крови последних содержится 0,6...0,9 % NaCl. Монтмориллонит является не только важнейшим ветеринарным элементом кормовых природных добавок, он и предотвращает накопление в складках желудка и кишечника биологически активного цеолита.

Особенно тщательно выполнена радиационно-гигиеническая оценка МЦП, поскольку цеолиты активно взаимодействуют с ураном, торием, радием, калием

и другими радиоактивными элементами. Естественная гамма-активность пород Шивыртуйского месторождения чаще составляет 8...18 мкР/ч, повышаясь в отдельных разностях пород до 45 мкР/ч. МЦП характеризуются как относительно высокими значениями гамма-активности (25...45 мкР/ч), так и достаточно низкими (10...15 мкР/ч). Повышенная радиоактивность предположительно связана с присутствием органического и фосфатного веществ. Эти данные позволяют отнести месторождение к I группе, характеризующейся низкой радиоактивностью пород, не превышающей НРБ-76, и может оцениваться, согласно инструкции, по значениям интенсивности гамма-излучения. Суммарная активность радионуклидов изменяется от 0 до 6,4 пКи/г (средняя 2,26) при коэффициенте вариации 69 и коэффициенте корреляции с содержанием цеолита – 0,19. Использование МЦП в сельском хозяйстве по радиационному фактору не имеет ограничений.

Радиопротекторные свойства шивыртуина заключаются в способности всасывать и выводить из организма радионуклиды. Добавка в рацион питания 10 % МЦП в течение шести дней снижает на 40...45 % поступление цезия-137 в печень, селезенку, надпочечники, тимус, увеличивая его концентрацию в фекалиях в 4,44 раза, а в течение четырех дней – снижает на 35 % радиоактивность изотопа йода (^{125}J) всех тканей. При добавке к рациону 5 % шивыртуина в течение месяца и последующем облучении животных сублетальной дозой к 30 дню после облучения выживает 73 % животных, что в 1,8 раза больше, чем в контроле. Шивыртуин рекомендован в качестве минеральной сырьевой добавки при откорме животных в районах, загрязнённых радионуклидами, для снижения содержания радиоактивных веществ в продуктах животноводства.

Шивыртуин при дозе приема 4 % к массе сухого вещества активизирует работу почек, печени по выводу из организма стронция и цезия, модифицированный же натрием и калием – увеличивает его ионо-

обменную ёмкость к Sr^{2+} . Сорбируя в среде ЖКТ стронций и цезий, цеолит разбавляет концентрацию этих элементов, при добавке в рацион 2...4 % снижает радиоактивное заражение молока [2; 3; 13].

Сорбент медицинского назначения на основе шивыртуина «Цеосорб» на территории с загрязнением почвы 70...90 Ки/км² через сутки увеличивает радиоактивность фекалий в 8 раз, с 4 по 11-й день приёма — в 15...35 раз, а радиоактивность мочи — в 1,5...3,5 раза. Ежесуточное выведение цезия из организма человека ускоряется в 3...5 раз при хорошей переносимости препарата. «Цеосорб» рекомендован для широкого применения на территориях радиоактивного загрязнения.

В целом МЦП характеризуются низкой радиоактивностью, являются прекрасным энтеросорбентом и показаны в качестве лечебного препарата для связывания и выведения радионуклидов из организмов животных и человека.

Выводы. Таким образом, на примере оценки токсиколого-гигиенических, медико-биологических и радиационно-гигиенических свойств шивыртуина продемонстрирована необходимость выделения нового научного направления в науках о Земле — агропромышленной геологии. Это направление развивается в результате естественной непрерывной диалектической дифференциации и интеграции геологических знаний применительно к потребностям агропромышленного комплекса, конкретизации геологических особенностей и природного вещества потребностям эффективного производства экологически чистой и биологически безопасной сельскохозяйственной продукции. Оно обеспечивает комплексное решение многих научно-практических вопросов, связывая природное вещество недр, рациональные безопасные способы его изучения, освоения и применения в единой комплексной системе.

Список литературы

1. Адиебян О. А. Основные, смежные и комплексные науки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sci-article.ru/stat.php?i=1423219908> (дата обращения: 17.01.2018).
2. Антонова В. А., Павлов И. Ю., Прокофьев О. Н. Возможность использования цеолитов для очистки жидких биологических проб от радионуклидов цезия // Перспективы применения цеолитсодержащих туфов Забайкалья. Чита: Читагеология, 1990. С. 84—89.
3. Антонова В. А. Методические аспекты использования природных цеолитов для дезактивации пищевого сырья от радионуклидов цезия // Использование природных цеолитов в народном хозяйстве: материалы Всесоюзного совещания. Новосибирск, 1991. Ч. 2. С. 75—80.
4. Бакакин В. В., Серёткин Ю. В. Унифицированные формульные и объёмные характеристики сравнительной кристаллохимии природных цеолитов // Журнал структурной химии. 2009. Т. 50, № 57. С. 123—130.
5. Богданова В. И., Белицкий И. А. Проблемы оценки качества цеолитсодержащих пород по ионообменной ёмкости // Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов. Новосибирск, 1990. С. 13—19.
6. Богданова В. И., Белицкий И. А. Влияние pH среды на устойчивость цеолитсодержащих пород и их использование // Природные цеолиты России. Т. 1. Геология, физико-химические свойства и применение в промышленности и охране окружающей среды. Новосибирск, 1992. С. 93—96.
7. Болтян В. А. Использование клиноптилолитовых туфов Шивыртуйского месторождения в кормлении свиней: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.02. Дубровицы Москов. обл., 1990. 19 с.
8. Бронникова И. А., Крупенина Т. В., Михайлова О. Г. Результаты токсикологического исследования свиного мяса, полученного с применением цеолита шивыртуина, в длительном биологическом эксперименте // Природные цеолиты в народном хозяйстве. Новосибирск, 1990. С. 168—170.
9. Горбунов А. В., Белицкий И. А. Особенности изменения pH в системе цеолитсодержащая порода — биологическая жидкость // Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов: сб. науч. тр. Новосибирск, 1990. С. 36—46.
10. Дабижа О. Н., Коновалова Н. А. Совершенствование методов модификации природных цеолитов Забайкалья. Чита: ЗаБИЖТ, 2016. 248 с.

11. Душкин М. И., Саметова С. С. Гипохолестеринемический эффект энтеросорбции природной и протонированной формами цеолитов Шивыртуйского месторождения // Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1992. С. 29–30.
12. Каждан А. Б. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки. М.: Недра, 1984. 285 с.
13. Коваленко В. И., Прокофьев О. Н. Радиационно-гигиеническая оценка использования природных цеолитов в качестве кормовых добавок крупному рогатому скоту // Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1992. С. 5.
14. Колодезников К. Е. Цеолитовые провинции востока Сибирской платформы. Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2003. 221 с.
15. Кривошеева Л. В., Пылёв Л. Н., Лемасев И. Е., Валамина И. Е. Оценка содержания бенз(а)пирена в образцах цеолитсодержащего туфа Шивыртуйского месторождения // Перспективы применения цеолитсодержащих туфов Забайкалья. Чита: Читагеология, 1990. С. 134–137.
16. Литвиненко В. Г., Верединова Л. Г. Извлечение цезия и стронция из растворов цеолитами Шивыртуйского месторождения // Химия и технология воды. 1991. № 4. С. 304–306.
17. Минаева Л. А., Прудесова Е. Б., Павленко Ю. В. Максимально переносимая доза цеолитовых туфов Шивыртуйского месторождения в опытах на курах // Теория и прикладные проблемы внедрения природных цеолитов в народное хозяйство РСФСР. Кемерово, 1988. С. 50–52.
18. Минаева Л. А., Болтян В. А., Батуев Б. Б. Оптимальные нормы цеолитовых туфов Шивыртуйского месторождения в профилактике нарушений обмена веществ у свиней // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1988. С. 55–60.
19. Минаева Л. А., Павленко Ю. В., Болтян В. А. Токсикологическая оценка цеолитовых туфов Шивыртуйского месторождения // Использование цеолитов Сибири и Дальнего Востока в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1988. С. 28–35.
20. Панин Л. Е., Третьякова Т. А., Гайдаш А. А. Иммуноморфологические и биохимические показатели у крыс при скормливаниях им хонгурина, пегасина и шивыртуина // Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1992. С. 33–35.
21. Праворотов Г. В., Титов В. А. Клетки системы мононуклеарных фагоцитов у крыс при поступлении в организм цеолитсодержащих пород с кормом в норме и при тепловом шоке // Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1992. С. 30–33.
22. Пуляевская Г. М., Чернышова Л. И. Исследование возможности использования цеолитов в качестве катализаторов окисления // Природные цеолиты России. Т. 1. Геология, физико-химические свойства и применение в промышленности и охране окружающей среды. Новосибирск, 1992. С. 164–166.
23. Пылёв Л. Н., Валамина И. Е. О канцерогенной активности цеолитсодержащих туфов Шивыртуйского и Чугуевского месторождений // Природные цеолиты России. Т. 2. Медико-биологические исследования и применение в сельском хозяйстве. Новосибирск, 1992. С. 47–49.
24. Серёткин Ю. В., Дребущак В. А., Власов А. В., Павленко Ю. В. Существование двух разновидностей минералов ряда гейландит-клиноптилолит // Природные цеолиты России. Т. 1. Геология, физико-химические свойства и применение в промышленности и охране окружающей среды. Новосибирск, 1992. С. 75–78.
25. Снитгирева Т. В., Лурье Б. Л., Сабурова В. И., Суслова Т. Б. Сравнительная характеристика биологического действия цеолитсодержащих туфов Сибири и Дальнего Востока // Применение природных цеолитов в народном хозяйстве. Ч. 2. Теоретические и прикладные проблемы внедрения природных цеолитов в народное хозяйство РСФСР. М.: ЦНТИ, 1989. С. 52–60.
26. Хорунжина С. И., Протасова О. Н., Тропина Л. Н. Стабилизация готового сусла цеолитом Шивыртуйского месторождения // Перспективы применения цеолитсодержащих туфов Забайкалья. Чита: Читагеология, 1990. С. 95–101.
27. Цеолиты: эффективность и применение в сельском хозяйстве / под ред. Г. А. Романова. М.: Росинформтех, 2000. 336 с.
28. Цицишвили Г. В., Андроникашвили Т. Г., Киров Г. Н., Филазова Л. Д. Природные цеолиты. М.: Химия, 1985. 224 с.
29. Baerlocher Ch., McCusker L. B., Olson D. N. Atlas of zeolite framework types [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.izastructure.org/databases/books/Atlas_6ed.pdf (дата обращения: 20.01.2018).

References

1. Adibekyan O. A. *Osnovnye, smezhnye i kompleksnye nauki* (Basic, adjacent and complex sciences). Available at: <http://www.sci-article.ru/stat.php?i=1423219908> (Date of access: 17.01.2018).
2. Antonova V. A., Pavlov I. Yu., Prokofiev O. N. *Perspektivy primeneniya tseolitsoderzhashchih tufov Zabaykaliya* (Prospects for the use of zeolite-containing tuffs in Transbaikalia). Chita: Chitageology, 1990. P. 84–89.
3. Antonova V. A. *Ispolzovanie prirodnih tseolitov v narodnom hozyaystve: materialy Vsesoyuznogo soveshchaniya* (Use of natural zeolites in the national economy: materials of the All-Union Conference). Novosibirsk, 1991. Part 2. P. 75–80.
4. Bakakin V. V., Seryotkin Yu. V. *Zhurnal strukturnoy himii* (Journal of Structural Chemistry), 2009, vol. 50, no. 57, pp. 123–130.
5. Bogdanova V. I., Belitsky I. A. *Fiziko-himicheskie i mediko-biologicheskie svoystva prirodnih tseolitov* (Physico-chemical and medico-biological properties of natural zeolites). Novosibirsk, 1990. P. 13–19.
6. Bogdanova V. I., Belitsky I. A. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 1. Geologiya, fiziko-himicheskie svoystva i primeneniye v promyshlennosti i ohrane okruzhayushchey sredy* (Natural zeolites of Russia. Vol. 1. Geology, physical and chemical properties and applications in industry and environmental protection). Novosibirsk, 1992. P. 93–96.
7. Boltyan V. A. *Ispolzovanie klinoptilolitovykh tufov Shivyrtuyskogo mestorozhdeniya v kormlenii sviney: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk: 06.02.02* (Use of clinoptilolite tuffs of the Shivyrtui deposit in the feeding of pigs: abstract. dis. ... cand. agricultural sciences: 06.02.02). Dubrovitsy Moscow. Region, 1990. 19 p.
8. Bronnikova I. A., Krupenina T. V., Mikhailova O. G. *Prirodnye tseolity v narodnom hozyaystve* (Natural zeolites in the national economy). Novosibirsk, 1990. P. 168–170.
9. Gorbunov A. V., Belitsky I. A. *Fiziko-himicheskie i mediko-biologicheskie svoystva prirodnih tseolitov: sb. nauch. tr.* (Physical-chemical and biomedical properties of natural zeolites: coll. sci. articles). Novosibirsk, 1990. P. 36–46.
10. Dabizha O. N., Konovalova N. A. *Sovershenstvovanie metodov modifikatsii prirodnih tseolitov Zabaykaliya* (Perfection of modification methods of natural zeolites of Transbaikalia). Chita: ZABIZHT, 2016. 248 p.
11. Dushkin M. I., Sametova S. S. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie issledovaniya i primeneniye v sel'skom hozyaystve* (Natural zeolites of Russia. Vol. 2. Medical and biological research and application in agriculture). Novosibirsk, 1992. P. 29–30.
12. Kazhdan A. B. *Poiski i razvedka mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Nauchnye osnovy poiskov i razvedki* (Prospecting and exploration of mineral deposits. Scientific foundations of prospecting and exploration). Moscow: Nedra, 1984. 285 p.
13. Kovalenko V. I., Prokofiev O. N. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie issledovaniya i primeneniye v sel'skom hozyaystve* (Natural zeolites of Russia. Vol. 2. Medical and biological research and application in agriculture). Novosibirsk, 1992. P. 5.
14. Kolodeznikov K. E. *Tseolitovye provintsii vostoka Sibirskoy platformy* (Zeolithic provinces of the east of the Siberian platform). Yakutsk: Yaf, Izd., SB RAS, 2003. 221 p.
15. Krivosheeva L. V., Pylyov L. N., Lemyasev I. E., Valamina I. E. *Perspektivy primeneniya tseolitsoderzhashchih tufov Zabaykaliya* (Prospects of application of zeolite-containing tuffs of Transbaikalia). Chita: Chitageology, 1990. P. 134–137.
16. Litvinenko V. G., Verednova L. G. *Himiya i tekhnologiya vody* (Chemistry and technology of water), 1991, no. 4, pp. 304–306.
17. Minina L. A., Prudeeva E. B., Pavlenko Yu. V. *Teoriya i prikladnye problemy vnedreniya prirodnih tseolitov v narodnom hozyaystve RSFSR* (Theory and applied problems of introduction of natural zeolites in the national economy of the RSFSR). Kemerovo, 1988. P. 50–52.
18. Minina L. A., Boltyan V. A., Batuev B. B. *Ispolzovanie tseolitov Sibiri i Dalnego Vostoka v sel'skom hozyaystve* (Optimal norms of zeolite tuffs of the Shivyrtui deposit in the prevention of metabolic disorders in pigs. Use of zeolites of Siberia and the Far East in agriculture). Novosibirsk, 1988. P. 55–60.
19. Minina L. A., Pavlenko Yu. V., Boltyan V. A. *Ispolzovanie tseolitov Sibiri i Dalnego Vostoka v sel'skom hozyaystve* (Use of zeolites of Siberia and the Far East in agriculture). Novosibirsk, 1988. pp. 28–35.
20. Panin L. E., Tretyakova T. A., Gaidash A. A. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie issledovaniya i primeneniye v sel'skom hozyaystve* (Natural zeolites of Russia. Vol. 2. Medical and biological research and application in agriculture). Novosibirsk, 1992. P. 33–35.
21. Pravorotov G. V., Titov V. A. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie issledovaniya i primeneniye v sel'skom hozyaystve* (Natural zeolites of Russia. Vol. 2. Medical and biological research and application in agriculture). Novosibirsk, 1992. P. 30–33.

22. Pulyaevskaya G. M., Chernyshova L. I. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 1. Geologiya, fiziko-himicheskie svoystva i primeneniye v promyshlennosti i ohrane okruzhayushchey sredy* (Natural zeolites of Russia. Vol. 1. Geology, physical and chemical properties and applications in industry and environmental protection). Novosibirsk, 1992. P. 164–166.

23. Pylyov L. N., Valamina I. E. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 2. Mediko-biologicheskie issledovaniya i primeneniye v selskom hozyaystve* (Natural zeolites of Russia. Vol. 2. Medical and biological research and application in agriculture). Novosibirsk, 1992. P. 47–49.

24. Seryotkin Yu. V., Drebuschak V. A., Vlasov A. V., Pavlenko Yu. V. *Prirodnye tseolity Rossii. T. 1. Geologiya, fiziko-himicheskie svoystva i primeneniye v promyshlennosti i ohrane okruzhayushchey sredy* (Natural zeolites of Russia. Vol. 1. Geology, physical and chemical properties and applications in industry and environmental protection). Novosibirsk, 1992. P. 75–78.

25. Snigireva T. V., Lurie B. L., Saburova V. I., Suslova T. B. *Primeneniye prirodnih tseolitov v narodnom hozyaystve. Ch. 2. Teoreticheskie i prikladnye problemy vnedreniya prirodnih tseolitov v narodnom hozyaystve RSFSR* (Application of natural zeolites in the national economy. Part 2. Theoretical and applied problems of introducing natural zeolites in the national economy of the RSFSR). Moscow: TsNTI, 1989. P. 52–60.

26. Khorunzhina S. I., Protasova O. N., Tropina L. N. *Perspektivy primeneniya tseolitsoderzhashchih tufov Zabaykaliya* (Prospects for the use of zeolite-containing tufts in Transbaikalia). Chita: Chitageology, 1990. P. 95–101.

27. *Ceolity: ehffektivnost' i primeneniye v sel'skom hozyaystve / pod red. G. A. Romanova* (Zeolites: Efficiency and Use in Agriculture / Ed. G. A. Romanova). Moscow: Rosinformagrotekh, 2000. 336 p.

28. Tsitsishvili G. V., Andronikashvili T. G., Kirov G. N., Filazova L. D. *Natural zeolites* (Natural zeolites). Moscow: Chemistry, 1985. 224 p.

29. Baerlocher Ch., McCusker L. B., Olson D. N. Atlas of the zeolite framework types. Available at: http://www.izastructure.org/databases/books/Atlas_6ed.pdf (Date of access: 20.01.2018).

Коротко об авторе

Briefly about the author

Павленко Юрий Васильевич, д-р геол.-минер. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: мелко-среднемасштабное геологическое картирование, прогнозирование, поиски, разведка месторождений
payurva@mail.ru

Yuriy Pavlenko, doctor of geological mineralogical sciences, professor, Transbaikalian State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: small-medium-scale geological mapping, forecasting, prospecting, exploration of deposits

Образец цитирования

Павленко Ю. В. Агропромышленная геология: шивиртуин // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2018. Т. 24. № 4. С. 33–42. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-33-42.

Pavlenko Y. Agro-industrial geology: shivirtuin // Transbaikalian State University Journal, 2018, vol. 24, no. 4, pp. 33–42. DOI: 10.21209/2227-9245-2018-24-4-33-42.

Статья поступила в редакцию: 02.04.2018 г.

Статья принята к публикации: 12.04.2018 г.

