

Министерство природных ресурсов  
и экологии Российской Федерации  
Федеральное агентство  
по недропользованию  
Федеральное государственное  
бюджетное учреждение  
«ВСЕРОССИЙСКИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. А.П. КАРПИНСКОГО»  
(ФГБУ «ВСЕГЕИ»)

**ВСЕГЕИ**

Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106  
Для телеграмм: Санкт-Петербург, ВСЕГЕИ  
Телефон: (812) 321-57-06  
факс: (812) 321-30-23  
E-mail: [vsegei@vsegei.ru](mailto:vsegei@vsegei.ru)

УТВЕРЖДАЮ  
Генеральный директор  
ФГБУ «ВСЕГЕИ»,  
Д.Т.М.Н., Д.Э.Н.

О.В. Петров  
«января 2018 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Ильенок Сергея Сергеевича «Геохимия элементов-примесей в углях Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна», по специальности 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых», представленную на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук.

*Актуальность темы диссертации.* Автор правильно отмечает, что в настоящее время в мировой практике угольные месторождения все чаще рассматриваются не только как топливно-энергетическое сырьё, но и в качестве перспективного источника большой группы редких элементов и благородных металлов. К этому следует добавить, что и цветные металлы, особенно Мо и W, а также радиоактивные - U, являются потенциальным сырьем для металлургической и топливной отраслей промышленности при наличии в углях или золе углей их повышенных концентраций, сопоставимых с промышленным уровнем содержаний этих элементов в россыпных или силикатных видах руд. В таком случае эти металлы в углях должны рассматриваться как попутные компоненты. Достоверных сведений по концентрациям металлов в углях Иркутского угольного бассейна месторождения мало, а по минеральным формам металлов - практически отсутствуют. Знание форм нахождения ценных элементов-примесей в углях и золах важны для разработки методов извлечения металлов. Поскольку многие элементы-примеси углей являются токсичными, при их изучении можно спрогнозировать возможные негативные последствия при сжигании углей, снизить уровень загрязнения окружающей среды, например, путем совершенствования способов обогащения угля. Поэтому тема диссертационного исследования, выбранная соискателем по геохимии элементов-примесей в углях Азейского месторождения Иркутского угольного бассейна, несомненно, является актуальной.

*Целью работы* является изучение геохимических особенностей и форм нахождения элементов-примесей в углях, золах углей и в породных прослоях угольных пластов Азейского месторождения. *Задачи исследований*: 1. Определить содержание химических элементов в углях, золе углей и породных прослоях в угольных пластах Азейского месторождения. 2. Выявить закономерности распределения отдельных элементов-примесей в разрезе пласта, изучить особенности элементного состава рядового угля и углей на контакте с тонштейнами. 3. Изучить формы нахождения элементов-примесей в углях, золе углей и неугольных прослоях. Выявить различия в формах нахождения элементов в рядовом угле, угле из зоны окисления угольного пласта и угле на контакте с тонштейнами. 4. Изучить факторы, влияющие на накопление ценных элементов в углях, оценить природу аномалий редких металлов в углях месторождения. 5. Оценить перспективы комплексного использования углей месторождения.

Диссертационная работа С.С. Ильенок имеет объем 207 страниц, состоит из введения, 5-ти глав, заключения и списка литературы из 213-ти опубликованных в печати статей и монографий. Диссертация содержит 81 рисунок и 26 таблиц.

Еще во введении диссертации автор справедливо отмечает, что одной из главных причин слабой эффективности извлечения металлов из углей и продуктов их сжигания является недостаток информации о формах нахождения элементов. Он сообщает, что с середины прошлого столетия предпринимаются попытки извлечения из углей и их отходов отдельных химических элементов (U, Ge, Au, Al, Ga, Sc). Следует отметить, что в отношении Ge следует говорить не о попытках, а о действующем в России производстве по улавливанию этого ценного металла в летучей золе на электрофильтрах Новошахтинской ТЭЦ (ТГК) в пос. Новошахтинский в Приморском крае. Добывается и сжигается германиеносный уголь участка «Спецугли» Павловского буроугольного месторождения. Летучая зола, с концентрацией Ge до 70 и более кг/т является рудным сырьем, с дальнейшей переработкой гидрометаллургическим способом на заводе ООО «Германий и приложения». Шлак, получаемый на данной ТЭЦ при сжигании угля, является вторсырьем на германий и складировается. Что касается U, Ga, Sc, Au и даже Y, то промышленные технологии их извлечению давно разработаны во ВНИИХТ; также существует множество патентов для извлечения этих и других ценных металлов. Так что краткий обзор результатов патентного поиска методов и технологий извлечения металлов из углей и продуктов их переработки и сжигания был бы вполне уместен в данной диссертации, и тезис об извлечении ценных металлов из углей не был бы голословным.

К сожалению, автор в своем обзоре истории исследований (основанном на списке литературы в 213 наименований!) показал, что лучше знает зарубежные работы, нежели отечественные. Он не знаком с работами ученых ВСЕГЕИ, начиная от патриарха отечественной геохимии металлов в углях Ф.Я. Сапрыкина с соавторами с их до сих пор актуальным

«Методическим руководством по изучению и оценке месторождений угля на редкие элементы (М.: Недра, 1967), и заканчивая В.И. Вяловым с сотрудниками («Редкие металлы в бурогольных месторождениях Приморья и их ресурсный потенциал» (Региональная геология и металлогения, № 51, 2012), и мн. др.). В 2006- 2014 гг. сотрудники ВСЕГЕИ выполнили два Государственных контракта с Роснедра - Дальнедра по исследованию большого спектра металлов в углях ряда месторождений Дальневосточного ФО, и оценке нетрадиционной минерально-сырьевой базы редких металлов для металлургической и других отраслей промышленности. Не упомянуты работы одного из самых глубоких отечественных ученых в области исследования микроэлементов в углях – Л.А. Адмакина, работавшего в свое время в Иркутском бассейне (кстати, одного из авторов главы «Иркутский угольный бассейн...» «Угольной базы России», т. III, Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. М., ООО «Геоинформцентр», 2002). Отметим также, что история изучения тонштейнов неполна без бывшего сотрудника ВНИГРИуголь М.Г. Черновьянца и его известной работы («Тонштейны и их использование при изучении угленосных формаций», М.: Недра, 1992). Приведенная соискателем история изучения углей Иркутского бассейна и Азейского месторождения вообще вызывает недоумение. Автор сообщает нам, что «...Первая работа, посвященная углям Иркутского угольного бассейна опубликована в 1988 г. В.Н. Крюковой с соавторами»? История изучения углей Иркутского бассейна уходит в более далекое прошлое (см. упомянутую выше «Угольную базу России», т. III, 2002, с. 365- 368, 419).

Все пробы угля, золы угля и углевмещающих пород подвергались автором комплексному геохимическому изучению. Соискателем использованы современные методы исследования металлов и их минеральных форм в углях. Основным методом определения элементов-примесей являлся инструментальный нейтронно-активационный анализ, а метод масс-спектрометрии - дополнительным. Хотя, поскольку методика ИНАА не позволяет получить максимально возможный спектр содержащихся в углях элементов, по нашему мнению, основным методом для решения поставленной задачи должен был выступать как раз масс-спектрометрический (одновременное определение до 50 и более химических элементов (т.е. больше по числу в 2 раза) с более высокой чувствительностью определения). Автором освоены и грамотно применены практически все возможные на настоящее время методы изучения форм нахождения элементов- примесей в углях, как прямые (оптическая, электронная микроскопия и др.), так и косвенные (химические, физические, математические - корреляционный, факторный, кластерный анализ). Применение электронной микроскопии к изучению минеральных примесей углей является особо ценным, но автор не одинок в своих исследованиях – во ВСЕГЕИ и Геофаке ЮФУ, особенно активно с 2012 г., подобные лабораторные работы проводились как по углям, так и по черным сланцам. Автор провел

большой объем работ (электронная микроскопия проведена по 120 пробам угля, золы угля и неугольных прослоев. В процессе изучения образцов было отснято и проанализировано свыше 1000 энергодисперсионных спектров). Все это позволило автору перейти от «экзотического» уровня фрагментарной иллюстративности минеральных примесей в углях к более детальному описанию форм нахождения металлов. Автор честно сообщает, что полученные результаты микроанализа (совмещенного с электронной микроскопией) не позволяют с уверенностью утверждать, какой именно минерал обнаружен (и мы разделяем это мнение). Действительно, только рентгеноструктурный анализ позволяет точно определить минеральную фазу. В связи с этим автором предложена методика, позволяющая диагностировать некоторые минеральные соединения. Эта методика является определенным научно-методическим достижением автора, но нуждается в апробации на материале других углей.

Соискателем описаны геологическое строение территории Иркутского бассейна и прилегающих областей, рассмотрены возможные источники привноса минеральных примесей в зону древнего торфонакопления. По автору, обилие кислой пирокластик в юрских отложениях позволяет предполагать наличие рассеянной пирокластик в углях, причем в качестве источника ряда редких элементов-примесей. Однако это гипотеза, имея право на существование, до конца не обоснована. Присутствие (тонкие прослой) тонштейнов в углях эпизодическое (тонкие прослой в несколько см). Указывается, что в сравнении с глинами и глинистыми сланцами они обогащены РЗЭ, Y, Zr, Hf, U, Th, Ta, Sn, Ga, Cu, Pb, Se и Te. Для обогащения угля «рядом редких элементов-примесей» уголь должен быть «нашпигован» пирокластическими частицами, что неизбежно ведет к высокой зольности и трудной обогатимости угля. Здесь были бы полезны углепетрографические исследования углей Азейского месторождения, которые, к сожалению, совершенно отсутствуют. По данным «Петрологического атласа ископаемого органического вещества» (В.И. Вялов и др., СПб, Изд-во ВСЕГЕИ, 2006, с.195), минеральные включения в углях Иркутского бассейна представлены терригенным материалом, в котором преобладает глинистое вещество, и аутигенными образованиями, главным образом пиритом. В краткой характеристике качества и технологических свойств углей автором приводятся литературные данные по содержанию минеральных примесей — всего от 3 до 16%. Указывается, что на месторождении преобладают угли со средней зольностью от ~13%. Средняя зольность добываемых открытым способом углей Азейского разреза составляет 19 %. Угли же действительно труднообогатимые, выход концентрата с зольностью 14 % составляет 77 %. Но «виновата» ли в этом пирокластика, совсем не обязательно.

Механизм накопления металлов в углях в основных чертах можно представить: поверхностные воды приносили определенные химические элементы в растворенном

состоянии, и минеральные взвеси, из области сноса, в близрасположенные древние торфяники. Гуминовые кислоты, фульвокислоты торфа способны связывать определенные металлы (Ge, Mo, Be, W, Sb, Ag и др.) и длительно накапливать их в процессе торфообразования. Это обусловило, в ряде случаев, при совпадении определенных факторов (металлогеническая специализация пород области сноса, тектонический и климатический факторы, длительность и глубина выветривания пород области размыва и др.), высокую металлоносность углей. Не исключается накопление металлов в результате проявления гидротерм, однако это скорее экзотическое явление, для активных вулканических областей (по примеру Камчатки, где известно обогащение торфа германием термальными водами). Территория Иркутского бассейна в юрское время ей отнюдь не являлась. Траппы проявились в доюрское время (в триасе), и могли выступать, при своем выветривании, в роли источников металлов для выноса. Траппы располагаются непосредственно на севере от Азейского месторождения. Однако автор отмечает значительную удаленность месторождения от возможных источников сноса. Этим можно объяснить общий низкий уровень токсичных элементов-примесей в углях Азейского месторождения, как было установлено ранее (см. «Угольная база России», т. III. Угольные бассейны и месторождения Восточной Сибири. М., ООО «Геоинформцентр», 2002). Азейские угли отличаются повышенным содержанием бора – 129 г/т в углях или 1032 г/т в золе; кроме того, высокими концентрациями обладают Mo (120 г/т в золе), редкоземельные элементы (Y+La = 350 г/т), V (600 г/т), Zr (730 г/т), Nb (125 г/т) (там же). Можно подметить, что содержания Mo, РЗЭ, V, Zr, Nb достигают промышленных концентраций в золе углей в сравнении с их минимальными промышленными содержаниями в известных типах руд металлов, представленных в Государственном балансе запасов месторождений полезных ископаемых Российской Федерации (в пометалльных выпусках). Так, промышленные концентрации Mo в штокверковых типах руд – 100 г/т, РЗЭ- 340 г/т в песчаниках лейкоксен-кварцевых нефтесодержащих, V – начиная с 224 г/т и выше в бокситах, Zr – 670 г/т, Nb – начиная от 70 г/т в пироклоровых рудах. Другой вопрос, насколько достоверны ли эти данные, представленные в «Угольной базе России», т.к. они получены в свое время по результатам многих сотен полуколичественных спектральных анализов (все эти данные наверняка имеются в геологических отчетах по разведке Азейского месторождения).

Автор для сравнения концентраций металлов оперирует «...минимальными содержаниями малых элементов, определяющих возможную промышленную значимость товарных энергетических углей и продуктов обогащения как источников рудного сырья», взятыми из справочника «Ценные и токсичные элементы в товарных углях России» (М.: Недра, 1996). Отметим, что эти данные более чем 20-летней давности во многом произвольны, и примерно совпадают с вышеуказанными минимально-промышленными рудными

концентрациями по «Государственному балансу...» только для V, Zr, Nb, Au; для многих металлов в этой монографии данных по содержаниям в углях или золах вообще нет. Кстати, примерно та же ситуация характерна и для «Инструкции по изучению и оценке попутных твердых полезных ископаемых и компонентов при разведке месторождений угля и горючих сланцев (М.: Наука, 1987).

Автор активно сравнивает свои данные с т.н. «кларками элементов для бурых углей мира», арифметически рассчитанными М.П. Кетрис и Я.Э. Юдович (2009). Но выделение т.н. «угольных кларков» весьма спорно как из-за возрастного различия самих бурых углей (бурые угли палеозоя, мезозойские, кайнозойские бурые угли), так и их разных видов (по ГОСТ 25543-2013 - групп 1Б-2Б (лигнитов, землистых углей), группы 3Б – блестящих, твердых бурых углей, близких к каменным (по зарубежным классификациям выделяемых в т.н. суббитуминозные)). Сложны процессы их образования в разных регионах мира (разные условия древнего торфонакопления- прибрежные морские, русловые, дельтовые, обводненные, озерно-болотные, сухие верховые, переходные, низинные, лесные и т.п. торфяники. Разные условия диагенеза, Ph- Eh, различная степень углефикации, неравномерность эпигенетических преобразований углей и эпигенетической минерализации в них, разнообразие пород областей сноса (различные по возрасту и составу магматические, осадочные породы в разных гумидных областях земного шара), различные геохимические и минералогические особенности и металлогеническая специализация разных геологических регионов Земли (включая сюда наличие различных месторождений и рудопроявлений разных ценных металлов), и прочие факторы.

Мы вовсе не против предложенного Я.Э. Юдовичем и М.П. Кетрис положения об «угольных кларках», однако их определение должно производиться исходя из выше указанных особенностей, возрастной принадлежности и разнообразия самих бурых углей, процессов их формирования, состава пород областей сноса, их геохимической специализации и мн. др. Эта сложнейшая геолого-геохимическая задача. Очевидно, что она не может считаться решенной путем простых арифметических действий вычисления средних содержаний элементов-примесей по бурым углям мира, которые очень и очень разные! Если сопоставить отечественную классификацию углей по ГОСТ 25543-88 с классификацией углей США (см. В.И. Вялов и др., «Петрологический атлас ископаемого органического вещества России», 2006, с. 62), то бурые угли Азейского месторождения группы 3Б вообще могут диагностироваться даже как суббитуминозные каменные. Поэтому сопоставление полученных автором данных с «угольными кларками по бурым углям мира» мы комментировать не будем, хотя понятно, что автору надо было с чем-то сравнивать свои полученные концентрации, как-то определять геохимическую специализацию углей Азейского месторождения.

В дальнейшей работе рекомендуется, для выявления возможных промышленных концентраций тех или иных металлов, сравнивать получаемые аналитические данные с минимально-промышленными рудными концентрациями в алюмосиликатных и обломочных типах руд (близких по минеральной матрице, макроэлементам к минеральной части или золе углей) в Государственном балансе.

Как видно, автор подтвердил высокие, до минимально-промышленных, концентрации РЗЭ (концентрация 8 редкоземельных элементов в золе азейских углей составляет 728 г/т), Zr (до 399 г/т в угле и соответственно будет в несколько раз выше в золе), обнаружил промышленные содержания Sc (13,5 г/т в угле и 147 г/т в золе угля), и Au (иногда до 0,15 г/т в золе). Результаты автора по Ва не согласуются с данными «Угольной базы России», где указаны повышенные содержания и тем самым можно было предположить заметное влияние юрского моря на древние торфяники. В таком случае и Sr, как индикатора морского влияния, должно быть достаточно много. Насчет Ag, Sb, Mo, W – наши исследования показали (В.И. Вялов и др., 2012), что, например, в бурых углях Приморья эти металлы находятся преимущественно в органическом веществе. Исследовать их надо методом масс-спектрометрии непосредственно в угольном веществе методом полного кислотного вскрытия, поскольку даже при медленном, ступенчатом озолении они теряются - Sb в 2,35, W в 11,8 раза. Был даже обнаружен Ag на уровне 0,2 г/т и выше в угле, а в золе (тех же проб) серебро не обнаруживалось. Поэтому немудрено, что у автора диссертации содержание Ag как в углях, так и в золах углей оказалось ниже предела обнаружения. Концентрации Sb получились очень низкими, а о Mo и W не сказано ни слова (видимо, из-за трудностей анализа). Хотя Mo, по данным «Угольной базы России», как уже отмечалось, обнаружил очень высокие концентрации в золе углей. Нет также данных по Nb, который был ранее отмечен в повышенных содержаниях. Автору рекомендуется, при дальнейшей работе, «разобраться» хотя бы с Mo и Nb, просмотреть лабораторные анализы в геологических отчетах по Азейскому месторождению и выполнить ревизионные аналитические исследования.

Что касается генетических аспектов накопления тех или иных металлов в углях Азейского месторождения, автор творчески и оригинально трактует возможные механизмы их привноса и отложения, источники сноса, условия накопления металлов. Однако роль фациальных условий древнего торфонакопления не обсуждается, реконструкции условий древнего торфонакопления по элементам-индикаторам не выполнялась. Так, описывается обогащение Ва, Rb, Sr, Cs, As, Zn в направлении от северо-запада к югу (юго-востоку) месторождения, и т.п. Следует поддержать вывод автора о комплексном обогащении углей Азейского месторождения из разных источников. Отметим, что автором по-новому показывается возможное влияние субсинхронного вулканизма на накопление некоторых

металлов углях - в результате осаждения пеплового материала в древние торфяники (речи о каких-то псевдогидротермах, как у В.В. Середина, не идет).

В отношении роли гипергенных процессов окисления углей, т.н. гипергенно-окисленного угля на концентрацию элементов-примесей. Что это за процессы, толком непонятно. Автор начинает рассуждать вообще об окислении углей, что при этом процессе возрастает влажность и зольность. Следует сказать, что подобное окисление экзогенное, проявляется в зонах выхода угольного пласта на поверхность (образуется зона окисления мощностью в несколько м - десятков м), состав и структура угля резко изменяется, он деградирует и приобретает высокую зольность и влажность. Зольность такого «угля» (который и углем-то уже не назовешь) не может составлять 9,9 % (на уровне малозольного угля). Окисленный уголь не может обладать повышенными концентрациями элементов-примесей, т.к. они при его разложении выносятся. Термина «природно-окисленный уголь» в угольной геологии нет, есть восстановленные, маловосстановленные угли, понятие «Восстановленность углей». Эпигенетическое изменение бурого угля возможно. Автор хочет сказать, что в процессе эпигенеза происходило какое-то гипергенное окисление угля? Судя по зольности, никакого окисления не было. Тут были бы полезны углепетрографические исследования, в комплексе с углехимическими.

По выводам главы 4 следует отметить следующее. Автор считает, что золы углей Азейского месторождения могут считаться пригодными для промышленного извлечения Sc, Yb и Co. Но для такого вывода необходима, кроме рудных концентраций, еще какая-то геолого-экономическая оценка. По автору, ресурсы скандия по золе составляют 1911 т, иттербия – 444,6 т, кобальта – 2704 т – тогда следует рассказать, как они определялись (формула расчета, исходные данные, и главное – какие это ресурсы, прогнозные, тогда по какой категории (P<sub>3</sub> ?).

Самой «продвинутой» главой в диссертации является глава «Формы нахождения элементов-примесей в углях, золах углей и неугольных прослоях». Например, по Au и Ag сделан вывод, что формы нахождения в углях Азейского месторождения разнообразны, большую долю составляет металлоорганическая, и в меньшей – микроминеральная. Включения самородного Au могут быть следствием биологической активности. Микроминеральные золото и серебро вероятнее всего имеют аутигенное происхождение, а источниками этих элементов в угле являются кислая пирокластика и инфильтрация водных растворов в эпигенетический период. По Sc – автором не исключается его космическое происхождение в составе обнаруженного в углях минерала, похожего на пангит из метеорита. Результаты и выводы по формам нахождения в углях целого ряда металлов интересны, обладают научной новизной и практической значимостью и не вызывают особых замечаний.

В Заключение представлены основные результаты проведенных исследований.

**Материал, методы и достоверность результатов исследований.** Значительный каменный материал (205 проб угля и углевмещающих пород), методы исследований, полученный фактический материал не оставляют сомнений в достоверности, значимости и достаточности результатов работы для научно-практических заключений и выводов. Личный вклад автора в получении фактического материала - в отборе проб углей и углевмещающих пород, обработке аналитических результатов, интерпретации полученных данных, составлении научных заключений и практических выводов - очевиден.

**Научная новизна и ценность работы.** Выявлено обогащение углей Азейского месторождения Sc и Au до промышленных концентраций в рудах, подтверждено подобное для редкоземельных элементов. Впервые выявлено наличие самородной и интерметаллической минерализации в изученных углях. Установлено, что в малосернистых углях (~0.5%) с низким содержанием сульфидной серы преобладают самородные формы элементов-халькофилов. Обнаружено свыше 80 минеральных форм элементов-примесей, в том числе монацит, бастнезит, циркон, бадделеит, самородные и интерметаллические соединения. Установлено, что уголь Азейского месторождения на контакте с тонштейнами характеризуется повышенным выходом элементов в минеральные фазы.

**Практическая ценность работы:** выявленные на уровне промышленных концентрации Sc и, эпизодически, Au предполагают возможность их извлечения, причем, в свете существующих технологий, комплексного, совместно с РЗЭ и некоторыми др. металлами. Новые знания о формах нахождения ценных элементов-примесей в углях и золе угля позволят разрабатывать новые или совершенствовать существующие методы извлечения дефицитных металлов. Знание геохимических особенностей, химического и минерального состава углей Азейского месторождения позволит спрогнозировать возможные негативные последствия при сжигании углей, разрабатывать и осуществлять природоохранные мероприятия по снижению выбросов токсичных металлов на ТЭЦ.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследований автора хорошо апробированы в научной печати и неоднократно обсуждались в геологической научной среде. Основное содержание и научные положения по диссертации изложены в 21 статье и тезисах докладов, в том числе в 6 статьях, опубликованных в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты работы по теме диссертации докладывались на ряде Международных и Всероссийских научно-практических конференций с 2008 по 2017 гг.

Защищаемые научные положения сформулированы из полученных результатов.

Первое положение: Угли Азейского месторождения обогащены большой группой редких элементов-примесей (REE, Sc, Zr, Hf, Ta, Th). Накопление аномальных концентраций элементов-примесей обусловлено особенностями состава пород обрамления бассейна

седиментации, участием в углеобразовании продуктов субсинхронного вулканизма и влиянием наложенных процессов гипергенного окисления углей.

Второе: Основной формой нахождения РЗЭ, Zr, Hf, Ta и Th является микроминеральная форма. Главной формой РЗЭ и тория являются фторкарбонаты и фосфаты. Основной формой Zr и Hf являются силикаты и оксиды. Sc, Au и Ag сконцентрированы преимущественно в органическом веществе в форме комплексных гуматов.

Третье: Спецификой минерального состава углей Азейского месторождения является наличие самородных и интерметаллических соединений, свидетельствующих о сильных восстановительных условиях при низкой активности серы. Такие формы нахождения являются преобладающими у элементов-халькофилов.

Первое положение могло бы «обойтись» без непонятного «гипергенного окисления» углей. Второе и третье положения особых возражений не вызывают.

Представленный автореферат диссертации соответствует структуре и содержанию диссертационной работы. Сама же данная работа оформлена в соответствии с имеющимися требованиями ВАК.

**Замечания и вопросы** к работе были указаны выше. Их значительное количество обусловлено большой сложностью и многогранностью диссертационной работы, которая представляется неординарным исследованием, выполненным на высоком научном уровне, завершённым в свете поставленной цели и задач. Высказанные замечания не снижают ценности диссертации, они направлены на совершенствование подобной работы в дальнейших исследованиях автора и на повышение уровня его научной осведомленности – ведь сама проблема изучения и оценки металлов в углях еще многие годы будет объектом пристального внимания ученых вследствие своей большой актуальности и практической значимости.

**Значимость представленных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки:** полученные С.С. Ильенок результаты дают новое геолого-геохимическое знание по содержащимся в мезозойских углях элементам-примесям – их концентрациям, распределению в угольном веществе, минеральным формам.

**Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации:** их следует использовать для совершенствования технологий извлечения металлов, для охраны окружающей угольной ТЭЦ среды, в практике ГРП на уголь и учебном процессе в ВУЗах.

Представленная к защите диссертационная работа соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям и содержит необходимые научно-квалификационные признаки, соответствующие «Положению о порядке присуждения ученых степеней» (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.

№ 842). Поставленные задачи соискателем решены, цель исследований достигнута. Поэтому соискатель, автор представленной работы - Сергей Сергеевич Ильенок – заслуживает присуждения ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 25.00.09 – «Геохимия, геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых».

Главный научный сотрудник отдела геологии  
горючих полезных ископаемых  
ФГБУ «ВСЕГЕИ»,  
доктор геолого-минералогических наук

  
Владимир Ильич Вялов

22.01.2018 г.

Отзыв заслушан и рассмотрен на заседании Отдела геологии горючих ископаемых ФГБУ «ВСЕГЕИ» (Протокол № 1 от 12.01.2018 г.), и рекомендован в качестве официального отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь ФГБУ «ВСЕГЕИ»,  
д.г.-м.н.

  
Т.Ю. Толмачева

24.01.2018 г.

Подпись руки тов. *Вялова В.С.*  
по месту работы удостоверяю  
Зав. Общим Отделом ВСЕГЕИ  
«25» ..... 01 ..... 2018.  
С.-Петербург, В.О., Средний пр., дом 74

