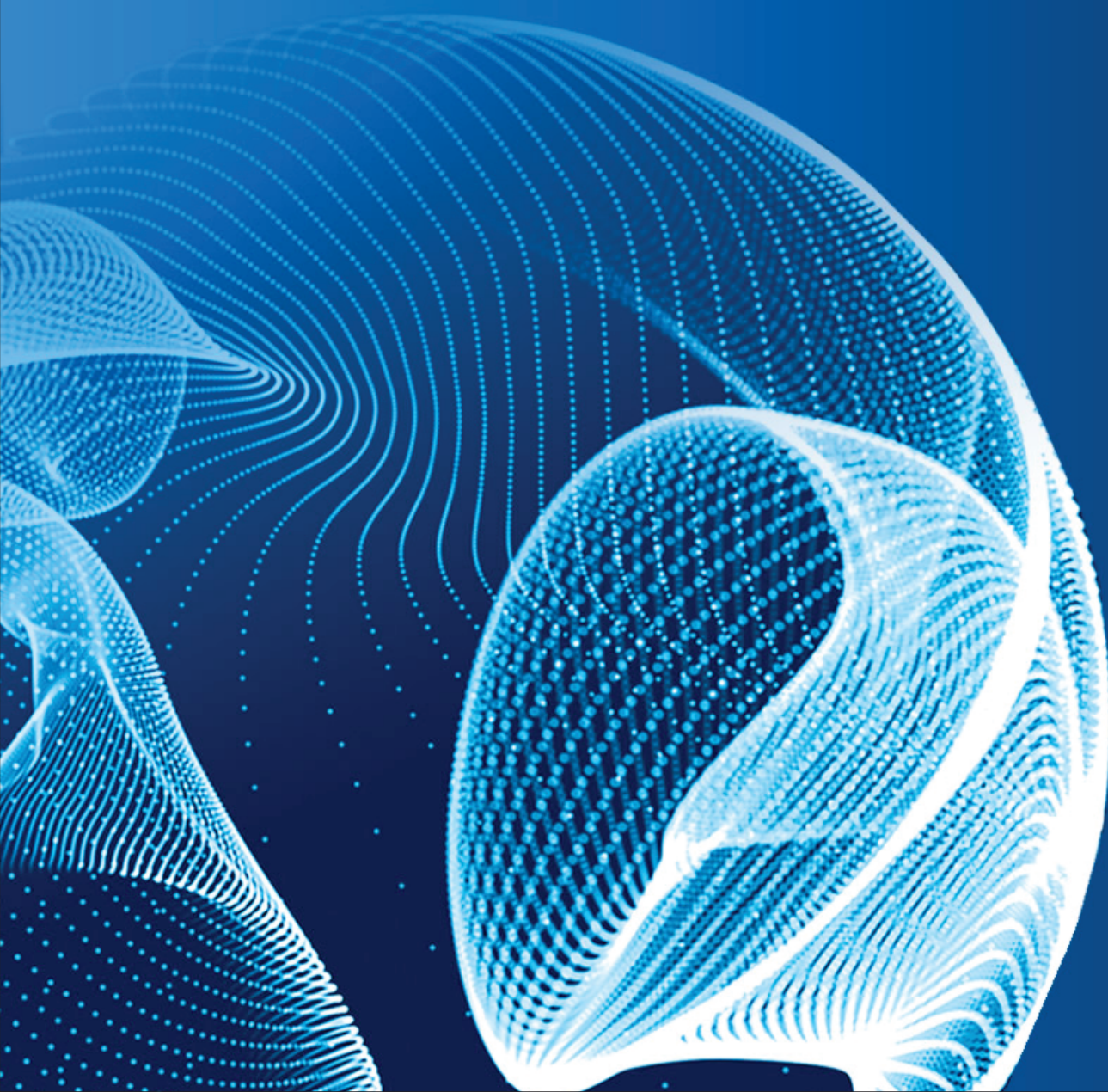


ENGINEERING JOURNAL of Satbayev University

Volume 144 (Issue 2)
April 2022



**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**



ENGINEERING JOURNAL OF SATBAYEV UNIVERSITY

144 (2)

EDITORIAL TEAM

Ata Utku AKÇİL, PhD, professor, Suleyman Demirel University, Turkey

Alma A. Bekbotaeva, Ph.D., associate professor, Geology and Oil-gas Business Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Adilkhan B. Baibatsha, doctor of geological and mineralogical sciences, professor, Geology and Oil-gas Business Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Atac Bascetin, Phd, professor, Istanbul Technical University, Turkey

Madina B. Barmenshinova, candidate of technical sciences, Mining and Metallurgical Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Omirsirik S. Baigenzhanov PhD, associate professor, Mining and Metallurgical Institut, KazNRTU, Kazakhstan

Tatiana A. Chepushtanova PhD, candidate of technical sciences, Mining and Metallurgical Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Agata Duczmal-Czernikiewicz, PhD, habilitation doctor, professor, Adam Mickiewicz University, Poland

Vasily G. Lozinsky, National TU Dnipro Polytechnic, Ukraine

Serik K. Moldabaev, doctor of technical sciences, professor, Mining and Metallurgical Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Brajendra Mishra, PhD, professor, Worcester Polytechnic Institute, USA

Kanai B. Rysbekov, candidate of technical sciences, associate professor, Mining and Metallurgical Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Seltmann Reimar, PhD, professor, Director of the Earth Sciences Department, Center for Russian and Central Asian Mineral Research (CERCAMS), Great Britain

Atsushi Shibayama, Ph.D., professor, Akita University, Japan

Olena O. Sdvyzhkova, doctor of technical sciences, professor, National TU Dnipro Polytechnic, Ukraine

Peng Suping, professor, academician, Chinese Mining University, China

Khalidilla A. Yusupov, doctor of technical sciences, professor, Mining and Metallurgical Institute, KazNRTU, Kazakhstan

Executive secretary

Gulziya Burshukova, PhD, associate professor, KazNRTU, Kazakhstan

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ

Ата Утку (Ata Utku AKÇIL), Ph.D., профессор, Сүлейман Демирел Университеті, Түркия

Бекботаева Алма Анарбекқызы, Ph.D., қауымдастырылған профессор, Геология және мұнай-газ ісі институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Байбатша Әділхан Бекділдаұлы, г-м.ғ.д., профессор, Геология және мұнай-газ ісі институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Атак Баскетин (Atac Bascetin), Ph.D., профессор, Ыстамбұл техникалық университеті, Түркия

Барменшинова Мадина Богембаевна, т.ғ.к., Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Байгенженов Өмірсерік Сабыржанұлы, Ph.D., қауымдастырылған профессор, Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Чепуштанова Татьяна Александровна, Ph.D., т.ғ.к., Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Агата Дучмаль-Черникевич (Agata Duczmal-Czernikiewicz), Ph.D., хабилит.доктор, профессор, Адам Мицкевич Университеті, Польша

Лозинский Василий Григорьевич, "Днепр политехникасы" Ұлттық техникалық университеті, Украина

Молдабаев Серік Құрашұлы, т.ғ.д., профессор, Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Бражендра Мишра (Brajendra Mishra), Ph.D., профессор, Вустер политехникалық институты, АҚШ

Рысбеков Қанай Бахытұлы, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Зельтман Реймар (Seltmann Reimar), Ph.D., профессор, Жер туралы ғылымдар бөлімінің директоры, Ресей және Орта Азия минералды зерттеулер орталығы (CERCAMS), Ұлыбритания

Атсуши Шибаяма (Atsushi Shibayama), Ph.D., профессор, Акита Университеті, Жапония

Сдвижкова Олена Олександровна, т.ғ.д., профессор, "Днепр политехникасы" Ұлттық техникалық университеті, Украина

Пенг Супинг (Peng Suping), профессор, академик, Қытай тау-кен университеті, ҚХР

Юсупов Халидилла Абенович, т.ғ.д., профессор, Тау-кен-металлургия институты, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

Жауапты хатшы

Бұршукова Гулзия Адилбековна, Ph.D., қауымдастырылған профессор, ҚазҰЗТУ, Қазақстан

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Ата Утку (Ata Utku AKÇIL), доктор философии, профессор Университета Сулеймана Демиреля, Турция

Бекботаева Алма Анарбековна, Ph.D., ассоциированный профессор, Институт геологии и нефтегазового дела КазНУ, Казахстан

Байбатша Әділхан Бекділдаұлы, доктор геолого-минералогических наук, профессор, Институт геологии и нефтегазового дела КазНУ, Казахстан

Атак Баскетин (Atac Bascetin), Ph.D., профессор, Стамбульский технический университет, Турция

Барменшинова Мадина Богембаевна, кандидат технических наук, Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Байгенженов Омирсерик Сабыржанович, к.т.н., ассоциированный профессор, Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Чепуштанова Татьяна Александровна, Ph.D., к.т.н., Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Агата Дучмаль-Черникевич (Agata Duczmal-Czernikiewicz), Ph.D., хабилит.доктор, профессор Университета Адама Мицкевича, Польша

Лозинский Василий Григорьевич, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Украина

Молдабаев Серик Курашович, доктор технических наук, профессор, Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Бражендра Мишра (Brajendra Mishra), Ph.D., профессор, Вустерский политехнический институт, USA

Рысбеков Канай Бахытович, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Зельтманн Реймар (Selmann Reimar), Ph.D., профессор, директор отдела наук о Земле Центра изучения полезных ископаемых России и Центральной Азии (CERCAMS), Великобритания

Атсуши Шибаяма (Atsushi Shibayama), Ph.D., профессор, Университет Акита, Япония

Сдвижкова Елена Александровна, доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», Украина

Пенг Супинг (Peng Suping), профессор, академик, Китайский горный университет, Китай

Юсупов Халидилла Абенович, доктор технических наук, профессор, Горно-металлургический институт КазНУ, Казахстан

Ответственный секретарь

Буршукова Гулзия Адилбековна, Ph.D., ассоциированный профессор, КазНУ, Казахстан

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i2.01>

Production of ferroalloys from carbonaceous rock with replacement of steel chips with magnetite

V.M. Shevko^{1*}, A.M. Mambetali¹, G.E. Karataeva¹, B.A. Lavrov²

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Saint Petersburg state technological institute, St. Petersburg, Russia

*Corresponding author: karataevage@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the production of ferrosilicon, ferrosilicoaluminium and Fe-Si-Al ligatures when replacing steel chips with magnetite. The object of research was the carbonaceous rock of the Borly deposit. Thermodynamic modeling was carried out using the HSC-5.1, Chemistry software package of the Finnish metallurgical company Outokumpu, based on the principle of minimizing Gibbs energy, and experimental studies-electric melting in an arc furnace at 1000-1400°C begin to form. It was found that under equilibrium conditions, the interaction of Borly ash components with magnetite and carbon in the presence of silicon oxide with silicon-containing reduction products - Si, SiO, FeSi₂, Fe₃Si, FeSi, SiC; with an increase in the amount of carbon, the degree of silicon extraction in SiC increases. in the elemental state and decreases- in Fe₃Si, FeSi; the degree of silicon extraction into the alloy increases, amounting to at 2000°C and 51% carbon, and the degree of silicon transition into the alloy also increases, amounting to 76.4% at 2100°C and 51% carbon. It is determined that, from Borly ash under equilibrium conditions, it is possible to obtain ferrosilicon grades FeSi15, FeSi25, FeSi45 and FeSi50 in the temperature range 1260-1860°C and ferrosilicoaluminium grades FS45A10 and FS45A15 in the temperature range 1930-2100°C. It has been experimentally established that ferrosilicon of the FeSi60 brand (68.7% Si, 1.3% Al) is formed from the conclusions of the electric melting of coal waste together with magnetite concentrate, quartzite and coke.

Keywords: carbonaceous rocks, magnetite, coal thermal reduction, thermodynamic modeling, electric melting, ferrosilicon, ferrosilicoaluminium, ligature.

1. Введение

В Казахстане впервые в мировой практике стали использовать углистые породы для выплавки комплексного ферросплава - ферросиликоалюминия, содержащего от 42.5 до 57.5% кремния и от 7.5 до 22.5% алюминия [1-5]. Несмотря на положительные стороны технологии, она имеет ряд недостатков, в частности, невысокие значения электросопротивления, связанными с использованием в шихте стальной стружки, обладающий высокой проводимостью.

При высокой проводимости ванны электропечи электроды не заглубляются в ванну, а перемещается в верхние горизонты. Это приводит к вскрытию колошника и увеличению потерь кремния с газовой фазой в виде монооксида кремния (SiO). Для уменьшения потерь кремния с газами необходимо увеличить сопротивление ванны, например заменой стальной стружки на другой железосодержащий материал, например магнетитовый концентрат. Замена стальной стружки магнетитом позволяет сократить потребление этого дефицитного материала. В статье приводятся результаты исследований по влиянию температуры и углерода на возможность получения ферросплавов, содержащих Si и Al из углистой породы с заменой стальной стружки на магнетит.

2. Методы исследования

Исследования проводили методом термодинамического моделирования с использованием программного ком-

плекса HSC-6.0 [6], а также электроплавкой углистой породы в дуговой печи.

Разработчики программного комплекса HSC-6.0 Chemistry (OutokumpuResearchOy (Финляндия)) [6], основывались на идеологии консорциума SGTE (ScientificGroupThermodataEurope), которая занимается созданием, получением и распространением качественных баз термодинамических данных для расчетов равновесного состава химически реагирующих систем, а также объединением усилий исследователей с целью унификации термодинамических данных и методов их получения. В состав SGTE входят специализированные научные центры Германии, Канады, Франции, Швеции, Великобритании и США (www.sgte.org). Расчет равновесия основывается на принципе минимума энергии Гиббса. При работе с комплексом HSC-5.1 первоначальная информация получается в виде количественного (кг) распределения веществ в исследуемой системе. Определение равновесной степени распределения элементов (α_{Me} , %) в исследуемой системе проводилось с использованием алгоритма, разработанного на кафедре "Металлургия" Южно-Казахстанского университета [7].

Термодинамическое исследование проводили, используя золу углистой породы Борлинского месторождения, содержащую масс. %: 65SiO₂, 32Al₂O₃, 1.5Fe₂O₃, CaO, 0.5MgO. Количество углерода изменяли от 48 до 51% от массы золы, а количество магнетита оставалось постоян-

ным. В золе массовое отношение Si/Al составляет $65 \cdot (28/60) / 32 \cdot 54 / 102 = 1.79$, что меньше для ферросилико-алюминия, в котором это отношение составляет >1.9 . Например для ФС45А10 оно равно 3.4-6.3, для ФС55А20 - 1.9-2.7 [8]. Поэтому в состав шихты при термодинамическом моделировании ввели 10% SiO₂ от массы золы. Рудная часть шихты содержала, кг: 75SiO₂, 32Al₂O₃, 1.5Fe₂O₃, 1CaO, 0.5MgO и 34Fe₃O₄. Элементное железо в шихте не использовалось. Вместо него использовали смесь Fe₃O₄ и С.

Электроплавка углистой породы месторождения Борлы (37.8% SiO₂, 19.5% Al₂O₃, 2.4% CaO, 0.5% Fe₂O₃, 0.3% MgO, 0.6% TiO₂, 22.7% С, 1.3% Н₂O, 14.9% летучие) проводилась в дуговой однофазной печи переменного тока. Фотография печи показана на рисунке 1.

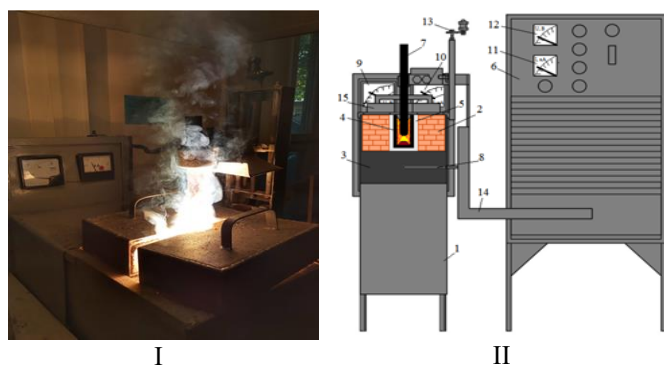


Рисунок 1. Одноэлектродная дуговая электропечь: I – общий вид; II – эскиз печи с конструктивными узлами: 1 – кожух печи, 2 – хромомagneзитовая футеровка, 3-углеграфитовая подина, 4-графитовый тигель, 5-углеграфитовая «подушка», 6-трансформатор ТДЖФ-1002, 7 – графитовый электрод, 8 – нижний токоподвод, 9-12 – контролируемые амперметры и вольтметры, 13 – механизм перемещения электрода, 14 – гибкая часть короткой сети, 15 – крышка печи

Плавку проводили в графитовом тигле диаметром 10 см и высотой 20 см. Тигель устанавливался на углеграфитовую подину, к которой была подведена нижняя шина от трансформатора. Пространство между тиглем и хромомagneзитовой футеровкой было заполнено графитовой крошкой. Верхний электрод – углеграфитовый диаметром 4.5 см. К нему была подведена верхняя шина от печного трансформатора ТДЖФ-1002 мощностью 45 кВт·А. Перед плавкой магнетитовый концентрат (ТОО "Iron Concentrate Company") (85.9% Fe₃O₄, 9.4%SiO₂, 1.2%Al₂O₃, 1.8% CaO) окомковывался совместно с бентонитовой глиной (4% от массы углистых пород). Гранулы диаметром 1-1.5 см сушили при 150-170°C в течение 45-50 минут. Кокс (86.0%С, 4.9% SiO₂, 2.2%Fe₂O₃, 1.8%Al₂O₃, 1.5%CaO, 0.4%MgO, 0.8%, S, 1.1%Н₂O, 1.3% летучие) дробился до фракции 0.5-1см. Масса шихты составляла 2.2-2.3 кг.

Предварительно пыль разогревалась электрической дугой в течение 40-50 минут при напряжении 40-45В и силе тока 400-500А. Первая порция шихты (700-750г) проплавлялась в течение 4-6 минут при напряжении 20-30В и силе тока 450-550А. Затем последовательно проплавлялись еще две порции шихты. Общая продолжительность составила 45-55 минут. После плавки тигель охлаждался в печи в течение 4 часов, извлекался из печи и охлаждался на воздухе 3-4 часа. Затем тигель разбивался и его содержимое сортировалось на сплав и остаток.

Содержание элементов в сплаве определялось на электронном микроскопе JSM-6490LV (Япония). Степень извлечения металлов в сплав (%) определялось отношением массы металла в сплаве к массе металла в шихте.

3. Результаты исследований

На рисунке 2 и 3 показано влияние температуры, углерода на равновесную степень распределения кремния (в Fe₃Si, FeSi₂, FeSi, Si, SiC и SiO(g)).

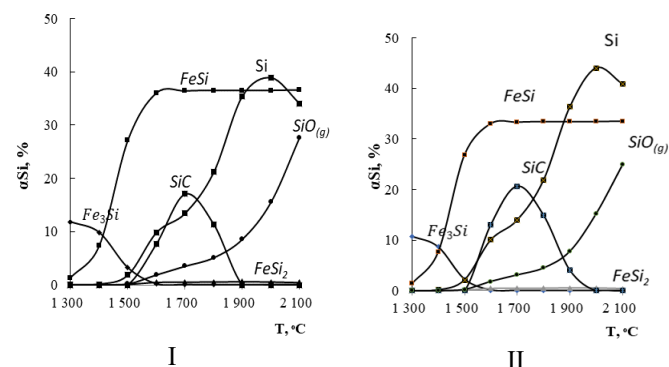


Рисунок 2. Влияние температуры и количества углерода на равновесную степень распределения кремния в кремнийсодержащие вещества в системе зола Борлы-магнетит-углерод 10%SiO₂ при давлении 1бар: I-48% углерода, II-52% углерода

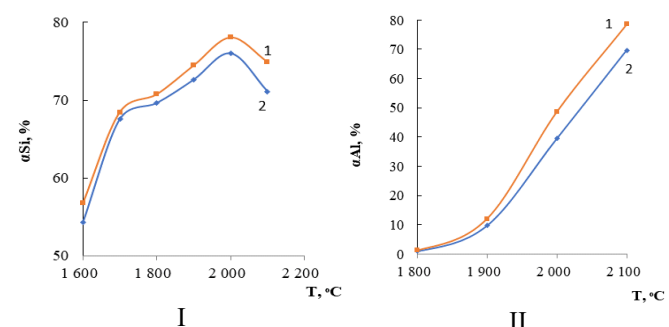


Рисунок 3. Влияние температуры и углерода на равновесную степень извлечения в сплав кремния(I) и алюминия (II) в системе золы Борлы-магнетит-углерод 10%SiO₂ при давлении 1бар: 1-48% углерода, 2-52% углерода

Fe₃Si начинается появляться при 1000°C и уже при 1300°C α_{Si} (Fe₃Si) составляет 10.6%. Образование FeSi происходит в температурном интервале 1200-2100°C, кремния при 1400-2100°C. В этом температурном интервале формируется и нежелательное вещество SiO(g). FeSi₂ и SiC начинает появляться при T > 1500°C. Если при 1700°C равновесная степень распределения кремния образует ряд: $\alpha_{Si}(FeSi) > \alpha_{Si}(SiC) > \alpha_{Si}(Si) > \alpha_{Si}(SiO)$, то при 2000°C ряд имеет вид: $\alpha_{Si}(Si) > \alpha_{Si}(FeSi) > \alpha_{Si}(SiO)$. Увеличение количества углерода от 48 до 51% от массы золы Борлы приводит к возрастанию $\alpha_{Si}(Si)$ на 5.1%, $\alpha_{Si}(SiO)$ на 2.3%, $\alpha_{Si}(SiC)$ на 3.6% и к уменьшению $\alpha_{Si}(FeSi)$ на 3.1%. Из рисунка видно, что увеличение количества углерода приводит к возрастанию $\sum Si(спл)$ на 2% в температурном интервале 1800-2100°C и алюминия в сплав при 2000-2100°C на 6-10%. Уменьшение степени перехода кремния в сплав при T > 2000°C связано с развитием процесса перехода его в газообразный монооксид (SiO(g)). Максимально на (78%) кремний переходит в сплав при 51% углероде и 2000°C, а алюминий (на 76.4%) при 2100°C.

Для определения марки формируемого ферросплава был построен рисунок 4, из которого видно, что в зависимости от температуры из золы углистой породы Борлы может быть образованы ферросилиций марок FeSi15, FeSi25, FeSi45 и FeSi50 [9], а также ферросиликоалюминий марок ФС45А10, ФС45А15 [7] и Fe-Si-Al лигатура [10].

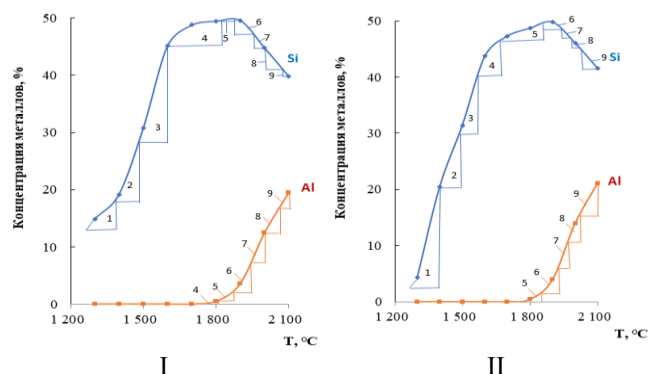


Рисунок 4. Влияние температуры и углерода на концентрацию металлов в сплаве: I-48% углерода, II-52% углерода

В таблицах 1 и 2 показаны температурные области формирования ферросплавов из золы Борлы, а также степень извлечения Si и Al в сплав и концентрацию в нем металлов при 48 и 52% углерода от массы золы.

Таблица 1. Технологические параметры образования ферросплавов из золы Борлы при замене железа на магнетит в присутствии 48% углерода

Область на рисунке 4	Температура, °C	Содержание в сплаве, %		Степень извлечения в сплав, %		Марка сплава
		Si	Al	Si	Al	
1	1290-1390	14-20	M	11,3-17,4	M*	FeSi15
2	1390-1480	20-30	M	17,4-32,3	M	FeSi25
3	1480-1600	30-41	M	32,3-53,5	M	Немарочный ферросилиций
4	1600-1820	41-48	0-0,5	53,5-65,4	0,0-2,9	FeSi45
5	1820-1880	48-49	0,5-2,0	65,4-70,7	2,9-8,3	FeSi50
6	1880-1950	48-49	2,0-7,5	70,7-74,2	8,3-27,3	Fe-Si-Al лигатура с пониженным содержанием Al
7	1950-2000	48-45	7,5-12,5	74,2-76,2	27,3-38,0	Фс45А10
8	2000-2075	45-42,5	12,5-17,5	76,2-72,0	38,0-63,4	Фс45А15
9	2075-2100	42,5-40,0	17,5-19,8	72,0-70,0	63,4-68,8	Fe-Si-Al лигатура с повышенным содержанием Al

*M-<0.1%

Из приведенного материала следует, что в зависимости от температуры из золы углистой породы месторождения Борлы возможно получение ферросилиция, ферросиликоалюминия и лигатура, содержащий кремний и алюминий. Ферросилиций марок FeSi15, FeSi25, FeSi45 и FeSi50 образуется в температурной области от 1260-1290°C до 1860-1880°C. Затем в температурной области от 1860-

1880°C до 1910-1950°C образуется лигатура, содержащая от 2 до 7.5% Al и 48-49.9% кремния.

Таблица 2. Технологические параметры образования ферросплавов из золы Борлы при замене железа на магнетит в присутствии 51% углерода

Область на рисунке 4	Температура, °C	Содержание в сплаве, %		Степень извлечения в сплав, %		Марка сплава
		Si	Al	Si	Al	
1	1260-1400	14-20	M	10,9-16,5	M*	FeSi15
2	1400-1490	20-30	M	16,5-31,8	M	FeSi25
3	1490-1570	30-41	M	31,8-50,8	M	Немарочный ферросилиций
4	1570-1680	41-48	M	50,8-69,7	M	FeSi45
5	1680-1860	48-49,9	0,0-2,0	69,7-72,3	0,0-6,3	FeSi50
6	1860-1930	49,9-49,0	2,0-7,5	72,3-74,6	6,3-24,7	Fe-Si-Al лигатура с пониженным содержанием Al
7	1930-1970	49-47,5	7,5-12,5	74,6-77,1	24,7-36,6	Фс45А10
8	1970-2050	47,5-44,0	12,5-17,5	77,1-78,0	36,6-64,2	Фс45А15
9	2050-2100	44,0-41,4	17,6-21,1	78,0-74,4	64,2-76,4	Fe-Si-Al лигатура с повышенным содержанием Al

*M-<0.1%

Целевой продукт технологии – ферросиликоалюминий образуется в температурной области от 1930-1950°C до 2050-2075°C. Ферросиликоалюминий марки ФС45А10 содержит 7.5-12.5% Al и 47.5-49.0% Si, а ФС45А15-12.5-17.5% Al и 44-47.5% Si. При более высоких температурах (> 2050-2075°C) из золы Борлы образуется сплав, содержащий 41.4-44.0% Si и 17.5-21.1% Al, который можно отнести к лигатуре с повышенным содержанием алюминия.

Необходимо отметить, что при получении марочного ферросиликоалюминия степень кремния составила 72-78%, алюминия 24.7-76.4%. Причем с увеличением количества углерода ферросиликоалюминий образуется с повышенным содержанием алюминия, что связанное с увеличением количества восстанавливаемого алюминия.

Электроплавка проводилась с двумя шихтами:

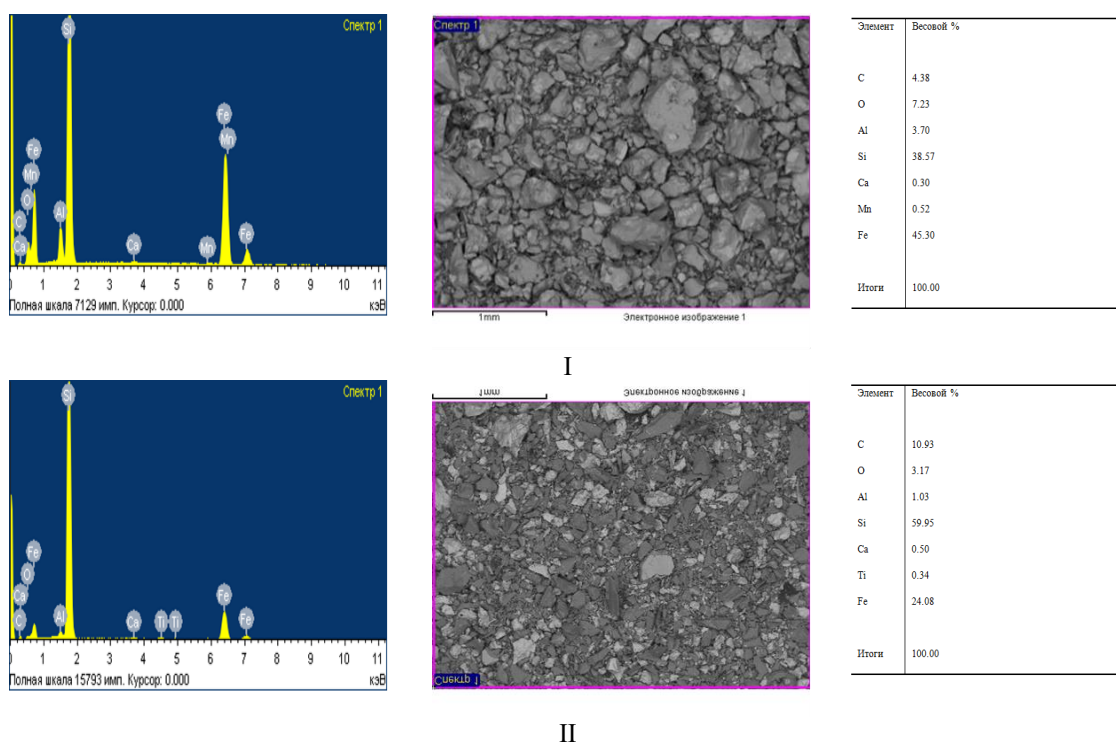
1. Углистая порода-1кг, кварцит-0.4кг, магнетитовый концентрат-0.6кг, кокс-0.25 кг.

2. Углистая порода-1кг, кварцит-0,4 кг, магнетитовый концентрат-0.6 кг, кокс-0.3 кг.

Первая шихта была составлена для получения ферросилиция марки FeSi65, а вторая- ферросиликоалюминия марки ФС45А10.

На рисунке 5 показаны РЭМ-анализы полученных ферросплавов.

Из рисунка 5 видно, что выплавленные сплавы содержат углерод и кислород. Присутствие этих элементов объясняется тем, что при тигельной электроплавке шихты происходило неполное разделение сплава от шлаковых и шихтовых включений. В производственных условиях непрерывной плавки шихты и отработанного режима охлаждения сплава шлаковые включения в нем практически отсутствуют [10].



II

Рисунок 5. РЭМ-анализы сплавов: I-Сплав из первой шихты, II-Сплав из второй шихты

Промышленный ферросплав содержит не более 1,0% углерода [11]. Поэтому для установления истинного содержания Si и Al в сплавах необходимо провести перерасчет их содержаний по РЭМ-анализу без учета кислорода и углерода. Перерасчет проведенными по формулам для ферросилиция при низком содержании алюминия: A_{Si}/M_{O_2}

$$C_{Si} = \frac{C_{Si(p)} - C_{O(p)} * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}}}{100 - C_{O(p)} - C_{C(p)} - C_{O(p)} * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}}} \quad (1)$$

$$C_{Si} = \frac{C_{Al(p)}}{100 - C_{O(p)} - C_{C(p)} - C_{O(p)} * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}}} \quad (2)$$

Для сплавов, содержащих кремний и алюминий:

$$C_{Si} = \frac{C_{Si(p)} - C_{O(p)} * 0,9 * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}}}{100 - C_{O(p)} - C_{C(p)} - C_{O(p)} * 0,9 * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}} - C_{O(p)} * \frac{2A_{Al}}{1,5M_{O_2}}} \quad (3)$$

$$C_{Al} = \frac{C_{Al(p)} - C_{O(p)} * 0,1 * \frac{2A_{Al}}{1,5M_{O_2}}}{100 - C_{O(p)} - C_{C(p)} - C_{O(p)} * 0,9 * \frac{A_{Si}}{M_{O_2}} - C_{O(p)} * \frac{2A_{Al}}{1,5M_{O_2}}} \quad (4)$$

Исходя из выражений 3 и 4 концентрация кремния и алюминия в первом сплаве составляет соответственно 68,7% и 1,3%, а для второго концентрация кремния 40,1% и алюминия 3,5%.

Из полученных расчетов видно, что в первом сплаве по содержанию кремния (68,7%) и алюминия (1,3%) он составляет ферросилицию марки FeSi65 [9]. Второго сплав можно отнести к Fe-Si-Al лигатуре [10], в которой ΣSi и Al составляет 43,6%. По всей вероятности, такое содержание металлов во втором сплаве, связанное тем,

что при плавке второй шихты в печи получил развитие дуговой режим с открытием колошника и потерями Si и Al в виде SiO_r и Al_r .

4. Выводы

По результатам исследований по влиянию температуры и углерода на возможность получения ферросплавов, содержащих Si и Al из углистой породы с заменой стальной стружки на магнетит, можно сделать следующие выводы, что:

1. В равновесных условиях при взаимодействии золы углеотходов Борлы с магнетитом:

- кремнийсодержащими продуктами являются Fe_3Si , $FeSi_2$, $FeSi$, Si , SiO_r , SiC .

- формирование ферросилиция марок FeSi15, FeSi25, FeSi45 и FeSi50 происходит в температурном интервале 1260-1860°C и ферросиликоалюминия марок ФС45А10 и ФС45А15 при 1930-2100°C при извлечении Si в сплав на 72-78% и алюминия до 76,4%.

2. При электроплавке углеотходов Борлы совместно с магнетитовым концентратом, кварцитом и коксом образуется ферросилиций марки FeSi60 (68,7%Si, 1,3%Al) и лигатура, содержащая 40%Si и 3,5%Al.

Литература / References

- [1] Abishev, D.N., Zharmenov, A.A., Baysanov, S.O., Tolymbekov, M.Zh. & Akhmetov, A.B. (2002). Razrabotka tekhnologii i osvoiniye proizvodstva ferrosilikoaliuminiya. *Complex use of mineral resources*, 370-372
- [2] Baysanov, S.O., Tolymbekov, M.ZH., Akhmetov, A.B., Zhakibekov, T.B. & Chekimbayev, A.F. (2001). Polucheniye ferrosilikoaliuminiya iz vysokozol'nykh uglistykh porod. *Sovremennyye problemy metallurgii. Dnepropetrovsk: DNER «Sistemitekhologii»*, 2, 248-251

- [3] Chekimbayev, A.F., Baysanov, S.O., Tolymbekov, M.Zh., Akhmetov, A.B., Amurgalinov, B.A. & Zharmenov, A.A. (2003). Teoreticheskiye i tekhnologicheskiye issledovaniya po razrabotke tekhnologii i osvoyeniya proizvodstva ferrosilikoaliuminiya. *Vestnik KarGTU*, 31-33
- [4] Baysanov, S.O., Tolymbekov, M.Zh., Zharmenov, A.A., Chekimbayev, A.F. & Terlikbayeva, A.Zh. (2008). Izyskaniye novykh vidov uglistykh porod dlya vyplavki ferrosilikoaliuminiya. *Stal'*, 8, 59-61
- [5] Adylkhanov, Zh.S., Tolymbekov, M.Zh., Baysanov, S.O. & Chekimbayev, A.F. Sovershenstvovaniye tekhnologii vyplavki ferrosilikoaliuminiya. *Vestnik KarGTU*, 1(30), 30-32
- [6] Udalov, Yu.P. (2012). Primeneniye programmnykh kompleksov vychislitel'noy i geometricheskoy termodinamiki v proyektirovani tekhnologicheskikh protsessov neorganicheskikh veshchestv. *SPb.: SPbGTI (TU)*
- [7] Shevko, V.M., Serzhanov, G.M., Karatayeva, G.Ye. & Amanov, D.D. (2019). Raschet ravnovesnogo raspredeleniya elementov primenitel'no k programmnomu kompleksu HSC-5.1. Svidetel'stvo o vnesenii svedeniy v gosudarstvennyy reyestr prav na ob'yekty, okhranyayemye avtorskim pravom. *Programma dlya EVM. RK №1501*
- [8] Ferrosilikoaliuminiy. TU 0820-011-14513884-2013. *Yekaterinburg: LLC «UIS»*
- [9] Ferrosilitsiy. Tekhnicheskiye trebovaniya i usloviya postavki. (2011). *GOST 1415-93. M.: Standartinform*
- [10] Gasik, M.I., Lakishev, N.P. (1999). Teoriya i tekhnologiya elektrometallurgii ferrosplavov. *M.: SP Intermet Inzhiniring*
- [11] Yemlin, B.I., Gasik, M.I. (1978). Spravochnik po elektrotermicheskim protsessam. *M.: Metallurgiya*

Болат жоңқаларды магнетитке ауыстыра отырып, көмірлі жыныстардан ферроқорытпалар алу

В.М. Шевко^{1*}, А.М. Мамбетали¹, Г.Е. Каратаева¹, Б.А. Лавров²

¹М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты, Санкт Петербург, Ресей

*Corresponding author: karataevage@mail.ru

Андатпа. Мақалада болат жаңқаларын магнетитке ауыстыру кезінде ферросилиций, ферросиликоалюминий және Fe-Si-Al лигатурасын алу бойынша зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысаны Борлы кен орнының көмірлі жынысы болды. Термодинамикалық модельдеу Гиббс энергиясын азайту принципіне негізделген Финдік Outokumpu металлургиялық компаниясының HSC-5.1 Chemistry бағдарламалық кешенін қолдану арқылы жүргізілді, ал 1000-1400°C кезінде доғалы пеште электрмен балқыту эксперименталды зерттеулер қалыптаса бастайды. Тепе-теңдік жағдайында Борлы күлі компоненттерінің магнетит пен көміртектің кремний оксидінің қатысуымен әрекеттесетіні анықталды. құрамында кремний бар тотықсыздану өнімдері - Si, SiO, FeSi₂, Fe₃Si, FeSi, SiC; көміртегі мөлшерінің жоғарылауымен кремнийдің SiC-ға бөліну дәрежесі жоғарылайды. Элементарлық күйге түсіп, азаяды - Fe₃Si, FeSi; бұл жағдайда кремнийдің қорытпаға бөліну дәрежесі артып, 2000°C және 51% көміртекті құрайды, сонымен қатар кремнийдің қорытпаға ауысу дәрежесі 2100°C және 51% көміртекте 76.4% құрайды. Тепе-теңдік жағдайында Борлы күлінен 1260-1860°C температуралық интервалда ферросилицидің FeSi15, FeSi25, FeSi45 және FeSi50 маркаларының және 1930-2100°C температуралық интервалда ферросиликоалюминийдің FC45A10 және FC45A15 маркаларының алуға болатындығы анықталды. Борлы көмір қалдықтарын магнетит концентратымен, кварцитпен және кокспен бірге электрмен балқыту кезінде FeSi60 маркалы ферросилиций (68.7% Si, 1.3% Al) түзілетіні тәжірибе жүзінде анықталды.

Негізгі сөздер: көмір жыныстары, магнетит, көмір термиялық қалпына келтіру, термодинамикалық модельдеу, электрмен балқыту, ферросилиций, ферросиликоалюминий, лигатура.

Получение ферросплавов из углистой породы с заменой стальной стружки на магнетит

В.М. Шевко^{1*}, А.М. Мамбетали¹, Г.Е. Каратаева¹, Б.А. Лавров²

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

²Санкт-Петербургский государственный технологический институт, Санкт Петербург, Россия

*Corresponding author: karataevage@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований получения ферросилиция, ферросиликоалюминия и Fe-Si-Al лигатуры при замене стальной стружки на магнетит. Объектом исследований явилась углистая порода Борлинского месторождения. Термодинамическое моделирование проводилось с использованием программного комплекса HSC-6.0, Chemistry финской металлургической компании Outokumpu, основанного на принципе минимизации энергии Гиббса, а экспериментальные исследования - электроплавкой в дуговой печи при 1000-1400°C начинают образовываться

ваться. Установлено, что в равновесных условиях взаимодействие компонентов золы Борлы с магнетитом и углерода в присутствии оксида кремния при кремнийсодержащих продуктах восстановления - Si, SiO, FeSi₂, Fe₃Si, FeSi, SiC; с повышением количества углерода повышается степень извлечения кремния в SiC. В элементное состояние и уменьшается - в Fe₃Si, FeSi; степень извлечения кремния в сплав при этом возрастает, составляя при 2000°C и 51% углерода, также и возрастает степень перехода кремния в сплав, составляя 76.4% при 2100°C и 51% углерода. Определено что, из золы Борлы в равновесных условиях, возможно получение ферросилиция марок FeSi15, FeSi25, FeSi45 и FeSi50 в температурном интервале 1260-1860°C и ферросиликоалюминия марок ФС45А10 и ФС45А15 в температурном интервале 1930-2100°C. Экспериментально установлено, что из выводов при электроплавке углеотходов Борлы совместно с магнетитовым концентратом, кварцитом и коксом образуется ферросилиций марки FeSi60(68.7%Si, 1.3% Al).

Ключевые слова: углистые породы, магнетит, углетермическое восстановление, термодинамическое моделирование, электроплавка, ферросилиций, ферросиликоалюминий, лигатура.

Key aspects of the efficiency of the technology for cleaning waste gases of thermal power plants from SO₂, NO_x, CO₂ and practical recommendations for its implementation

N.K. Dosmukhamedov^{1*}, E.E. Zholdasbay¹, Yu.B. Icheva²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov, Zhezkazgan, Kazakhstan

*Corresponding author: nurdos@bk.ru

Abstract. In this paper, based on the results obtained, a general assessment of the integrated waste gas treatment technology of the TPP was carried out in terms of its technological and environmental - economic efficiency. The principal possibility of implementing the technology of cleaning waste gases from SO₂ and NO_x in a continuous mode is shown. When using the developed technology, the sulfur distribution in the gases obtained after purification is ~ 5%, and the main part 95% is captured by the carbonate melt of alkali metals (Na, K, Li). Extraction of NO_x into the melt is ~ 60%. Thus, already at the stage of chemical absorption of waste gases, favorable prerequisites are created for deep purification of gases from sulfur and toxic nitrogen compounds. An assessment of the economic efficiency of using the developed technology for burning coals with and without a high sulfur content has been carried out. A comparative analysis of the results of the cost of coal without sulfur with the cost of coal with a high sulfur content showed a significant economic effect, formed due to the difference in the cost of coal without sulfur and high sulfur content. Recommendations have been issued in relation to the conditions of small boiler plants operating on coal combustion, which will optimize the organization of the technology and use it in continuous operation.

Keywords: waste gas, coal, regeneration, sulfur dioxide, chemical absorption, nitrogen oxide.

1. Введение

Сложившееся на мировом топливно-ресурсном рынке положение, связанное с санкциями, наложенными на Россию, привело к большому дефициту энергоносителей. В связи с практическим отсутствием экспорта газа из России, страны Европейского союза, представляющие огромный рынок потребления топлива, столкнулись с новыми технологическими и экономическими вызовами. Сегодня многие страны вынужденно расконсервировали предприятия, работающие на сжигании угля, с целью покрытия дефицита топлива. Это усугубило потребление угля не только во всем мире, но и в Казахстане, что очередной раз доказывает большие преимущества угля в качестве дешевого топлива, перед другими видами топлива, несмотря на негативные последствия, получаемые от его сжигания.

В мировой практике все чаще высказывается мнение о модернизации существующих ТЭЦ, работающих на сжигании угля, и их возможном расширении, как одного из самых доступных и дешевых видов топлива [1-12]. Интересным представляется использование в качестве альтернативы, вместо высокозольных углей, высококачественных, малозольных углей. Однако это требует решения ряда проблем, и в первую очередь, проблемы утилизации высокого содержания в них серы, которое сдерживает широкое их применение. Загрязнение воздуха диоксидами серы является одной из наиболее серьезных проблем. Отсутствие надежной системы очистки

дымовых газов и использование старых методов улавливания SO₂ и других вредных загрязнителей атмосферы привели к возрастанию их концентраций в выбросах выше предельно допустимых норм. По данным статистики, из всего количества источников выбросов загрязняющих веществ, имеющихся в республике, очистными сооружениями оборудовано всего лишь около 10% источников [13].

Разработка и внедрение достаточно надежной высокоэффективной системы очистки отходящих газов от SO₂ позволило бы не только вовлечь в производство высококалорийные, низкосольные угли с повышенным содержанием серы, но и значительно снизить стоимость электроэнергии для населения и суммарные выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Очистка отходящих газов от сернистого ангидрида, выбрасываемой крупными предприятиями цветной, черной металлургии, нефтяной и химической отрасли, включая ТЭЦ республики, работающих на сжигании угля, является одной из важнейших и актуальных задач. Положительные результаты ранее выполненных нами комплексных системных научных исследований [14-16] показали принципиальную возможность очистки отходящих газов ТЭЦ от SO₂, NO_x и CO₂.

В настоящей работе на основании полученных результатов проведена общая оценка комплексной технологии очистки отходящих газов ТЭЦ с точки зрения ее технологической и эколого-экономической эффективности.

2. Результаты исследований

Технологическая часть. На основании проведенных опытно-промышленных испытаний показана принципиальная возможность осуществления технологии очистки отходящих газов от SO_2 и NO_x в непрерывном режиме. При этом общий механизм технологии очистки отходящих газов можно представить протеканием взаимоувязанных между собой двух процессов – химической абсорбции газов карбонатным расплавом щелочных металлов и регенерации карбонатно-сульфатного расплава природным газом.

Принципиальным представляется решение о проведении процесса химической абсорбции отходящих газов карбонатным расплавом щелочных металлов и дальнейшей регенерации карбонатно-сульфатного расплава путем восстановления природным газом в одном агрегате. Полученные положительные результаты доказывают возможность осуществления технологии по принятому решению, что в дальнейшем значительно снизит материальные и энергозатраты на внедрение технологии в производство.

При организации общей концепции технологии для утилизации CO_2 из газов, полученных после очистки от серы и соединений азота, предлагается непрерывный процесс электролиза жидкого карбоната лития с получением товарного биотоплива – чистого CO .

Экологическая составляющая технологии. Использование процесса химической абсорбции отходящих газов карбонатным расплавом щелочных металлов значительно сокращает выбросы серы в атмосферу. Анализ результатов балансовых опытов показывает, что при существующей технологии сжигания угля 69% серы концентрируется в выбрасываемых в атмосферу газах и 31% от общего ее содержания переходит в золу. Токсичные соединения азота практически полностью переходят в газы и выбрасываются в атмосферу. При использовании разработанной технологии распределение серы в газах, полученных после очистки, составляет ~ 5%, а основная часть – 95% улавливается карбонатным расплавом щелочных металлов (Na, K, Li). Извлечение NO_x в расплав составляет ~ 60%. Таким образом, уже на стадии химической абсорбции отходящих газов создаются благоприятные предпосылки для глубокой очистки газов от серы и токсичных соединений азота.

При использовании разработанной технологии вносится значительный вклад и в экономическую составляющую технологии. Так, в результате регенерации карбонатно-сульфатного расплава путем восстановления его природным газом дополнительно извлекается элементная сера в виде товарного продукта. Наряду с этим, дальнейшая переработка очищенных от серы и азота газов путем электролиза расплавленного карбоната лития обеспечивает возможность получения чистого биотоплива в виде CO и чистого кислорода.

Таким образом, внедрение разработанной технологии вносит существенные положительные доминанты в экологическую часть процесса сжигания угля на малых и крупных ТЭЦ, работающих на сжигании угля. Несмотря на усиливающие тенденции перехода на альтернативные виды топлива, Еврокомиссией принято решение о снижении субсидий на их развитие ввиду дороговизны. В связи с этим можно полагать, что в будущем уголь, как

первичный дешевый источник топлива, будет оставаться важнейшей составляющей мировой энергетики.

Экономическая часть. Использование высококалорийных углей с высоким содержанием серы в настоящее время сдерживается из-за отсутствия высокоэффективной технологии очистки отходящих газов от сернистого ангидрида. В этой связи интегрирование разработанной технологии глубокой очистки отходящих газов от сернистого ангидрида в действующие технологические линии ТЭЦ позволит вовлечь в производство угли с высоким содержанием серы. При этом достигается значительный экономический и социальный эффект за счет снижения стоимости угля и отпускной цены выработанной электроэнергии для населения.

Для проведения оценки экономической эффективности использования разработанной технологии нами проведены расчеты по сжиганию углей с высоким содержанием серы и без нее. Технологические расчеты проведены с учетом расхода дополнительного количества угля, необходимого для получения CO , требуемого для регенерации карбонатно-сульфатного расплава. Стоимость угля, не содержащего серы, принята равной 50\$ США. Тогда, для расхода угля 100 т/ч, стоимость его составит 5000\$ США.

Сравнительный анализ результатов стоимости угля без серы со стоимостью углей с высоким содержанием серы показывает получение значительного экономического эффекта, формирующегося за счет разницы в стоимости углей без серы и высоким содержанием серы (таблица 1).

Таблица 1. Расчет экономической эффективности разработанной технологии от сжигания углей с высоким содержанием серы

Содержание серы в угле, % вес.	Расход угля, 100 т/ч		Экономический эффект, \$ США
	Цена угля без серы, \$ США	Цена угля с серой, \$ США	
0,5	5000	3531,5	1468,5
1,0	5000	3566,5	1433,5
1,5	5000	3598,0	1402,0
2,0	5000	3629,5	1370,5
2,5	5000	3661,0	1339,0
3,0	5000	3696,0	1304,0
3,5	5000	3727,5	1272,5
4,0	5000	3759,0	1241,0
4,5	5000	3790,5	1209,5
5,0	5000	3825,5	1174,5
5,0	5000	3857,0	1143,0
6,0	5000	3888,5	1111,5

3. Выводы

Рекомендации по осуществлению технологии в промышленных условиях.

Положительные результаты и успешная эксплуатация опытно-промышленной пилотной установки для очистки отходящих газов от сернистого ангидрида, соединений азота и дальнейшей регенерации карбонатно-сульфатного расплава путем восстановления природным газом доказали принципиальную возможность использования технологии в промышленных условиях.

Применительно к условиям небольших котельных установок, работающих на сжигании угля, к практической реализации технологии предлагается ряд рекомендаций, которые позволят оптимизировать организацию технологии и использовать ее в непрерывном режиме работы.

1) *Необходимо устанавливать установку после циклона.* Это позволит устранить недостатки, которые имели место в условиях проведения опытно-промышленных испытаний. Во-первых, выбранная производственная площадка не совсем удачна с точки зрения технической безопасности: размещение на малой площадке реактора, основного оборудования, баллонов с газом и др. ограничивает обслуживание установки и повышает безопасность обслуживающего персонала. Во-вторых, поступающий в реактор отходящий газ имел высокую температуру (~ 120°C) и содержал значительное количество пыли, что затрудняло работу дымососа и газового счетчика.

2) *Необходимо обеспечение гибкой системы подачи отходящих газов и монооксида углерода в реактор.* Пдача отходящих газов в реактор и монооксида углерода в реактор должна осуществляться независимо друг от друга. Организация самостоятельной последовательной системы подачи газов позволит гибко регулировать их расход и поддерживать оптимальный их уровень. В условиях проведенных опытно-промышленных испытаний монооксид углерода подавался из баллона. При организации непрерывной работы технологии потребуются сжигание дополнительного количества угля для получения, требуемого в процессе регенерации карбонатно-сульфатного расплава монооксида углерода. Это потребует налаживания технологических режимов процесса сжигания угля и отладки системы подачи монооксида углерода в реактор. В этой связи выбор производственной площадки рядом с циклоном представляется наиболее целесообразным.

3) *Необходимо обеспечение системы непрерывного контроля состава отходящих газов,* получаемых в процессе сжигания угля, после процесса химической абсорбции и регенерации карбонатно-сульфатных расплавов.

4) *Необходимо отработать узел получения элементарной серы из отходящих газов,* получаемых после регенерации карбонатно-сульфатных расплавов монооксида углерода.

5) *Для обеспечения длительной непрерывной эксплуатации реактора* необходимо изготовление его из титана.

Во избежание проблем с изолирующими огнеупорными материалами и выбросом большого количества СО в атмосферу необходимо жесткое соблюдение требований техники безопасности по герметичности соединений в катодной ячейке.

Финансирование

Исследования проводились в рамках грантового финансирования Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2020-2022 годы по приоритетному направлению «Рациональное использование природных ресурсов, в том числе водных ресурсов, геологии, переработки, новых материалов и технологий, безопасных изделий и конструкций» проекта № AP08856384 «Разработка новой высокотехнологичной технологии утилизации SO₂ и CO₂ из отходящих газов ТЭЦ и металлургических предприятий с получением товарных продуктов».

Литература / References

- [1] Pikalov, E.S. (2015). *Processi i apparati zaschiti okrujayuschei sredi. Mehanicheskie i fizicheskie metodi ochistki promishlennih vibrosov v atmosferu i gidrosferu. Uchebnoe posobie. Vladimir: Izd-vo VIGU*
- [2] Tomás-Alonso, F. (2005). A New Perspective about Recovering SO₂ Offgas in Coal Power Plants: Energy Saving. Part I. Regenerable Wet Methods. *Energy sources*, 11(27), 1035-1041. <https://doi.org/10.1080/00908310490479114>
- [3] Nolan, P. (2000). Flue Gas Desulfurization Technologies for Coal-Fired Power Plants. *Coal-Tech International Conference. Indonesia, Jakarta*
- [4] Yosim, S.J., Grantham, L.F., Mckenzie, D.E., Stegmann, G.C. (1973). *Advances in Chemistry Series. American Chemical Society*, 127, 174
- [5] Mcillroy, R.A., Atwood, G.A., Major, C.J. (1973). *Environmental Science & Technology*, 7, 1022
- [6] Kaplan, V., Wachtel, E. & Lubomirsky, I. (2013). Carbonate melt regeneration for efficient capture of SO₂ from coal combustion. *The Royal Society of Chemistry (RSC) Advances* 3, 15842-15849
- [7] Yamauchi, M., et al. (2006). Lithium carbonate-metal oxide mixtures and its application for a CO₂ absorbent. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, 114 (1331), 648-650
- [8] Hutson, N. D., Krzyzyska, R. & Srivastava, R.K. (2008). Simultaneous Removal of SO₂, NO_x, and Hg from Coal Flue Gas Using a NaClO₂-Enhanced Wet Scrubber. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47(16), 5825–31. <https://doi.org/10.1021/ie800339p>.
- [9] Ibrahim, H., Okasha, A.Y., Elatrash, M.S. & Al-Meshragi, M.A. (2012). Investigation of SO₂ and NO_x Emissions from Khoms Power Stations in Libya. *International Conference on Environmental, Biomedical and Biotechnology, Singapore*, 191–95
- [10] Lubomirsky, I., Kaplan, V. (2014). Apparatus and method for removing sulfur dioxide from flue gases. *US Patent*, 8,852,540
- [11] Zhitaio, H., Tianyu, Z., Junming, W., D. Jingming, Yangbo D. & Xinxiang, P. (2020). A novel method for simultaneous removal of NO and SO₂ from marine exhaust gas via in-site combination of ozone oxidation and wet scrubbing absorption. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8 (943), 1–22
- [12] Taimarov, M.A., Ahmetova, R.B., Sungatullin, P.G., Chikliaev, D. E. & Chikliaev, E.G. (2016). Formation and methods for reducing nitrogen oxides in boilers TG-104 with direct-vortex burners and peripheral gas supply. *Energy Problems*, 9-10, 83–90
- [13] Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan. (2011). O vnesenii izmeneniya v postanovlenie «O Strategicheskome plane Ministerstva ohrani okrujayuschei sredi Respubliki Kazakhstan na 2011-2015 godi». §1741
- [14] Dosmukhamedov, N.K., Simbinov, M.D., Joldasbai, E.E. & Kaplan, V.A. (2018). Obitno-promishlennii ispitaniya tehnologii glubokoi ochistki othodyaschih gazov TES karbonatnim rasplavom schelochnih metallov. *Gornii Jurnal Kazahstana*, 4, 34-40
- [15] Dosmukhamedov, N.K., Egizekov, M.G., Joldasbai, E.E., Kurmanseitov, M.B. & Argin, A.A. (2021). Behavior of nox during purification of exhaust gases of tpp carbonate

melt of alkaline metals. *International journal of applied and fundamental research*, 1, 30-34
[16] Dosmukhamedov, N., Kaplan, V. (2021). Flue gas purification from SO₂ and NO_x using molten mixture of

alkali metal carbonates. *International journal of coal preparation and utilization*, 3004-3015.
<https://doi.org/10.1080/19392699.2021.1931147>

ЖЭС шығатын газдарды SO₂, NO_x, CO₂ тазарту технологиясының тиімділігінің негізгі аспектілері және оны жүзеге асыру бойынша практикалық ұсыныстар

Н.Қ. Досмұхамедов^{1*}, Е.Е. Жолдасбай¹, Ю.Б. Ичева²

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: nurdos@bk.ru

Андатпа. Осы жұмыста алынған нәтижелер негізінде ЖЭО-ның технологиялық және экологиялық-экономикалық тиімділігі тұрғысынан шығатын газдарды тазартудың кешенді технологиясына жалпы бағалау жүргізілді. Шығарылатын газдарды SO₂ және NO_x-тен үздіксіз режимде тазарту технологиясын жүзеге асыру мүмкіндігі көрсетілген. Жасақталған технологияны қолдана отырып, тазартудан кейін алынған газдарда күкірттің бөлініп таралуы ~ 5% құрайды, ал негізгі бөлігі 95% сілтілі металдардың карбонатты балқымасымен (Na, K, Li) ұсталады. Балқымаға NO_x бөліп алу ~ 60% құрайды. Осылайша, шығарылатын газдарды химиялық абсорбциялау кезеңінде газдарды күкірт пен улы азот қосылыстарынан терең тазарту үшін қолайлы алғышарттар жасалады. Құрамында күкірті жоғары және күкірті жоқ көмірді жағу бойынша жасақталған технологияны пайдаланудың экономикалық тиімділігіне бағалау жүргізілді. Құрамында күкірті жоғары көмірдің құнымен күкірті жоқ көмір құнының нәтижелерін салыстырмалы талдауы, құрамында күкірті жоқ көмір құнының және құрамында күкірті жоғары көмір құнының айырмасы болуы есебінен қалыптасатын елеулі экономикалық тиімділік алынғанын көрсетті. Көмір жағумен жұмыс істейтін шағын қазандық қондырғыларының жағдайларына қатысты технологияны ұйымдастыруды оңтайландыруға және оны үздіксіз жұмыс режимінде пайдалануға мүмкіндік беретін ұсыныстар берілді.

Негізгі сөздер: шығатын газ, көмір, регенерация, күкіртті ангидрит, химиялық абсорбция, азот оксиді.

Ключевые аспекты эффективности технологии очистки отходящих газов ТЭЦ от SO₂, NO_x, CO₂ и практические рекомендации по ее реализации

Н.К. Досмұхамедов^{1*}, Е.Е. Жолдасбай¹, Ю.Б. Ичева²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Жезказган, Казахстан

*Автор для корреспонденции: nurdos@bk.ru

Аннотация. В настоящей работе на основании полученных результатов проведена общая оценка комплексной технологии очистки отходящих газов ТЭЦ с точки зрения ее технологической и эколого-экономической эффективности. Показана принципиальная возможность осуществления технологии очистки отходящих газов от SO₂ и NO_x в непрерывном режиме. При использовании разработанной технологии распределение серы в газах, полученных после очистки, составляет ~ 5%, а основная часть 95% улавливается карбонатным расплавом щелочных металлов (Na, K, Li). Извлечение NO_x в расплав составляет ~ 60%. Таким образом, уже на стадии химической абсорбции отходящих газов создаются благоприятные предпосылки для глубокой очистки газов от серы и токсичных соединений азота. Проведена оценка экономической эффективности использования разработанной технологии по сжиганию углей с высоким содержанием серы и без нее. Сравнительный анализ результатов стоимости угля без серы со стоимостью углей с высоким содержанием серы показал получение значительного экономического эффекта, формирующегося за счет разницы в стоимости углей без серы и высоким содержанием серы. Выданы рекомендации применительно к условиям небольших котельных установок, работающих на сжигании угля, которые позволят оптимизировать организацию технологии и использовать ее в непрерывном режиме работы.

Ключевые слова: отходящий газ, уголь, регенерация, сернистый ангидрит, химическая абсорбция, оксид азота.

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i2.03>

Research of electrophysical properties of charge materials for smelting a complex alloy of aluminosilicomanganese

Ye.N. Makhambetov¹, A.M. Abdirashit^{2*}, Ye.K. Kuatbay², O. Yucel³, Ye.B. Tazhiyev⁴

¹Zh. Abishev Chemical-Metallurgical Institute, Karaganda, Kazakhstan

²Karaganda Industrial University, Temirtau, Kazakhstan

³Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

⁴Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: asik_942017@mail.ru

Abstract. This article presents the effectiveness of the use of a new complex of aluminosilicomanganese ferroalloys as an oxygen-containing agent necessary in the production of steel and special alloys. The aluminum silicomanganese alloy is smelted using manganese ore and high-ash coal. In addition to the low cost of the melt, it provides deep purification of both aluminum, silicon and manganese, as well as low-carbon steels from non-metallic impurities. Aluminum silicomanganese is intended for investigation of electrical resistivity of charge materials for melting. Questions of research of specific electrical resistance of charge materials for the smelting of aluminosilicomanganese, in particular, high-ash coals, are considered. The measurements were carried out in the Tamman laboratory unit on a special combined experimental setup connected via converters. Studies on changes in the electrical conductivity of coal were carried out in the temperature range 25-1500°C at a heating rate of 15 deg/min. The main regularities of the formation of the electrical resistivity of charge materials depending on the temperature are determined. The proposed method of measurement makes it possible to obtain in-depth information about the physicochemical properties of charge materials. High-ash coal "Saryadyr", having a constant specific electrical resistance at high temperatures, can be achieved optimal melting mode.

Keywords: reducing agent, high-ash coal, electrical resistivity, aluminum silicomanganese, ferroalloy.

1. Кіріспе

Қазіргі заманғы болат және арнайы қорытпалар металлургиясы ферроқорытпаларды өндіру алдында төмен балку температурасын, балласты темірдің ең аз мөлшерін, жақсы ерігіштігін, жоғары қышқылдану қабілетін және т. б. үйлестіретін сұйық балқымаларды пештен тыс (шөмішті) өңдеу жағдайларына бейімделген кешенді оттегісіздендіргіштер мен жаңа буын лигатураларын балқыту міндетін қояды.

Бұл талаптар Al - Si - Fe марганецпен (алюмосилико-марганец) жүйесінің кешенді қорытпаларымен жақсы қанағаттандырылады [1], бірақ қара металлургия тәжірибесінде болат пен арнайы қорытпаларды өндіруде, негізінен кешенді оттегісіздендіргіш ретінде ферросилиций мен алюминий механикалық қоспа түрінде қолданылады.

Олардың әрқайсысын өндіру үшін жоғары сұрыпты және аса тапшы материалдар қажет: кварцит (SiO_2 - 96-98%), металл жоңқасы және боксит (Al_2O_3 - 60-70%). Сонымен қатар, мұндай оттегісіздендіргіш алу технологиялары энергияны көп қажет етеді, шикізатты балқытуға дайындау кезінде үлкен шығындарды қажет етеді. Мысалы, ферросилиций ФС75 пен алюминийді балқыту үшін электр энергиясының шығындары тиісінше 1 тонна өнімге 8-10 мың және 15-20 мың кВт·сағ құрайды.

Болатты оттегісіздендіру ферросилиций мен алюминийдің механикалық қоспасымен жүзеге асырылатындықтан, кремний мен алюминийдің едәуір бөлігі сұйық болаттың бетінде ауа оттегімен тотығады және тиімсіз қолданылады. Бұл мәселе болатты құрамы жағынан оттегісіздендіру кезінде жиі қолданылатын ферроқорытпалар мен алюминийдің механикалық қоспасына сәйкес келетін силицийдің, марганецтің және темірдің алюминиймен жаңа қорытпаларын алудың тиімді және салыстырмалы түрде арзан әдістерін іздеуді талап етеді. Мұндай қорытпаның арзандығымен қатар алюминий, кремний және марганецтің төмен көміртегі тотығын да, болатты металл емес қоспалардан терең тазартуды қамтамасыз етеді.

Болат балқытушылардың талаптарына сәйкес АМС қорытпасы құрамымен (салмағы бойынша %-бен) сипатталуы тиіс: 13-30 кремний, 7-15 алюминий, 30-60 марганец, қалғаны-темір және басқа да қоспа элементтері. Соңғы уақытқа дейін әлемдік металлургия өнеркәсібіндегі мұндай құрамның қорытпалары тікелей карботермиялық әдіспен еріген жоқ. Мұның себебі осы металды кендітермиялық электр пештерінде балқытудың барлық сыналған әдістерінің өте төмен технологиялығы болды [3,4].

Карботермиялық үрдіспен алюмосилико-марганец (АМС) кешенді қорытпасын алу бойынша алғашқы жартылай өнеркәсіптік эксперименттерді Қазақстанда

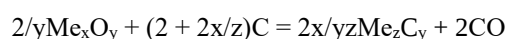
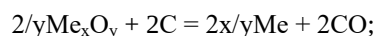
Г.В. Медведев жүргізгенін атап өту қажет. Шикізат ретінде Жезді марганец кендері мен Екібастұз көмірі пайдаланылды. Бұл технология Ақтөбе феррокорытпа зауытының қуаты 1.2 МВ·А үш фазалы электр пешінде сыналды. Содан кейін үрдісті үздіксіз жүргізу мүмкін болмады. Техникалық - экономикалық көрсеткіштер төмен болды, ал науқан қысқа мерзімді болды [4]. Іс жүзінде қазақ мамандарымен бір мезгілде Грузияда қуаты 1 МВ·А бір фазалы, Зестафон феррокорытпа зауытында жұмыс жүргізілді [5]. Тәжірибе науқаны сәтті өтті. Техникалық-экономикалық көрсеткіштері жоғары үздіксіз үдіріспен АМС қорытпасын алу мүмкіндігі дәлелденді. Чиатур кедей кендерінен марганец алу (Mn 20%, SiO₂ 43%) 80-90% құрады. Алайда, пешті пайдалану шарттары мен қуаты 1-1.2 МВ·А болатын №1 цехтың үш фазалы электр пештерінде АМС қорытпасын өндіруді ұйымдастырудағы қиындықтар күмән тудырды және осы бағыттағы жұмыстар тоқтатылды.

Бүгінгі таңда Қазақстанда алюминийден жасалған кремний қорытпасы - ферросиликоалюминий өндірісі игерілді, ал Екібастұз феррокорытпа зауыты осы қорытпаның мамандандырылған өндірісі болып табылады [6]. Әдебиет деректері бойынша [7-9], Қазақстанда соңғы жылдары кешенді оттегісіздендіргіш АМС балқыту технологиясын жетілдіру бойынша ғылыми-практикалық жұмыстар қайта жандануда. Бұл жұмыстарда Батыс Қамыс кен орнының марганец кендері құрамында марганец бар негізгі шикізат ретінде пайдаланылады, Екібастұз бен Борлы көмір бассейндерінің кварцит және жоғары күлді көмірлері шақпақ тас, алюминий және құрамында көміртегі бар материалдар ретінде алынады. Бұл технология кремнезем мен алюминий оксиді көп болатын нашар, тазартылмаған марганец кендерін пайдалануға мүмкіндік береді. Бұл оксидтердің толық тотықсыздануымен (кожсыз әдіс) алюиносиликомарганец қорытпасы да алынады. Жоғары температуралы кожсыз үрдіс тағы бір мәселені шешеді - ол газ фазасымен неғұрлым толық шығарылуына байланысты металдағы фосфордың мөлшерін азайтады және алынған қорытпаның 1 тоннасына кенді аз жұмсайды. Бұл тәсілмен марганец кендерін бағалау, кендегі кремнезем мен алюминий оксиді мөлшерінің жоғарылауы және марганец мөлшерінің аз болуы оның сапасының төмендігін және байытқусыз металлургиялық өңдеуге жарамсыздығын анықтамайды.

Кремний мен алюминийдің жоғары құрамына байланысты көмір күлінің жоғарылауы оларды қолдануға кедергі болмайды, өйткені олар ішінара оксидтері (негізінен кремний мен алюминий) және қатты көміртегі бар моношихталар болып табылады. Бұл жұмыстарда марганец кендері де, кәдімгі марганец феррокорытпалары, байыту фабрикаларындағы үйінділерде жиналған шламдар және т.б. өндірісінде қолданылмайтын төмен сортты концентраттар да алюиносиликомарганец өндіруге жарамды екендігі дәлелденді. Осылайша, алюиносиликомарганецті кедей марганец кендерінен және күлі жоғары көмірден балқыту технологиясын шихта материалдарын байыту және одан әрі дайындау сатыларының қажеттілігін болдырмай, бір қайта өңдеу – байытылмаған марганец кендерін балқыту үшін түпкілікті өнім өндіруді қамтамасыз ететін ресурс үнемдейтін технологияларға

жатқызуға болады. Тиісінше, алюиносиликомарганец өндірісінің рентабельділік деңгейі стандартты феррокорытпаларды өндірумен салыстырғанда жоғары болуы керек. Тиісінше, алюиносиликомарганец өндірісінің рентабельділік деңгейі стандартты феррокорытпа өндірісімен салыстырғанда жоғары болуы керек. Сонымен қатар, алюиносиликомарганец сияқты жаңа буынның салыстырмалы түрде арзан, бірақ тиімділігі жоғары жан-жақты дезоксидтейтін феррокорытпасын қолдану дәстүрлі қымбат марганец пен кремний феррокорытпаларын (FeMn, SiMn, FeSi) және салыстырмалы түрде тапшы және одан да қымбат ферроалюминий (FeAl) мен алюминийді (AV86-97F MEMCT 295-98) біртіндеп ауыстыруға мүмкіндік береді. Алюиносиликомарганец қорытпасын пештен тыс өңдеуде және болатты үздіксіз құюда қолдану ферросилицийді 100%-ға, силикомарганецті 70-75%-ға және алюминийді 65-70%-ға ауыстыруға мүмкіндік береді.

Феррокорытпа өндірісінде көміртегі тотықсыздандырғыш ретінде кеңінен қолданылады. Феррокорытпаларды балқытудың көміртегітермиялық әдісі ең үнемді болып саналады және осы әдіспен феррокорытпалардың ең көп мөлшері өндіріледі. Көміртегінің оттегіге туыстығы температураның жоғарылауымен артады, сондықтан жоғары температурада барлық элементтерді олардың тотықтарынан көміртегімен тотықсыздандыруға болатыны белгілі. Тотықтардың көміртегімен тотықсыздануының жалпы реакциялары келесі теңдеулермен ұсынылуы мүмкін:



Электр пештерінде феррокорытпаларды балқыту кезінде табиғи көміртекті материалдармен қатар жасанды түрде дайындалған көміртекті материалдар да қолданылады. Сондай-ақ тотықсыздандырғыштардың бірнеше түрінің қоспасын да қолдануға болады. Көміртекті материалдардың қолдану мақсаты да әртүрлі, көп жағдайда олар металдарды олардың тотықтырынан тотықсыздандыруға, сонымен қатар ваннаның электр кедергісін арттыруға, мойындықты қопсытуға және оның газ өткізгіштігін арттыруға ықпал ететін қосымша материал ретінде қолданылады.

Көміртекті тотықсыздандырғыштар оларды өндіру әдісімен, қолданылатын көмірлердің түрлерімен, оларды өңдеудің ақырғы температурасымен және т.б. ажыратылады. Феррокорытпалар электртермиясында ең көп таралған тотықсыздандырғыштар: әртүрлі зауыттардың кокс жаңғағы, жартылай кокс, тас және қоңыр көмір, антрацит. Тотықсыздандырғыш құрамында зиянды қоспалардың ең төмен мөлшері қажет болған жағдайда мұнай коксы мен ағаш көмірі қолданылады. Пішінделген коксты, шымтезек коксын, сондай-ақ минералды қоспалар қосылған коксты өндіруде және қолдануда тәжірибелер бар. Мойындықты қопсыту үшін ағаш жаңқалары, темір жоңқасы, ағаш үгінділері және т.б. көміртегі құрамды материалдар қолданылады.

Көміртекті тотықсыздандырғыштардың сапалық қасиеттерінің айырмашылығы көбінесе үрдістің тиімділігі мен күрделілігін анықтайды. Көміртекті материалдардың

сапасын жақсарту феррокорытпаларды балқыту процесінің техникалық - экономикалық көрсеткіштерін арттырудың негізгі резервтерінің бірі болып табылады. Көміртекті материалдардың сапасын жақсарту феррокорытпаларды балқыту үрдісінің техника-экономикалық көрсеткіштерін арттырудың негізгі талаптардың бірі болып табылады. Жоғары физика-химиялық қасиеттерге ие арзан тотықсыздандырғыштарды қолдану электр пешінің қуаты мен өнімділігінің артуына, негізгі элементті бөліп алу дәрежесінің жоғарылауына, шикіқұрам материалдары мен электр энергиясының меншікті шығындарының төмендеуіне ықпал етеді және үрдістің күрделілігін жеңілдетеді. Сондықтан феррокорытпалардың электртермиясында қолданылатын көміртекті материалдардың сапалық қасиеттерін жақсарту жолдарын зерттеу және табу мәселесі өзекті болып табылады.

Феррокорытпалар электртермиясында қолданылатын көміртекті тотықсыздандырғыштардың техникалық талауы мен күлінің химиялық құрамы бойынша феррокорытпалар өндірісінің әрбір үрдісіне сәйкес келуі тиіс. Сонымен қатар, меншікті электр кедергісі мен реакциялық қабілетінің жоғары көрсеткіштеріне, жеткілікті беріктілігі мен ыстыққа төзімділігіне ие болуы, белгілі бір ірілік класында болуы және жақсы газ өткізгіштікті қамтамасыз етуі тиіс.

Қазіргі уақытта тасымалдау келісім-шарттардың техникалық жағдайларында ескертілген көміртекті тотықсыздандырғыштардың сапасына қойылатын талаптар, әдетте, қатты көміртегінің мөлшеріне, минералды қоспалардың мөлшеріне, зиянды қоспаларға (фосфор мен күкірт), ұшқыш заттардың қалдық құрамына, сондай-ақ фракциялық құрамына қатысты. Көміртекті материалдың металлургиялық қасиеттері оны қолданудың практикалық тәжірибесі негізінде бағаланады.

Феррокорытпалардың жаңа түрлерін өндірудің негізгі мүмкіндігі, оның ішінде аллюмосиликомарганецті алу тотықсыздандыру үрдісінің жоғары техника-экономикалық көрсеткіштеріне, ең алдымен, шикіқұрам материалдарының түрі мен құрамына байланысты. Металлургиялық қайта өңдеу шикізаттың кондициялық емес түрлерін, мысалы жоғары күлді көмірді енгізуге ерекше мән беріледі. Алайда, мұндай шикіқұрам материалдарды құрамына енгізген кезде бірқатар электрфизикалық көрсеткіштерді, яғни электр пештерінде тотықсыздандыру балқыту үрдісінде олардың қалай әрекет ететінін ескерген жөн.

Өз кезегінде, марганец құрамды шикізаттың пайдалы компоненттерінің тотықсыздану жылдамдығы мен дәрежесіне бірқатар технологиялық факторлар әсер етеді:

- пеш ваннасындағы қуаттың таралуы және максималды температура;
- шикіқұрам материалдарының жұмсарту температурасы;
- шлақтың басталу температурасы, шикіқұрам материалдарының жұмсартуының температуралық аралығы.

Шлактың пайда болуы және жұмсарту температурасының кең аралығы балқыту үрдісінің бұзылуын тудырады, ал кейбір жағдайларда пеш ваннасында қажетті жылу режиміне қол жеткізуге мүмкіндік бермейді. Пеш қуатын бөлу және максималды

температурасы шикіқұрам материалдарының электр өткізгіштігімен анықталады, өйткені феррокорытпа пештерінде электр тогының бір бөлігі шикіқұрам арқылы өтеді.

Феррокорытпаларды балқытуға арналған көміртекті тотықсыздандырғыштардың маңызды технологиялық қасиеттерінің қатарына электр кедергісі де жатады. Тотықсыздандырғыштардың меншікті электр кедергісінің мәні температураға байланысты екені белгілі. Төменгі температурада жоғары меншікті электр кедергісіне ие тотықсыздандырғыштар температураның жоғарылауымен электр кедергісін күрт төмендетіп, жоғары электр өткізгіш және графиттелетін болады, осылайша өндіріс көрсеткіштерін нашарлатады.

Осыған байланысты кешенді қорытпаларды балқыту үшін қолданылатын материалдардың электр кедергісін анықтау бойынша зерттеулер жүргізу қажеттілігі туындайды. Шикіқұрам материалдарының электр кедергісі оның кедергісімен және оның компоненттерінің қатынасымен анықталады. Аллюмосиликомарганецті балқыту кезінде көміртекті тотықсыздандырғыш - жоғары күлді көмірдің үлесі жалпы массаның 70% құрайды. Сондықтан көміртекті тотықсыздандырғыштың электр өткізгіштігінің сипаты негізінен шлаксыз үрдістер үшін барлық шикіқұрамның электр өткізгіштік сипатын анықтайды, яғни нашар өткізгіш шикіқұрам материалдарының (металлургиялық шлак) электр өткізгіштігінің жақсы өткізгіш шикіқұрам материалдарына (көміртекті тотықсыздандырғыш) қатынасы төмен мәнге ие. Көмірдің меншікті электр кедергісін біле отырып, электрлік балқыту режимін саналы түрде реттеуге болады.

2. Әдіс-тәсілдер

Көміртекті тотықсыздандырғыштар ретінде қолданылатын жоғары күлді көмірдің электр кедергісін өлшеуге көптеген жұмыстар арналды. Сонымен қатар, эксперименттік тәжірибеде В.И. Жучков ұсынған әдіс кеңінен қолданылды, бұл материалдардың жұмсарту (шөгу) дәрежесін бір уақытта белгілей отырып, жоғары температурада электр кедергісін анықтауға мүмкіндік береді [10].

Феррокорытпа шикіқұрамында көмірді қолдану ваннаның электр кедергісін арттыруға және электродтарды терең отырғызуға мүмкіндік береді. В.М. Гетманчук зерттеуінде кокстың бір бөлігін жартылай антрацит типті тас көмірмен алмастыру мүмкіндігі туралы зерттеу жүргізілді. Көміртекті феррокорытпаларды балқыту кезінде көмір мынадай сипаттамаларға ие болды, %: $W^p = 0.7$; $A^c = 13.63$; $V^r = 6.2$; $C^r = 78.5$; $H^r = 2.65$. Авторлар қуаттылығы $16.5 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ пешінің электр режимін зерттеді және пеште дәстүрлі шикіқұрам материалдарын қолдана отырып, трансформатор кернеуінің 7-ден 5-ші сатысына өту кезінде электр доғасы пайда болады деген болжам айтылды. Жоғарылаған доға элементтердің булану арқылы қосымша жоғалуын тудырады. Бұл кемшіліктерден тас көмірді тотықсыздандырғыш ретінде пайдалану арқылы құтылу ұсынылады. Тас көмір төмен жылу тұрақтылыққа ие. Пеш ваннасында жоғары температура әсерінен көмір ыдырайды, бұл тотықсыздандырғыштың кенмен жанасу бетін

арттырады. Бұл тотықсыздандыру үрдістерінің аймағының кеңеюіне әкеледі. Ванның жоғарғы бөлігінде көмір кесектерінің мөлшері коксқа қарағанда үлкен болғандықтан шикіқұрамның газ өткізгіштігін жақсартады.

16.5 МВ·А қуаттылықты пеште трансформатор кернеуінің 5-ші сатысында кокс-жаңғақ бөлігін көмірмен ауыстыруға өнеркәсіптік сынақ жүргізілді. Кокстың 20-дан 45%-ға дейін үлесі 0-40 мм класты көмірмен алмастырылды. Осы кезде пештің өнімділігі 1.5 және 2.8%-ға өсті, электр энергиясының меншікті шығыны төмендеді. Технологиялық үрдіс шикіқұрамның біркелкі түсуімен, электродтардың тұрақты отыруымен және біркелкі ток жүктемесімен сипатталды. Зерттеу нәтижелері жоғары көміртекті ферроқорытпаларды өндіруге арналған көміртекті тотықсыздандырғыш ретіндегі тас көмірдің жоғары металлургиялық қасиеттерін көрсетеді. Кокстың 20-45%-ын ұсақ тас көмірмен алмастыру мүмкіндігі анықталды.

Жұмыста [11] көміртекті ферроқорытпалар балқыту кезінде Кузбасс ұсақ тас көмірлері мен ленинск-кузнецк жартылай коксын қолдану сыналды. Қуатылығы 14 МВ·А жабық пештерде ұсақ көмірлер мен ленинск-кузнецк жартылай коксын қолдана отырып, көміртекті ферроқорытпаларды балқытудың тәжірибелік нақандары жүргізілді. Көмірлердің негізгі кемшілігі ұсақ фракциялары (< 5 мм) мөлшерінің (40% дейін) жоғары болуы болды, бұл технологиялық үрдіске кері әсер етті және көмірді қосымша себүді қажет етті.

Жаңа кремний - алюминийлі кешенді қорытпаларды балқыту үрдісінде мен ішкі кәсіпшіліктің жылыстауын кәдеге жарату кезінде перспективалы және қажетті шешімдер деп санаймын.

Кремний-алюминий қорытпаларын алу технологиясы кентермиялық типті пештерде жоғары күлді көмірдің күлінің тотықтарды өзінің көміртегімен тотықсыздандыруға негізделген. Қосымша көміртекті, сондай-ақ хром, марганец, кальций және т.б. көзі ретінде әртүрлі кендерді немесе шлактарды бейтараптандыру үшін шикіқұрамның құрамына кварцит енгізіледі. Сонымен қатар, құрамында кремний, алюминий, хром және темір бар жаңа кешенді қорытпаны балқыту үшін пайдалану мүмкіндігі жоғары күлді көмірлердің сипаттамалары зерттелді. Кешенді ферроқорытпаларды балқыту үшін перспективалы күлді көмірлерді іздеу барысында Қазақстан аумағында орналасқан кен орындарының көмір қоры туралы техникалық және нарықтық ақпарат пайдаланылды [3].

Осы жұмыс шеңберінде физико-химиялық қасиеттерінің оңтайлы көрсеткіштері бар неғұрлым тиімді тотықсыздандырғыштарды (жоғары күлді көмір) таңдау міндеті қойылды. Жоғары күлді көмірдің зерттелетін үлгілерінің химиялық және техникалық құрамдары 1 және 2-кестелерде келтірілген.

Тәжірибе үшін бастапқы сынамалар ретінде Шарғұн кен орнының көміртекті жынысы алынды. «Шаргунская» руднигі - Өзбекстанның Сурхандария облысы Шаргун қаласындағы көмір өндіру кәсіпорны. Өзбекстан. «Гефест» ЖШС Қарағанды көмір бассейнінің көміртекті жынысы. «Он Олжа» ЖШС-не қарасты «Сарыадыр» көмір кеніші жыл санап ашық әдіспен көмір өндіру көлемін арттырып келеді.

Кесте 1. Жоғары күлді көмірдің техникалық құрамы

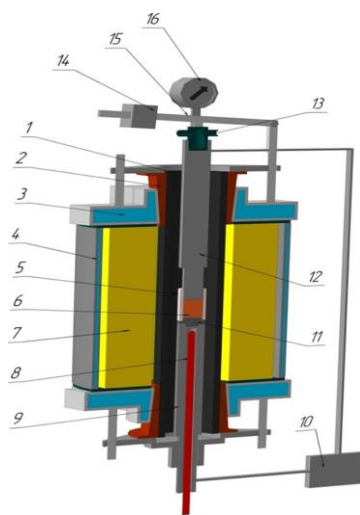
Материалдар	A ^c	V	W ^p	C _к
Шарғұн көмірі	25.17	25.42	0.38	қалғ.
Көмірлі жыныс	58.87	24.49	1.69	қалғ.
Сарыадыр көмірі	45.14	13.87	0.89	қалғ.

Кесте 2. Көмір күлінің химиялық құрамы

Материалдар	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe _ж	P	S
Шарғұн көмірі	12.06	8.99	72.23	5.79	0.08	0.85
Көмірлі жыныс	41.97	12.35	27.05	17.85	0.02	0.6
Сарыадыр көмірі	64.92	25.28	1.63	2.15	0.025	0.031

Қыздыру кезінде меншікті электр кедергісін өлшеу үшін бастапқы материалдың ірілігі (жоғары күлді көмір) 3-5 мм болды. Өлшеу Тамманның жоғары температуралы зертханалық пешінде жүргізілді. Көмірдің электр өткізгіштігінің өзгеруі бойынша зерттеулер 25-1500°C температура аралығында жүргізілді, қыздыру жылдамдығы 15 градус/мин. Агроскин және Шумиловск әдісімен қарсылықты өлшеу әр 50°C сайын жасалады. Алынған мәліметтердің ақпараттық мазмұнын арттыру үшін әр 30 секунд сайын компьютердің жадына электр кедергісін автоматты түрде жазу ұсынылады.

Ол үшін түрлендіргіштерді Тамман зертханалық пешіне қосу үшін арнайы сұлбасы құрастырылды (1-сурет). Тәжірибе қондырғысы материал қыздырылатын Тамман пешінен тұрады. Биіктігі 4 см бастапқы материал Тамман пешінде орнатылған алунд шынысының (5) (күты диаметрі 3 см) қуысына салынады.



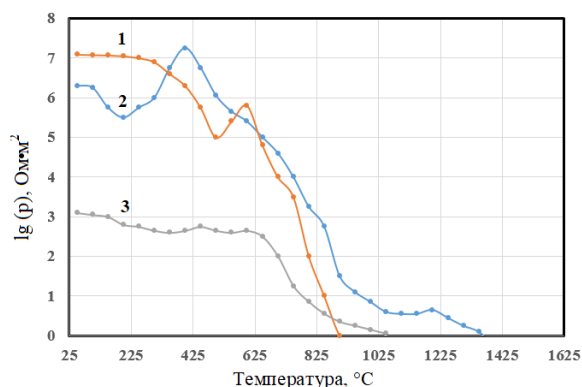
Сурет 1. Меншікті электр кедергісін және шөгуді анықтауға арналған қондырғы (қимасы): 1 - көміртекті - графитті түтік; 2 - мыс қысқыш сақина; 3 - сумен салқындатылатын қақпақ; 4 - сумен салқындатылатын корпус; 5 - алунд шыны; 6 - зерттелетін шикіқұрам; 7 - қорғаныс шегені; 8 - термopapa; 9 - төменгі электрод; 10 - сандық омметр; 11 - алунд құтыға арналған графит түбі; 12 - жоғарғы электрод; 13 - суды салқындату; 14 - жүк; 15 - рычаг; 16 - шөгуді өлшеуге арналған электронды құрылғы

Мәліметтерді жазу термopapaдан (8), электродтардан (9, 12) және шөгуді өлшеуге арналған құрылғыдан келетін сигналдарды түрлендіргіштер арқылы жүзеге асырылды. Материалдың екі жағында кернеу беру үшін термopapa (8)

тесігі бар графит электродтары (9, 12) орнатылды. Төменгі электрод қозғалыссыз бекітіледі, ал үстіңгі электрод жүктеме әсерінен материал қысқарған кезде төмендеу мүмкіндігіне ие. Салмақ (14) үстіңгі электродты материалға үнемі басып отырады, осылайша тығыз байланыс жасайды. Алунд түтігінің астыңғы электрод арқылы оны электр тогынан оқшаулау үшін термопара орналастырылған.

3. Зерттеу нәтижелері және оны талқылау

Шөгу үрдісін модельдеу үшін біз кен-термиялық пештегі шикіқұрам колоннасының қысымын модельдейтін жүктемемен қысымды қолдандық. Шикіқұрам бағанындағы қысым 0.02-0.04 МПа, материал қабатының биіктігі 0.06-0.08 м. Өлшеу нәтижелері температураға байланысты меншікті электр кедергісінің өзгеру графиктері түрінде 2-суретте көрсетілген. Олардан көмірлі жынысы мен Шарғұн көмірінің $6.5 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$ аралығында өзгертін жоғары бастапқы кедергісі бар екенін көруге болады. Дәл осы көрсеткіш Сарыадыр көмірінде екі есе төмен: $3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$.



Сурет 2. Шикіқұрам материалдарының меншікті электр кедергісі температураға байланысы: 1 - Шарғұн кен орнының көмірі, 2 - Көмірлі жыныс, 3 - жоғары күлді Сарыадыр көмір

Мұны Шарғұн көмір үлгісіндегі ұшқыш заттардың жоғары мөлшерімен түсіндіруге болады: жоғары күлді Сарыадыр көміріндегі 25%-дан ~15%-ға дейін.

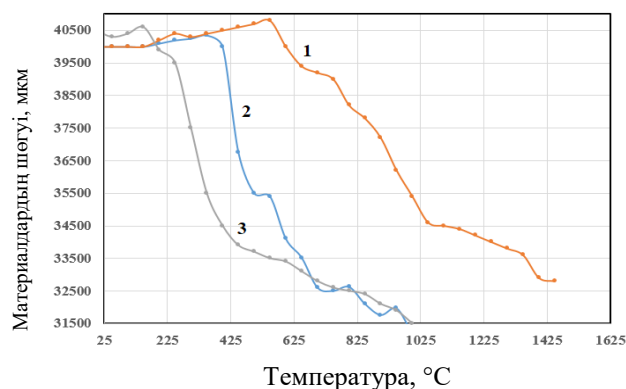
Температураның жоғарылауымен барлық үш үлгіде қарсылық бірдей төмендеді, тек бастапқы аймақты қоспағанда. Бастапқы кезеңде температураның жоғарылауымен, ең алдымен, 100-200°C температураға дейін қарқынды кептіру жүреді, бұл әсіресе көмір жынысында байқалады. Көмір жынысындағы қарсылықтың 250°C-тан 360°C-қа дейін жоғарылауы меншікті электр кедергісі жоғарылаған ұшқыш заттардың шығарылуымен түсіндіріледі.

Графикте күлділігі жоғары Сарыадыр көмірінің электрлік кедергісі 600°C температураға дейін тұрақты болатынын, одан кейін электр кедергісінің күрт төмендеуін байқауға болатынын көрсетеді. Көміртекті жыныстың электр кедергісі 360°C-тан бастап 1440°C температураға дейін сызықты түрде төмендейді.

300°C температураға дейін Шарғұн көмірінде ұшқыш заттар бөлінеді, бұл жоғары кедергіге ықпал етеді, содан кейін температураның жоғарылауымен кедергінің сызықтық төмендеуі басталады. Көмірлердің бұрын жүргізілген дифференциалды термиялық талдауының

мәліметтері бойынша, бұл сипаттамалық әсер температураның жоғарылауымен көмір заты құрылымның ретке келтірілуіне қарай қайта құрылымдалуымен түсіндіріледі, бұл оның төмендеуіне көмір мен көміртекті жыныстың меншікті электр кедергісі ықпал етеді.

Жоғары температура әсерінен кедергіні өлшеу үрдісінде сыналатын материалдың көлемі өзгереді, оны да бекіту керек, ол үшін шөгуді өлшеу тізбегі құрастырылды. Бұл схема өзгерісті 0.1 мм дәлдікпен түзетуге мүмкіндік береді. Өлшеу нәтижелері графиктер түрінде 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3. Шикіқұрам материалдарының шөгудің температураға байланысы: 1 - Шарғұн кен орнының көмірі, 2 - Көмірлі жыныс, 3 - жоғары күлді Сарыадыр көмір

Жоғары күлді Сарыадыр көмірінің көлемінің 300°C температураға дейін ұлғаюы ұшқыш заттардың бөлінуімен түсіндіріледі. Бұл құбылыс Шарғұн көмірінде де осындай әсер 250-620°C температура аралығында байқалады.

Жұмсару (шөгу) себебі туралы мәселе бойынша ең көп таралған көзқарас көмірде балкитын компоненттер (микрокомпоненттер) және еритін заттар болатын теориямен қамтамасыз етілген. Қыздыру әсерінен көмірдің органикалық массасының бір бөлігі балкиды, ал екінші бөлігі онда ериді.

Көміртекті тотықсыздандырғыштың мерзімінен бұрын балқуы (жұмсаруы) шлакқа және үрдістің бұзылуына әкелуі мүмкін. Жоғары күлділі Сарыадыр және Шарғұн көмірлері 1100°C температурада іс жүзінде бірдей шөгу мәніне ие. Көмірлі жыныс 1400°C температурада сұйық болады. Мүмкін, бұл көміртекті тау жынысындағы темір оксидінің жоғары болуына байланысты ~12%.

Көміртекті тотықсыздандырғыштардың меншікті электрлік кедергісін өлшеу нәтижелері жоғары күлді Сарыадыр көмірінен алюмосиликомарганецті балқытуға ең қолайлы екенін көрсетеді. Жоғары күлді Сарыадыр көмірі жоғары температурада салыстырмалы түрде тұрақты электрлік кедергіге ие, бұл тұрақты электрлік балку режимін қамтамасыз етеді. Сарыадырдың жоғары күлді көмірлерінің минералды құрамдас бөлігі оның аргиллит тәрізді затының көпшілігінде, каолинит басым болатын Екібастұз көмірлерінен айырмашылығы бар екені анықталды. Күлді көмірлердің минералогиялық талдауы көмірдегі көміртекті массалардың кремний мен алюминий тотықтарын білдіретін саз бөлшектерімен қиылысатын ірі агрегаттар немесе аралық қабаттар түрінде тұратынын көрсетті. Сарыадыр жоғары күлді

көмірлерін балқыту кезінде олардың салыстырмалы түрде жоғары электр өткізгіштігі қиындық тудырады, бұл трансформатордың төменгі жағында жоғары кернеу мәндерін пайдалануды шектейді. Күлдегі жоғары күлді көмірдің тез балқытын қосындылары және темір құрамының 5%-ға дейін артуы колошникте шикіқұрамның жабысуына әкеледі және технологиялық газдарды шығаруды, колошникті өңдеуді қиындатады, жергілікті газ жарылыстары арқылы кремний мен алюминийдің жоғалуын арттырады, пештің өнімділігін төмендетеді. Жоғары кремнийлі қорытпалардың электротермия тәжірибесінен қатты және сәл жұмсарған шикіқұрам материалдар аймағында пайдалы электр қуатының 30-10%-дан аспайтыны анықталды. Алайда, пештің жоғарғы горизонттарындағы шикіқұрамның кедергісі шешуге және пештің ваннасындағы электродтардың тереңдеуіне әсер етеді.

Әдебиеттер / References

- [1] Umezawa Osamu, Nakamoto Munefumi, Osawa Yoshiaki, Suzuki Kenta & Kumai Shinji. (2005). Microstructural Refinement of Hyper-Eutectic Al-Si-Fe-Mn Cast Alloys to Produce a Recyclable Wrought Material. *Materials Transactions*, 46 (12), 2609-2615
- [2] Tolimbekov, M.Zh. (2011). Prospects for expanding the production of ferrosilicoaluminum in Kazakhstan. *Materialy IV Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii UkrFA «Klyuchevyye voprosy razvitiya elektrometallurgicheskoy otrasly»*, Kiyev, 42-48
- [3] Mukhambetgaliev, E. K., Roshchin, V. E. & Baisanov, S. O. (2018). Analytical expressions for Fe-Si-Al-Mn metal system and phase composition of aluminosilicomanganese. *Izvestiya Ferrous Metallurgy*, 61 (7) 564-571
- [4] Zhuchkov, V.I., Leont'Ev, L.I. & Zayakin, O.V. (2020) Application of russian ore raw materials to ferroalloys production. *Izvestiya Ferrous Metallurgy*, 63 (3-4), 211-217.
- [5] Mukhambetgaliev, Y., Zhuniskaliyev, T. & Baisanov, S. (2021). Research of electrical resistance and beginning softening temperature of high-ash coals for melting of complex. *Metalurgiya*, 60 (3-4), 332-334
- [6] Isagulov, A.Z., Baysanov, A.S., Ospanov, N.I., Isagulova, D.A., Makhambetov, Ye.N. & Misho, Zh. (2018). Study of the physicochemical properties of charge materials for the smelting of silicon-aluminum reducing agent. *Trudy universiteta*, 71 (2), 38-40
- [7] Kelamanov, B., Samuratov, Y., Akuov, A., Abdirashit, A., Burumbayev, A., & Orynbassar, R. (2021). Research possibility of involvement Kazakhstani nickel ore in the metallurgical treatment. *Metalurgiya*, 60(3-4), 313-316
- [8] Kuatbay, Y., Nurungaliyev, A., Shabanov, Y., Zayakin, O., Gabdullin, S., & Zhuniskaliyev, T. (2022). Melting of high-carbon ferrochrome using coal of the saryadyr deposit. *Metalurgiya*, 61(2), 367-370
- [9] Tolimbekov, M.J., Baycanov, C., Chekimbaev, A.F., Jumashev, M.C. & Korcwkova, I.Ya. (2017). The use of alternative oxidizers to optimize the electrical regime in the smelting of ferrosilicoaluminum. *Vestnik Karagandinskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*, 18 (5-6), 18-22
- [10] Zhuchkov, V.I., Mikulinskiy, A.S. (2010). Method for determining the electrical resistance of lumpy materials and charges. *Eksperimental'naya tekhnika i metody vysokotemperaturnykh izmereniy. M.: Nauka*
- [11] Mukhambetgaliev, E.K., Esenzhulov, A.B. & Roshchin, V.E. (2018). Production of complex alloy from high-silicon manganese ore and high-ash coals of Kazakhstan. *Izvestiya Ferrous Metallurgy*, (61) 9, 695-701

Алюмосиликомарганец кешенді қорытпасын балқытуға арналған шикіқұрам материалдарының электрофизикалық қасиеттерін зерттеу

Е.Н. Махамбетов¹, А.М. Әбдірашит^{2*}, Е.Қ. Қуатбай², О. Yucel³, Е.Б. Тажиев⁴

¹Ж. Әбішев атындағы химия-металлургиялық институты, Қарағанды, Қазақстан

²Қарағанды индустриялық университеті, Теміртау, Қазақстан

³Ыстамбұл техникалық университеті, Ыстамбұл, Түркия

⁴Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: asik_942017@mail.ru

Андатпа. Бұл мақалада болат және арнайы қорытпалар өндірісінде қажетті жаңа кешенді ферроқорытпа алюмосиликомарганец оттегісіздендіргіш ретінде қолдану тиімділігі келтірілді. Алюмосиликомарганец қорытпасын марганец кені мен жоғары күлді көмір арқылы балқытылады. Балқыманың өзіндік құнының арзандығымен қатар алюминий, кремний және марганецтің төмен көміртегі тотығын да, болатты металл емес қоспалардан терең тазартуды қамтамасыз етеді. Алюмосиликомарганец балқытуға арналған шикіқұрам материалдардың меншікті электр кедергісін зерттеуге арналған. Алюмосиликомарганецті балқытуға арналған шикіқұрам материалдардың меншікті электр кедергісін зерттеу мәселелері қаралды, атап айтқанда, жоғары күлді көмірлер. Өлшеулер тамман зертханалық агрегатында түрлендіргіштер арқылы қосылған арнайы жинақталған тәжірибелік қондырғыда жүргізілді. Көмірдің электр өткізгіштігінің өзгеруі бойынша зерттеулер қызу жылдамдығы 15 град/минутта 25-1500°C температура аралығында жүргізілді. Температураға байланысты шикіқұрам материалдардың меншікті электр кедергісі пайда болуының негізгі заңдылықтары анықталды. Ұсынылған өлшеу әдісі бойынша шикіқұрам материалдарының физика-химиялық қасиеттері туралы терең ақпарат алуға мүмкіндік береді. Жоғары күлді «Сарыадыр» көмірі жоғары температурада тұрақты меншікті электр кедергісіне ие бола отырып, балку кезінде оңтайлы режимге қол жеткізуге болады

Негізгі сөздер: тотықсыздандырығыш, жоғары күлді көмір, меншікті электр кедергісі, алюмосиликомарганец, ферроқорытпа.

Исследование электрофизических свойств шихтовых материалов для выплавки комплексного сплава алюмосиликомарганец

Е.Н. Махамбетов¹, А.М. Әбдірашит^{2*}, Е.Қ. Қуатбай², О. Yucel³, Е.Б. Тажиев⁴

¹Химико-металлургический институт им. Ж.Абишева, Караганда, Казахстан

²Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан

³Стамбульский технический университет, Стамбул, Турция

⁴Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: asik_942017@mail.ru

Аннотация. В данной статье приведена эффективность применения нового комплекса ферросплавов алюмосиликомарганца в качестве кислородосодержащего средства, необходимого при производстве стали и специальных сплавов. Сплав алюмосиликомарганца плавится с помощью марганцевой руды и высокозольного угля. Помимо низкой себестоимости расплава, он обеспечивает глубокую очистку как алюминия, кремния и марганца, так и низкоуглеродистых сталей от неметаллических примесей. Алюмосиликомарганец предназначен для исследования удельного электрического сопротивления шихтовых материалов для плавки. Рассмотрены вопросы исследования удельного электрического сопротивления шихтовых материалов для выплавки алюмосиликомарганца, в частности, углей высокой золы. Измерения проводились в лабораторном агрегате тамман на специальной комбинированной опытной установке, подключенной через преобразователи. Исследования по изменению электропроводности угля проводились в интервале температур 25-1500°C при скорости нагрева 15 град/мин. Определены основные закономерности формирования удельного электрического сопротивления шихтовых материалов в зависимости от температуры. Предложенный метод измерения позволяет получить глубокую информацию о физико-химических свойствах шихтовых материалов. Высокозольный уголь «Сарыадыр», обладая постоянным удельным электрическим сопротивлением при высоких температурах, может быть достигнут оптимальный режим плавления.

Ключевые слова: восстановитель, высокозольный уголь, удельная электросопротивление, алюмосиликомарганец, ферросплав.

Self-organization of interpolymer systems with high sorption activity to uranyl ions

A.A. Utesheva^{1*}, T.K. Jumadilov², J.V. Grazulevicius³

¹Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

²Institute of Chemical Sciences after A.B. Bekturov, Almaty, Kazakhstan

³Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

*Corresponding author: utesheva_93@bk.ru

Abstract. Uranyl ions sorption of by interpolymer system based on industrial ion exchangers: strongly acidic cation exchanger Amberlite IR120 and strongly basic anion exchanger AB-17-8 was studied. Based on the obtained data, the degree of sorption of uranyl ions by individual sorbents and interpolymer system Amberlite IR120:AB-17-8, polymeric chain binding rate and dynamic exchange capacity of individual sorbents and interpolymer system Amberlite IR120:AB-17-8 were calculated. Based on the data obtained, a comparative analysis of the sorption of uranyl ions by initial sorbents and interpolymer system was carried out, which showed that the highest degree of sorption of uranyl ions by the interpolymer system occurs within the ratios of 50%Amberlite IR120:50%AB17-8. It was found that the maximum degree of sorption of uranyl ions after 56 hours of remote interaction of ion exchangers was 38.0%, when polymeric chain binding rate was 4.63% and dynamic exchange capacity was 0.25 mmol/g. Rate of uranyl ions extraction by the initial ion exchangers 100%Amberlite IR120 and 100%AB-17-8 was 28.0% and 13.0%. The experimental studies performed have shown a high sorption activity of interpolymer systems for uranyl ions compared to the initial ion exchangers, which makes it possible to use them for highly efficient sorption technology for extracting uranyl ions from industrial solutions.

Keywords: interpolymer systems, sorption, ion exchangers, Amberlite IR120, AB-17-8, uranyl ion.

1. Введение

Редкоземельные элементы используют в самых разных областях современной техники: в радиоэлектронике, приборостроении, атомной технике, машиностроении, химической промышленности, в металлургии и т.д. Поэтому в мире имеется устойчивый рост потребления и производства РЗЭ. Добыча руд, содержащих редкоземельные элементы, достаточно часто осложнена их радиоактивностью, что обусловлено наличием в них урана, тория и продуктов их полураспада. С целью удешевления добычи руд, содержащих редкоземельные элементы, осуществляется развитие традиционных и поиск новых технологических схем переработки сырья, а также способов получения высокочистых индивидуальных элементов [1-3].

В связи с этим на сегодняшний день актуальным стал вопрос очистки редкоземельных элементов от радиоактивных элементов, в частности от урана [4-6].

Уран из растворов можно извлекать посредством сорбции, экстракции и других методов. Из технологий экстракции и сорбции в настоящее время предпочтение отдается сорбционным методам. Сорбционные методы более экологичны и обладают малым числом технологических циклов по сравнению с экстракционными технологиями [7-9].

К сожалению, разрабатываемые в настоящее время иониты не обладают широким спектром действий и не

для всех ионов солей и металлов созданы комплементарные полимерные сорбенты. Из-за различия состава растворов, извлекаемого из каждого месторождения, трудно исследовать процесс сорбции в модельных растворах и разрабатывать эффективные сорбенты. Использование же интерполимерных систем позволяет с высокой эффективностью осуществлять групповое извлечение катионов и анионов различных элементов [10-12].

В связи с этим, целью настоящей работы являлось исследование глубины сорбции ионов уранила при их взаимодействии с интерполимерными системами и возможности использования данных интерполимерных систем для извлечения урана из продуктовых растворов.

2. Экспериментальная часть

Оборудование. Массу сорбентов определяли взвешиванием на электронных аналитических весах MSE125P-100-DO Sartorius Cubis (Германия).

Материалы. Исследования проводились с использованием раствора 6-водного нитрата уранила (концентрация по $\text{UO}_2^{2+} = 100 \text{ мг/л}$). Были использованы промышленные ионообменники: сильнокислотный катионит Amberlite IR120 – сульфированный сополимер стирола с 8% дивинилбензола (согласно ГОСТ 20298-74) и сильноосновный анионит АВ-17-8 на основе сополимера стирола и дивинилбензола с бензилтриметиламмоние-

выми функциональными группами (согласно ГОСТ 20301-74).

Для исследовательской задачи из промышленных ионообменников составляли интерполимерную систему Amberlite IR120:AB-17-8.

Эксперимент. Эксперименты проводились при комнатной температуре. Ионообменные смолы Amberlite IR120 и AB-17-8 для изучения сорбции ионов уранила были взяты в набухшем состоянии. Исследования интерполимерной системы выполняли в таком порядке: каждый ионит в сухом виде помещался в отдельные полипропиленовые сетки. Ионообменные смолы Amberlite IR120 и AB-17-8 были предварительно оставлены на сутки в дистиллированной воде для набухания. Затем полипропиленовые сетки с набухшими ионообменными смолами помещали в стаканы с растворами б-водного нитрата уранила.

Изучение сорбционных свойств индивидуальных ионитов и интерполимерных систем проводилось следующим образом:

1) Расчетное количество каждой ионообменной смолы (Amberlite IR120 и AB-17-8) в сухом виде помещалось в полипропиленовые сетки. Из ионообменных смол Amberlite IR120 и AB-17-8 была составлена интерполимерная система: Amberlite IR120:AB-17-8.

2) Сорбция ионов уранила индивидуальными ионообменными смолами Amberlite IR120, AB-17-8 и интерполимерными системами проводилась в течение 56 ч. В течение этого времени отбирались аликваты для последующего определения концентрации ионов уранила.

Методика определения концентрации ионов уранила. Определение массовой концентрации урана выполняли объемным титано-фосфатно-ванадатным методом, основанным на окислительно-восстановительных свойствах урана (IV) и урана (VI) и реакциях его восстановления и окисления.

Степень извлечения (сорбции) ионов уранила была рассчитана по формуле:

$$\eta = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{ост}}}{C_{\text{нач}}} \cdot 100\%,$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная концентрация ионов уранила в растворе, мг/л; $C_{\text{ост}}$ – остаточная концентрация ионов уранила в растворе, мг/л.

Суммарная степень связывания межузловых звеньев полимерной цепи определялась путем расчета по следующей формуле:

$$\theta = \frac{v_{\text{сорб}}}{v} \cdot 100\%$$

где $v_{\text{сорб}}$ – количество сорбированного иона уранила, моль (рассчитывается как $v_{\text{сорб}} = m/M$, где m – масса сорбированного уранил иона, г, M – молекулярная масса уранил иона, г/моль); v – количество навески ионита (рассчитывается как $v = m/M$, где m – масса ионитов Amberlite IR120 и AB-17-8, г, M – молекулярная масса ионитов Amberlite IR120 и AB-17-8, г/моль, если в растворе присутствуют 2 ионита, то считается как сумма количества каждого из них), моль.

Динамическая обменная емкость индивидуальных ионитов и интерполимерной системы была рассчитана по формуле:

$$Q = \frac{v_{\text{сорб}}}{m_{\text{сорбента}}}$$

где $v_{\text{сорб}}$ – количество сорбированного иона уранила, моль (рассчитывается как $v_{\text{сорб}} = m/M$, где m – масса сорбированного уранил иона, г, M – молекулярная масса уранил иона, г/моль); m – масса навески ионита (если в растворе присутствуют 2 ионита, то считается как сумма массы каждого из них), г.

3. Результаты и их обсуждение

Ранее проведенные нами исследования [10-12] показали, что практически все интерполимерные системы на основе кислотных (полиакриловая и полиметакриловая кислоты) и основных (поли-4-винилпиридин и поли-2-метил-5-винилпиридин) редкосшитых полимерных гидрогелей проявляют более высокую активность, чем их исходные составляющие. Причем, было установлено, что соотношения полимеров, при которых проявляется высокая сорбция ионов значительно отличаются в зависимости от природы кислотных и основных гидрогелей и природы редкоземельных металлов.

Эти результаты были получены при исследовании сорбции ионов лантана, церия, диспрозия, неодима, самария и эрбия интерполимерными системами. Также было выявлено влияние состояния исходных гидрогелей на процесс сорбции. В зависимости от того, какой используется гель для образования интерполимерной пары (сухой, набухший или частично набухший) получаем разные соотношения гидрогелей в интерполимерных системах с высокой сорбционной активностью и степенью сорбции ионов редкоземельных металлов.

Однако не было проведено работ с целью определения оптимальных условий для максимальной сорбции и селективности ионов при применении интерполимерных систем для извлечения ионов уранила.

Главной особенностью интерполимерных систем является отсутствие прямого контакта между полимерными гидрогелями в растворе. Другими словами, можно сказать, что происходит дистанционное взаимодействие гидрогелей.

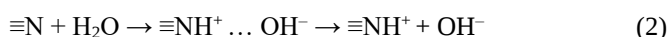
Во время дистанционного взаимодействия гидрогелей происходят следующие химические реакции:

1) Диссоциация –COOH – групп межузловых звеньев:



При этом следует учесть, что вначале происходит ионизация с образованием ионных пар, затем ионные пары частично диссоциируют на отдельные ионы.

2) Атом азота в пиридиновом кольце ионизируется и частично диссоциируется:



3) Далее атом азота также взаимодействует с протоном, отщепленным от карбоксильной группы:



4) H^+ и OH^- ионы, возникшие в результате взаимодействия функциональных групп с молекулами воды, образуют молекулы воды (справедливо для эквимольных концентраций протонов и гидроксил ионов):



Согласно уравнению (1) происходит диссоциация карбоксильных групп на карбоксилат анионы и протоны, причем она зависит от степени диссоциации. Вследствие присоединения протона гетероатомами азота, общее количество ионов водорода в растворе уменьшается, что приводит к дополнительной диссоциации других (непродиссоциировавших) функциональных карбоксильных групп. Это происходит согласно принципу Ле-Шателье из-за смещения равновесия вправо (в сторону образования протонов).

Эти взаимодействия приводят к тому, что на межузловых звеньях обоих гидрогелей (кислотного и основного) образуются некомпенсированные одноименнозаряженные функциональные группы, которые, в свою очередь, отталкиваются друг от друга согласно законам электростатики и приводят к разворачиванию макромолекулярного клубка. Конечным результатом данных электростатических взаимодействий является существенное увеличение набухания полимерных макромолекул.

На рисунке 1 представлена зависимость степеней извлечения ионов уранила исходными ионитами и интерполимерной системой Amberlite IR120:AB17-8 от времени.

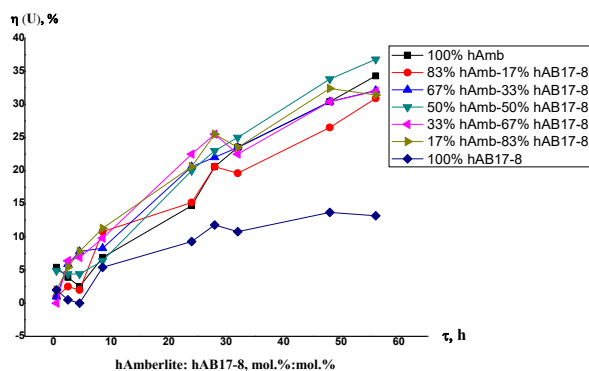


Рисунок 1. Зависимость степеней извлечения массовой концентрации урана интерполимерной системой Amberlite IR120:AB17-8 от времени

Как видно из рисунка 1, в интерполимерной системе происходит увеличение степени извлечения ионов уранила со временем. Необходимо отметить, что переход полимерных макромолекул в высокоионизованное состояние вследствие взаимной активации гидрогелей в ходе их дистанционного взаимодействия приводит к существенному увеличению степени извлечения ионов уранила у ионитов в интерполимерных парах по сравнению с исходными ионитами. Основное количество ионов уранила сорбируется исходным ионитом Amberlite IR120 и интерполимерными системами на протяжении 56 часов взаимодействия их с растворами солей.

Максимальная степень извлечения ионов уранила наблюдается в интерполимерной системе в пределах соотношений 67%Amberlite IR120:33%AB17-8 и 33%Amberlite IR120:67%AB17-8 по истечении 56 ч и составляет 38.0%. Степень извлечения ионов уранила исходными ионитами 100%Amberlite IR120 и 100%AB17-8 составляет 28.0% и 13.0% соответственно. У исходного ионита AB17-8 только с течением времени происходит небольшой рост степени сорбции. Но при этом ионит AB17-8, не имея существенной сорбционной активности к ионам уранила, принимает участие в активации исходного ионита Amberlite IR120, что особенно наблюдается в пре-

делах соотношений 67%Amberlite IR120:33%AB17-8 и 33%Amberlite IR120:67%AB17-8.

Рисунок 2 представляет собой зависимость степени извлечения ионов уранила интерполимерной системой Amberlite IR120:AB17-8 от мольного соотношения ионитов во времени. Как видно из рисунка наибольшая сорбция ионов уранила происходит в пределах соотношений 67%AmberliteIR120:33%AB17-8 и 33%Amberlite IR120:67%AB17-8.

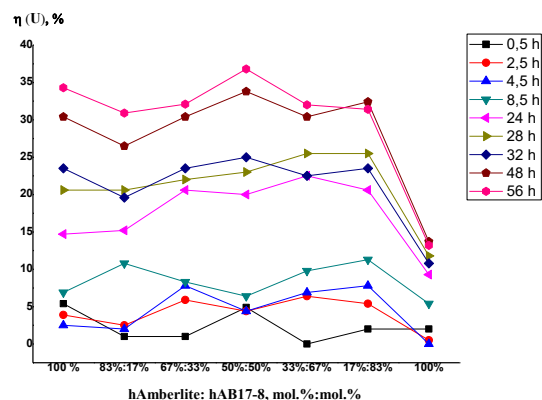


Рисунок 2. Зависимость степеней извлечения массовой концентрации урана от мольного соотношения ионитов Amberlite IR120:AB17-8 во времени

Максимальная степень извлечения ионов уранила по истечении 56 часов дистанционного взаимодействия гидрогелей составила 38.0%. Основной причиной столь высокой степени извлечения является высокая ионизация полимерных структур в результате их взаимной активации.

В таблице 1 представлены зависимости степени связывания полимерной цепи (по отношению к ионам уранила) исходными ионитами и интерполимерными системами Amberlite IR120:AB17-8 от времени. Наиболее интенсивно связывание ионов уранила исходными ионитами и интерполимерными системами происходит в течение 56 часов. Высокое значение степени связывания полимерной цепи по отношению к ионам уранила наблюдается при соотношении компонентов 50%Amberlite IR120:50%AB17-8 и составляет 4.63%. Это указывает на высокую степень ионизации макромолекул в результате взаимной активации ионитов Amberlite IR120 и AB17-8. Степень связывания полимерной цепи индивидуальных ионитов Amberlite IR120 и AB17-8 по отношению к ионам уранила по истечении 56 часов составляет 4.32% и 1.66% соответственно.

В таблице 2 представлены динамические обменные емкости (по отношению к ионам уранила) исходных ионитов и интерполимерных систем Amberlite IR120:AB17-8 от времени. Полученные данные указывают на то, что взаимная активация ионитов в интерполимерных парах приводит к существенному увеличению значений обменной емкости по сравнению с исходным ионитом AB17-8. Особенно отчетливо это проявляется при 56 часах дистанционного взаимодействия. Максимальных значений динамической обменной емкости интерполимерная система достигает при соотношении компонентов 50%Amberlite IR120:50%AB17-8 при 56 часах дистанционного взаимодействия ионитов и составляет 0.25 ммоль/г.

Таблица 1. Степень связывания полимерной цепи (по отношению к ионам уранила) исходными ионитами и интерполимерными системами Amberlite IR120:AB17-8 от времени, %

Степень связывания полимерной цепи (по отношению к ионам уранила), %									
τ , ч	0.5	2.5	4.5	8.5	24	28	32	48	56
100%Amberlite IR120	0.68	0.49	0.31	0.87	1.85	2.59	2.96	3.83	4.32
83%Amberlite IR120:17%AB17-8	0.13	0.31	0.25	1.36	1.91	2.59	2.47	3.33	3.89
67%Amberlite IR120:33%AB17-8	0.13	0.74	0.98	1.04	2.59	2.77	2.96	3.83	4.04
50%Amberlite IR120:50%AB17-8	0.62	0.55	0.55	0.81	2.52	2.89	3.15	4.25	4.63
33%Amberlite IR120:67%AB17-8	0.00	0.81	0.87	1.23	2.83	3.21	2.83	3.83	4.03
17%Amberlite IR120:83%AB17-8	0.25	0.68	0.98	1.42	2.59	3.21	2.96	4.08	3.95
100%AB17-8	0.25	0.06	0.00	0.68	1.17	1.48	1.36	1.72	1.66

Таблица 2. Динамическая обменная емкость (по отношению к ионам уранила) исходных ионитов и интерполимерных систем Amberlite IR120:AB17-8 от времени, %

Динамическая обменная емкость (по отношению к ионам уранила), ммоль/г									
τ , ч	0.5	2.5	4.5	8.5	24	28	32	48	56
100%Amberlite IR120	0.04	0.03	0.02	0.05	0.10	0.14	0.16	0.21	0.24
83%Amberlite IR120:17%AB17-8	0.01	0.02	0.01	0.08	0.11	0.14	0.14	0.18	0.21
67%Amberlite IR120:33%AB17-8	0.01	0.04	0.05	0.06	0.14	0.15	0.16	0.21	0.22
50%Amberlite IR120:50%AB17-8	0.03	0.03	0.03	0.04	0.14	0.16	0.17	0.23	0.25
33%Amberlite IR120:67%AB17-8	0.01	0.04	0.05	0.07	0.15	0.17	0.15	0.21	0.22
17%Amberlite IR120:83%AB17-8	0.01	0.04	0.05	0.08	0.14	0.17	0.16	0.22	0.21
100%AB17-8	0.01	0.01	0.01	0.04	0.06	0.08	0.07	0.10	0.09

4. Заключение

На основе полученных результатов было установлено, что наибольшая степень сорбции ионов уранила интерполимерной системой происходит при соотношении компонентов 50%Amberlite IR120:50%AB17-8. Максимальная степень извлечения ионов уранила по истечении 56 часов дистанционного взаимодействия ионитов составила 38.0%, при которой степень связывания полимерной цепи составила 4.63% и динамическая обменная емкость – 0.25 ммоль/г. Степень извлечения ионов уранила индивидуальными ионитами 100%Amberlite IR120 и 100%AB17-8 составила 28.0% и 13.0% соответственно.

Вследствие взаимной активации ионитов в ходе их дистанционного взаимодействия происходит переход полимерных макромолекул в высокоионизованное состояние, что приводит к существенному увеличению степени извлечения ионов уранила по сравнению с исходными ионитами. Полученные результаты указывают на то, что интерполимерные системы можно применить для высокоэффективной сорбционной технологии извлечения ионов уранила из промышленных растворов, а также в процессах концентрирования, разделения ионов различной природы из водных систем для решения технологических, экологических и других задач.

Литература / References

- [1] Naumov, A.V. (2008). Overview of the world market for rare earth metals. *Izvestiia vuzov. Tsvetnaia metallurgii*, 1, 22-31
- [2] Berdikulova, F. A., Ikhlasova, A.T. (2020). Study of the process of rhenium extraction from lead slime. *Complex Use of Mineral Resources*, 3 (314), 22-27. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.23>
- [3] Kenzhaliyev, B.K. (2019). Innovative technologies providing enhancement of non-ferrous, precious, rare and rare earth metals extraction. *Complex Use of Mineral Resources*, 3(310), 64-75. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.30>
- [4] Lapidus, G.T., Doyle, F.M. (2015). Selective thorium and uranium extraction from monazite: II. Approaches to enhance the removal of radioactive contaminants. *Hydrometallurgy*, 155, 161-167. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2015.03.015>
- [5] Garcia, A.C., Latifi, M., Amini, A. & Chaouki, J. (2020). Separation of Radioactive Elements from Rare Earth Element-Bearing. *Minerals*, 10(11), 1524. <https://doi.org/10.3390/met10111524>
- [6] Wang, Y., Huang, C., Li, F., Dong, Y & Sun, X. (2017). Process for the separation of thorium and rare earth elements from radioactive waste residues using Cyanex®

- 572 as a new extractant. *Hydrometallurgy*, 169, 158-164. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2017.01.005>
- [7] Samoilov, V.I., Saduakasova, A.T., & Kulenova, N.A. (2015). Analysis of the state of the technology of sorption extraction of uranium in hydrometallurgical uranium production. *International Journal of Experimental Education*, 5-1, 80-87
- [8] Abdikerim, B.E., Kenzhaliyev, B.K., Surkova, T.Yu., Didik, N., Berkinbayeva, A.N., Dosymbayeva, Z.D. & Umirbekova, N.S. (2020). Uranium extraction with modified sorbents. *Complex Use of Mineral Resources*, 3(314), 84-90. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.30>
- [9] Turaev, N.S., Zherin, I.I. (2006). Uranium chemistry and technology. Moscow: *Ore and Metals*
- [10] Alimbekova, B.T., Korganbayeva, Zh.K., Himersen, H., Kondaurov, R.G. & Jumadilov, T.K. (2014). Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium. *Journal of chemistry and chemical engineering*, 3(8), 265-269
- [11] Jumadilov, T.K., Kondaurov, R.G., Abilov, Zh.A., Grazulevicius, J.V., & Akimov, A.A. (2017). Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions. *Polymer Bulletin*, 74, 4701-4713. <https://doi.org/10.1007/s00289-017-1985-3>
- [12] Jumadilov, T., Kondaurov, R., Imangazy, A., Myrzakhmetova, N. & Saparbekova, I. (2019). Phenomenon of remote interaction and sorption ability of rare cross-linked hydrogels of polymethacrylic acid and poly-4-vinylpyridine in relation to erbium ions. *Journal of Chemistry and Chemical Technology*, 13, 4, 451-458. <https://doi.org/10.23939/chcht13.04.451>

Уранил ионына жоғары сорбциялық белсенді интерполимерлі жүйелердің өзін-өзі ұйымдастыруы

А.А. Утешева^{1*}, Т.Қ. Жұмаділов², Ю.В. Гражулявичюс³

¹Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

²Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

³Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва

*Корреспонденция үшін автор: utesheva_93@bk.ru

Аңдатпа. Өнеркәсіптік ион алмастырғыштарға негізделген интерполимерлік жүйе көмегімен уранил иондарының сорбциясы зерттелді: Amberlite IR120 күшті ионды катиониті және АВ-17-8 күшті негізді аниониті. Бастапқы иониттермен және Amberlite IR120 интерполимер жүйесімен Уранил иондарын шығару дәрежесі, полимерлік тізбектің байланысу дәрежесі және бастапқы иониттер мен Amberlite IR120:АВ-17-8 интерполимерлі жүйенің тиімді динамикалық алмасу сыйымдылығы есептелді. Алынған мәліметтер негізінде жеке сорбенттермен және интерполимерлік жүйемен уранил иондарының сорбциясына салыстырмалы талдау жүргізілді, бұл талдау интерполимерлік жүйемен уранил иондарының сорбциясының ең үлкен дәрежесі 67%Amberlite IR120:33%AB17-8 және 33%Amberlite IR120:67%AB17-8қатынасында болатынын көрсетті. 56 сағаттық иониттердің қашықтықтан өзара әрекеттесуінен кейін уранил иондарының сорбциясының максималды дәрежесі 38.0% құрады, онда полимер тізбегінің байланысу дәрежесі 4.63% және динамикалық алмасу сыйымдылығы 0.25 ммоль/г құрады. Жеке 100%Amberlite IR120 және 100%AB-17-8 иониттермен уранил иондарын алу дәрежесі сәйкесінше 28.0% және 13.0% құрады. Алынған нәтижелер интерполимерлік жүйеде бастапқы иониттердің сорбциялық қасиеттерінің өзгеруін көрсетті, бұл оларды уранил иондарын алудың жоғары тиімді сорбциялық технологиясын кейіннен әзірлеу үшін қолдануға мүмкіндік береді.

Негізгі сөздер: интерполимерлі жүйелер, сорбция, иониттер, Amberlite IR120, АВ-17-8, уранил ионы.

Самоорганизация интерполимерных систем с высокой сорбционной активностью к ионам уранила

А.А. Утешева^{1*}, Т.К. Джумадилов², Ю.В. Гражулявичюс³

¹Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

²Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Казахстан

³Каунасский технологический университет, Каунас, Литва

*Автор для корреспонденции: utesheva_93@bk.ru

Аннотация. Изучена сорбция ионов уранила интерполимерной системой на основе промышленных ионообменников: сильнокислотного катионита Amberlite IR120 и сильноосновного анионита АВ-17-8. Были рассчитаны степень извлечения ионов уранила исходными ионитами и интерполимерной системой Amberlite IR120:АВ-17-8, степень связывания полимерной цепи и эффективная динамическая обменная емкость исходных ионитов и интерполимерной системы Amberlite IR120:АВ-17-8. На основе полученных данных был проведен сравнительный анализ сорбции ионов

уранила индивидуальными сорбентами и интерполимерной системой, который показал, что наибольшая степень сорбции ионов уранила интерполимерной системой происходит в пределах соотношений 67%Amberlite IR120:33%AB17-8 и 33%Amberlite IR120:67%AB17-8. Установлено, что максимальная степень сорбции ионов уранила по истечении 56 часов дистанционного взаимодействия ионитов составила 38.0%, при которой степень связывания полимерной цепи составила 4.63% и динамическая обменная емкость – 0.25 ммоль/г. Степень извлечения ионов уранила индивидуальными ионитами 100%Amberlite IR120 и 100%AB-17-8 составила 28.0% и 13.0% соответственно. Полученные результаты показали изменения сорбционных свойств исходных ионитов в интерполимерной системе, что предоставляет возможность их применения для последующей разработки высокоэффективной сорбционной технологии извлечения ионов уранила.

Ключевые слова: интерполимерные системы, сорбция, иониты, Amberlite IR120, AB-17-8, ион уранила.

Thermobaric characteristics of fluid inclusions in subsalt rocks of the East of Precaspian syncline and the Pre-Ural of Aktobe

T.A. Yensepbayev^{1*}, M. Cathelineau², B. Baymaganbetov³, L.A. Nurmaganbetova¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Lorraine university, Department of Geology, Nancy, France

³AktubNIGRI, Aktobe, Kazakhstan

*Corresponding author: t.yensepbayev@satbayev.university

Abstract. This article presents the results of study of fluid inclusions in calcite and quartz of the Devonian, Carboniferous and Permian strata of the eastern part of the Precaspian syncline and the Aktobe Preuralie of Pre-Ural trough. Were determined by microthermometry method the temperatures of melting and homogenization of fluids in crystals of rock and the types of hydrocarbons in inclusions. Interpretation of the measurement results made it possible to determine the most specific values of pressure and temperature, equal, respectively, 350-500 atm and 85°-130°C increasing up to 650 atm / 350°C and more towards the Urals. Accordingly, the geothermal gradient increases from west to east from 24°C/km to 40°C/km in the Aktobe Preuralie. The mineralization of fluid inclusions varies in the same direction from 10-12% to 3-6% of the weight equivalents of NaCl. These results demonstrate three types of gradients: the lowest in the western inner and platform parts of the Precaspian basin (24°C/km), the average in the Pre-Ural trough and the highest in the eastern suture with the Ural folded system. Accordingly, there is an increase in the geothermal background in the Aktobe Preuralie of Pre-Ural trough to 40°C/km.

Keywords: fluid inclusions, microthermometry, melting point, homogenization temperature, Precaspian syncline, Aktobe Preural region.

1. Introduction

The purpose of the study is reconstruction of the evolution of pressure and temperature of Paleozoic sediments based on the study of fluid inclusions in rock crystals of the east of the Precaspian Depression and the Aktobe Preuralie (Lower carboniferous and Lower Permian deviations). Were studied the fluid inclusions in calcite and quartz of Devonian, Carboniferous and Permian systems. The melting and homogenization temperatures of fluids in crystals were determined by microthermometry.

2. Methodology

The technique of microthermometry consists in measuring temperatures at the moment of phase change in a fluid inclusion during heating (thermometry) or freezing (cryometry). Melting point (Tf) H₂O: allows to determine the salinity equivalent to the weight percent equivalents of NaCl in accordance with the data in the case of fluid inclusions devoid of vaporous parts. The homogenization temperature – Th corresponds to the minimum temperature of the formation of fluid inclusions [1,2,5,11].

Fluid inclusions (FI) are one- or two-phase fluids, sometimes containing a solid phase, enclosed in intracrystalline cavities at the normal temperature of the enclosing rocks. The sizes of fluid inclusions are mostly insignificant and do not exceed 20 microns (2-10 microns, as a rule).

The use of fluid inclusions in thermobarometry is based on two fundamental hypotheses [1-5].

- Fluid inclusions are witnesses of fluids present during the primary growth or crystallization of the mineral.

- Fluid inclusions are a chemically inert fluid enclosed in a hermetically sealed cavity; this determines the constancy of the physico-chemical characteristics of fluids from the moment of their formation.

However, these conditions apply mainly to quartz. In cases of brittle minerals (calcite, anhydrite) natural decrepitation or disequilibrium of density often occurs if FI are subjected to thermobaric conditions exceeding those under which they were formed.

3. Results

3.1. Technique of study

The technique of microthermometry consists in measuring the of phase changes that occur in a fluid inclusion during freezing or heating. The used device consists of an optical microscope in transmitted light, equipped with a microthermometric plate Linkam.

Melting point (Tf) H₂O: allows to estimate the salinity similar to the weight percentage equivalent of NaCl in accordance with the data in the case of fluid inclusions devoid of vaporous parts. The boiling point (homogenization-Th; total) corresponds to the minimum temperature of the formation of fluid inclusions. Homogenization (fluid, gas or critical) of organic constituents is an important parameter used to calculate the density of organic (hydrocarbon) fluids.

3.2. Features of fluid inclusions

The following types of inclusions were observed:

- Two-phase fluid (aqueous) inclusions (Lw): inclusions with a dominant aqueous phase (most often > 80%) and whose general homogenization was carried out in the fluid phase.

- Monophasic fluid (aqueous) inclusions (Mw): inclusions with a dominant aqueous phase (100%) and the total homogenization of which could not be determined, because these inclusions, which are monophasic at normal temperature, remain them despite attempts to form a gas ball at low temperatures. The Th of such inclusions can be assumed and low temperature conditions (< 60-80°) are typical for them.

3.3. Distribution of different types of inclusions

More than 70 thinsections were studied on various samples, dissected by streaks or which could contain transparent neoformations of minerals. Visible fluid inclusions were found in only 17 thinsections, of which only a part could be studied due to their small size.

Within the eastern part of the Precaspian syncline monophase inclusions were most often observed in Permian sediments (Koumsai, Zhussa, Baizharyk, Keuktobe, Akkuduk) and very rarely in deeper series (terrigenous strata III at Karnak). Two-phase fluid inclusions were most often observed in Devonian series (Kumsai 811, 813).

Within the Aktobe Preuralie the rock samples from the Dombay Hills area (Lower Carboniferous) and the Alexandrovka section (Lower Perm) were studied.

3.4. Microthermal characteristics

The percentage of the fluid phase varies from 85 to 95%. Most of the data were obtained for calcite, which is a brittle mineral. The diagram of the dependence of the melting temperature (Tf) on the homogenization temperature (Th) (Figure 1) allows to compare the data on microthermometry.

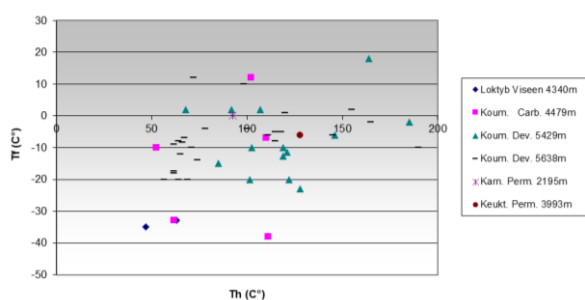


Figure 1. Diagram of the Melting temperature (Tf) versus the Homogenization temperature (Th) of rock samples of Precaspian suncline. Studied structures and fields: Loktyb-Loktybai, Koum.-Koumsai, Kam.-Karnak. Keukt.-Keuktobe

3.5. Two-phase water inclusions (lw)

The melting point of water inclusions varies in large ranges from -38°C to +2°C. The largest number of values varies within -14/-5°C. The salinity of water inclusions is quite representative for the most common diagenetic fluids (10-12% weight equivalents of NaCl).

The homogenization temperature of aqueous inclusions varies from +60 to +190°C with a maximum in the area of

+92/+130°C (30 measurements) and +60/+72°C (23 measurements). The first maximum is typical for sedimentary basins that have experienced hydrocarbon-producing diagenesis (Th in the range of 100-130°C) [13].

Table 1 shows the results of micro-thermometric analysis of fluid inclusions of the Pre-Ural trough of limestones of geological outcrops of the Dombar hills of the Lower Carboniferous division and the Alexandrovsky section of the Lower Permian division. The general homogenization is carried out in the fluid phase. The homogenization temperature varies on average between +78°C and +242°C with a maximum around +90°/+110°C.

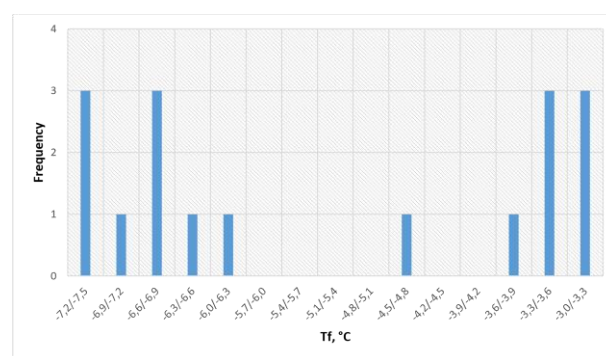
Heterogeneity of filling, coloring in normal light, different melting and homogenization temperatures allow us to assume the presence of post-trap formation phenomena (opening, volatilization).

Two-phase water inclusions (Lw) of limestones of the Dombar Hills area (C₁).

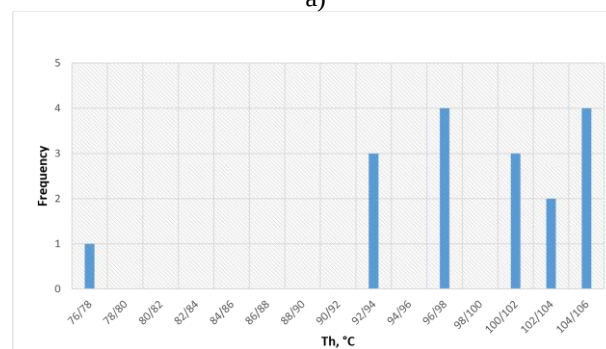
Table 1. Microthermometric data of fluid inclusions of the Aktobe Preuralie of Pre-Ural trough

Area	Age	Type of inclusions	Tf (min/max/mode) °C	Th (min/max/mode) °C
Dombar Hills	C ₁	Lw	(17)* -3/-7,5 mode (6) -6,6/-7,5 mode (6) -3/-3,6	(17) 76/106 mode (16) 92/106
Alexandrovka section	P ₁	Lw	(13) 0/-3,3 mode (4) -0,9/-1,2	(13) 90/255 mode (4) 225/240

Note: (17)* – number of analyses



a)



b)

Figure 2. Histograms of Lw-type fluid inclusions of the Dombar Hills sample: a) Melting point (Tf); b) Homogenization temperature (Th)

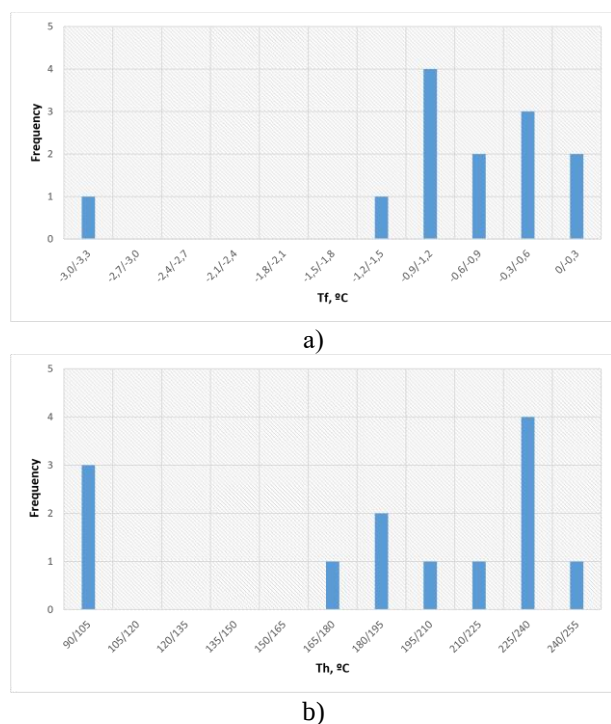


Figure 3. Histograms of water inclusions of type Lw limestone sample from the Alexandrovka section: a) Melting point (T_f) and b) Homogenization temperature (T_h)

This area is located to the west of the formations of the Ural folded system, on the site of its maximum overhang to the west, in the zone of linear folding, which is part of the Aktobe Urals region. In the geological structure of this area take part the sediments from the Lower Carboniferous to the Upper Permian. The most elevated sections of the relief are composed of limestones, structurally lying in the core part of the synclinal fold and related by age to the Upper Viseen, Serpukhovian.

In fractures of limestone samples were observed both monophase and two-phase fluid inclusions, healed with calcite. Melting temperatures of water inclusions vary from -3°C to -7.5°C (Figures 2, 4). Three modes of values are intended within $-6.6/-7.5^{\circ}\text{C}$ (6 measurements), $-3/-3.6^{\circ}\text{C}$ (6 measurements) this indicates the circulation of different flows of diagenetic fluids with different mineralization. The salinity of water inclusions is representative for diagenetic fluids of relatively weak and medium salinity (11.2% of NaCl weight equivalents).

The homogenization temperature of aqueous inclusions varies from $+78^{\circ}\text{C}$ to $+106^{\circ}\text{C}$ with highs in the area $+92/+106^{\circ}\text{C}$ (16 measurements).

These temperature ranges are typical for sedimentary basins that have experienced hydrocarbon producing diagenesis at the level of the main oil and gas formation zone (T_h are around 150°C).

Two-phase water inclusions (Lw) of the Alexandrovka section limestones (P_1).

In the area of the village of Alexandrovka, the deposits of the Permian system are confined to the western side of the Alexander anticline fold and lie on the Artinskian stromatolite, wavy-layered limestones overlain by organogenic-cephalopod limestones composing Mount Zheltau. The development of rocks of the Kungur also takes place along the frame of the Zhylyanska brachyanticline fold. Moreover, in the central part of its western wing, two types of sections of the Kungurian stage are distinguished: without reef limestones and with reef algal

limestones forming two reef massifs in the area of the village Akzhar (abandoned limestone quarry).

The sample is represented by limestone, light yellow, massive, biomicrite with halite content. Fluid inclusions are distributed mainly in fractures.

In the limestone sample, both monophase and two-phase fluid inclusions were observed in fractures healed with calcite. The melting temperatures of aqueous inclusions vary from 0°C to -3.3°C . One mode of values within $-0.9/-1.2^{\circ}\text{C}$ (4 measurements) is planned, which shows a relatively homogeneous composition of aqueous fluids (Figures 3, 4). The salinity of water inclusions is representative for diagenetic fluids of relatively weak salinity (5.3% of NaCl weight equivalents).

The homogenization temperature of water inclusions varies from $+91$ to $+242^{\circ}\text{C}$ with maxima in the area of $+225/+240^{\circ}\text{C}$ (4 measurements).

3.6. Data interpretation

The obtained homogenization temperatures are distributed between two geothermal gradients of 10° and $30^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ for samples of the Precaspian basin and up to $37^{\circ}\text{C}/\text{km}$ for the Aktobe Preuralie. However, the T_h data correspond only to a minimal assessment of the conditions for the formation of fluid inclusions.

Diagram of the dependence of the homogenization temperature (T_h) on the depth (Figure 5).

It should be noted that the interpretation of data on aqueous fluids is complicated if the gas phase contains not only H_2O , but also methane CH_4 . However, the available data of results of rock samples of Precaspian syncline allow us to draw the following conclusions:

homogenization temperatures of the rocks of the East of Precaspian syncline are distributed between two thermal gradients from 10 to $30^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (Figure 4). The value of this gradient can be assumed in the range of 37°C in connection with the study of samples taken on the surface.

For the rock samples of Pre-Ural trough, the percentage of the fluid phase varies from 85 to 95%. Most of the data were obtained from calcite. The diagram of the dependence of the melting temperature (T_f) on the homogenization temperature (T_h) allows us to compare the microthermometry data from the samples of the Dombur Hills and the Alexandrovka section (Figure 4).

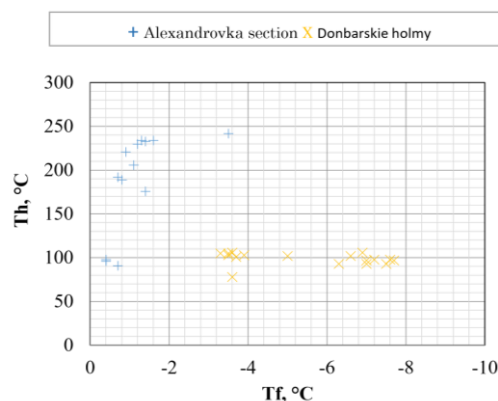


Figure 4. Diagram of the Melting temperature (T_f) versus the Homogenization temperature (T_h) over the Dombur hills and the Alexandrovka section

The graph based on the samples of the Dombar hills and the Alexandrovka section (Figure 8) shows, in general, a mixture of fluids of different salinity with medium and relatively high homogenization temperatures ($+78/+242^{\circ}\text{C}$). In the samples of Dombar hills, at relatively equal homogenization temperatures of about $+100^{\circ}\text{C}$, they have different melting temperatures. In the samples of the section Alexandrovka Th increases from $+91^{\circ}\text{C}$ to 240°C and have at the same time low melting points.

In general, for these samples of the Pre-Ural deflection, the melting point of aqueous inclusions varies in small ranges from -7.7°C to -0.4°C . The largest number of values varies within $-1/-4^{\circ}\text{C}$ and $-6/-8^{\circ}\text{C}$. The salinity of water inclusions is quite representative for the most common diagenetic fluids (8.2% of NaCl weight equivalents)

The homogenization temperature of the water inclusions of the Pre-Ural trough varies from $+78^{\circ}\text{C}$ to $+242^{\circ}\text{C}$ with a maximum in the area of $+96/+106^{\circ}\text{C}$ (8 measurements) and $+225/+240^{\circ}\text{C}$ (4 measurements). The first maximum is typical for sedimentary basins that have experienced hydrocarbon-producing diagenesis (Th in the region of $100-130^{\circ}\text{C}$). The second maximum is typical for the main gas formation zone (Th in the region of $180-250^{\circ}\text{C}$).

a) Reconstruction of the Pressure-Temperature condition

Considering the data of salinity and density obtained by microthermometry, were constructed averaged isochores for the diagram of the the pressure versus temperature using the literature data [10]. Together with the isochores, added a curve of the twophase state (gas bubble) of hydrocarbon fluids with the composition closest to those determined by infrared spectrometry, as well as geothermal gradients for hydrostatic and lithostatic pressures were plotted on the graph (Figures 6-8).

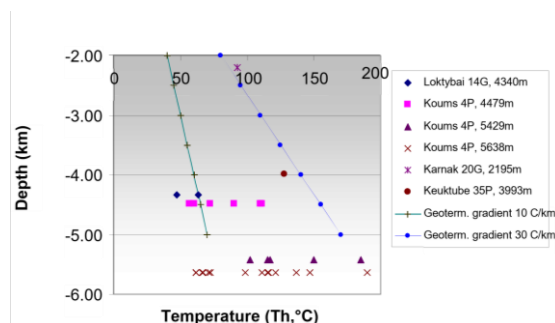


Figure 5. A diagram of the dependence of depth on temperature, showing the depth range where two-phase inclusions were observed

b) Conditions for the formation of water inclusions.

For two-phase inclusions, the most feature the salinity of 10-12% of NaCl weight equivalents and a sufficiently high variability of Th from a very low $+60^{\circ}\text{C}$ at Kumsai, (5638 m) to an increased $+130^{\circ}\text{C}$. After applying isochores 65°C , 115°C to the graph, geothermal gradients ($30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) were also applied in lithostatic and hydrostatic modes (Figure 5).

The intersection of the isochore ' 115°C ' with a hydrostatic gradient of $30^{\circ}\text{C}/\text{km}$, obtained from hydrocarbon inclusions of Loktybai 14G, gives pressure/temperature parameters equal to 350 atm, 130°C . The geothermal gradient in the lithostatic mode cannot be considered, because the intersection point gives an unrealistic pressure value.

Isochora ' 65°C ' corresponds to the Kumsai 5638m sample. Interpretation of the pressure/temperature pair is not easy; since two main hypotheses are possible.

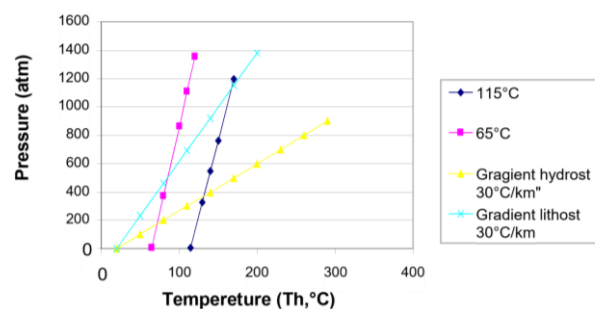


Figure 6. Graph of the Pressure-Temperature relationship with isochores of aqueous inclusions ($Th = 65^{\circ}\text{C}$ for Kumsai-811; averaged isochore $Th = 115^{\circ}\text{C}$ for other samples) and geothermal gradients ($30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) in hydrostatic and lithostatic modes

1) The fluids were formed in the traps before the deflection which is observed now. In this case, the intersection of isochores with a hydrostatic gradient ($30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) leads to low pressure and temperature values (180 atm, 70°C), on the contrary, the intersection with a lithostatic gradient ($30^{\circ}\text{C}/\text{km}$) corresponds to P/T values of 500 atm and 85°C . A pressure of 500 atm corresponds to a lithostatic depth of about 2 km.

2) The fluids were formed at depths equivalent to modern depths. And possible the following two pairs of extreme P-T values: 92°C , 560 atm corresponding to a hydrostatic gradient of $12^{\circ}\text{C}/\text{km}$ and 120°C , 1300 atm corresponding to a lithostatic gradient of $18^{\circ}\text{C}/\text{km}$ (Figure 7).

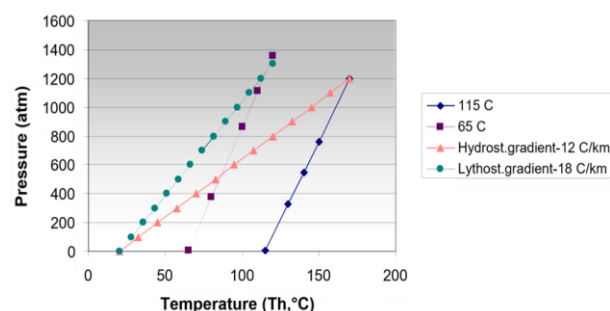


Figure 7. Geothermal gradients in hydrostatic and lithostatic modes correlated with the isochore of water inclusion ($Th = 65^{\circ}\text{C}$) for the depth of trap formation, equivalent to the present depth (5638 m)

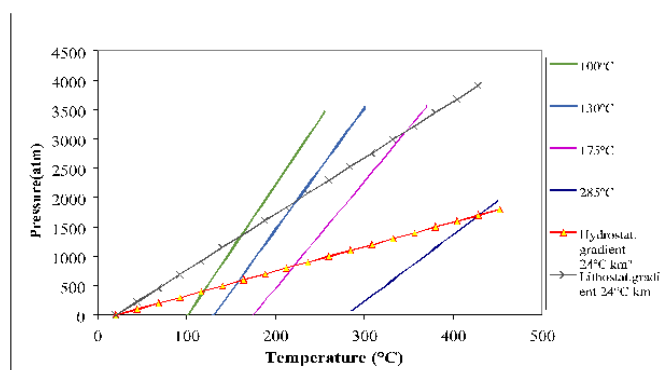


Figure 8. Pressure-temperature diagram with isochoric intersections of water inclusions Lw ($Th = 100^{\circ}\text{C}$, 130°C , 175°C and 285°C) with temperature gradients ($24^{\circ}\text{C}/\text{km}$) in hydrostatic and lithostatic modes

After applying these temperatures to the isochore graph of the rock samples of Aktobe Preuralie, geothermal gradients (36°C/km) were also applied in lithostatic and hydrostatic modes, determined by hydrocarbon inclusions of Loktybai samples [13].

The intersection of the "100°C" isochore with a hydrostatic gradient of 36°C/km gives P/T parameters equal to 260 atm, 114°C. The isochore of homogenization temperatures "220°C" and a hydrostatic gradient of 36°C/km are the parameters of P/T equal to 650 atm, 272°C.

The intersection of the "100°C" isochore with a lithostatic gradient of 36°C/km gives P/T parameters equal to 690 atm, 130°C. The intersection of the geothermal gradient "220°C" with the lithostatic gradient gives inflated pressure values of 2100 atm, therefore, cannot be considered. Thus, the interpretation of the results of measurements of samples of the Precaspian basin allowed us to determine the most characteristic values of pressure and temperature equal, respectively, 300-500 atm and 80°-130°C with a geothermal gradient of about 24°C/km. Similar P/T pairs are determined by the homogenization temperatures of 90-110°C samples of the Aktobe Preuralie. However, for homogenization temperatures of 225-240°C. The reconstruction of the P/T pair for this zone shows an increase in paleotemperature values up to 270°C and paleopressure values up to 650-700 atm, which corresponds to geothermal gradients of 37°C/km.

4. Conclusions

- Mineralization of water inclusions corresponds to 7-12% of NaCl weight equivalents.
- Based on the results of the interpretation of the pressure-temperature graphs for the two most common homogenization temperatures of the east of the Precaspian syncline and the lower values of similar temperatures of the Aktobe Preuralie (80-120°C) a reconstruction of the paleo-pressure / paleotemperature pair is constructed, which showing the following values - 350 atm/85°C and 500 atm/130°C. Some Devonian samples show even higher values of pressures (up to 600 atm) and temperatures (up to 200°C).
- According to the homogenization temperatures of the samples of the Aktobe Preuralie equal to 90-240°C, the reconstruction of the P/T pair for this zone shows an increase in paleotemperature values to 270°C and paleopressure values to 650-700 atm, which corresponds to geothermal gradients of about 37°C/km.
- High pressures can explain the relative poverty of fluid inclusions – opening and volatilization during calcite deformation.
- The studied melting temperatures of fluid inclusions indicate the circulation of water flows of various composition and mineralization. The presence of many single-phase water inclusions and very low homogenization temperatures (65°C) in the Precaspian basin indicates low temperature conditions for the formation of traps corresponding to a low degree of maturity of organic matter (vitrinite reflectivity <0.8). It may also indicate that the fluid inclusions were too susceptible to postshell phenomena (deformation, opening) for their current state to bring significant help to interpretation, i.e. the measured homogenization temperatures (=65°C) may be underestimated and do not reflect the true conditions.

• These results demonstrate three types of gradients: the lowest in the western inner and platform parts of the Precaspian basin (24°C/km), the average in the Pre-Ural trough and the highest in the eastern suture with the Ural folded system. Accordingly, there is an increase in the geothermal background in the Aktobe Preuralie of Pre-Ural trough to 37°C/km.

• Increase in homogenization temperatures from the Precaspian basin towards Pre-Ural trough and from older Lower Carboniferous deposits (samples of the Dombay hills formation) - +90/+110°C towards younger samples of the Alexandrovka formation of the Lower Perm age +220/+240°C is consistent with the geological evolution of the region. The time of the processes of subduction of the Ural Paleoocean along the East European Plate and, accordingly, the increase in temperature regimes falls on the Devonian period.

The complex of data obtained shows rather peculiar conditions of diagenesis of the eastern part of the Precaspian basin, characterized by relatively weak temperatures. At the same time, flows of elevated temperatures took place in certain territories, the origin of which is apparently connected with the suture subduction zone of the Ural folded system.

References

- [1] Weisbrod, A., Poty, B. & Touret, J. (1976). Les inclusions fluides en géochimie-pétrologie: tendances actuelles. *Bulletin de la Société française de Minéralogie et Cristallographie*, (99), 140-152
- [2] Roedder, E. & Bodnar, R. J. (1980). Geologic pressure determinations from fluid inclusion studies. *Ann. Rev. Earth. Planet. Sci.*, (8), 263-301
- [3] Gratier, J.P. & Jenatton, L. (1984). Deformation by solution-deposition, and reequilibration of fluid inclusions in crystals depending on temperature, internal pressure and stress. *J. Struc. Geol.*, (6), 189-200
- [4] Pêcher, A. & Boullier, A. M. (1984). Evolution à pression et température élevées d'inclusions fluides dans un quartz synthétique. *Bulletin de Minéralogie*, (107), 139-153
- [5] Valori, A., Cathelineau, M. & Marignac, C. (1992). Early fluid migration in a deep part of the Larderello geothermal field - A fluid inclusion study of the granite sill from well Monteverdi-7. *Journal of volcanology and geothermal research*, (51), 115-131
- [6] Boiron, M.C., Essarraj, S., Sellier, E., Cathelineau, M., Lespinasse, M. & Poty B. (1992). Identification of fluid inclusions in relation to their host microstructural domains in quartz by cathodoluminescence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56(1), 175-185
- [7] Poty, B., Leroy, J. & Jachimowicz, L. (1976). Un nouvel appareil pour la mesure des températures sous le microscope: l'installation de microthermométrie Chaixméca. *Bulletin de Liaison de la Société française de Minéralogie et Cristallographie*, (99), 182-186
- [8] Potter, R.W. & Clynne, M.A. (1978). Solubility of highly soluble salts in aqueous-media. 1. NaCl, KCl, CaCl₂, Na₂SO₄, and K₂SO₄ solubilities to 100-degrees-C. *Jour. Res. Geol. Surv.* 6 (6), 701-705.
- [9] Barres, O., Burneau, A., Dubessy, J. & Pagel, M. (1987). Application of micro-FT-IR spectroscopy to individual hydrocarbon fluid inclusion analysis. *Applied spectroscopy*, (41), 1000-1008
- [10] Pironon, J. & Barres, O. (1990). Semiquantitative FT-IR microanalysis limits – evidence from synthetic hydrocar-

- bon fluid inclusions in sylvite. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(3), 509-518.
- [11] Zhang, Y.G. & Frantz, J.D. (1987). Determination of the homogenization temperatures and densities of supercritical fluids in the system NaCl-KCl-CaCl₂-H₂O using synthetic fluid inclusions. *Chem. Geol.*, (64), 335-350
- [12] Hanor, J.S. (1980). Dissolved methane in sedimentary brines – potential effect on the PVT properties of fluid inclusions. *Econ. Geol.*, 75(4), 603-609
- [13] Yensepbayev, T.A. (2006). Paleotemperature and paleodressure of the Upper Paleozoic of the East of the Precaspian syncline based on the study of fluid inclusions of rocks. *Bulletin of KazNTU*, (2), 38-46

Каспий маңы синеклизінің шығысы және Ақтөбе Орал өңірі тұзасты жыныстардағы сұйық қосындылардың палеотермобариялық режимдердің сипаттамасы

Т.А. Енсеппаев^{1*}, М. Катлино², В. Баймагамбетов³, Л.А. Нурмагамбетова¹

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Lorraine University, Нанси, Франция

³«АқтөбегіЗГБИ» АҚ, Ақтөбе, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: t.yensepbayev@satbayev.university

Аңдатпа. Каспий маңы синеклизасының шығыс бөлігінің және Ақтөбе Орал маңындағы Орал алды ойысының девон, таскөмір және пермь қалыңдығының кальциті мен кварцындағы флюидтік қосындылары зерттелді. Микротермометрия әдісімен кристалдардағы сұйықтықтардың балқу және гомогенизация температурасы, қосылыстардағы көмірсутектердің түрлері анықталды. Өлшеу нәтижелері бойынша қысым мен температураның ең төмен мәндері көрсетті, тиісінше, 350-500 атм және 85°-130°С-қа дейін және одан да жоғары Оралдың Ақтөбе жағына 650 атм/270°С көрсетті. Тиісінше, Орал маңындағы аймағында геотермиялық градиент батыстан шығысқа қарай 24°С/км-ден 37°С/км-ге дейін көтеріледі. Су қосылыстарының минералдануы осы бағытта NaCl салмақ эквиваленттерінің 10-12%-дан 3-6%-ға дейін өзгереді. Бұл нәтижелер градиенттердің үш түрін көрсетеді: Каспий маңы ойпатының Батыс ішкі және платформалық бөліктеріндегі ең кіші (24°С/км), Орал алдындағы иілудегі орташа және Орал бүктелген жүйесімен Шығыс тігісіндегі ең үлкен. Тиісінше, Ақтөбе Орал маңындағы геотермиялық фон Орал алдындағы иілудің 40°С/км-ге дейін ұлғаюы байқалады.

Негізгі сөздер: флюидтік қосындылар, микротермометрия, балқу температурасы, гомогенизация температурасы, Каспий маңы синеклизасы, Ақтөбе Орал маңы.

Характеристика палеотермобарических режимов жидких включений в подсолевых породах востока Прикаспийской синеклизы и Актюбинского Приуралья

Т.А. Енсеппаев^{1*}, М. Катлино², В. Баймагамбетов³, Л.А. Нурмагамбетова¹

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Lorraine University, Нанси, Франция

³АО «АктюбНИИГРИ», Актөбе, Казахстан

*Автор для корреспонденции: t.yensepbayev@satbayev.university

Аннотация. Исследованы флюидные включения в кальците и кварце девонской, каменноугольной и пермской толщ восточной части Прикаспийской синеклизы и Актюбинского Приуралья Предуральского прогиба. Методом микротермометрии определены температуры плавления и гомогенизации флюидов в кристаллах горных пород. Интерпретация результатов измерений позволила определить наиболее характерные значения давления и температуры, равные, соответственно, 350-500 атм и 85°-130°С с увеличением вплоть до 650 атм/270°С в сторону Урала. Соответственно, геотермический градиент увеличивается с запада на восток от 24°С/км до 37°С/км в Актюбинском Приуралье. Минерализация водных включений изменяется в этом же направлении от 10-12 % до 3-6% весовых эквивалентов NaCl. Эти результаты демонстрируют три типа градиентов: наименьший в западной внутренней и платформенной частях Прикаспийской впадины (24°С/км), средний в Предуральском прогибе и наибольший в восточном шве с Уральской складчатой системой. Соответственно, происходит увеличение геотермического фона в Актюбинском Приуралье Предуральского прогиба до 40°С/км.

Ключевые слова: флюидные включения, микротермометрия, температура плавления, температура гомогенизации, Прикаспийская синеклиза, Актюбинское Приуралье.

Petrography of secondary quartzites at the Alkamergen deposit (Pavlodar region)

A. Bekbotayeva¹, A. Baibatsha¹, D. Shikhov^{1*}, A. Baisalova¹, G. Omarova¹, A. Duchmal-Chernikevich²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Adam Mickiewicz University, Poznań, Poland

*Corresponding author: d.shihov@dktko.kz

Abstract. This paper presents the results of studying the features of formation and mineral composition of secondary quartzites of the Alkamergen deposit (Pavlodar region) through mineralogical and petrographic studies of samples on an automated diffractometer. The hydrothermal-altered rocks of the deposit, which are represented by medium-temperature secondary quartzites of the alunite facies, have been studied. The results of the research made it possible to establish the genetic features of the formation of the Alkamergen deposit. In terms of rock composition and ore mineralization, this object is a typical representative of acid-sulfate type deposits.

Keywords: *metasomatites, mineralogy, petrography, secondary quartzites, alunites, gold deposits.*

1. Введение

Метасоматические породы – это особые породы, их вещественный состав зависит как от протолитов, так и состава гидротермальных растворов. Эти породы являются важными с практической точки зрения, так как именно с ними ассоциируют многие месторождения рудного и нерудного сырья. Метасоматиты по кислотно-щелочным свойствам воздействующих на исходные породы гидротермальных флюидов делятся на следующие виды: щелочные, основные, кислотные. Данная работа посвящена исследованию петрографического состава вмещающих горных пород, гидротермально измененных метасоматических пород месторождения Алкамерген (в Павлодарской области). Исследования включали в себя изучение химического, минерального, петрографического состава, минерального метасоматитов и исследование температурных условий их формирования. По температуре формирования выделяются высокотемпературные (выше 500°C), среднетемпературные (500-300°C) и низкотемпературные (ниже 300°C) метасоматические породы.

Щелочные метасоматиты средних составов характеризуются высокими концентрациями оксидов калия и натрия, преобладанием полевых шпатов (ортоклаза, микроклина, альбита) в ассоциации с пироксенами, карбонатами. Основные метасоматиты характеризуются высокими содержаниями оксидов кальция, магния и железа при низких концентрациях кремнезема с преобладанием в минеральном составе силикатов (пироксенов и гранатов) или карбонатов (кальцита, доломита, магнезита, брейнерита). Кислые метасоматиты характеризуются высокими содержаниями глинозема или кремнезема, преобладанием гидроксилсодержащих алюмосиликатов, силикатов и кварца, они могут быть

глиноземистыми или кремнеземистыми. К глиноземистым метасоматитам относятся хлоритовые породы, пропилиты, микроклин-серицитовые и турмалин-серицитовые метасоматиты, вторичные кварциты, аргиллизиты. Кремнеземистые метасоматиты представляют собой наиболее широко представленную группу пород: хлорит-серицит-кварцевые и серицит-кварцевые метасоматиты, грейзены, листовениты, березиты, серпентиниты, нефриты, антофиллитовые метасоматиты, карбонатно-тапальковые метасоматиты, магнетитовые кварциты и другие.

2. Методы исследования

Для проведения исследования по данной теме были использованы полевые, библиотечные и лабораторные методы. Пробы были отобраны из скважин 3, 5, 9, 11, 12, 15 из рудоносных и околорудных интервалов, общее количество исследованных образцов составило 72. Минеральный и петрографический состав метасоматитов изучался с помощью поляризационного микроскопа, был проведен количественный минералогический анализ шлиховых проб, анализ дробленных проб по классам крупности, рентгенодифрактометрический анализ на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3.

Вторичные кварциты Алкамергена представляют собой наименее распространенный и малоизученный тип вторичных кварцитов в Центральном Казахстане – баритоносные кварциты. Вторичные кварциты месторождения приурочены к тектонической зоне, образованной пересечением двух тектонических разломов различного направления (северо-западного и субширотного), вследствие чего выходы их в плане образуют дугообразную форму с неправильными очертаниями [1,2]. Размеры выходов на дневную

поверхность составляют 500 м в длину, 100-150 м в ширину. Со всех сторон вторичные кварциты окружены порфиритами. Вторичные кварциты представляют собой плотную породу, обладающую характерными неровным или раковистым изломом и состоящую в основном из мелкозернистого агрегата вторичного кварца, мелких чешуек серицита, иногда со значительным количеством барита. В зависимости от характера изменения и обогащенности гидроокислами железа они имеют окраски от белой до розовой и буро-красной [3].

В минеральный состав метасоматитов входят: алунит, андалузит, кордиерит, серицит, мусковит, полевые шпаты (плагиоклаз, ортоклаз, микроклин), кварц и рудные минералы. Порода состоит из среднее-крупных округлых индивидов кордиерита, часто с хорошо заметными тройниками прорастания. Более крупные кристаллы алунита заполняют трещину, образуя алунитовую жилу (рисунок 1). Внутри них беспорядочно расположены мелкие чешуйки серицита и зернышки кварца и рудных минералов. Наличие этих включений определяет пойкилобластовую структуру. Также часто наблюдаются призматические, удлиненные кристаллы андалузита. Андалузит присутствует и в крупных, и в более мелких индивидах (0.01-1 мм); в центре рисунка 2 наблюдается фенобласт андалузита со средним рельефом и характерной поперечной трещиноватостью. Призматические формы андалузита образуют нематобластовую структуру.

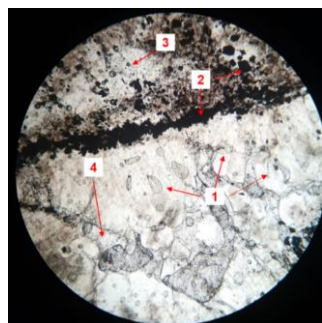


Рисунок 1. №42-А-3. Алунит-андалузитовая жила: 1-алунит; 2-рудные минералы; 3-мелкие чешуйки серицита; 4-андалузит. Николи параллельные. Ув. 10^x

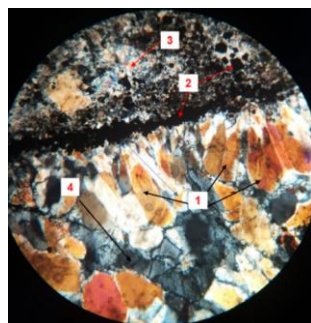


Рисунок 2. №42-А-3. Алунит-андалузитовая жила: 1-алунит; 2-рудные минералы; 3-мелкие чешуйки серицита; 4-андалузит. Николи скрещенные. Ув. 10^x

Рудные минералы чаще отмечены на контакте со скоплениями серицита, корродируются ими, часто встречаются в виде кубических кристаллов и агрегатов неправильной формы. Микроагрегаты рудных минералов приурочены к контакту кордиеритовой жилы и заполняют небольшие разноориентированные трещины. В породе сохранились реликты от полевошпатовых минералов (плагиоклаз, ортоклаз и микроклин) которые изоморфно замещены низкотемпературными минералами, такие как серицит, кварц, тальк и рудные минералы (рисунки 3, 4).

Порода состоит из сравнительно крупных призматических кристаллов андалузита размером 0.1-1 мм в серицит-кварцевой основной массе. Так же в породе часто встречаются среднекристаллические толстотабличатые, местами удлиненные индивиды алунита.

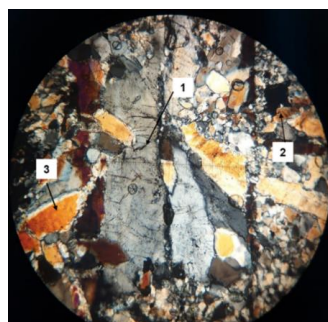


Рисунок 3. №42-А-3. Алунит-андалузитовый метаморфит: 1-кварц; 2-рудные минералы; 3-алунит. Николи скрещенные. Ув. 10^x

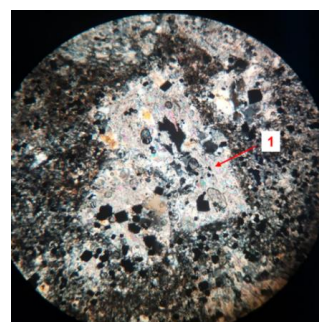


Рисунок 4. №42-А-3. Реликты полевых шпатов: 1-серицит. Николи скрещенные. Ув. 10^x

Основная масса состоит из неправильных зерен кварца и тонко чешуйчатых агрегатов серицита и более крупных индивидов мусковита с высокой интерференционной окраской. Полнокристаллическая основная масса дает порфировидную структуру [4]. Андалузит в породе легко определяется по следующим характерным свойствам: призматической формой, совершенной спайностью и низкими цветами интерференции. Размер минерала достигает 0.3-2 мм, отдельные кристаллы включают мелкие индивиды серицита и рудных минералов, образуя пойкилобластовую структуру (рисунки 5, 6). Алунит встречается в виде среднекристаллических агрегатов с совершенной спайностью и таблитчатой формой. Он образуется по трещинам совместно с андалузитом. Парагенетическая ассоциация андалузита, алунита, серицита и кварца указывает на метасоматическое происхождение пород [6].

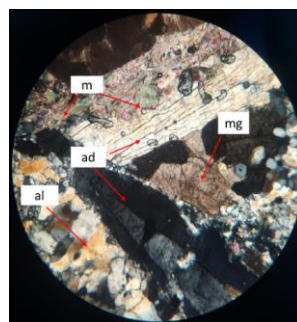


Рисунок 5. Длинные призматические кристаллы андалузита и алунита: ad-андалузит; al-алунит; mg-магнезит. Николи скрещенные. Ув. 10^x

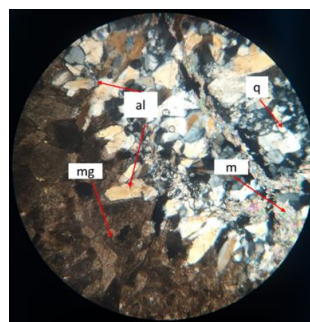


Рисунок 6. Коротко призматические кристаллы алунита: al-алунит; m-мусковит; mg-магнезит. Николи параллельные. Ув. 10^x

В небольших количествах в породе присутствуют отдельные индивиды аксессуарного минерала сфен, характерным тёмно-коричневым цветом и высокой интерференционной окраской, размер минерала разный до 0.1-0.6 мм. Апатит образует длиннопризматические кристаллы (0.1-0.8 мм) в поперечном срезе дает гексагональную форму с изотропным сечением.

В приконтактной полосе с порфиритами во вторичных кварцитах сохранена реликтовая порфировая структура в виде псевдоморфоз серицитовой массы по идиоморфным табличкам плагиоклаза. Наблюдаемые в поле

постепенные переходы вторичных кварцитов в неизменные порфириты позволяют считать, что первичной породой для вторичных кварцитов являлись порфириты. Последние под воздействием гидротермальных растворов, поступавших из глубоких зон Койтасского гранитного массива по тектоническим разломам, претерпевали метасоматические изменения, приведшие к образованию вторичных кварцитов.

Породы коричневатого-серого цвета, текстура миндалекаменная, пятнистая. Круглые, эллипсоидальные поры или пустоты (миндалины) размерами от 0.6 до 2 мм заполнены более поздними минералообразованиями (кальцит, хлорит, мелкими пластинками мусковит, серицит и др.). В результате гидротермально-метасоматического процесса (рисунки 7, 8).

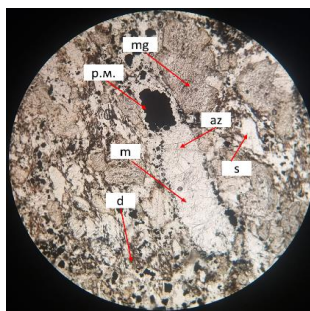


Рисунок 7. Фенокристалл андезина в карбонат-серицитовой массе: az-андезин; d-доломит; m-мусковит; mg-магнезит; p.m.-рудные минералы; s-серицит. Николи параллельные, ув. 10^x

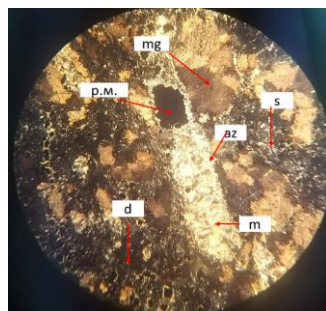


Рисунок 8. Фенокристалл андезина в карбонат-серицитовой массе: az-андезин; d-доломит; m-мусковит; mg-магнезит; p.m.-рудные минералы; s-серицит. Николи скрещенные, ув. 10^x

Часто наблюдаются фенокристаллы полевых шпатов, они так же заполнены гидротермальными низкотемпературными минералами в основном серицитом, кальцитом, доломитом, кварцем, местами наблюдаются крупные кристаллы мусковита с яркой интерференционной окраской. Основная масса состоит из вулканического стекла, которое интенсивно подвергнуто процессу серицитизации и полностью покрыто мелко-среднезернистыми чешуйчатыми агрегатами серицита. По фенокристаллам и лейсам андезина (до 2 мм) развиты единичные знаки пластинок мусковита с неправильными зернами магнезита, хорошо выраженным плеохроизмом и ромбическими кристаллами доломита. В небольшом количестве присутствуют мелкие зерна кварца с серой интерференционной окраской и извилистыми краями. Отмечены микропрожилки жильного серицита, пересекающего как растрескавшиеся и деформированные фенокристаллы, так и основную массу породы.

Внедрение сульфидов связано с гидротермальными процессами, часто наблюдается течение флюидов с кристаллами рудных минералов. Рудные минералы составляют около 20% от общей массы, образуют скопления в межзерновых пространствах агрегативных кристаллов кальцита и доломита, а также заполняют фенокристаллы.

По минеральному составу среди них выделяются серицитовые, серицито-баритовые и каолинитовые разновидности вторичных кварцитов. Геологически они тесно связаны между собой постепенными переходами,

поэтому провести определенную границу между ними практически невозможно.

Так же выделяется карбонат-серицитовая порода. В образце порода состоит из ксеноморфных и изометричных зерен карбонатных минералов (кальцит, доломит, магнезит), имеющих различные размеры (до 0.1-1 мм) и резко выраженные извилистые зубчатые ограничения. Основная масса пород состоит из беспорядочно расположенных мельчайших пластинок серицита, индивиды серицита группируются в центрические радиально чешуйчатые агрегаты. В небольшом количестве присутствуют более крупные кристаллы мусковита с яркими интерференционными окрасками и мелкие зерна кварца. В шлифе наблюдается трещина шириной 0.2-0.5 мм, которая заполнена ромбовидными кристаллами доломита и рудным минералом (кубические кристаллы пирита) размером 0.01-0.3 мм.

Доломит образует средние ромбовидные кристаллы с зональным строением и характерной интерференционной перламутровой окраской. Кальцит представлен крупными индивидами, который образует гранобластовую структуру. Часто наблюдаются полисинтетические двойники по ромбоэдру (рисунки 9, 10).

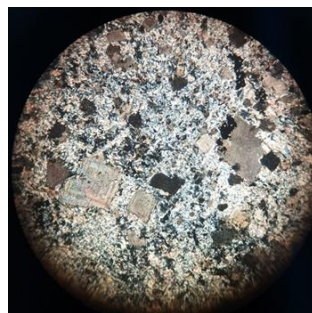


Рисунок 9. №35-А-3. Карбонат серицитовая порода. Николи скрещенные. Ув. 10^x

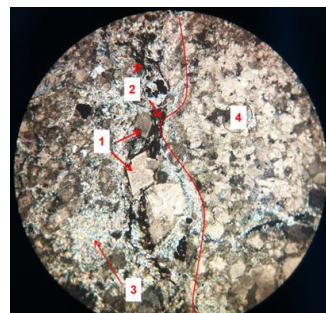


Рисунок 10. Карбонат-серицитовая порода: ромбические кристаллы доломита (1); жила рудных минералов (2); мелкие чешуйчатые агрегаты серицита (3); кристаллы кальцита неправильной формы (4), николи скрещенные, ув. 10^x

Ранее метаморфическая порода не была определена, она состоит из сравнительно крупных призматических кристаллов силлиманита и андалузита, которые ориентированы по сланцеватости. Основная связующая масса состоит из ксеноморфных средних зерен кварца и кордирита, более мелких чешуйчатых зерен серицита, неравномерно расположенных кубических и ксеноморфных индивидов рудных минералов. В небольших количествах в породе присутствуют тонковолокнистые индивиды талька и неправильной формы кристаллы пироксена. В виде аксессуарных минералов присутствуют: сфен (титанит), апатит, циркон и рудные минералы.

Андалузит $Al_2O_3[SiO_4]$ – в породе легко определяется по характерным свойствам: призматической форме размером (0.05-1 мм), совершенной спайностью и низким цветам интерференции.

Силлиманит $\text{Al}_2[\text{AlSiO}_5]$ – образует крупные призматические кристаллы (0.1-2 мм) с совершенной спайностью и высоким двупреломлением. Отдельные кристаллы включают мелкие индивиды акцессорных минералов (апатит, циркон), образуя пойкилобластовую структуру.

Кордиерит $\text{Al}_3(\text{Mg,Fe})_2[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$ – встречается в виде неправильных зерен и коротко призматической формы. Наблюдается характерные секторальные двойники и вторичные минералы [8].

Акцессорные минералы отмечены в очень малом количестве, апатит образует шестигранные срезы с изотропным сечением и низкой интерференционной окраской. Сфен (титанит) встречается в виде неправильной формы и очень высокой интерференции, местами встречается рутил с красным цветом.

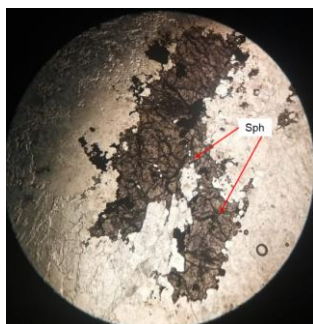


Рисунок 11. №39-А-3. Скопление индивидов сфена (sph), нолики скрещенные, ув. 10^x

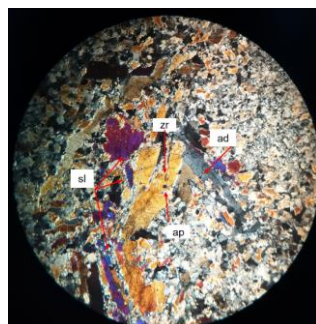


Рисунок 12. Силлиманит-андалузит-кордиерит-кварцевый сланец: ad-андалузит; ap-апатит; sl-сфалерит; zr-циркон

Рудные минералы составляют около 15% от общей массы, образуют скопления в межзерновых пространствах агрегативных кристаллов кальцита и доломита. В породе наблюдаются мелкие трещины, которые заполнены рудными минералами.

3. Результаты и обсуждение

Все метасоматиты могут быть глиноземистыми и кремнеземистыми. К глиноземистым метасоматитам относятся пропилиты, хлоритолиты, микроклин-серицитовые и турмалин-серицитовые метасоматиты, вторичные кварциты, аргиллизиты.

Средние составы глиноземистых метасоматитов характеризуются высокими концентрациями Al_2O_3 (16-28%) при содержаниях SiO_2 38-73%, преобладанием алюмосиликатов, таких как эпидот, хлорит, серицит, пиррофиллит, каолинит, монтмориллонит или сульфатов -алунит. Пропилиты формируются при $T = 350-200^\circ\text{C}$ по интрузивным и эффузивным породам основного и среднего состава. Пропилиты состоят из эпидота, хлорита и альбита. Эпидотовые пропилиты часто развиваются по карбонатным пироксен-гранатовым скарнам. По вулканогенным породам среднего и основного состава, таких как андезиты и базальты развиваются хлоритовые породы [9].

По магматическим эффузивным и интрузивным породам кислого и среднего состава образуются вторичные кварциты и характеризуются низкими температурами около 500-250 градусов. Для вторичных кварцитов характерными минералами являются кварц,

серицит, пиррофиллит, алунит. Месторождения глиноземистого сырья связано с вторичными кварцитами [5,10].

Вторичные кварциты относятся к среднетемпературному кислотному метасоматозу, характеризующимся значениями pH от 1 до 4. В данных условиях только кварц и высокоглиноземистые минералы остаются устойчивыми (андалузит, диаспор, алунит др.). Метасоматиты, состоящие из 50 процентов кварца и больше называют вторичными кварцитами, с меньшими содержаниями кварца породы называют по их минеральному составу и могут быть кварц-андалузитовые, кварц-алунитовые метасоматиты и другие. При низких содержаниях кварца названия метасоматитов уже будет другим, таким как корундовые, андалузитовые или алунитовые метасоматиты [7].

4. Выводы

Для метасоматических пород четко выделяется зональность, которая характеризуется тремя главными минеральными ассоциациями. Первая ассоциация представлена кварцем первой генерации, рутилом, пиритом, серицитом первой генерации. Далее по мере повышения температуры и усиления воздействия гидротермальных растворов возникают уже андалузит, корунд и продолжается перекристаллизация кварца, рутила и пирита. Кварц второй генерации, серицит второй генерации, последующие генерации диаспора и пиррофиллита образуются на поздней стадии. Последней стадией минералообразования является образование флюорита, который цементирует кварц и пирит.

Метасоматическая зональность в массивах вторичных кварцитов на месторождении Алкамерген проявлена неотчетливо, при этом отсутствует поздняя генерация, так как не обнаружены диаспор и пиррофиллит.

Благодарность

Авторы выражают признательность коллективу Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева за предоставленную научно-техническую базу, а также компании ТОО «Де-меу Кок-Тас» за финансирование исследований.

Литература / References

- [1] Rusakov, M.P., Sraiylov, T. (1960). Zolotonosnyj massiv vtorichnyh kvarcitov Alkamergen v Severo-Vostochnom Kazahstane. *Vestnik AN KazSSR*, 2
- [2] Alekseeva, L.K. (1968). Vtorichnye kvarcity Severnogo Pribalhash'ja i ih rudonosnost' (Doctoral dissertation). *nauk. Alma-Ata: IGN AN KazSSR*
- [3] Sokolov, V.A. (1964). Geneticheskie osobennosti vtorichnyh kvarcitov Central'nogo Kazahstana i voprosy ih rudonosnosti. *Materialy II Vsesojuznogo vulkanologicheskogo soveshhanija. Alma-Ata*
- [4] Nakovnik, N.I. (1968). Vtorichnye kvarcity SSSR i svyazannye s nimi mestorozhdenija poleznyh iskopaemyh.
- [5] Borukaeva, M.R., Grebenchikov, A.M., Semonenko, N.N. (1979). Prostranstvennaja vremennaja svyaz' metasomatitov. *Geologija, geohimija i mineralogija*

- zolotorudnyh rajonov i mestorozhdenij Kazahstana, 130-136
- [6] Vlasov, G.M., Mishin, L.F. (2001). Mesto vtorichnyh kvarцитов среди гидротермально измененных пород i sootnoshenie ih s rudami metallov. *Tektonika, glubinnoe stroenie i geodinamika Vostoka Azii*, 239-265
- [7] Kopylov, M.I., Pustovojtova, I.V. & Skryabin, I.N. (2011). Perspektivy vyjavlenija zolotorudnyh mestorozhdenij v alunitah na Juge Dal'nevostochnogo regiona. *Izvestija Sibirskogo otdelenija RAEN. Geologija, poiski i razvedka rudnyh mestorozhdenij*, 2(39), 84-98
- [8] Mishin, L.F., Berdnikov, N.V. (2003). Vtorichnye kvarcity i ih rudonosnost'. Ros. akad. nauk. Dal'nevost. otd-nie. In-t tektoniki i geofiziki im. Ju. K. Kosygina. *Vladivostok: Dal'nauka*
- [9] Bajbatsha, A.B. (2014). Modeli mestorozhdenij blagorodnyh metallov. *Almaty: Asyl kitap*
- [10] Dvornik, G.P. (2020). Vidy metasomaticheskikh porod: temperaturnye uslovija obrazovaniya, osobennosti sostava, minerageniya. *Izvestija UGGU*, 1(57), 63-72. <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2020-1-63-72>

Алқамерген кенорны туынды кварциттерінің петрографиясы (Павлодар облысы)

А. Бекботаева¹, Ә. Байбатша¹, Д. Шихов^{1*}, А. Байсалова¹, Г. Омарова¹, А. Дучмал-Черникович²

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Адам Мицкевич университеті, Познань, Польша

*Корреспонденция үшін автор: d.shihov@dktko.kz

Андатпа. Бұл жұмыста Алқамерген кенорнының (Павлодар облысы) туынды кварциттері үлгілерін автоматтандырылған дифрактометрмен минералогиялық және петрографиялық зерттеу арқылы, олардың түзілу ерекшеліктері мен минералдық құрамын зерделеу нәтижелері берілген. Кенорынның гидротермалық өзгерген таужыныстары зерттелген, олар алуит фациясының орташа температуралық туынды кварциттерінен тұрады. Зерттеу нәтижелері Алқамерген кенорны жаралуының генетикалық ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Таужыныстардың құрамы және кенді минералдану бойынша бұл нысана қышқылды-сульфатты типті кенорындардың өкілі болып табылады.

Негізгі сөздер: метасоматит, минералогия, петрография, туынды кварцит, алуит, алтын кен орындары.

Петрография вторичных кварцитов месторождения Алқамерген (Павлодарская область)

А. Бекботаева¹, А. Байбатша¹, Д. Шихов^{1*}, А. Байсалова¹, Г. Омарова¹, А. Дучмал-Черникович²

¹Satbayev University, Алматы, Казахстан

²Университет Адама Мицкевича, Познань, Польша

*Автор для корреспонденции: d.shihov@dktko.kz

Аннотация. В данной работе приводятся результаты изучения особенностей образования и минерального состава вторичных кварцитов месторождения Алқамерген (Павлодарская область) посредством минералого-петрографических исследований образцов на автоматизированном дифрактометре. Были изучены гидротермально измененные породы месторождения, в основном они представлены низко – средне-температурными вторичными кварцитами алуитовой фации. Результаты исследований позволили установить генетические особенности образования месторождения Алқамерген. По минеральному составу горных пород, а также особенностей рудной минерализации это месторождение относится к типу месторождений кислотно-сульфатного типа.

Ключевые слова: метасоматиты, минералогия, петрография, вторичные кварциты, алуиты, золоторудные месторождения.

Dialectics and theoretical geology

R.B. Idyryshev*

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: rahmetolla13@mail.ru

Abstract. In the article the shows the role of dialectics in the formation of theoretical geology. A separate geological form of the motion of matter was revealed. It is certain that the movement of matter as a whole and the geological form of the movement of matter occurs cyclically and due to the expansion of matter itself with the pulsating nature of the processes occurring in it in certain cycles.

Keywords: *substance, Universe, dialectics, geology, movement, development, gravity, energy.*

1. Введение

В эпоху современной НТР дальнейший прогресс человеческого общества связан с повышением роли науки, становящейся непосредственной производительной силой. Сейчас большое внимание уделяется комплексному развитию научных исследований, творческой разработке, дальнейшему укреплению взаимосвязи общественных, естественных и технических наук, развитию фундаментальных научных исследований, ускоренному внедрению достижений науки и техники в производство.

В современной науке все больше возрастает значение философского и логико-методологического анализа научного исследования, связанной с ускорением темпов развития и с усложнением структурной организации научного знания. Становится очевидным, что методологические исследования составляют важнейший компонент системы науки, выявление которого позволяет интенсифицировать внутренние механизмы функционирования научного познания. В настоящее время роль методологии растет не только в естествознании, но и в науках о Земле. Методологическое освоение материала этих наук необходимо для совершенствования познавательных средств конкретного научного знания и для восполнения пробелов в научной картине мира.

Освоение геологической наукой диалектики как всеобщего и универсального метода познания и преобразования действительности необходимо прежде всего для успешного развития самой геологической науки, особенно в условиях теоретизации и внедрения новых методов. Именно этими обстоятельствами определяется актуальность рассматриваемого в работе круга проблем.

Основная цель работы показать роль основных законов диалектики в построении теоретической концепции расширяющейся и пульсирующей Вселенной и в том числе Земли; выявить и проанализировать проблемы времени (цикл, цикличность) и структуры процессов развития материи, в том числе геологических и виде геологической форме движения материи, которая является основой появления биологической формы движения материи.

2. Методы исследования

В основу работы положены, прежде всего, результаты тематических и научно-исследовательских работ, проведенных в пределах Казахстана (в лабораториях Института геологических наук им. К.И. Сатпаева в 1971-1995, 2008-2011 гг. и в настоящее время) и критическое осмысление многочисленных публикаций по геологии и металлогении Казахстана и других регионов мира последних 20-30 лет. Настоящая публикация является логическим продолжением этих научно-исследовательских работ, а оценку настоящей статьи надеюсь даст современное подрастающее поколение ученых геологов.

Идейно-теоретической и методологической основой исследования являются труды классиков философии и работы современных философов - Ж.М. Абдильдина, М.И. Баканидзе, Г.С. Батищева, А.А. Ивакина, Э.В. Ильенкова, Б.М. Кедрова, П.В. Копнина, В.А. Лекторского, Л.К. Науменко, А.Н. Нысанбаева, К.Х. Рахматуллина, М.М. Розенталя, Г.А. Югая и других.

Научной базой исследования являлись труды геологов, физиков и философов, посвятивших свои работы философским и методологическим вопросам геологии и космологии - Х. Альвена, В.А. Амбарцумяна, И.В. Батюшковой, М.Г. Бергера, М.И. Боровикова, В.М. Букановского, Н.Б. Вассоевича, В.И. Вернадского, А.П. Виноградова, Ю.А. Воронина, Б.П. Высоцкого, В.В. Грузы, В.И. Драгунова, Э.Л. Еганова, Я.Б. Зельдовича, И.Ф. Зубкова, А.С. Компанеца, Ю.А. Косыгина, И.В. Крутя, Е.А. Куражковской, Г.П. Леонова, Б.Л. Личкова, Д.А. Логунова, А.М. Мауленова, В.В. Меннера, И.В. Назарова, И.Д. Новикова, В.А. Обручева, В.И. Оноприенко, А.В. Пейве, А.С. Поваренных, В.И. Попова, А. Пуанкаре, Л.В. Пустовалова, Д.В. Рунквиста, Л.Б. Рухина, А.М. Садыкова, Л.И. Салопа, А.А. Саукова, А.В. Сидоренко, В.М. Синицына, К.А. Соловьева, Н.М. Страхова, Ю.П. Турусова, А.Е. Ферсмана, В.Г. Фесенкова, В.Е. Хаина, Н.П. Хераскова, И.П. Шарапова, Н.С. Шатского, И.С. Шкловского, О.Ю. Шмидта, А. Эйнштейна, А.Л. Яншина и других, а также труды геологов А.А. Абдули-

на, А.В. Авдеева, А.Д. Архангельского, Н.А. Афоничева, Г.О. Афанасьева, В.Ф. Беспалова, Ю.А. Билибина, А.А. Богданова, А.А. Борисьяка, Л.И. Боровикова, Б.И. Борсука, Р.А. Борукаева, М. Гораи, Ю.А. Зайцева, В.П. Казаринова, Н.Г. Кассина, М.А. Касымова, А.К. Каюпова, В.Я. Кошкина, П.Н. Кропоткина, Ю.А. Кузнецова, У. Кэри, Г.Ф. Ляпичева, Е.Е. Милановского, А.С. Моница, В.К. Моница, М.В. Муратова, В.Б. Неймана, В.П. Нехорошева, Л.И. Панкуля, А.А. Пронина, Ю.М. Пущаровского, К.И. Сатпаева, Н.С. Сеитова, В.И. Смирнова, С.С. Смирнова, М.М. Тетяева, М.А. Усова, И.И. Чебаненко, А.Е. Шлыгина, Е.Д. Шлыгина, Г. Штилле, А.Д. Щеглова, Г.Н. Щербы и др.

3. Результаты и обсуждение

Геология переживает один из трудных периодов своего развития, характеризующегося резким проявлением разногласий между бесчисленными геотектоническими гипотезами. Вся наша беда состоит в том, что все геологические процессы мы хотим объяснить только с позиций геотектоники, когда она сама является частью геологии. Геотектоника изучает строение и развитие структур земной коры, которые определяются происходящими в ней тектоническими движениями или механическими процессами, вызванными геологическими процессами или геологической формы движения материи. В этом смысле можно геотектонику назвать механикой геологии, а не ее философией. Поэтому мы должны в первую очередь искать причины геологических процессов, а не геотектонических преобразований структур земной коры. Хотя давно ясно, что геотектонические движения происходят как растяжение и сжатие, до сих пор идут споры, что является главным сжатие или растяжение. Поэтому теория расширения, сформулированная Хеттоном, сменяется победным шествием контракционизма, заменившего общее понятие сжатия Земли стяжением ее коры в форме складчатости. Однако теория расширения сохраняла свою небольшую струйку во взглядах Меллар-Рида, Ротерплеца и представителей магматической школы, а в настоящее время многие исследователи [2, 3, 4, 10, 16, 17, 19, 30, 31] вновь вернулись к этой теории расширения.

Затем появляется теория Джоли, устанавливающая в истории Земли циклическую смену сжатия растяжением, выраженная в форме прогревания базальтовой постели путем распада радиоактивных элементов, ведущего к общему ее расширению. Последующее ее охлаждение ведет к общему ее сжатию. Эта теория уже ближе к пониманию пульсационного, волнового характера геологических процессов, вытекающего из взаимодействия сжатия и расширения, как конкретных форм общего принципа движения материи в виде притяжения и отталкивания.

Другое резкое противоречие обнаруживается в отношении явлений магматизма и их связи со складчатостью, сформулированное в гипотезе подкорового магматического пояса и лежащей на ней твердой земной коры. Оно выражается механическом воздействии магмы на твердую кору (кратеры поднятия Буха и поздние взгляды магматической школы) или наоборот, в воздействии сокращающейся земной коры (теория контракции), или же в примирении этих противоположностей в теории

изостазии, где земная кора плавает на магме по закону равновесия масс различной плотности. В дальнейшем это представление ведет к разрыву этих частей Земли, где земная кора или ее части (Тейлор, Вегенер и современная теория тектоники плит) приобретают самостоятельное движение от магматического, конвективного и других течений. Вместе с тем в каждой из этих представлений имеется зерно истины, ибо они отражают бессознательно диалектический ход развития Земли, противоречивый в своей сущности.

Вся история геологической науки показывает, что геологическое мышление до сих пор находится в плену формальной логики, которая не в состоянии вскрыть сущность сложных и противоречивых процессов (саморазвития Земли). Поэтому естественно наше обращение к всеобщему методу познания, которому относится диалектический метод. Всеобщность его не в том, что он как бы стоит над специальными методами, а в том, что диалектика в своих законах и категориях отражает наиболее общие закономерности объективной реальности.

Методы исследования, применяемые в геологии, должны включать все три основных типа:

- 1) всеобщие методы, к которым относится диалектический метод;
- 2) особенные (общенаучные) методы, которые используются в ряде наук (эксперимент, наблюдение, гипотезы, моделирование и другие);
- 3) частные методы, применяемые только в отдельной науке. И когда говорят, например, о едином геологическом методе, то имеют в виду именно совокупность методов всех уровней.

Рассматривая современную геологию, можно отметить, что выделить один доминирующий метод довольно затруднительно. Система методов в геологии формировалась стихийно, чисто эмпирическим путем. Сами исследователи, применяя те или иные методы познания, не изучали специально их гносеологические возможности и условия, пределы применимости. Только в последнее время появились работы [8, 9, 12, 13, 14, 15, 26, 27, 29], в которых описывается система методов и анализируются вопросы взаимодействия методов геологического исследования.

По мнению большинства геологов, отнесение геологии к эмпирическому знанию не умаляет ее значение и успехи как основы создания минерально-сырьевых баз государств. Успехи эти действительно громадны, но в то же время на многие важные вопросы современная геологическая наука не может дать определенного, четкого ответа. Хотя накоплен огромный фактический материал по ее различным отраслям, который пока ждет своего теоретического осмысления.

К такому положению геологии полностью подходят слова Ф. Энгельса: "Эмпирическое естествознание накопило такую необъятную массу положительного материала, что в каждой отдельной области исследования стала прямо-таки неустрашимой необходимостью упорядочить этот материал систематически и сообразно его внутренней связи... Но, занявшись этим, естествознание вступает в теоретическую область, а здесь эмпирические методы оказываются бессильными, здесь может оказать помощь только теоретическое мышление" [23].

Важнейшей задачей диалектической логики как науки является раскрытие сущности теории. Однако

невозможно познать сущность теории посредством описания, сравнения, эмпирического обобщения. Многие попытки объяснить, что такое теория, и в настоящее время чаще всего не выходят за рамки эмпирического способа рассмотрения. Авторы этих исследований в основном составляют и сравнивают одну теорию с другой, стараются выделить нечто общее для них и приходят к выводу, что для теории необходимы три группы понятий: исходная система понятий, выводы и связывающая группа понятий. Описав тщательно эти понятия, авторы в дальнейшем переходят к рассмотрению отношения теории к эксперименту, исследуют проблемы интерпретации и т.п., и т.д., опираясь на высказывания виднейших ученых естествоиспытателей (Эйнштейна, Дирака, Мандельштама и других) [1].

Логика диалектическая требует того, чтобы мы шли дальше. Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и “опосредования” [22]. В качестве отличительных черт диалектического рассмотрения предмета В.И. Ленин отмечает исследование его в развитии, “самодвижении”, включение общественной практики и принципа конкретности истины. Эти ленинские идеи дают реальную возможность всесторонне понять такую сложную форму мышления, как теория, научно-теоретическое знание.

В теории факты и эмпирические закономерности выводятся из единого принципа, всеобщих условий объективного конкретного целого. Касаясь этой стороны теории, А. Эйнштейн писал: “1. Охватить по возможности все явления и их взаимосвязь (полнота); 2. Добиваться этого, взяв за основу как можно меньшее логически взаимонезависимых понятий и произвольного соотношения между ними (основных законов или аксиом). Эту цель я буду называть “логической единственностью” [32].

Важнейшими моментами диалектической логики являются определение предметной области и теоретический ее анализ, выявление исходного принципа, проследивание движения теории от всеобщего к особенному и единичному и т.п. [1].

Согласно диалектической философии предметная область вычленяется прежде всего в процессе практической, предметной деятельности. Поэтому при определении предметной области исследования необходимо учитывать и по возможности точно формулировать диалектическое отношение объекта к субъекту.

Что же изучает геология? Перед тем, как ответить на этот вопрос полезно обратиться к известным общим положениям о материи с точки зрения философии. Все, что существует вокруг нас на этом свете - во Вселенной есть одно единое целое. И это единое целое называется материей. Мы люди часть этого единого целого – материи и состоим из одного и того же вещества, как и все остальные части этого единого целого – материи. Материя существует в виде бесконечного разнообразия конкретных объектов и систем, каждая из которых обладает специфическим для нее движением, структурностью, связями и взаимодействиями, пространственно-временными и многими другими общими и частными свойствами.

“Мир есть закономерное движение материи...” - писал В.И. Ленин [20]. В нем нет ничего, кроме движущейся материи, а движущая материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени. ...и он приходит

к единому с Ф. Энгельсом выводу, что “Предмет естествознания - движущая материя, тела. ...изучение этих различных форм движения является главным предметом естествознания” [24].

Между всеми формами движения материи существует тесная взаимосвязь. Она обнаруживается прежде всего в историческом развитии материи и в возникновении высших форм движения на основе относительно низших. Высшие формы движения синтезируют в себе относительно низшие. Так геологические процессы функционируют на основе превращения элементарных частиц, атомных ядер, химических элементов в минералы, горные породы, геологические формации, геосферы, т.е. на основе физических и химических форм движения материи. Данные формы движения материи происходят за счет термоядерных процессов в материальных телах (галактиках, звездах, планетах и ранее прошедшие в малых телах-астероидах). В результате термоядерных реакций происходят теплота, процессы кристаллизации, изменения агрегатных состояний, структурные изменения в твердых телах, жидкостях, газах и плазме, т.е. физико-химические процессы переходят в геологические, связанных с образованием минералов, горных пород, геологических формаций и геосфер в условиях планет. Геологические процессы дали в ходе своего развития начало органическим соединениям, которые привели к возникновению живой природы и мыслящих существ. Через них материя становится способной к познанию законов своего собственного существования и развития.

Из всего сказанного выше с очевидностью вытекает, что предметом геологии являются геологические тела: минералы - горные породы - геологические формации - геосферы - планеты (т.е. конкретная форма развития материи в виде геологической системы) и геологические процессы или геологическая форма движения материи, образующие эти геологические тела. Хотя вокруг иерархии геологических тел и геологической формы движения материи много споров. Одни считают, что геологическая форма движения материи существует, другие отрицают эту форму движения материи, но и они признают геологическую систему как определенную форму развития материи [6, 7, 11, 18, 25, 28]. Если так, то существование геологической формы движения материи логично и, наконец, закономерно [9].

Теперь перейдем в суть предмета геологии. Действительно очень хорошо подметил А.А. Ивакин, что “Среди всех вещей и явлений геологии есть одна особенная, с процесса освоения и осознания которой нам представляется, и ведет отсчет времени наука, это - полезное ископаемое... диалектика освоения и познания полезного ископаемого с самого начала заключалась в следующем. Для того чтобы получить свою субъективную выгоду, извлечь из ископаемого его “полезность” человек вынужден был познавать его объективные свойства [7].

По отношению к полезному ископаемому действительным и реальным объектом является не отдельный минерал, даже горная порода и геологическая формация, а литосфера в целом. Отсюда вопрос ставится более определенно: что является основанием литосферы? Основанием литосферы является геологические процессы или геологическая форма движения материи. Итак, субстанцией полезного ископаемого является геологическая форма движения материи. Все другие определенности

полезного ископаемого, например, приуроченность к тем или иным типам структур, осадконакопления, магматизма, метаморфизма, вполне объяснимы, исходя из геологической формы движения материи.

В конечном счете главным предметом изучения геологии в практическом отношении является полезные ископаемые, а в теоретическом – геологические тела: минералы, горные породы, геологические формации, геосферы и сами планеты и характерная для них геологическая форма движения материи (геологические процессы), происходящая, как: растяжение и сжатие тектонических движений, эффузивный и интрузивный магматизм, морское и континентальное осадконакопление и фемическая и сиаллическая металлогения.

Однако, как показывает анализ методологических особенностей крупных этапов развития геологии, до сих пор не определена сущность геологических процессов или геологической формы движения материи. Что лежит в основе геологических процессов или геологической формы движения материи – сжатие или растяжение – вот основной момент, проходящий красной нитью через всю историю геотектонических гипотез, а не геологических. Следовательно, чтобы понять ход геологических процессов и формы их проявления, мы все это должны рассмотреть на основе представления об общем ходе развития Земли через призму диалектики, так как ее предметом являются всеобщие законы природы, общества и мышления. Эти всеобщие законы не непосредственно извлекаются из природы и общества, а разработаны как законы мышления, выявленные в процессе практической деятельности и всей истории познания.

Эта ключевая исходная установка, определяющая специфику диалектической формы материализма, нашла свое выражение в известных словах В.И. Ленина: “...всеобщий принцип развития надо соединить, совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи и т.д.” [21].

Диалектика фиксирует наличие всеобщей связи явлений действительности, общность свойств и закономерностей разных материальных процессов, наличие единого основания у разнородных явлений, единство строения различных видов материи. Следует, однако, подчеркнуть, что материальное единство мира как диалектическое единство многообразия проявляется двояко. Во-первых, как своеобразная дискретность строения объективной действительности, т.е. наличие в ней качественно различных, отграниченных друг от друга вещей, явлений, процессов, систем; во-вторых, как иерархические отношения между системами разной степени сложности, организованности, выражающиеся во “включении” менее сложных систем в более сложные, и вместе с тем в не сводимости специфических закономерностей последних к первым. Именно учет этих обстоятельств и лежит в основе диалектического учения о формах движения материи.

Важно подчеркнуть глубоко диалектический характер самого понимания материи, связанного с представлением о многообразии форм ее движения, находящихся в определенном отношении друг к другу. Учение о взаимосвязанных формах движения материи (механической, физической, химической, биологической и социальной), впервые в развернутом виде сформулированное Ф. Энгельсом, является глубоким философским обобщением

достижений естественных и социальных наук того времени. Достижения современной науки позволяют сейчас, с одной стороны, сделать новые обобщения, а с другой – более дифференцированно подойти к пониманию тех или иных форм движения материи.

За последнее столетие наукой было открыто много новых форм движения в микромире: движения и превращения элементарных частиц, процессы в атомных ядрах. Следует указать на формы движения в макроскопических телах: теплота, процессы кристаллизации, изменения агрегатных состояний, структурные изменения в твердых телах, жидкостях, газах и плазме. Геологические процессы или геологическая форма движения материи включает в себя весь этот комплекс с образованием геологических тел (минералов, горных пород, геологических формаций, геосфер) в планетных условиях. В звездах проявляются такие формы движения, как самоподдерживающиеся термоядерные процессы с образованием химических элементов. В масштабах мегамира мы являемся свидетелями расширения Вселенной, которое является отдельным этапом ее формы движения. На каждом структурном уровне материи проявляются свои формы движения и функционирования соответствующих материальных систем.

Между всеми формами движения материи существует тесная взаимосвязь. Она обнаруживается прежде всего в историческом развитии материи и возникновении высших форм движения на основе относительно низших. Так, геологическая форма движения материи возникла на основе развития физической и химической форм движения материи, а сама она явилась основой появления биологической формы движения материи.

Таким образом на основные формы движения материи, выделенных Ф. Энгельсом добавляется и геологическая форма движения материи, являющейся фундаментом для появления биологической формы движения материи. И основные формы движения материи теперь выглядит следующим образом: *механическая, физическая, химическая, геологическая, биологическая, общественная и процессы мышления*.

Познание взаимоотношения форм движения имеет большое методологическое значение для раскрытия материального единства мира, особенностей исторического развития материи. Процесс познания материи в значительной мере совпадает с исследованием форм ее движения, и если бы мы полностью познали движение, то мы поняли бы материю во всех ее проявлениях. Но этот процесс бесконечен.

Однако сам принцип, лежащий в основе диалектической концепции форм движения материи, не только выдержал проверку временем, но и обнаружил исключительную плодотворность в плане развития научно-теоретического знания. Речь идет о понимании диалектики перехода от низших к более высоким формам организации, построения сложных систем из более простых как из своих элементов и компонентов, координации и субординации различных типов взаимодействия в составе сложно организованного целого. Иными словами, речь идет о развитии материи.

В свете сказанного становится ясным, насколько важно дальнейшая разработка теории развития на философском, мировоззренческом и методологическом уровне. Законы и категории диалектики в своей системе,

взаимосвязи воспроизводят всеобщие характеристики объективно совершающихся процессов развития и вместе с тем служат для исследователя таким методологическим ориентиром, который позволяет наметить пути разработки специально-научных теорий, способных адекватно воспроизвести процессы, происходящие в сложноорганизованных саморазвивающихся системах.

А какова сущность геологической формы движения материи? Главным в любых процессах развития материи является вопрос об их источниках и движущих силах. Существуют различные взгляды и подходы к принципу развития материи. Диалектическая концепция развития состоит в том, что развитие понимается не просто количественный рост (уменьшение или увеличение) материи, а как качественный переход старого в новое, развитие как единство и противоположность.

Согласно Ф. Энгельсу, в развитии материи взаимодействующими или борющимися сторонами противоречия являются притяжение (гравитация) и отталкивание (энергия или тепло). Ведь еще Кант рассматривал материю как единство притяжения и отталкивания. Но развитие возможно в том случае, если одна из сторон противоположностей преобладает над другой. В настоящее время в развитии материи отталкивание (энергия) преобладает над гравитацией. Этому свидетельство - расширяющаяся Вселенная и все формы движения материи, происходящие в материальных телах такие, как физическая, химическая, геологическая (геологические процессы), биологическая, социальная, а также процессы мышления.

Сегодня идея развития Вселенной является вполне естественным научным фактом, всесторонне обоснованным многочисленными астрофизическими наблюдениями и имеющим под собой прочный теоретический базис. А. Эйнштейном была создана Общая теория относительности, которая является теоретическим фундаментом науки о строении Вселенной - космологии.

Началом современного этапа развития космологии являются работы А.А. Фридмана (1922-1924гг.). На основе теории А. Эйнштейна он построил математические модели движения вещества во всей Вселенной под действием сил тяготения. А.А. Фридман доказал, что вещество Вселенной не может находиться в покое - Вселенная не может быть стационарной: она должна либо расширяться, либо сжиматься, и, следовательно, плотность вещества во Вселенной должна либо уменьшаться, либо увеличиваться. Этот вывод Фридмана не сразу был понят и принят даже наиболее передовыми умами человечества. В 1929 г. американский астроном Э. Хаббл с помощью астрофизических наблюдений открыл расширение окружающего нас мира галактик, открыл расширение Вселенной, подтверждающее правильность выводов А.А. Фридмана.

А что было до расширения Вселенной? Из математических моделей А. А. Фридмана вытекает очевидный вывод, что Вселенная была в условиях сжатия или как говорят в сингулярном состоянии. В сингулярном состоянии вещество Вселенной (материя) не могло бесконечно находиться, и оно взрывается, переходя в условия расширения. В результате Большого взрыва во Вселенной образовались галактики. Сегодня Большой взрыв - общепринятая космологическая модель, описывающая раннее развитие Вселенной, а именно - начало ее расши-

рения, перед которым она находилась в сингулярном и горячем состоянии. Возраст взрыва или начало расширения Вселенной считается порядка 15-20 млрд лет. Возраст нашего Солнца порядка 5,5 млрд лет, и оно образовалось в результате взрыва очередной «сверхновой» звезды и в это же время образовались все планеты и астероиды вокруг него.

Гравитация в развитии материи ответственна за образование материальных сгустков (метеоритов, планет, планетных систем, звезд, звездных систем, галактик, систем галактик в частности и Вселенной в целом) и их пространственно-временное перемещение относительно друг друга. И в материальных телах изменение и развитие происходит циклически потому, что они перемещаются в пространстве и времени не по прямой линии, а по геодезическим линиям или по эллиптическим орбитам с возвратом к пройденным состояниям. Так, при возвращении материальных тел к одним и тем же точкам орбит происходит определенные временные интервалы, так что орбита не замкнута. Поэтому развитие материи происходит в целом по спирали, а в частности по кругу - циклически. И в этом значении в диалектической теории развития материи употребляется термин «спиралевидность» и «цикличность». Время прохождения материальных тел (материи) одних и тех же точек своих пространственных перемещений есть и *цикл* их развития.

Энергия же - внутренняя активность материи направлена на ее изменение. Преобладание отталкивания (энергии) над притяжением (гравитацией) в настоящее время мы наблюдаем в виде термоядерных процессов в недрах нашего центрального светила Солнца и других звезд, геологических процессов на Земле и др. планет.

Пространственное (механическое) перемещение материальных тел является развитием постольку, поскольку в нем в снятом виде сохраняется изменение во времени. Например, суточные, сезонные и годовые циклы развития органического и неорганического мира на Земле создаются именно пространственным перемещением Земли вокруг своей оси и вокруг Солнца. Что касается геологических процессов, то они протекают также по спирали и циклически благодаря пространственному перемещению Земли в составе Солнечной системы относительно центра нашей Галактики, делающей один оборот через каждый 176 млн. лет или галактический год. Потому-то и эмпирически установленная средняя длительность геологического цикла равна 175 (150-200) млн. лет, а не другим значениям и геологические процессы происходят циклически в определенные геологические циклы, такие, как ... каледонский, герцинский, киммерийский, альпийский (продолжающийся) [2].

А само развитие геологических тел и самой Земли идет как геологическая форма движения материи в виде пульсации и циклически в определенные временные интервалы-циклы от того, что при пространственном перемещении Земля в составе Солнечной системы в нашей Галактике, то приближается, то отдаляется от центра галактической орбиты вращения и изменяется значение гравитации, влияющее на энергетическую активность недр планеты. Потому и геологические процессы или геологическая форма движения материи происходят пульсациями то усиливаясь, то ослабляясь в виде растяжения и сжатия тектонических движений, интрузивного и эффузивного магматизма, морского и конти-

нентального осадконакопления и т.д. при общем расширении Земли.

А взаимодействие – связь между гравитацией и энергией А. Эйнштейн выразил формулой $E = mc^2$ или $E - mc^2 = 0$, которая является сутью существования материи (где, E - энергия, m - масса, отталкивание-гравитация; c – скорость излучения энергии, равная скорости света). Кроме того, наблюдаемый факт говорит о том, что *движущей силой* в развитии материи в настоящее время является преобладание отталкивания над притяжением $E - mc^2 > 0$. Это, например, эволюции метеоритов, астероидов, Земли и остальных планет, Солнца и других звезд, нашей Галактики и др. галактик ... и Вселенной в целом.

4. Выводы

Геологическая форма движения материи также является результатом взаимодействия (борьбы) притяжения (гравитации) и отталкивания (внутреннего тепла планеты или энергии ее недр) при непереносимом преобладании энергии недр планеты над притяжением. Именно преобладание отталкивания над притяжением является движущей силой геологической формы движения материи, когда источником ее развития является противоречие между притяжением и отталкиванием. Доминирование эндогенной энергии недр планет и дает направление геологическим процессам. Образование минералов, горных пород, геологических формаций, литосферы и других геосфер планет происходит за счет саморазвития собственного вещества, т.е. за счет собственного материала - роста (расширения) планет. Планеты, как живой организм, дышат (пульсируют) и растут [9].

Таким образом, в настоящее время в развитии материи выделяются следующие основные формы движения: *механическая (пространственное перемещения материи), физическая, химическая, геологическая, биологическая, социальная и процессы мышления.*

Подводя итог всему вышеизложенному можно сказать, что материя развивается *в результате расширения за счет собственного роста и при пульсирующем характере, происходящих в ней процессов.* И наша Земля также развивается *в результате расширения при пульсирующем характере геологических процессов такие, как: растяжение и сжатие тектонических движений, эффузивный и интрузивный магматизм, морское и континентальное осадконакопление, фемическая и сиалическая металлогения.*

Живой организм и мы люди в том числе существуем также, что растем и дышим, как и вся расширяющаяся и пульсирующая материя в целом. В этом и состоит всеобщее единство и развитие всего сущего, т.е. *материи.*

Литература / References

- [1] Abdil'din, Zh.M., Nysanbaev, A.N. (1973). Dialektiko-logicheskie principy postroeniya teorii. *Alma-Ata: Nauka KazSSR*
- [2] Blinov, V.F. (1973). O probleme vozmozhnogo rosta Zemli. *Geofiz. sb. AN USSR*, (54), 85-93
- [3] Blinov, V.F. (1977). Rasshirenije Zemli ili novaja global'naja tektonika. *Geofiz.sb.AN USSR*, (80), 76-85
- [4] Gorai, M. (1984). Jevoljucija rasshirjajushhejsja Zemli. *M.: Nedra*

- [5] Gruza, V.V. (1977). Metodologicheskie problemy geologii. *L.: Nedra*
- [6] Zubkov, I.F. (1979). Problemy geologicheskoy formy dvizhenija materii. *M.: Nauka*
- [7] Ivakin, A.A. (1979). Rol' principov dialektiki v geologicheskom poznanii. *Alma-Ata: Nauka KazSSR*
- [8] Idyryshev, R.B. (1985). Rol' zakonov materialisticheskoy dialektiki v opredelenii predmeta geologii. *Alma-Ata: Nauka KazSSR*
- [9] Idyryshev, R.B. (1990). Sushhnost' geologicheskikh processov s pozicii materialisticheskoy dialektiki. *Izvestiya AN KazSSR, Seriya Geologia*, (3), 87-90
- [10] Kaz'min, V.G. (1975). Jepohi riftogeneza i nekotorye voprosy proishozhdenija riftovyh struktur. *Geologija i geofizika*, (9), 3-12
- [11] Kedrov, B.M. (1963). O geologicheskoy forme dvizhenija v svyazi s drugimi ego formami. *M.: Nauka*
- [12] Krut', I.V. (1973). Issledovaniya osnovanij teoreticheskoy geologii. *M.: Nauka*
- [13] Krut', I.V. (1978). Vvedenie v obshhuju teoriju Zemli. Urovni organizacii geosistem. *M.: Mysl'*
- [14] Kurazhkovskaja, E.A. (1971). Geologicheskaja material'naja sistema i zakonomernosti ee razvitija. *M.: Znanie*
- [15] Kurazhkovskaja, E.A. & Furmanov, G.Ja. (1975). Filosofskie problemy geologii. *M.: Izdatel'stvo MGU*
- [16] Kjeri, U.S. (1991). V poiskah zakonomernostej razvitija Zemli i Vselennoj. Istorija dogm v naukah o zemle. *M.: Mir*
- [17] Larin, V.N. (1980). Gipoteza iznachal'no gidridnoj Zemli (2nd edition). *M.: Nedra*
- [18] Levchenko, V.A. (1979). Tektonicheskaja jevoljucija Meksikano-Karibskogo regiona kak rezul'tat rasshirenija zemli. *M.: Nauka*
- [19] Lektorskij, V.A. (1980). Sub`ekt, poznanie. *M.: Nauka*
- [20] Lenin, V.I. (1909). Polnoe sobranie sochinenii. V.18
- [21] Lenin, V.I. (1914). Polnoe sobranie sochinenii. V.29
- [22] Lenin, V.I. (1920). Polnoe sobranie sochinenii. V.42
- [23] Marks, K., Jengel's F. Sochinenie. V.20
- [24] Marks, K., Jengel's F. Sochinenie (2nd edition). V.32
- [25] Muratov, M.V. (1975). Proishozhdenie materikov i okeanicheskikh vpadin. *M.: Nauka*
- [26] Nazarov, I.V. (1967). O specifikе protivorechij v geologicheskikh processah. V kn: Dialekticheskie protivorechija v prirode. *M.: Nauka*
- [27] Onoprienko, V.I. (1981). Priroda geologicheskogo issledovaniya. *Kiev: Naukova dumka*
- [28] Seitov, N.S. (1992). Tektonika plit: vozmozhnye istoki i osobennosti projavlenija. *Alma-Ata: Gylym*
- [29] Simakov, K.V. (1975). Znachenie koncepcii geologicheskoy formy dvizhenija dlja sovershenstvovaniya teoretiko-poznavatel'nogo apparata stratigrafii. V kn.: Metodologicheskie problemy geologii. *Kiev: Naukova dumka*
- [30] Chudinov, Ju.V. (1976). Rasshirenije Zemli kak al'ternativa novoj global'noj tektoniki. *Geotektonika*
- [31] Chudinov, Ju.V. (1981). Rasshirenije Zemli i tektonicheskie dvizhenija: o napravlenii dvizhenij v okrainno-okeanicheskikh zonah. *Geotektonika*
- Jejnshtejn, A. (1966). Sobranie nauchnyh trudov. *M.: Nauka.*

Диалектика және теоретикалық геология

Р.Б. Идырышев*

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: rahmetolla13@mail.ru

Андатпа. Мақалада теоретикалық геологияның қалыптасуына диалектиканың рөлі көрсетілген. Материяның геологиялық форма қозғалысы жеке бөлінген. Жалпы материя қозғалысы мен материяның геологиялық форма қозғалысы циклді және материяның өсуі мен материяда өтетін процесстердің бүлдеуі арқылы белгілі циклдерде жүретіндігі айқындалған.

Негізгі сөздер: материя, Ғалам, диалектика, геология, қозғалыс, даму, тартылыс, қуат.

Диалектика и теоретическая геология

Р.Б. Идырышев*

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: rahmetolla13@mail.ru

Аннотация. В статье автором показана роль диалектики в формировании теоретической геологии. Выделена отдельно геологическая форма движения. Определено, что движение материи в целом и геологической формы движения материи происходит циклически и за счет расширения (разуплотнения) самой материи и при пульсирующем характере происходящих в ней процессов в определенные циклы.

Ключевые слова: материя, Вселенная, диалектика, геология, движение, развитие, гравитация, энергия.

CONTENTS

<i>Shevko V.M., Mambetali A.M., Karataeva G.E., Lavrov B.A.</i> PRODUCTION OF FERROALLOYS FROM CARBONACEOUS ROCK WITH REPLACEMENT OF STEEL CHIPS WITH MAGNETITE.....	5
<i>Dosmukhamedov N.K., Zholdasbay E.E., Icheva Yu.B.</i> KEY ASPECTS OF THE EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGY FOR CLEANING WASTE GASES OF THERMAL POWER PLANTS FROM SO ₂ , NO _x , CO ₂ AND PRACTICAL RECOMMENDATIONS FOR ITS IMPLEMENTATION.....	11
<i>Makhambetov Ye.N., Abdirashit A.M., Kuatbay Ye.K., Yucel O., Tazhiyev Ye.B.</i> RESEARCH OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF CHARGE MATERIALS FOR SMELTING A COMPLEX ALLOY OF ALUMINOSILICOMANGANESE.....	15
<i>Utesheva A.A., Jumadilov T.K., Grazulevicius J.V.</i> SELF-ORGANIZATION OF INTERPOLYMER SYSTEMS WITH HIGH SORPTION ACTIVITY TO URANYL IONS.....	22
<i>Yensepbayev T.A., Cathelineau M., Baymaganbetov B., Nurmaganbetova L.A.</i> THERMOBARIC CHARACTERISTICS OF FLUID INCLUSIONS IN SUBSALT ROCKS OF THE EAST OF PRECASPIAN SYNECLISE AND THE PRE-URAL OF AKTOBE.....	28
<i>Bekbotayeva A., Baibatsha A., Shikhov D., Baisalova A., Omarova G., Duchmal-Chernikevich A.</i> PETROGRAPHY OF SECONDARY QUARTZITES AT THE ALKAMERGEN DEPOSIT (PAVLODAR REGION).....	34
<i>Idyryshev R.B.</i> DIALECTICS AND THEORETICAL GEOLOGY.....	39

МАЗМҰНЫ

<i>Шевко В.М., Мамбетали А.М., Каратаева Г.Е., Лавров Б.А.</i> БОЛАТ ЖОҢҚАЛАРДЫ МАГНЕТИТКЕ АУЫСТЫРА ОТЫРЫП, КӨМІРЛІ ЖЫНЫСТАРДАН ФЕРРОҚОРЫТПАЛАР АЛУ.....	5
<i>Досмұхамедов Н.Қ., Жолдасбай Е.Е., Ичева Ю.Б.</i> ЖЭС ШЫҒАТЫН ГАЗДАРДЫ SO ₂ , NO _x , CO ₂ ТАЗARTU ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ НЕГІЗГІ АСПЕКТІЛЕРІ ЖӘНЕ ОНЫ ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ БОЙЫНША ПРАКТИКАЛЫҚ ҰСЫНЫСТАР.....	11
<i>Махамбетов Е.Н., Әбдірашит А.М., Қуатбай Е.Қ., Yucel O., Тажиев Е.Б.</i> АЛЮМОСИЛИКОМАРГАНЕЦ КЕШЕНДІ ҚОРЫТПАСЫН БАЛҚЫТУҒА АРНАЛҒАН ШИКІҚҰРАМ МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	15
<i>Утешева А.А., Жұмаділов Т.Қ., Гражулявичюс Ю.В.</i> УРАНИЛ ИОНЫНА ЖОҒАРЫ СОРБЦИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ӨЗІН-ӨЗІ ҰЙЫМДАСТЫРУЫ.....	22
<i>Енсенбаев Т.А., Катлино М., Баймагамбетов В., Нурмагамбетова Л.А.</i> КАСПИЙ МАҢЫ СИНЕКЛИЗИНІҢ ШЫҒЫСЫ ЖӘНЕ АҚТӨБЕ ОРАЛ ӨңІРІ ТҰЗАСТЫ ЖЫНЫСТАРДАҒЫ СҰЙЫҚ ҚОСЫНДЫЛАРДЫҢ ПАЛЕОТЕРМОБАРИЯЛЫҚ РЕЖИМДЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ.....	28
<i>Бекботаева А., Байбатша Ә., Шихов Д., Байсалова А., Омарова Г., Дучмал-Черникевич А.</i> АЛҚАМЕРГЕН КЕНОРНЫ ТУЫНДЫ КВАРЦИТТЕРІНІҢ ПЕТРОГРАФИЯСЫ (ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫ).....	34
<i>Идырышев Р.Б.</i> ДИАЛЕКТИКА ЖӘНЕ ТЕОРЕТИКАЛЫҚ ГЕОЛОГИЯ.....	39

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Шевко В.М., Мамбетали А.М., Каратаева Г.Е., Лавров Б.А.</i> ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРРОСПЛАВОВ ИЗ УГЛИСТОЙ ПОРОДЫ С ЗАМЕНОЙ СТАЛЬНОЙ СТРУЖКИ НА МАГНЕТИТ.....	5
<i>Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Ичева Ю.Б.</i> КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ ТЭЦ от SO ₂ , NO _x , CO ₂ И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЕЕ РЕАЛИЗАЦИИ.....	11
<i>Махамбетов Е.Н., Эбдірашит А.М., Қуатбай Е.Қ., Yucel O., Тажиев Е.Б.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ КОМПЛЕКСНОГО СПЛАВА АЛЮМОСИЛИКОМАРГАНЕЦ.....	15
<i>Утешева А.А., Джумадилов Т.К., Гражулявичюс Ю.В.</i> САМООРГАНИЗАЦИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ С ВЫСОКОЙ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТЬЮ К ИОНАМ УРАНИЛА.....	22
<i>Енсенбаев Т.А., Катлино М., Баймагамбетов В., Нурмагамбетова Л.А.</i> ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЛЕОТЕРМОБАРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОДСОЛЕВЫХ ПОРОДАХ ВОСТОКА ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ И АКТЮБИНСКОГО ПРИУРАЛЬЯ.....	28
<i>Бекботаева А., Байбатица А., Шихов Д., Байсалова А., Омарова Г., Дучмал-Черникович А.</i> ПЕТРОГРАФИЯ ВТОРИЧНЫХ КВАРЦИТОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АЛКАМЕРГЕН (ПАВЛОДАРСКАЯ ОБЛАСТЬ).....	34
<i>Идырышев Р.Б.</i> ДИАЛЕКТИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЯ.....	39

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан
№ KZ22VPY00030188 от 15.12.2020г.

Официальный сайт: <https://vestnik.satbayev.university/index.php/journal/>

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева,
22 тел.: 292-63-46