



НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ■ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

Д. Серікбаев
атындағы
Шығыс Қазақстан
мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского
государственного технического
университета
имени
Д. Серикбаева

3

Регистрационный № 145-ж

№ 3 (73), сентябрь, 2016

Основан в 1998 году

Выходит 4 раза в год

Ғылыми журнал

Д. Серікбаев атындағы
Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық
университетінің

ХАБАРШЫСЫ



ВЕСТНИК

Восточно-Казахстанского государственного
технического университета
им. Д. Серикбаева

Научный журнал



Бас редакторы - Главный редактор

Ж.К. Шаймарданов

ректор, профессор

Редакция алқасы - Редакционная коллегия:

Заместитель главного редактора:

О.Д. Гавриленко, канд. геол.-мин. н.

Ответственный секретарь - О.Н. Николаенко

Члены коллегии:

А.К. Адрышев, д-р техн. н., проф.,

А.Н. Алексеенко, д-р ист. н., проф.,

Д.Л. Алонцева, канд. физ.-мат. наук, проф.,

Ю.В. Баталов, д-р экон.н., проф.,

Ю.А. Веригин, д-р техн. н., проф.,

Б.А. Дьячков, д-р геол.-мин. н., проф.,

М.В. Дудкин, д-р техн. наук, проф.,

А.В. Егорина, д-р геогр. наук, проф.,

С.А. Жуманазар, канд. экон. наук, доц.,

Т.Т. Ипалаков, д-р техн. н., проф.,

А.И. Квасов, д-р техн. н., проф.,

Е.А. Колос, д-р экон. наук, доц.,

В.П. Колпакова, д-р техн. наук, доц.,

Ж.О. Кульсеитов, д-р техн. н., проф.,

В.Х. Кумыков, д-р техн. н., проф.,

Н.П. Малышев, канд. экон. н., проф.,

О.А. Манцуров, полковник,

Ж.Д. Назбиев, д-р. филол. н., проф.,

С.В. Плотников, д-р физ.-мат. н., проф.,

А.Д. Погребняк, д-р физ.-мат. наук, проф.,

М.К. Скаков, д-р физ.-мат. н., проф.,

Б.В. Сырнев, д-р техн. н., проф.,

А.К. Томилин, д-р физ.-мат. н., проф.,

Е.М. Турганбаев, канд. физ.-мат. н., Dr. PhD.,

С.Д. Тыныбекова, д-р пед. н., проф.

Н.Г. Хисамиев, д-р физ.-мат. н., проф.,

В.Ю. Чернавин, канд. техн. н, проф.,

Ю.Н. Шапошник, д-р техн. н., проф.

ISSN 1561- 4212

© Восточно-Казахстанский
государственный технический
университет им. Д. Серикбаева,
2016



УДК 669.715

Г.Б. Копбалина, М. Жуманбаева, А.М. Достоева, Д.У. Смагулов

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПРОЧНЕНИЕ
НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL-ZR-SI**

Удельное электрическое сопротивление (ρ) относится к наиболее структурно чувствительным характеристикам материалов. Так, любое легирование в той или иной степени приводит к повышению (ρ), что существенно ограничивает выбор легирующих элементов при создании новых проводниковых материалов с повышенной прочностью и термостойкостью [1]. Однако при одновременной оптимизации химического состава и режимов термической и деформационной обработки возможно добиться практически незначительного влияния легирующих элементов на значения удельного электрического сопротивления (ρ) [2]. Примером такого управления структурой и свойствами являются проводниковые Al-Zr сплавы [3-6]. Так, при содержании циркония в алюминиевом твердом растворе (далее (Al)) литой заготовки на уровне 0,25% Zr существенно повышаются значения (ρ) до 31,5 мкОм·мм против 27,8 мкОм·мм для электротехнического алюминия (типа А5Е) [1, 2, 5]. При дальнейшей термодиформационной обработке Al-Zr сплавов (при получении катанки и проволоки) конечные значения (ρ) могут быть снижены практически до уровня нелегированного алюминия (в частности, на проволоке значения (ρ) составляют 28,3 мкОм·мм [7]), что обусловлено снижением концентрации циркония в (Al) и формированием в процессе отжига наночастиц фазы $L1_2$ (Al_3Zr) [8, 9]. Однако это требует применения ступенчатых нагревов [10] или длительных выдержек, которые могут достигать сотни часов [7].

Известно, что добавка кремния в Al-Zr сплавы в той или иной степени способна существенно ускорить распад пересыщенного цирконием (Al) [11, 12]. Так, согласно результатам работы [10], полученным на проволоке, добавка Si в количестве около 0,2% способствует снижению величины (ρ). С другой стороны, в алюминии электротехнических марок (типа А5Е) этот элемент строго ограничен и содержится на уровне примеси, поскольку (ρ) в первую очередь зависит от концентрации элементов в (Al) [1]. Поэтому добавка кремния требует особого внимания для оптимизации фазового состава термостойких сплавов, легированных цирконием. Для этого в общем случае требуется анализ системы Al-Zr-Si, что и определило задачи данной работы:

1) изучить влияние отжига на электросопротивление и упрочнение слитков низколегированных сплавов системы Al-Zr-Si;

2) на основе полученных данных выявить возможность оптимизации, как состава сплава (т. е. концентраций Zr и Si), так и режима отжига литой заготовки.

Основными объектами исследования были слитки 7 алюминиевых сплавов системы Al-Zr-Si, приготовленных на алюминии марки А99 (ГОСТ 11069-2011). Алюминий данной марки выполнял также функцию эталона. Экспериментальные сплавы готовили в электрической печи сопротивления в графитошамотном тигле. Цирконий вводили в виде лигатуры Al-10%Zr (ГОСТ 53777-2010), а кремний - в виде марочного сплава АК12пч

(ГОСТ 1583-93). Плоские слитки с размерами 15х60х180 мм получали литьем в графитовую изложницу (рис. 1).

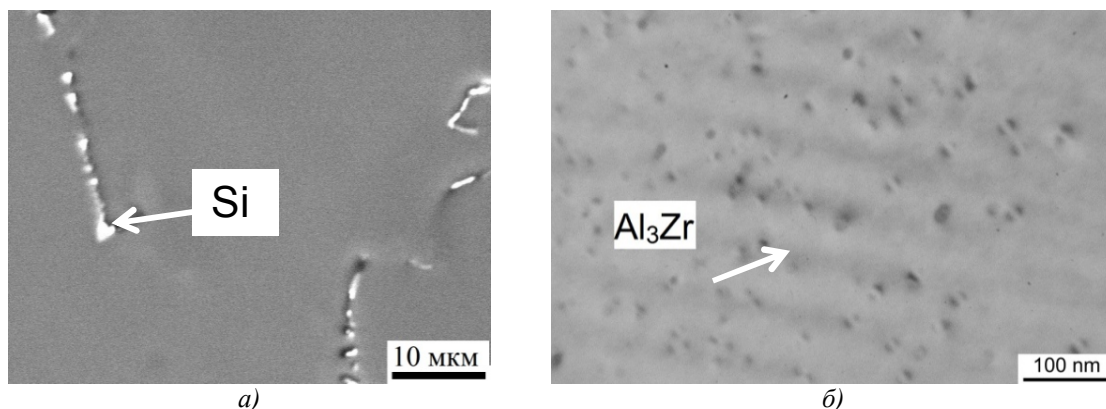


Рисунок 1 - Микроструктура сплава 30Z030S (см. табл. 1) а - литое состояние, СМ; Б - режим S450 (см. табл. 2), ПЭМ

Из центральных частей слитков были вырезаны темплеты (шириной ~30 мм), которые и были предметом изучения. Анализ химического состава проводили на эмиссионном спектрометре ARL 4460, результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав экспериментальных сплавов системы Al–Zr–Si

Сплав		Концентрация, масс. %			
№	Обозначение	Zr	Si	Fe	Al
1	00Z00S	<0,001	0,023	<0,001	Основа
2	16Z04S	0,156	0,043	0,020	Основа
3	37Z04S	0,367	0,042	0,038	Основа
4	00Z20S	<0,001	0,200	<0,001	Основа
5	00Z41S	<0,001	0,414	0,002	Основа
6	16Z26S	0,155	0,264	0,019	Основа
7	15Z44S	0,148	0,437	0,020	Основа
8	30Z30S	0,303	0,296	0,040	Основа

Как видно из табл. 1, максимальная концентрация циркония составляет около 0,4%, что близко к предельной концентрации этого элемента в проводниковых сплавах, получаемых в промышленных условиях (в частности, способом непрерывного литья и прокатки) [3-5]. Максимальную концентрацию кремния выбирали с учетом полной растворимости этого элемента в (Al) при 450 °С. Рассматривали как двойные (16Z04S, 37Z04S, 00Z20S и 00Z41S), так и тройные (16Z26S, 15Z44S и 30Z30S) сплавы. Первые позволяли выявить отдельные эффекты от циркония и кремния, а вторые позволяли проанализировать их суммарный эффект при совместном введении (в сравнении с двойными сплавами).

Отжиг темплетов проводили по многоступенчатым режимам в интервале температур от 200 до 550 °С с шагом 50 или 25 °С и 3-часовой выдержкой на каждой ступени (табл. 2). Для каждого режима измеряли удельную электрическую проводимость (Ω) и для боль-

шинства режимов твердость по Бринеллю. Значения (Ω) определяли на темплетях методом вихревых токов на приборе ВЭ-26НП, а затем их пересчитывали в (ρ), поскольку удельное электросопротивление представляет собой величину, обратную удельной электропроводимости. Твердость по Бринеллю (ГОСТ 9012-59) определяли на твердомере Wilson Wolpert 930N при следующих параметрах: шарик - 2,5 мм, нагрузка - 306 Н, время выдержки - 30 с.

Выбор ступенчатых режимов был обусловлен тем, чтобы провести все измерения на одном образце. Такой способ показал хорошее сочетание информативности и экономичности именно применительно к Al-Zr сплавам [2, 10].

Таблица 2

Режимы отжига слитков сплавов системы Al-Zr-Si

Обозначение	Режим отжига
S0	Без отжига (литое состояние)
S200	200 °C, 3 ч
S250	S200 + 250 °C, 3 ч
S300	S250 + 300 °C, 3 ч
S350	S300 + 350 °C, 3 ч
S400	S375 + 400 °C, 3 ч
S450	S425 + 450 °C, 3 ч
S500	S475 + 500 °C, 3 ч
S550	S500 + 550 °C, 3 ч

Микроструктуру литых и термообработанных образцов изучали на световом (СМ) и электронном сканирующем (СЭМ) микроскопах: Axio Observer MAT и JSM-6610LV соответственно. Микроскоп JSM-6610LV укомплектован энергодисперсионной приставкой-микроанализатором INCA SDD X-MAX производства Oxford Instruments и программным обеспечением INCA Energy для проведения микроанализа, построения профилей состава и карт распределения элементов. Объектами исследования служили шлифы, которые вырезались из центральной части литых и термообработанных слитков. Для приготовления шлифов использовали как механическую, так и электролитическую полировку. Для электролитической полировки использовался электролит, содержащий 6 частей C_2H_5OH , 1 часть $HClO_4$ и 1 часть глицерина. Электролитическая полировка проводилась при напряжении 12 В и времени выдержки 30 с.

Для расчета фазового состава сплавов (в частности, концентрации циркония в алюминиевом твердом растворе и объемной доли частиц фазы Al_3Zr) использовали программу Thermo-Calc (база данных TTAL5).

По микроструктуре в литом состоянии экспериментальные сплавы мало отличаются друг от друга, поскольку цирконий при кристаллизации полностью вошел в состав (Al). Некоторое различие обусловлено лишь наличием в Si-содержащих сплавах прожилок кремниевой фазы, которые образовались в результате неравновесной эвтектической реакции $L \rightarrow (Al) + (Si)$ (рис. 1,а) [13].

Согласно расчету цирконий и кремний в экспериментальных сплавах могут находиться как в (Al), так и в фазах Al_3Zr и (Si). Количественные значения параметров фазового состава при характерных температурах приведены в табл. 3. Расчет по цирконию проводили для метастабильного равновесия, при котором образуется фаза $L1_2$, которая из-за полного вхождения Zr в (Al) в литом состоянии может сформироваться только как вторичные выделения (рис. 1,б. Влияние температуры на распределение кремния между фазами более

сложное. С одной стороны, при нагреве должен происходить распад пересыщенного (Al), поскольку равновесная растворимость Si в (Al) при температурах ниже 300 °C составляет менее 0,06% (т. е. существенно меньше, чем в сплаве и, вероятно, в (Al) после литья). Очевидно, что распад (Al) должен сопровождаться появлением вторичных выделений кремниевой фазы. С другой стороны, с повышением температуры возрастает равновесная растворимость Si в (Al) (табл. 3). Причем это возрастание может происходить, как за счет вторичных выделений, так и за счет эвтектических включений (рис. 2).

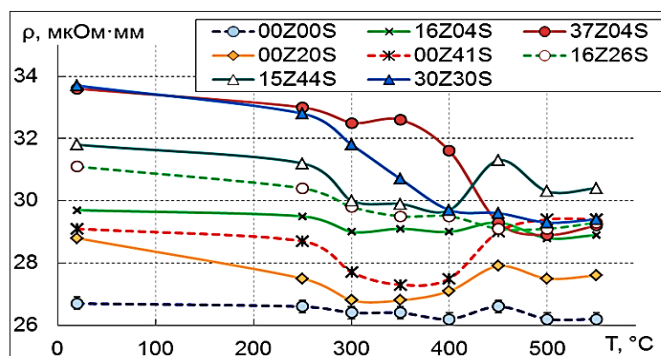


Рисунок 2 - Влияние температуры последней ступени отжига на удельное электросопротивление слитков сплавов системы Al-Zr-Si

Таблица 3

Расчетные параметры фазового состава сплавов системы Al-Zr-Si при характерных температурах (°C)

Обозначение ¹	C _{Zr-Al} , масс. % ²		C _{Si-Al} , масс. % ³		Q _{Al₃Zr} , масс. % ⁴		Q _{Si} , об. % ⁵	
	300	450	300	450	300	450	300	450
00Z00S	-	-	-	-	-	-	-	-
16Z04S	0,037	0,156	0,043	0,043	0,22	-	-	-
37Z04S	0,037	0,212	0,042	0,042	0,62	0,46	-	-
00Z20S	-	-	0,059	0,200	-	-	0,14	-
00Z41S	-	-	0,059	0,414	-	-	0,35	-
16Z26S	0,037	0,155	0,059	0,264	0,22	-	0,21	-
15Z44S	0,037	0,148	0,059	0,437	0,21	-	0,38	-
30Z03S	0,037	0,212	0,059	0,296	0,24	0,17	0,50	-

¹См. табл. 1.

²Концентрация циркония в (Al).

³Концентрация кремния в (Al).

⁴Массовая доля фазы Al₃Zr (L1₂).

⁵Массовая доля фазы (Si).

Следует отметить, что поскольку содержание железа во всех сплавах составляет менее 0,05%, т. е. ниже предела растворимости в (Al), то влиянием этой примеси пренебрегали.

На рис. 3 показаны зависимости удельного электросопротивления от температуры последней ступени отжига. В отличие от чистого алюминия, у которого разброс значений (ρ) сопоставим с экспериментальной погрешностью, у всех сплавов выявляются значимые изменения. Особенно они велики при наличии циркония, в частности у сплава 37Z04S разница составляет $4,4 \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^{-9}$ (или 14%). У сплавов, содержащих только крем-

ний, она не превышает $2,1 \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^{-9}$. При сравнении сплавов, содержащих цирконий с кремнием, и без него видно, что есть влияние кремния.

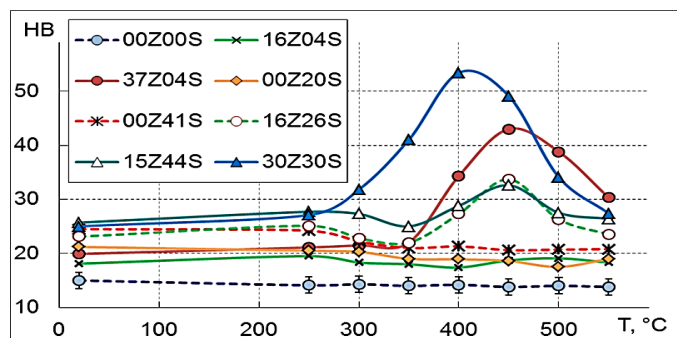


Рисунок 3 - Влияние температуры последней ступени отжига на твердость слитков сплавов системы Al-Zr-Si

Зависимости твердости от температуры последней ступени отжига показывают значительное упрочнение у Zr-содержащих сплавов 37Z04S, 30Z030S и 16Z26S (рис. 4). Как следует из экспериментальных данных, при 3-часовой выдержке заметное упрочнение наблюдается при температурах выше 350 °C, достигая максимума при S400 и S450. Особо следует отметить то, что добавка кремния способствует не только ускорению упрочнения, но и повышению самой величины НВ. В частности, при сравнении сплавов 37Z04S и 30Z030S можно увидеть, что последний при меньшем содержании циркония позволяет достигнуть 53 НВ после отжига S400, в то время как у первого максимальная твердость составляет только 43 НВ (причем после отжига при 450 °C). Это можно объяснить тем, что добавка кремния способствует увеличению количества наночастиц фазы $L1_2$ (Al_3Zr) в процессе распада (Al) при отжиге.

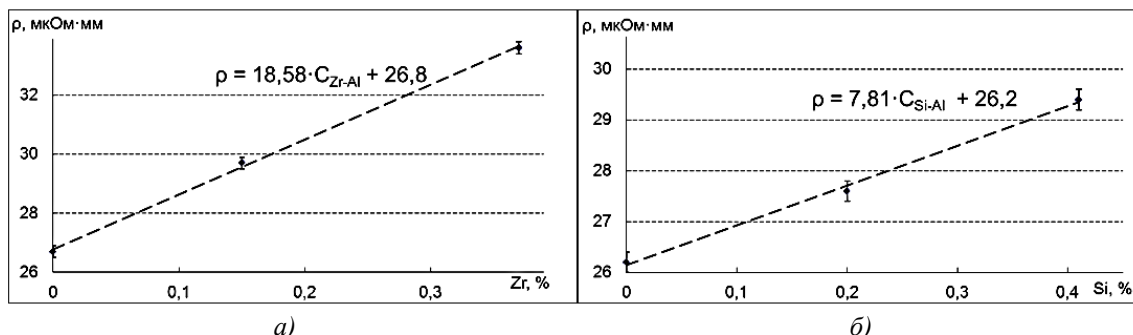


Рисунок 4 - Твердорастворное влияние циркония (а) и кремния (б) на удельное электросопротивление алюминия

Из полученных данных можно сделать следующий вывод: наилучших значений твердости и удельной электропроводности для Al-Zr сплавов можно добиться, если температура термообработки находится в пределах 400–450 °C. Отжиг по режиму S450 (табл. 1) позволяет повысить твердость сплава более, чем в 2 раза. При этом удельное электросопротивление сплава всего на 15% выше, чем у технического алюминия марки А5Е. Более длительная термообработка может привести к снижению этого показателя.

С точки зрения получения наибольшего упрочнения весь цирконий должен быть связан в наночастицы фазы $L1_2$, а для этого температура отжига должна быть наименьшей, поскольку в этом случае равновесные значения C_{Zr} минимальны (табл. 3). Однако при низких температурах диффузия циркония в алюминиевом твердом растворе настолько мала, что процесс полного распада последнего потребует огромного времени: по данным даже 500-часовой отжиг при 300 °C недостаточен. Очевидно, что для практического применения этот путь неприемлем. Кроме того, необходимо принять во внимание, что термостойкие сплавы следует подвергать стабилизирующей термообработке при температуре, превышающей максимальную рабочую температуру (~350 °C).

Для оценки твердорастворного влияния циркония и кремния на электросопротивление анализировали изменение величины (ρ) двойных сплавов в тех состояниях, при которых эти элементы заведомо полностью находятся в (Al). Очевидно, что для двойных Al-Zr сплавов это исходное (литое состояние), а для сплавов с кремнием - T500 и T550 (т. е. выше сольвуса). Обе полученные зависимости имеют линейный характер и описываются уравнениями, в которых свободный член отвечает электросопротивлению алюминия марки А99 в виде литого слитка (с учетом погрешности эксперимента), а линейный коэффициент определяет степень снижения величины (ρ) на 1 масс. % добавки Zr (рис. 5). Поскольку влияние циркония более сильное по сравнению с кремнием (18,6 против 7,8), то именно на его выделение из (Al) и должна быть направлена оптимизация режима термической обработки.

Список литературы

1. Энтони У.У. Алюминий. Свойства и физическое металловедение: Справоч. изд. / У.У. Энтони, Ф.Р. Элиот, М.Д. Болл; Под ред. Дж.Е. Хэтча. - Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1989. - 324 с.
2. Белов Н.А. Влияние добавки циркония на прочность и электросопротивление холоднокатаных алюминиевых листов / Н.А. Белов, А.Н. Алабин, А.Ю. Прохоров // Изв. вузов. Цв. металлургия. - 2009. - № 4. - С. 42-47.
3. United States Patent 4402763 «High conductive heat-resistant aluminum alloy», 09.06.1983.
4. WIPO Patent WO 2013057415 A1 «Aluminum alloy resistant to high temperatures», 25.04.2013.
5. P. Uliasz, T.Knych, A.Mamala, B.Smyrak. "Investigation in Properties' Design of Heat Resistant AlZrSc Alloy Wires Assigned for Electrical Application" in «Aluminium Alloys: Their Physical and Mechanical Properties», Ed. J.Hirsch. B.Scrotzki and G.Gottstein, DCM, 2008, P. 248-255 (Proc. ICAA11, Germany Aachen, 22-26.09.08).
6. Белов Н.А. Сравнительный анализ легирующих добавок применительно к изготовлению термостойких проводов на основе алюминия / Н.А. Белов, А.Н. Алабин // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2011. - № 9. - С. 54-58.
7. T. Knych, M. Piwowska, P. Uliasz. «Studies on the Process of Heat Treatment of Conductive AlZr Alloys Obtained in Various Productive Processes». Archives of metallurgy and materials, 2011, vol. 56, 685-692.
8. K.E. Knipling, D.C. Dunand, D.N. Seidman, Precipitation evolution in Al-Zr and Al-Zr-Ti alloys during isothermal aging at 375-425 °C, Acta Mater. 56, (2008), 114-127.
9. K.E. Knipling, R.A. Karnesky, C.P. Lee, D.C. Dunand, D.N. Seidman, Precipitation evolution in Al-0.1Sc, Al-0.1Zr and Al-0.1Sc-0.1Zr (at.%) alloys during isochronal aging, Acta Mater. 58 (2010) 5184-5195.
10. Белов Н.А. Влияние промежуточного отжига на электросопротивление проволоки низколегированных алюминиевых сплавов системы Al-Zr-Fe-Si / Н.А. Белов, А.Н. Алабин А.Ю. Прохоров и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2012. - № 4. - С. 14-19.
11. T. Sato, A. Kamio, G.W. Lorimer. Effects of Si and Ti Additions on the Nucleation and Phase Stability of the $L1_2$ -Type Al_3Zr Phase in Al-Zr Alloys, Materials Science Forum, 1996, vol.217-222, 895-900.
12. Золоторевский В.С. Металловедение литейных алюминиевых сплавов / В.С. Золоторевский, Н.А. Белов. - М.: МИСиС, 2005. - 376 с.

Получено 5.07.2016

УДК 638.119

С.Ф. Колосова, Н.В. Валитова, И.В. КашкароваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**НОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЧИНОК БОЛЬШОЙ ВОСКОВОЙ МОЛИ
ПРИ СОЗДАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК**

Интерес к продуктам пчеловодства как к источникам биологически активных веществ не только не ослабевает, но с каждым годом растет. Употребление продуктов пчеловодства среди населения, проживающего и работающего на экологически неблагоприятных территориях, показано не только с лечебной, но и профилактической целью.

В последнее десятилетие пристальное внимание привлекли к себе и нетрадиционные продукты пчеловодства (в частности личинки восковой моли), ранее изучаемые и в какой-то период несправедливо забытые.

Восковая моль (*Galleria mellonella*) - одно из немногих живых существ, эволюционно приспособленных к обитанию в пчелином улье [1]. Свое название она получила за уникальную способность переваривать и усваивать пчелиный воск. Развиваясь в улье, личинки разрушают соты и повреждают расплод пчел, а массовое размножение этого насекомого способно опустошить склад воскового сырья. По этой причине восковая моль не пользуется любовью у пчеловодов. Однако мало кому известны ее лечебные свойства, способные перекрыть наносимый ущерб. А между тем личинки большой восковой моли уже давно используются в народной медицине для лечения многих заболеваний, в том числе туберкулеза.

Установлено, что личинки большой восковой моли содержат не только разрушающие воск ферменты, но и биологически активные вещества, стимулирующие рост некоторых лимфоидных клеток человека, интерферона и моноклональных антител.

Первым из ученых, кто обратился к исследованию восковой моли в конце XIX века в поисках средства от туберкулеза, был И.И. Мечников. Его идея состояла в том, что пищеварительные ферменты личинок насекомого, питающегося пчелиным воском, смогут разрушить восковые оболочки туберкулезных бактерий. В 1899 году Мечников И.И. написал: «Я получил тот несомненный результат, что старые личинки, готовые к окукливанию, не переваривают вовсе туберкулезных бацилл, между тем, как молодые, в период полного роста, отлично их переваривают». При изучении иммунитета восковой моли обнаружена высокая устойчивость личинок большой восковой моли по отношению к возбудителям туберкулеза, чумы, дифтерии, столбняка [2]. Разработанный московским врачом С.А. Мухиным комплексный препарат «Вита» на основе личинок восковой моли способен заживлять туберкулезные каверны в легких, заживлять свежие рубцы миокарда после перенесенного инфаркта, способствуя их рассасыванию и замещению сократимой тканью [2].

Н.А. Спиридоновым [3] разработан и запатентован способ крупномасштабного получения активного экстракта личинок восковой моли и изучен химический состав экстракта, идентифицированы некоторые активные компоненты. Экстракт содержит значительные количества свободных аминокислот, моносахаридов и дисахаридов, нуклеотиды и их производные, жирные кислоты, микро- и макроэлементы (K, P, Ca, Mg, Zn, Mo, Co и др.). Высокомолекулярная фракция экстракта содержит щелочную протеазу, ароматические соединения, связанные с сахарами и аминокислотами. В экстракте присутствуют биоло-

гически активные вещества, производимые пчелами, а также компоненты, стимулирующие рост некоторых лимфоидных клеток человека, синтез интерферона и моноклональных антител (табл. 1).

Нами было продолжено изучение личинок восковой моли, а также разработана технология получения БАД с использованием меда, гомогената личинок восковой моли (ГЛВМ) и концентрата прополиса.

Технологический процесс получения БАД состоит из следующих этапов:

- выращивание личинок;
- получение гомогената;
- получение концентрата прополиса;
- получение готового продукта.

Личинки большой восковой моли выращивают согласно разработанной нами методики с использованием медоперговых сотов в специально оборудованной лаборатории, в которой поддерживают определенную температуру ($+25...+30\text{ }^{\circ}\text{C}$) и влажность (70-75%). В результате наблюдений установлено, что развитие личинок восковой моли практически не происходит при температуре ниже $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Активный рост личинок начинается при температуре окружающего воздуха $+27...+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. В опыте используют личинки, достигшие в длину не менее 10 мм. Отбор именно таких личинок проводят с помощью разработанных калибровочных сит.

Проведены исследования химического состава разновозрастных личинок: молодых - $10\div 14$ мм и более зрелых - $15\div 18$ мм, перед окукливанием (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав личинок восковой моли

Личинки	Сухое вещество, %	Общий азот, %	Протеины, %
Молодые $10\div 14$ мм	29,5	5,7	36,63
Перед окукливанием $15\div 18$ мм	39,25	6,6	41,25

В результате проведенных исследований выявлено, что содержание сухих веществ, общего азота и протеинов у личинок старшего возраста выше, чем у молодых.

Технология получения гомогената личинок состоит из следующих этапов:

- Получение спиртового экстракта личинок.
- Получение гомогената.

Навеску личинок помещают в стеклянную емкость с плотно закрывающейся крышкой и заливают этиловым спиртом 40%-й концентрации в соотношении 1:1 (личинки: спирт). Экстракцию проводят в течение 6 дней при периодическом помешивании в темном прохладном месте, затем гомогенизируют. Гомогенизацию личинок проводят с помощью гомогенизатора марки ULTRA-TURRAX T25 basic, диапазон скорости которого - $5000\div 26000$ об/мин. Насадки изготовлены из нержавеющей стали V4A. В результате чего получают мелкодисперсную суспензию.

Прополис обладает противогрибковой, противовоспалительной, иммуностимулирующей, регенеративной, антиоксидантной активностью. В силу своих антибиотических свойств он подавляет рост грамположительных микроорганизмов. Антимикробное действие прополиса обусловлено влиянием флавоноидов и бензойной кислоты, терпены ингибируют рост грибов рода *Candida*. Выражено тормозящее действие прополиса на рост вирусов герпеса, оспы и гриппа А. Одним из сильных является анестезирующее действие

прополиса, проявляющееся за счет наличия кумаровой и метоксибензойной кислот и флавоноидов. Он обладает антитоксическим действием, стимулирует обмен веществ, регенерацию тканей, защитные силы организма. Применение прополиса способствует понижению артериального давления, снижению уровня холестерина, стимулирует кроветворение, является активным биостимулятором, что проявляется в улучшении общего состояния организма, увеличении веса, нормализации обмена веществ.

Схема получения концентрата прополиса включает следующие технологические этапы:

- Получение спиртового экстракта прополиса.
- Концентрирование экстракта прополиса.

Для получения экстракта прополиса используют 80%-й этиловый спирт и прополис (ГОСТ 28886-90) в соотношении 1:5 (прополис: спирт). После экстрагирования прополиса в течение 20 дней (в темном месте при комнатной температуре) раствор фильтруют и подвергают концентрированию с помощью вакуумного испарителя.

Известно, что прополис содержит флавоноиды и фенольные соединения, которые обеспечивают его бактерицидные свойства. Установлено, что противомикробные свойства экстракта прополиса не утрачиваются после его 30-минутного нагревания при 120 °С или часовой выдержки на кипящей водяной бане. Поэтому при концентрировании экстракта прополиса температуру в водяной бане поддерживают 70-75 °С.

Свежий мед (ГОСТ 19792-2001) с влажностью не более 18% прогревается на водяной бане до 60 °С для уничтожения микрофлоры, охлаждается до комнатной температуры, затем в него вносят наполнитель. В качестве наполнителя используют гомогенат личинок восковой моли.

Разработано 2 варианта:

1. В подготовленный мед вносят ГЛВМ в количестве 5, 7, 10% от общей массы. Влажность готового продукта составляет соответственно 21,3; 23 и 24%. По показателям влажности согласно ГОСТ 19792-2001 наиболее удовлетворяет полученный продукт с концентрацией ГЛВМ 5% - БАД «Личемед».

2. Дополнительно с ГЛВМ вносят 2% концентрата прополиса, который выполняет роль консерванта, а также придает полученному продукту бактерицидные свойства, внося фенольные и флавоноидные соединения. Влажность готового продукта составляет 22,5% - БАД «Супермед».

Проведены исследования физико-химических показателей и содержания биологически активных веществ в исходных ингредиентах и во вновь созданном продукте (табл. 2, 3).

Наименьший показатель окисляемости - в концентрате прополиса, наибольший - в меде (табл. 2). Известно, что между показателем окисляемости и количеством биологически активных веществ существует обратная связь. При добавлении в мед поэтапно ГТЛ, затем концентрата прополиса показатель окисляемости уменьшается соответственно на 3 и на 15 с по сравнению исходным продуктом (медом). Таким образом, в БАД «Супермед» показатель окисляемости уменьшился более чем в 3 раза по сравнению с медом, а это значит, что количество биологически активных веществ увеличивается более чем в 3 раза за счет введения в мед ГТЛ и концентрата прополиса.

При введении гомогената личинок восковой моли мед обогащается минеральными веществами (в 4 раза), значительно пополняется витаминами (В₁, В₂, В₆, А, С), флавоноидами (увеличивающими бактерицидные свойства). А с введением дополнительно концентрата прополиса содержание флавоноидов увеличивается в 21 раз, почти в два раза увеличивается содержание витаминов. Из приведенных данных следует, что наиболее перспективной является разработанная БАД «Супермед» (табл. 3).

Таблица 2

Физико-химические показатели исходных компонентов и разработанных БАД

Показатели	Наименование препарата				
	Гомогенат личинок	Концентрат прополиса	Мед	«Личемед»	«Супермед»
Массовая доля сухих веществ, %	16,7	46,65	81,7	79,5	78,3
Массовая доля сырой золы, %	4,3	0,31	0,07	0,28	0,29
Окисляемость, с	2,0	0,5	22,5	19,5	7,5
Концентрация водородных ионов (pH)	7,2	4,0	5,4	6,2	5,8
Коэффициент рефракции	1,3620	1,4516	1,4832	1,4832	1,4802

Таблица 3

Биологическая активность исходных компонентов и БАД

Наименование биологически активных веществ	Наименование препарата				
	Гомогенат личинок	Концентрат прополиса	Мед	«Личемед»	«Супермед»
Флавоноидные и фенольные соединения, %	0,15	37,0	—	0,034	0,73
Аминокислоты, (качественные реакции)					
Метионин	+	-	-	+	+
Триптофан	+	-	-	+	+
Тирозин	+	-	-	+	+
Минеральные вещества, %	4,3	0,31	0,07	0,28	0,29
Моно- и дисахариды, %	6,9	-	75	78	76
Фермент церраза (качественная реакция)	+	-	-	+	+
Фермент щелочная протеаза (качественная реакция)	+	-	-	+	+
Витамины, мкг/г:					
B ₁	30	15	0,0001	1,5	1,8
B ₂	70	83,5	0,0001	3,5	5,17
B ₆	17,5	18,4	0,001	0,88	1,25
A	12,5	23,4	следы	0,63	1,1
C	-	следы	0,02	0,02	0,019
E	следы	следы	следы	следы	следы

Таким образом, предлагаемый нами способ получения новой БАД к пище по сравнению с известными обеспечивает образование наиболее полного по своему составу биологически активного комплекса, что расширяет функциональные возможности добавки. Исходя из качественных и количественных показателей содержания биологически активных веществ, БАД «Супермед» рекомендуется использовать в качестве общеукрепляющего, адаптогенного, антимикробного, анестезирующего, противовоспалительного, иммуностимулирующего средства.

Список литературы

1. Мухортов С.А. «Мелонелла» – экстракт большой восковой моли. Применение в современной медицине: Обзор / С.А. Мухортов, Г.В. Якушко, А.Г. Сметанин. – Барнаул, 2003. – 28 с.
2. Спиридонов Н.А. Сердечно-сосудистый препарат из восковой моли / Н.А. Спиридонов, А.К. Рачков, М.Н. Кондрашова // Пчеловодство. – 1993. – № 4. – С. 5–8.
3. Сирота Т.В. Исследование антиоксидантных свойств препарата народной медицины из личинок восковой моли «Galleria Mellonella» / Т.В. Сирота, Е.Г. Литвинова, А.А. Овсепян и др. – Тез. докл. VI Междунар. конф. «Биоантиоксидант». – Москва, 2002. – С. 528–530.
4. Пилат Т.Л. Основные принципы фармаконутрициологии (биологически активные добавки к пище) / Т.Л. Пилат, Т.Ш. Шарманов, Р.М. Абдуллабекова и др. – Астана; Алматы; Шымкент, 2001. – 312 с.
5. Харнажа В. Прополис. – Бухарест: Апимондия, 1987. – 255 с.

Получено 20.07.2016

УДК 550.83-1029.12

А.И. Меньшов

Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, УНИ «Институт геологии», г. Киев

А.В. Круглов

Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского», г. Харьков

МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ АГРАРНЫХ ЗЕМЕЛЬ УКРАИНЫ

Одним из важных направлений развития экономики Украины является сельское хозяйство. Способствует этому широкое распространение продуктивных аграрных земель, представленных разными видами плодородных черноземов, а также других насыщенных гумусом почв. Оптимальное землепользование с целью получения высоких урожаев и сохранения почвенного потенциала возможно лишь на основе принципов устойчивого развития, разработки щадящих технологий агрономических процедур и формирования государственной политики в сфере природопользования в целом и управления земельными ресурсами в частности [1, 2].

К сожалению, обозначенные выше вызовы не всегда принимаются во внимание или не носят комплексный характер, а почвоохранные мероприятия проводятся часто sporadически. Это приводит к потере продуктивных аграрных земель в пределах целых производственных территорий [3]. Речь идет о деградации почв, их деструкции, эрозионных процессах в середине почвенных формаций и в целых ландшафтах. Понижается плодородие и продуктивность, наблюдается нехватка либо переизбыток органического и неорганического вещества в структуре почвы. Следует отметить в качестве неблагоприятных природных и антропогенных воздействий на почвенный покров влияние пожаров, засух, уплотнения почв [4]. Отдельным фактором деструкции почвенного покрова является его загрязнение техногенными источниками, которые превращают продуктивные аграрные земли в непригодные для сельскохозяйственного производства урбоземы [5]. При этом происходит накопление тяжелых металлов и других опасных для человека химических соединений в почвенном покрове, а соответствующие процессы успешно фиксируются с помощью магнитных методов [6].

С целью выявления, контроля и предотвращения описанных выше угроз необходимо проводить целый ряд мероприятий. При этом крайне важным является разработка и оп-

тимизация возможных подходов в сфере управления (менеджмента) земельными ресурсами как на локальном уровне фермерских и частных хозяйств, так и на общегосударственном уровне Министерства аграрной промышленности, научных и производственных компаний, университетов и т. д.

Для решения задач картирования и мониторинга деструктивных процессов аграрных земель успешно используется магнетизм почвенного покрова. Природные фоновые почвы различаются по магнитным свойствам за счет наличия в их структуре магнитных минералов. Существует три процесса формирования магнитных минералов в черноземах Украины [7]: аутогенез, диагенез и растворения. В ряде случаев данные процессы накладываются друг на друга. В верхних гумусовых горизонтах (А) черноземов Украины чаще всего содержатся мелкозернистые окисленные частицы магнетита, а также маггемит педогенного (аутогенетического) происхождения.

Проблемой изучения магнетизма природных незагрязненных почв, а также использования данной информации в разных сферах почвоведения и сельского хозяйства довольно плотно занимаются во всем мире. В ряде случаев ставится задача формирования национальных баз данных магнетизма плодородных почв [8]. Такие магнитные базы дополняют важной информацией общую классификацию почв, их водные режимы, содержание почвенного углерода и многие другие параметры. Эти данные важны для аграрного планирования на основе точного земледелия. Одним из важнейших параметров в почвоведении и сельском хозяйстве является увлажненность почв. В исследованиях [9] использован статистический анализ для определения эффективности магнитных измерений при идентификации четырех различных режимов увлажнения почв северного Ирана. Комплекс магнитных параметров в совокупности с почвоведческими данными демонстрирует высокие корреляционные связи, помогает успешно идентифицировать режимы увлажнения почв (с точностью 80%).

Детальные исследования наиболее плодородных черноземных почв Украины [10] выявили факт того, что процессы выветривания влияют на формирование лесов на начальном этапе развития почвы, что, в свою очередь, приводит к образованию суперпарамагнитных зерен маггемита почвообразующего (педогенного) происхождения. Следует отметить, что при выходе на поверхность кристаллического фундамента почвы могут приобретать литогенный (диагенетический) характер магнетизма [11].

Ранее нами исследовались магнитные свойства основных почв Украины: черноземов выщелоченных, черноземов типичных, черноземов обычных, черноземов южных, серых лесных почв, каштановых, солончаковых, горных почв, луговых, дерновых и дерново-подзолистых [12]. Материалы получены в пределах основных почвенно-климатических зон Украины: Полесья, Лесостепи, Степи, Сухой Степи, горных массивов Крыма и Карпат. Изучено распределение магнитных параметров по вертикали в почвенных генетических горизонтах и по латерали в ландшафтах.

Следующим шагом стало изучение информативности магнетизма почвенного покрова в разных сферах народного хозяйства [13]. В пределах предложенной статьи предлагается рассмотреть информативность магнетизма почвенного покрова для решения аграрных задач. Для этого выбран характерный участок, который находится в ведении фермерского хозяйства «Кононы» в Полтавской области Украины.

С целью иллюстрации потенциала магнитного метода исследования почвенного покрова для контроля продуктивности аграрных земель и выявления эрозионных процессов в почвах нами был выбран экспериментальный участок размером около 0,3 га в пределах фермерского хозяйства «Кононы». Территория расположена в Полтавской области Украины, относится к Лесостепи, характерными типами почвы являются черноземы типичные и серые лесные. Особенностью исследуемого участка является то, что на протяжении по-

рядка 15 лет он не подвергался обработке, то есть был выведен из производства. Непосредственно перед этим было разбросано органическое высокогумусовое удобрение. В силу обстоятельств оно не было равномерно внесено в структуру почвы, а осталось сконцентрированным в определенных участках большими массами. Кроме того, на некоторых участках данной территории в свое время имели место небольшие очаги возгорания органических остатков. Наконец, в пределах участка фактически диким образом произрастает топинамбур (земляная груша, *Jerusalem artichokes*). Опыт проводился поздней осенью, поэтому растительная масса топинамбура приобрела рыжий оттенок, но сохранила свои основные показатели. Красными овалами выделены участки с наибольшей высотой и растительной массой топинамбура, а синими овалами - участки угнетенных растений с низкой высотой стеблей (рис. 1).



Рисунок 1 - Общий вид экспериментального аграрного участка «Кононы» произрастания топинамбура: красными овалами визуализированы участки повышенной высоты растений, синими – участки пониженной высоты растений

Индикатором продуктивности растений, а значит и высокого потенциала плодородия почвы, мы определили высоту растений топинамбура (H , м). Методика магнитных измерений включала полевую капаметрию объемной магнитной восприимчивости (χ , ед. СИ) с помощью капаметра ПИМВ-М (Геологоразведка, РФ), а также проводился отбор образцов почв. В лабораторных условиях измерялась и вычислялась удельная магнитная восприимчивость почв (χ_s , 10^{-8} м³/кг) с помощью лабораторного капаметра KLY (AGICO, Чехия). Частотная зависимость магнитной восприимчивости (χ_{fd}) определялась с помощью двухчастотного измерителя MS2 (Bartington, Великобритания). Кроме того, почвенные образцы были направлены в агрохимическую лабораторию для проведения анализа содержания гумуса – интегрального индикатора плодородия почв. На данном этапе анализ гумуса для всей коллекции образцов не завершен, поэтому этот параметр будет проанализирован в наших следующих публикациях. В то же время рекогносцировочный анализ нескольких наиболее характерных образцов предварительного подтверждает тенденцию к повышению содержания гумуса в образцах почв с высокими значениями магнитной восприимчивости, что, в свою очередь, соответствует повышенной высоте растений.

На рис. 2 приведена карта распределения высоты растений топинамбура. Зеленые участки соответствуют снижению высоты, а коричневые - повышению высоты топинамбура. В целом карта повторяет тенденции фотографического снимка (рис. 1). В таблице приводятся статистические показатели высоты растений топинамбура. Она изменяется от 0,6 до 2 м, среднее значение составляет 1,2 м, а значение медианы - 1,1 м.

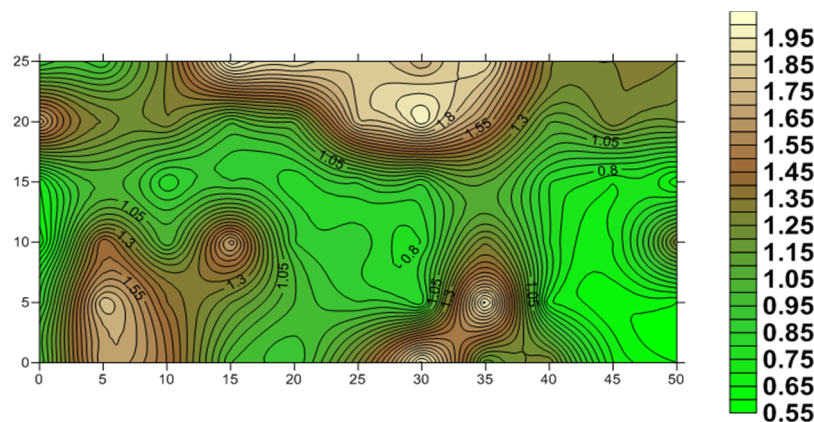


Рисунок 2 - Карта распределения высоты топинамбура (Н, м) в пределах экспериментального участка «Кононы», Полтавская обл., Украина

На рис. 3 приведена карта распределения удельной магнитной восприимчивости почв изученного участка.

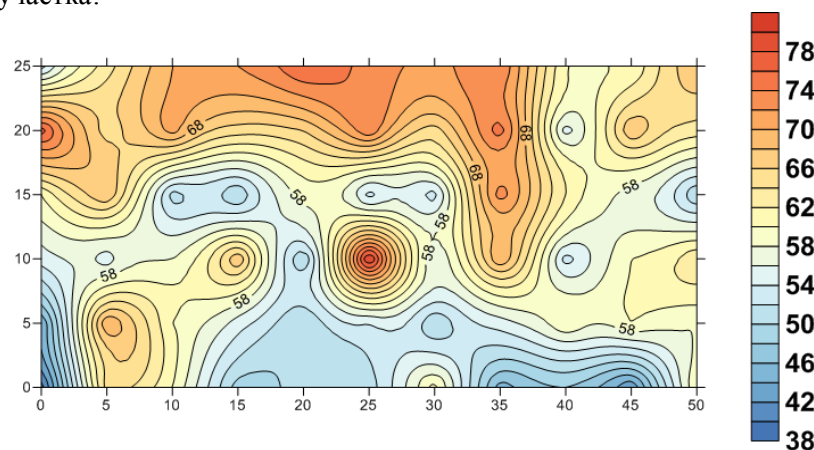


Рисунок 3 - Карта распределения удельной магнитной восприимчивости почв (χ , 10^{-8} м³/кг) в пределах экспериментального участка «Кононы», Полтавская обл., Украина

В таблице приводятся статистические показатели магнитной восприимчивости. Она изменяется от 39 до $81 \cdot 10^{-8}$ м³/кг, среднее значение составляет $60 \cdot 10^{-8}$ м³/кг, как и медиана значений. Зафиксированные значения в целом характерны для почвенного покрова Лесостепи Украины. Сопоставляя карты распределений высоты растений топинамбура и магнитной восприимчивости почв, отмечается в целом соответствие основных аномальных зон, что свидетельствует о высокой информативности магнитной индикации продуктивности почв. Корреляционный анализ этих двух параметров (см. табл.) зафиксировал коэффициент корреляции 0,54. Коэффициент частотной зависимости - $\chi_{fd} \geq 4$, что говорит об отсутствии техногенного загрязнения почв.

*Статистические показатели исследованных параметров в пределах
экспериментального участка «Кононы», Полтавская обл., Украина*

Наименование	Удельная магнитная восприимчивость, $\chi \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$	Высота топинамбура, Н, м
Количество измерений	66	66
Среднее	60	1,2
Максимальное	81	0,6
Минимальное	39	2,0
Стандартное отклонение	9,3	0,41
Коэффициент вариации	0,15	0,35
Медиана	60	1,1
Корреляция	0,54	

При сопоставлении характеров распределений на картах магнитной восприимчивости почвы и высоты растений следует учитывать один крайне важный фактор, который существенно повлиял на степень корреляционной связи (по нашему мнению, понизив коэффициент корреляции). Речь идет о влиянии локальных возгораний. В таких местах наблюдается существенное повышение значений магнитной восприимчивости и явное угнетение высоты растений топинамбура. Это означает, что общая картина связей, обобщаемая выше, становится зеркально противоположной.

Согласно [14] процесс деградации почв, подвергшихся воздействию пожара, продолжается от одного года до десятилетий после пожара, происходит сокращение инфильтрации и увеличение стока. Интенсивные ожоги имеют пагубное влияние на физические свойства почвы, уничтожают органическое вещество, ведут к потере структуры, увеличению плотности, снижению пористости [15]. Магнитная восприимчивость незагрязненных почв определяется содержанием оксидов железа, которые могут переходить из слабомангнитных фаз, таких, как гематит ($\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$), в сильномагнитные оксиды, например магнетит (Fe_3O_4) или маггемит ($\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$) [16], которые определяют как основные магнетики почв Украины. Основным параметром для расчета индекса эрозионной опасности является содержание гумуса, кроме того важной является информация о кислотности почв. Магнитная восприимчивость возрастает с ростом содержания гумуса в образцах и падает с ростом pH [17].

Формирование магнитных минералов объясняется наличием органического вещества и благоприятных условий для изменения валентности железа [18]. Появление педогенного магнетита происходит за счет жизнедеятельности магнитотактических бактерий. Среди благоприятных условий для выработки ими железа является наличие органического материала, бескислородный режим и нейтральные значения pH [19].

Таким образом, для повышения однозначности интерпретации распределений эрозионных процессов в почвах, их плодородия и деградации оптимальной технологией является комплексирование магнитных измерений [20] с аграрными и почвоведческими анализами.

При изучении деградации аграрных земель успешно используется магнетизм почвенного покрова. Природные фоновые почвы различаются по магнитным свойствам за счет наличия в их структуре магнитных минералов. В нашем примере магнитная восприимчивость изменяется от 39 до $81 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$, среднее значение составляет $60 \cdot 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. Высота растений топинамбура составляет 0,6-2 м, среднее значение - 1,2 м. На картах распределений высоты растений топинамбура и магнитной восприимчивости почв фиксируется соответствие основных аномальных зон, что свидетельствует о высокой информативности магнитной индикации продуктивности почв (коэффициент корреляции составил

0,54). При этом следует учитывать влияние локальных пожаров, которые могут полностью изменять отмеченные закономерности.

Список литературы

1. Breivik E., Baumgarten A., Calzolari C., Miller B., Pereira P., Kabala C., Jordan A. Soil mapping, classification, and modelling: history and future directions // *Geoderma*. – 2016. – № 264, Part B. – P. 256-274.
2. Pereira P., Cerda A., Ubeda X., Mataix-Solera J., Arcenegui V., Zavala, L. Modelling the impacts of wildfire on ash thickness in a short-term period // *Land Degradation and Development*. – 2015. – № 26. – P. 180-192.
3. Keestra S., Pereira P., Novara A., Brevik E., Azorin C., Parras-Alcantara L., Jordan A., Cerda A. Effects of soil management techniques on soil water erosion in apricot orchards // *The Science of the Total Environment*. – 2016. – № 551-552. – P. 357-366.
4. Pereira P., Jordan A., Cerda A., Martin D. The role of ash in fire-affected ecosystems // *Catena*. – 2015. – № 135. – P. 337-379.
5. Деградация и охрана почв / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. – 654 с.
6. Liu D., Ma J., Sun Y., Li Y. Spatial distribution of soil magnetic susceptibility and correlation with heavy metal pollution in Kaifeng City, China // *Catena*. – 2016. – № 139. – P. 53-60.
7. Jeleńska M., Hasso-Agopsowicz A., Kądziałko-Hofmokl M., Sukhorada A., Bondar K. Magnetic iron oxides occurring in chernozem soil from Ukraine and Poland as indicators of pedogenic processes // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2008. – № 52. – P. 255-270.
8. Jordanova N., Jordanova D., Petrov P. Soil magnetic properties in Bulgaria at a national scale – Challenges and benefits // *Global and Planetary Change*. – 2016. – № 137. – C. 107-122.
9. Valaee M., Ayoubi S., Khormali F., Lu S.G., Karimzadeh, H.R. Using magnetic susceptibility to discriminate between soil moisture regimes in selected loess and loess-like soils in northern Iran // *Journal of Applied Geophysics*. – 2016. – № 127. – P. 23-30.
10. Górka-Kostrubiec B., Teisseyre-Jeleńska M., Dytłowski S.K. Magnetic properties as indicators of Chernozem soil development // *Catena*. – 2016. – № 138. – C. 91-102.
11. Grison H., Petrovsky E., Kapicka A., Stejskalova S. Magnetic and chemical parameters of andic soils and their relation to selected pedogenesis factors // *Catena*. – 2016. – № 139. – P. 179-190.
12. Меньшов А.И., Сухорада А.В. Магнетизм почв Украины // *Научный Вестник НГУ*. – 2012. – № 1(127). – С. 15-22.
13. Menshov O., Kuderavets R., Vyzhva S., Chobotok I., Pastushenko T. Magnetic mapping and soil magnetometry of hydrocarbon prospective areas in western Ukraine // *Studia Geophysica et Geodaetica*. – 2015. – № 59, 4. – P. 614-627.
14. Neary D.G., Klopatek C.C., DeBano, L.F. Fire effects on belowground sustainability: a review and synthesis // *Journal of Forest Ecology and Management*. – 1999. – № 122. – P. 66-74.
15. DeByle N.V. Clear cutting and fire in the larsh // *Douglas-fire forests of Montana – a multi-faceted research summary: Department of Agriculture, Forest service, Intermountain forest and range Experiment station*. – 1981. 73 p.
16. Eldiabani G.S., Hale W.H.G., Heron C.P. The effect of forest fires on physical properties and magnetic susceptibility of semi-arid soils in North-Eastern, Libya // *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering*. – 2014. – № 8 (1).
17. Hanesch M., Scholger R. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles // *Geophys. J. Int.* – 2005. – № 161. – P. 50-56.
18. Mullins C. E. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science – a review // *J. Soil Sci.* – 1977. – № 28. – P. 223-246.
19. Lovley D.R., Philips E.J.P. Organic matter mineralization with reduction of ferric iron in anaerobic sediments // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1986. – № 51. – P. 683-689.
20. Yang P.G., Yang M., Mao R.Z., Byrne J.M. Impact of long-term irrigation with treated sewage on soil magnetic susceptibility and organic matter content in North China // *Bulletin of environmental contamination and toxicology*. – 2015. – № 95(1). P. – 102-107.

Получено 7.07.2016

УДК 550:805

К.В. Никитченко, О.В. Дзюба

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, НИИ «Институт геологии», г. Киев

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫДЕЛЕНИЮ И МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛИТОСФЕРЫ. ОБЗОР

На данный момент не существует единой принятой методики для выделения составляющих магнитного поля Земли от различных источников. И это в первую очередь обусловлено не аналитической составляющей, а отсутствием в достаточном количестве соответствующих измеренных данных [4]. Региональные методы моделирования можно разделить на две группы. В первую входят методы, основанные на сферических сплайнах, вейвлетах или других локализованных сферических функциях. Ко второй относятся: методы, в основе которых лежит плоская аппроксимация, например прямоугольный гармонический анализ и цилиндрический гармонический анализ; методы, которые учитывают сферичность Земли (SCHA, Revised-SCHA). Все подходы, очевидно, не эквивалентны на практике [6].

Подходы к региональному моделированию, которые сейчас используются в мире, прежде всего основаны на решении уравнения Лапласа в ограниченной области. Прежде чем продолжить, важно отметить, что понятие внутренней и внешней области в региональном масштабе осложняется наличием боковой границы, будь то квадрат или круг (или любой другой тип границы). Таким образом, региональные базовые функции не могут различать магнитных полей, генерируемых ниже или выше поверхности Земли. Поэтому, если нужно изучить или интерпретировать магнитное поле модели, перед этим необходимо удалить нежелательные компоненты [6].

Прямоугольный гармонический анализ. Одним из основных подходов моделирования магнитных полей регионального и локального масштаба, который не требует применения большого количества модельных параметров, является прямоугольный гармонический анализ. Данный подход (RHA) применяется в локальной области прямоугольного окна. Чем больше становится размер локальной области, тем менее точными будут становиться результаты, а это является следствием аппроксимации земной поверхности как плоскости. С другой стороны такой подход легче в применении, чем сферический гармонический анализ (SCHA), и дает хорошие результаты на малых площадях [4].

Потенциальная функция в прямоугольных координатах выражения может быть представлена в комплексной форме следующим образом:

$$S_v(x, y, z) = X_0x + Y_0y + Z_0z + \sum_{k=-K}^K \sum_{l=-L}^L xkl \exp \left[-2\pi i \left(\frac{kx}{L_x} + \frac{ly}{L_y} \right) \right] \exp(D_{klz}),$$

где ось x направлена на географический север, y - географический восток, z - направлена вниз к центру Земли. Вышеуказанное выражение является действительным в неограниченной области $]0, L_x[\times]0, L_y[\times]0, \infty[$ с осью z , ориентированной положительно вниз (рис. 1).

Потенциал - это по сути L_x, L_y периодическая функция на горизонтальной плоскости, которая стремится к нулю, когда ось z стремится к минус бесконечности. Когда функция не является периодической - возникают эффекты Гиббса. Линейные члены, очевидно, гармоничные, предназначенные для минимизации эффектов Гиббса. [4].

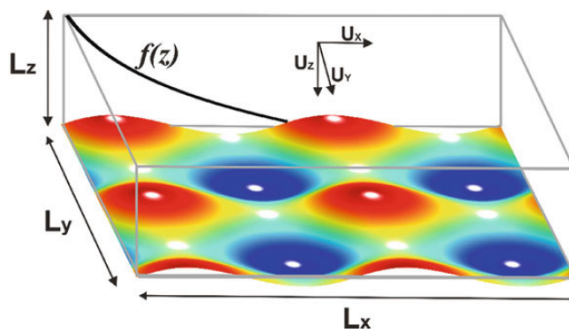


Рисунок 1 - Схематическое изображение рабочей области метода РНА.
Цветная поверхность представляет прямоугольные гармоники для $l = 3$ и $k = 3$.
 $f(z)$ - это экспоненциальная зависимость радиального поля с высотой [6]

РНА метод хорошо себя показывает при моделировании магнитных источников как большого масштаба (ядро), так и малого (земной коры). Однако установлено, что на границах возникают искажения, которые распространяются от краев к центру прямоугольника, и характеризуют их как эффект Гиббса. Большие погрешности обусловлены также плоской аппроксимацией сферической земной поверхности. Неортогональность функций - еще одна особенность, которая запрещает проводить спектральный анализ. При использовании данных, полученных на различных высотах, данный метод не обеспечивает удовлетворительных решений, ведь радиальные функции не предназначены для такой цели. Постановка соответствующих граничных условий каждого домена всей области повышает точность метода [4].

Цилиндрический гармонический анализ. Еще один метод разработал Элдридж, который базируется на решении уравнения Лапласа в ограниченной области, а именно в цилиндрической области в полярных координатах. Этот метод используется для анализа магнитных полей, которые имеют цилиндрическую симметрию. Вертикальная ось исследуемой области - это ось симметрии, а расстояние от такой оси перпендикулярно к границе является радиусом ρ (рис. 2). В цилиндрических координатах (r, θ, z) , уравнения Лапласа принимает вид [4]

$$\frac{1}{r} \partial_r (r \partial_r V) + \frac{1}{r^2} \partial_{\theta}^2 V + \partial_z^2 V = 0.$$

Формальное решение выглядит следующим образом:

$$V(r, \theta, \zeta) = \sum_{m=0}^M \sum_{k=0}^K J_m(\mu_{mk} r) (D_{mk} \cos m\theta + E_{mk} \sin m\theta) \exp(\mu_{mk} \zeta),$$

При условии $r = \rho$ решение примет вид

$$V(r, \theta, \zeta) = A\zeta + \sum_{m=0}^M \sum_{k=0}^K J_m(kvr) (D_{mk} \cos m\theta + E_{mk} \sin m\theta) \exp(k\zeta).$$

Такое уравнение справедливо для области внутри цилиндра. Основную проблему составляет нахождения параметра v . При использовании одного и того же значения v для больших и малых масштабов, возникают существенные погрешности. При региональном моделировании данным методом можно получить интересные результаты, если его цель - отфильтровать некоторые компоненты поля, создаваемого земной корой. Однако нельзя утверждать, что главное поле будет правильно представлено, так как многие функции не образуют полный базис. Функции не являются ортогональными, поэтому применение спектрального анализа не допускается, а также использование данных, полученных на различных высотных уровнях. Математика задачи может быть правильной при установке

граничных условий, что позволяет определить не только одно значение v , но и набор μmk . Таким образом, определяется полная базисная функция, позволяющая представить любой вклад магнитного поля (ядра или коры) в горизонтальном плане [4].

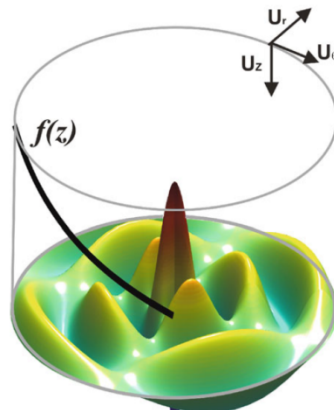


Рисунок 2 - Схематическое изображение рабочей области метода СНА.
Цветная поверхность представляет прямоугольные гармоники для $m=2$ и $k=2$.
 $f(z)$ - это экспоненциальная зависимость радиального поля с высотой [6]

SCHA и *R-SCHA*. Гармонический анализ сферического сегмента с одной основой (SCHA) и усовершенствованный гармонический анализ сферического сегмента с одной основой (R-SCHA) в региональном моделировании - наиболее близкий к сферическому гармоническому анализу. Методы получили широкое применение при моделировании региональных магнитных объектов, включая расчет аналитического магнитного поля, вековых вариаций, поля земной коры, внешнего магнитного поля. Факт, что SCHA удовлетворяет уравнению Лапласа и дает возможность представления высокочастотных полей с помощью малого набора коэффициентов (по сравнению с глобальным сферическим анализом), делает метод одним из основных, например на национальном уровне [8]. Хотя известный ученый Тэбо продемонстрировал недостатки оригинального SCHA, в том числе связанных с инверсией мультиуровневых наборов данных. Метод R-SCHA является альтернативой SCHA, в котором решены проблемы предыдущего метода, а именно стало возможно корректное использование мультиуровневых наборов данных [8].

Сферический гармонический анализ с одной основой продолжает развиваться в течение последних десятилетий. Потенциал магнитного поля SCHA - это решение уравнения Лапласа в ограниченной области, которое выглядит следующим образом [4]:

$$V_{SCHA} = a \sum_{k>m} \sum_{m>0} \left(\frac{a}{r}\right)^{nk+1} \left(g_{nk}^{i,m} \cos(m\varphi) + h_{nk}^{i,m} \sin(m\varphi)\right) P_{nk}^m(\theta) + a \sum_{k>m} \sum_{m>0} \left(\frac{a}{r}\right)^{nk} \left(g_{nk}^{e,m} \cos(m\varphi) + h_{nk}^{e,m} \sin(m\varphi)\right) P_{nk}^m(\theta),$$

где g_{nk}^m и h_{nk}^m - коэффициенты внутренних и внешних потенциалов, представленные верхними индексами i и e . Соответствующие функции Лежандра $P_{nk}^m(\theta)$, удовлетворяющие граничным смешанным условиям θ_0 .

Несмотря на очевидные реалистичные результаты, полученные данным методом, существуют ограничения, которые обусловлены неполнотой базисных функций. Поэтому получили развитие различные решения и усовершенствования метода SCHA под единым названием R-SCHA. В зависимости от выбранных граничных условий, объема данных и

их распределения выбирается оптимальное решение R-SCHA. Однако все решения имеют один и тот же канонический вид [4].

По сравнению с SCHA, R-SCHA включает дополнительный набор базисных функций $K_p^m(\theta)$, известных под названием функций Миллера, но использует только один набор базисных функций Лежандра [4]. Однако SCHA продолжает применяться при слиянии спутниковых и приповерхностных данных, а также при наличии набора данных только на одном высотном уровне. Возможность объединения спутниковых и приповерхностных данных открывает новый спектр возможностей для изучения различных областей земной коры и регионального анализа [6].

Целесообразно рассмотреть более детально только метод R-SCHA, так как он является усовершенствованным методом SCHA и, вероятно, будет применен при моделировании магнитного поля литосферы на территории Украины.

В областях свободных от источников магнитного поля, таких как Ω , ограниченными минимальным и максимальным радиусами $r=a$ и $r=b$ конусом C с углом θ_0 (рис. 3), потенциал магнитного поля можно представить с помощью базисных функций при решении уравнения Лапласа [9].

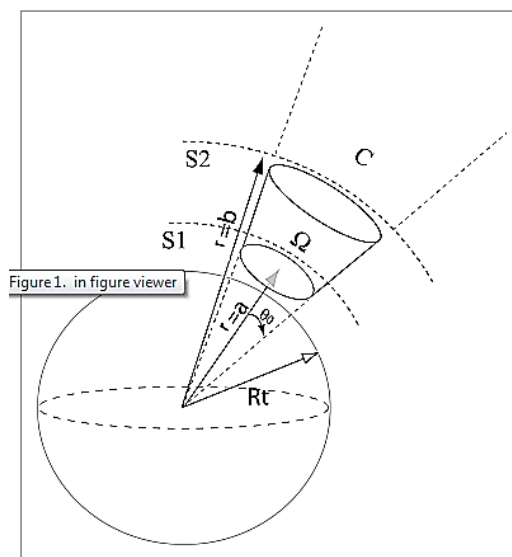


Рисунок 3 - Рабочая область метода R-SCHA.

Область ограничена поверхностями двух сфер (S1 и S2) с радиусами a и b [9]

Потенциал магнитного поля выглядит следующим образом [9]:

$$\begin{aligned}
 V(r, \theta, \varphi) = & a \sum_{k>m} \sum_{m>0} \left(\frac{a}{r}\right)^{nk+1} \left(g_{nk}^{i,m} \cos(m\varphi) + h_{nk}^{i,m} \sin(m\varphi)\right) P_{nk}^m(\theta) \\
 & + a \sum_{k>m} \sum_{m>0} \left(\frac{a}{r}\right)^{nk} \left(g_{nk}^{e,m} \cos(m\varphi) + h_{nk}^{e,m} \sin(m\varphi)\right) P_{nk}^m(\theta) \\
 & + a \sum_{p>0} \sum_{m>0} R_p(r) \left(g_p^m \cos(m\varphi) + g_p^m \sin(m\varphi)\right) K_p^m(\theta).
 \end{aligned}$$

Если подытожить вышеописанное, то R-SCHA считается более точным при построении региональных моделей магнитного поля области, так как решает ряд проблем SCHA, таких, как использование мультиуровневых данных, позволяет расширить спектр доступных для

моделирования магнитных волн. Для задачи моделирования магнитного поля литосферы лучше подходит R-SCHA, хотя и возникают проблемы, например трудно оценить влияние источников, расположенных вне области исследования [10]. Кроме того, отсутствие измеренных данных между высотами спутников и земной поверхностью, а также их нерегулярность влечет к невозможности построения полной модели магнитного поля, создаваемого литосферными источниками [9]. Но такая спутниковая миссия, как Swarm направлена улучшить спектральную характеристику региональных моделей. Поэтому, такие страны, как Франция, Китай и другие развитые страны используют данный метод для построения региональных моделей магнитного поля литосферы на национальном уровне.

Функции Слепиана. Функции Слепиана - последний из распространенных подходов к моделированию аномалий регионального типа. Хорошо известно, что функции не могут иметь конечного носителя пространственных и спектральных данных одновременно. Поиск и представление сигналов, которые оптимально представлены в обоих случаях, являются фундаментальной задачей теории данных. Функции Слепиана могут представляться двумя путями. Первый заключается в использовании функций с ограниченным спектром (до степени L , если говорить о сферических гармониках), и такой подход можно сравнить с решением SH уравнений. Второй подход заключается в применении концепции строго локализованных пространственных функций, нечто похожее на SCHA и R-SCHA [4].

Региональные магнитные модели магнитного поля в общем представлены в виде сферических гармоник. Функции Слепиана - это линейные комбинации сферических гармоник, которые производят новые базисные функции, значения которых стремятся к нулю за пределами выбранного участка моделирования. Комбинация линейных сферических гармоник такова, что на исследуемом участке с ограниченным частотным спектром функции максимизируют пространственную энергию в определенном диапазоне частот, а также остаются ортогональными за пределами рабочей области (в отличие от других подходов), как и в пределах исследуемой пространственной области [11].

Ни один из вышеописанных методов не пытается формально оптимизировать распределение поля над произвольными областями с неправильными пределами. В этом отношении подход с использованием функций Слепиана является уникальным и подходит для изучения вкладов магнитного поля от различных регионов, а также для оценки их спектральных характеристик.

Метод является достаточно гибким и уникальным, что позволяет изменять модель для очень специфической геометрии, например территории страны. Обратная задача численно хорошо обусловлена благодаря ортогональности функций, позволяет оценить энергетический спектр [12]. Особую роль играет априорная информация, которая позволяет избегать моделирования ненужных сигналов, а также выбора оптимального количества функций. Такой метод является очень мощным инструментом для спектрального анализа данных, полученных с различных высотных уровней.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Относительно глобальных методов моделирования, то они конечно отличаются, но при достаточном количестве данных обеспечивают аналогичный результат. Но такие методы не эквивалентны с практической точки зрения. Различия возникают вследствие совершенно разных фундаментальных концептов методов. Методы глобального моделирования плохо подходят для использования на малых территориях, но лучше позволяют выполнять разделение на компоненты магнитного поля. В то же время региональные методы моделирования не могут настолько хорошо выполнить покомпонентное разделение поля. При региональном или глобальном моделировании необходимо иметь сигналы с соответствующими области исследования длинами волн. Улучшить результаты, конечно, можно применением априорной информации и регуляризации.

2. Развитие методов моделирования для науки является очень важной целью, что особенно актуально в наше время по двум простым причинам. Первая - практическая, так как в ближайшие годы станет доступно большое количество спутниковых данных высокого качества, которые могут дополнять и так внушительный набор как наземных, спутниковых, так и аэромагнитных данных. Однако объем приповерхностных данных большими темпами расти не будет, что является критическим для геомагнетизма. Вторая причина - это сравнение надежности региональной модели путем сравнения ее с моделью, полученной в результате анализа сферических гармоник.

Список литературы

1. Коваленко-Завойський В.Н. Математичне забезпечення інтерпретації поля ΔB а регіональних магнітних аномалій / В.Н. Коваленко-Завойський, І.Н. Івашенко // Геофізический журнал. - 2006. - № 28.
2. Орлюк М.И. Пространственные и пространственно-временные магнитные модели разноранговых структур литосферы континентального типа // Геофизич. журн. - 2000. - Т. 22. - № 6.
3. Anne Geese. Earth's Magnetic Field: Observation and Modelling From Global to Regional Scales // Scientific Technical Report STR 11/03. - 2011.
4. Edited by M. Manda and M. Korte. Geomagnetic Observations and Models // Springer Science+Business Media B.V. - 2011. - № 5.
5. John D. Landstreet. Observing and modelling stellar magnetic fields: basic physics and simple models // Stellar Magnetism. - 2008. - № 4.
6. Mioara Manda, Michael Purucker. Observing, modeling, and interpreting magnetic fields of the solid Earth // Surveys in Geophysics. - 2005. - № 26(4).
7. Mioara Manda and Vincent Lesur. Geomagnetic field evolution. Changes on the way? // Russian Journal of Earth Sciences. - 2010. - № 11.
8. E. Thébaud, M. Purucker, K. A. Whaler, B. Langlais, T. J. Sabaka. The Magnetic Field of the Earth's Lithosphere // Springer Science+Business Media B.V. - 2010.
9. Thébaud E., M. Manda and J.J. Schott (2006b), Modeling the lithospheric magnetic field over France by means of revised spherical cap harmonic analysis (R-SCHA), J. Geophys. Res., 111, B05102, doi:10.1029/2005JB004110.
10. E. Thébaud, L. Gaya-Piqué, Applied comparisons between SCHA and R-SCHA regional modeling techniques // Geochem. Geophys. Geosyst. - 9. - Q07005, doi:10.1029/2008GC001953.
11. Frederik J. Simonsa and Alain Plattner. Scalar and Vector Slepian Functions, Spherical Signal Estimation and Spectral Analysis // Handbook of Geomathematics. - 2014. DOI 10.1007/978-3-642-27793-1_30-2.
12. Ciaran D. Beggan, Jarno Saarimaki, Kathryn A. Whaler and Frederik J. Simons. Spectral and spatial decomposition of lithospheric magnetic field models using spherical Slepian functions // Geophysical Journal International. - 2013. - Volume 193.
13. Frederik J. Simons and F.A. Dahlen. Spherical Slepian functions and the polar gap in geodesy // Geophysical Journal International. - 2006. - V. 166, Issue 3.

Получено 15.07.2016

УДК 911.2:556.51(282.255.474)

Ж.О. Озгелдинова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

Ж.Т. Мукаев

Государственный университет им. Шакарима, г. Семей

ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ

Одним из приоритетных направлений исследований в физической географии и геоэкологии ландшафта является выявление пространственно-временной организации геосистем, позволяющей картографически отобразить дифференциацию и их динамику. Оценку показателей изменения природной среды целесообразно осуществлять в рамках бас-

сейновых территорий. Основные природные ресурсы имеют в ландшафте пространственную приуроченность в различных сочетаниях. Интегрирующие свойства водного потока позволяют рассматривать бассейн как целостное системное образование не только с позиций гидрологии, геоморфологии, биогеоценологии, геохимии ландшафта, но с позиций комплексной физической географии - как геосистему. Речной бассейн - область взаимодействия не только всех компонентов геосистемы, но и антропосферы.

Методика ландшафтного картографирования базируется на основных принципах учения о ландшафтах А.Г. Исаченко [1], В.Б. Сочавы [2], Н.А. Солнцева [3] и др. В качестве исходной информации картографирования геосистем бассейна реки Сарысу использовались результаты компонентных исследований геосистем, трехмерная модель рельефа, космические снимки Landsat 5 TM, материалы, получаемые при развитии методов съемки территории и обработки изображений, данные геопортала Google Earth, материалы полевых исследований с GPS-привязкой, интегрированных в единой картографической проекции и системе координат, топографических карт масштабов 1: 200 000, профилей, характеризующих литологию и структуру почвенного покрова, полевых описаний (геоботанических, почвенных и т. д.), а также применение новейших технологий сложного пространственного анализа (рис. 1, 2). Для генерализации ландшафтной карты бассейна реки Сарысу использовалась ландшафтная карта Казахстана, составленная Веселовой Л.К., Гельдыевой Г.В. [4, 5].

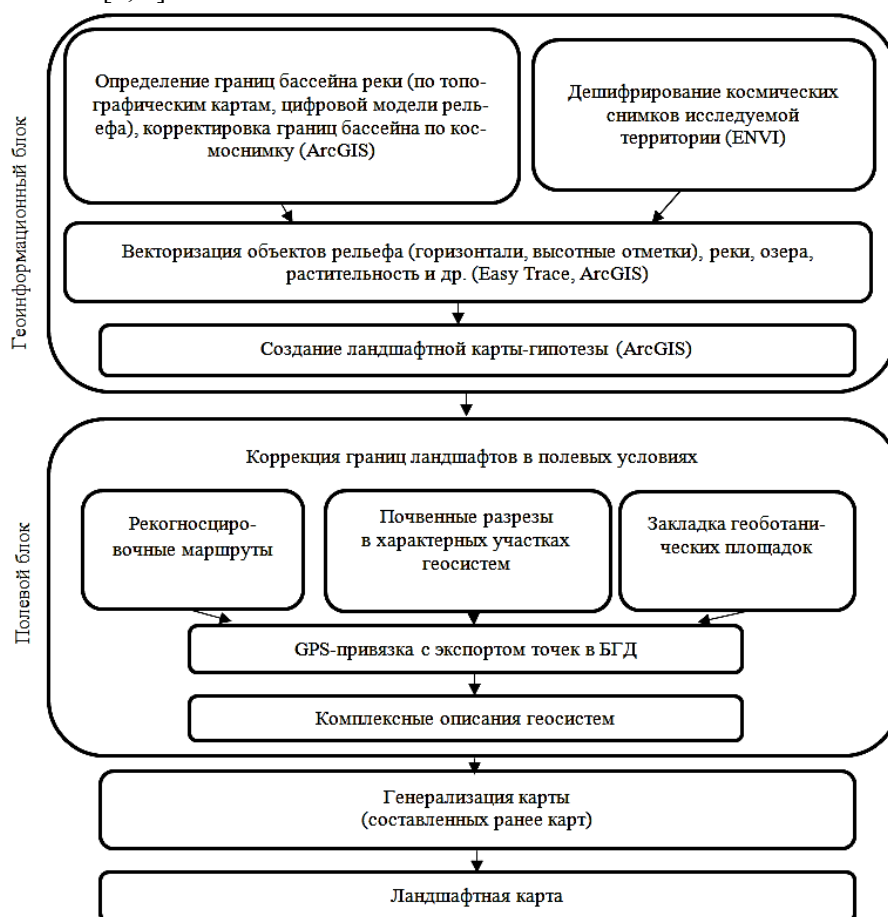


Рисунок 1 – Блок-схема геоинформационного картографирования ландшафтов

В пределах бассейна реки Сарысу были выделены и показаны на карте 58 индивидуальных ландшафтов, которые в результате их типологической группировки, а затем структурно-генетической классификации, упорядочены в иерархическую систематику (рис. 3, табл. 1). Заголовками и подзаголовками в легенде выделены следующие классификационные категории: классы (равнинных и горных ландшафтов), типы (полупустынных и пустынных ландшафтов), подтипы (северопустынных, южнопустынных ландшафтов).

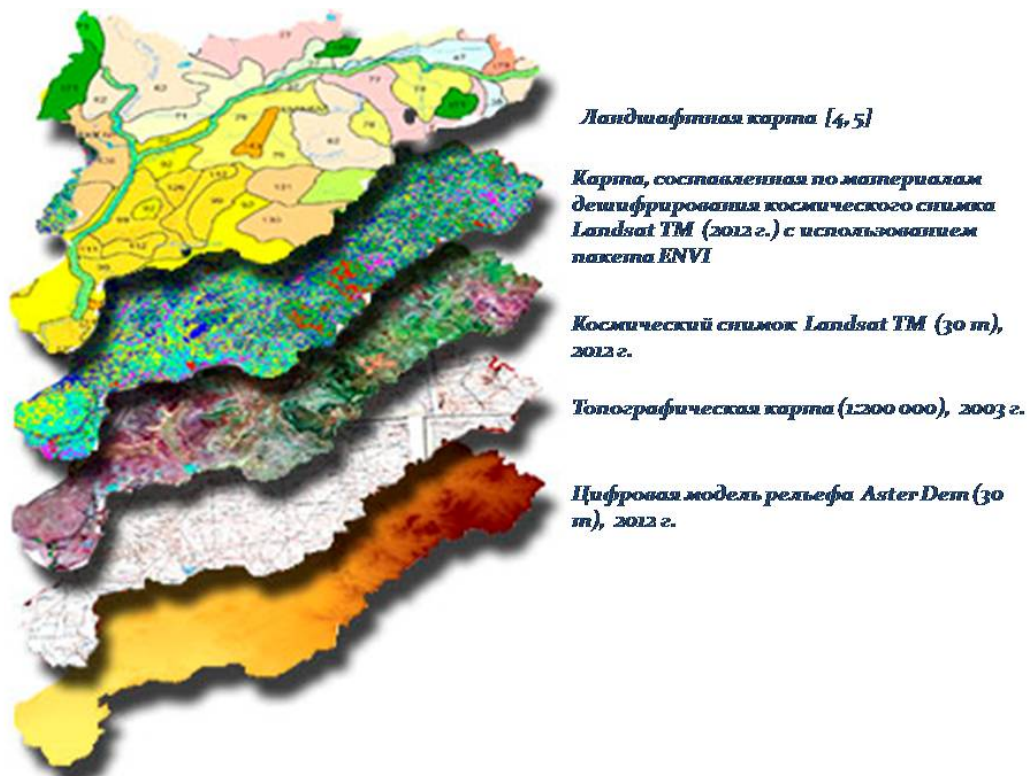


Рисунок 2 - Геоинформационное картографирование ландшафтов бассейна реки Сарысу

Выполненная нами среднемасштабная (1:500 000) ландшафтная карта бассейна Сарысу построена по структурно-динамическому принципу типизации сообществ и отражает генетическое происхождение, классификационную иерархию. Основной ее задачей стала демонстрация пространственно-временных закономерностей, действующих в геосистемах. В основу классификации геосистем и создания легенды ландшафтной основы положен системно-иерархический подход к выявлению соподчинения ландшафтных таксонов.

Вся территория *полупустынной зоны* (73588,4 км²; 53,06%) находится в пределах центральных приподнятых территорий Казахского мелкосопочника, приуроченного к Казахскому эпигерцинскому щиту. Рельеф характеризуется чередованием массивов мелкосопочника и островных низкогорий с возвышенными равнинами и древними долинами. В большинстве это - холмистые и мелкосопочно-увалистые равнины, перекрытые тонким плащом элювия и делювия, а в межсопочных понижениях – аллювием. Сложены они сланцами, суглинками, супесями, гравийно-галечниками, гнейсами, эффузивно-осадочными породами. Все эти слагающие породы имеют широтное положение в соответствии с общим направлением геологических структур и зон крупных тектонических наруше-

ний. Относительные высоты между сопками и смежными долинами составляют от нескольких метров до 40-80 метров. Для самой долины реки Сарысу в пределах данной зоны характерен возвышенный грядово-волнистый рельеф, который, ступенчато опускаясь ближе к пустынной зоне, переходит в грядово-котловинный рельеф.

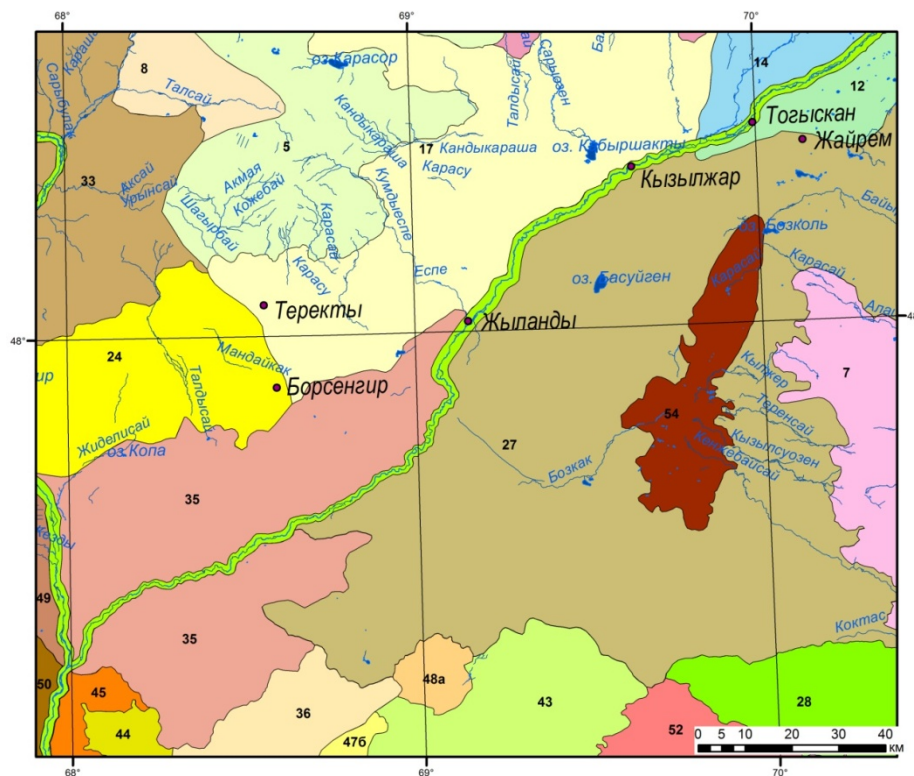


Рисунок 3 - Фрагмент ландшафтной карты бассейна реки Сарысу

Легенда к фрагменту ландшафтной карты бассейна реки Сарысу (№ по карте, рис. 3)

№	Наименования геосистем
I	Равнинные ландшафты
1	Полупустынные
	<i>Равнины денудационные</i>
	5 – Увалистая равнина с отдельными куполовидными вершинами и фрагментами каолиновой коры выветривания, сложенная туфами, туфопорфирами, известняками, песчаниками, с сублессингиановопольной и красно-ковыльной растительностью на светло-каштановых малоразвитых и неполноразвитых (ксероморфных) щебнистых почвах.
	7 – Увалисто-грядовая равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузионно-осадочными породами, с сублессингиановопольно-типчаковой и кыргызскоковыльной растительностью на светло-каштановых малоразвитых и неполноразвитых (ксероморфных) щебнистых почвах.
	8 – Пологоувалистая слаборасчлененная равнина с отдельными замкнутыми понижениями, сложенная известняками, песчаниками, с полынно-типчаковой растительностью на светло-каштановых малоразвитых почвах.
	12 – Холмисто-увалистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная суглинками, гравийно-галечниками, с однолетне-солянковой, местами сарсазановой, в комплексе грудницево-типчаковой растительностью на светло-каштановых нормальных почвах с солонцами.
	14 – Холмисто-волнистая цокольная равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузивно-осадочными породами, с тонковато-полынно-тырсовой растительностью на светло-каштановых нормальных почвах с солонцами.

2	17 – Слабохолмистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная суглинками, глинами, песками, с однолетнесолянковой, местами грудницево-типчаковой, нитрозовопольнно-типчаковой растительностью и лугами на бурых пустынных малоразвитых щебнистых почвах.
	24 – Пластовая слаборасчлененная равнина с полынной, чернобоялычевой и тасбиюргуновой растительностью на бурых пустынных малоразвитых щебнистых почвах.
II	<i>Равнины аккумулятивные</i>
	27 – Делювиально-пролювиальная слабонаклонная равнина с руслами временных водотоков, сложенная эффузионно-осадочными породами, с полынно-тырсовой растительностью на светло-каштановых нормальных почвах.
a	Полупустынные
1	Северопустынные
	<i>Равнины денудационные</i>
2	28 – Увалисто-холмистая равнина, сложенная эффузионно-осадочными породами, с ковыльно-сублессингиановопольнной растительностью на бурых солонцеватых почвах.
	33 – Плосковолнистая цокольная равнина с отдельными куполовидными сопками, руслами временных водотоков и эрозионными останцами, сложенная известняками, доломитами с полынной и чернобоялычевой растительностью на бурых пустынных почвах.
2	35 – Пластовая расчлененная равнина с замкнутыми котловинами и эрозионными останцами, сложенная известняками, доломитами, песчаниками, с полынной и тасбиюргуновой растительностью на бурых пустынных почвах.
	<i>Равнины аккумулятивные</i>
6	36 – Озерно-аллювиальная гривистая равнина, сложенная известняками, алевролитами, порфиритами, туфами, с биюргуновой и полынной растительностью на бурых солонцеватых в сочетании с такырами почвах.
	43 – Делювиально-пролювиальная пологоволнистая равнина, сложенная глинами, суглинками, гравийно-галечниками, со злаково-чернобоялычевой, биюргуновой и тасбиюргуновой растительностью на бурых пустынных почвах.
1	44 – Делювиально-пролювиальная слабонаклонная равнина, сложенная глинами, песками, песчаниками, с обionoвой растительностью в сочетании с галофитно-злаковыми лугами и кустарниковыми зарослями на бурых пустынных почвах.
	45 – Делювиально-пролювиальная пологосклонная равнина с руслами временных водотоков, сложенная глинами, песками и песчаниками, с житняково-белоземельно-терескеновой растительностью на бурых пустынных почвах.
1	47 – Эоловая бугристо-грядовая равнина с мелкими возвышениями, с житняково-белоземельно-польной и типчаковой растительностью на песках с участием пойменных луговых почв.
	48 – Эоловая бугристая равнина с мелкими возвышениями, с белопольно-типчаково-житняковой и серопольной растительностью на песках с участием пойменных луговых почв.
1	<i>Южнопустынные</i>
	<i>Равнины денудационные</i>
1	49 – Холмисто-волнистая цокольная равнина с замкнутыми котловинами и эрозионными останцами, с биюргуновой и полынной растительностью на солонцах.
	50 – Волнистая равнина с замкнутыми котловинами и эрозионными останцами, со злаково-чернобоялычевой, биюргуновой и тасбиюргуновой растительностью на бурых пустынных солонцеватых почвах.
1	52 – Слабоволнистая равнина с руслами временных водотоков, сложенная гнейсами, сланцами, песчаниками, со злаково чернобоялычевой, биюргуновой и тасбиюргуновой растительностью на бурых солонцеватых почвах.
	<i>Равнины аккумулятивные</i>
1	54 – Эоловая бугристо-грядовая равнина с увалами, сложенная гнейсами, сланцами, песчаниками, с однолетнесолянковой, местами грудницево-типчаковой, нитрозовопольнно-типчаковой растительностью и лугами на бурых пустынных почвах с солонцами.

Особенности климата зоны характеризуются увеличением тепловых ресурсов и засушливости с севера на юг. В этом направлении годовой радиационный баланс увеличивается с 44 до 46 ккал/см², а суммарная солнечная радиация – от 126 до 130 ккал/см². Сухость климата, дробно расчлененный рельеф, разнообразие литологического состава почвообразующих пород обусловили чрезвычайную неоднородность почвенного покрова зо-

ны. Зональными являются светло-каштановые почвы, которые формируются под полынно-ковыльной, полынно-типчаковой растительностью. Почти повсюду, особенно при суглинистом механическом составе, они карбонатно-солонцеватые. Одной из характерных его черт является комплексность. Почти повсеместно на террасах речных долин, равнинных междуречьях, в межсочных понижениях светло-каштановые почвы встречаются в комплексе с солонцами. Изреженность биоты объясняется особенностями литогенной основы, представленной эффузивно-осадочными породами, песчаниками, которые часто выходят на дневную поверхность.

Ландшафты полупустынной зоны приурочены к руслу реки Сарысу в верхнем и среднем течении и функционируют в условиях сравнительно оптимального увлажнения. Средний коэффициент увлажнения составляет 0,25. Массивы используются как пастбища хорошего качества для всех видов скота с урожайностью в среднем 3,9 ц/га сухой массы. Орошения развито в геосистемах (2, 20, 21, 25, 26) долинах рек Кенгир, Жаксы-Сарысу, Жаман-Сарысу на светло-каштановых неполноразвитых почвах.

Пустынная зона (65050,8 км²; 46,94%) бассейна реки Сарысу включает значительные территории Казахского мелкосопочника, западную часть пустыни Бетпакдала и юго-восточные районы Тургайского плато. Ландшафты представляют собой волнистые и слабонаклонные аккумулятивные поверхности. В Тургае и Бетпакдале пластовые равнины с плоскоступенчатым рельефом возвышаются над древнеаллювиальными равнинами. Такое неоднородное устройство поверхности, сопровождающееся существенными изменениями в геологическом строении (от скальных пород палеозоя до голоценовых развееваемых песков), обусловило большое разнообразие пустынных ландшафтов.

Данная зона характеризуется холодной малоснежной зимой и жарким засушливым летом, большими годовыми и суточными амплитудами температуры воздуха. Суммарная радиация - 145 ккал/см², радиационный баланс равен 48 ккал/см². Ландшафты пустынной зоны функционируют в условиях снижения скорости течения воды в руслах рек, что вызвано уменьшением уклона местности. Ландшафты данной зоны лишены постоянно действующих водотоков, кроме самой реки Сарысу. Отсутствие постоянного стока определяет стабильный зональный характер геосистем. Средний коэффициент увлажнения составляет 0,17. Для геосистем данной зоны характерны суффозионные и карстообразующие процессы.

Развитие геосистем происходит в условиях недостаточного увлажнения, где дефицит влаги и мощность почвенных горизонтов определяют их пустынный облик. В связи с этим в пустынной зоне широко распространены засоленные почвы, солонцы и солончаки, следовательно, растительный покров представлен голофитами и ксерофитами. В связи с понижением абсолютных высот до 120-250 усиливаются процессы дефляции, которые и активизируют эоловые процессы. В функционировании геосистем активную роль играют процессы ксерофитизации, отражающиеся на характере почвенно-растительного покрова.

Пустынные ландшафты 46, 47, 48 в основном образованы в результате накопления песка, благодаря процессам физического и химического выветривания коренных пород. Они представлены бугристо-грядовыми и бугристыми равнинами (пески Мойынкум, Жетыконт, Каракойын), растительность представлена следующими ассоциациями группировок: житняково-белоземельно-полынно-терескеновой, белополынно-типчаково-житняковой. На характер функционирования данных ландшафтов влияют грунтовые воды. Эти массивы являются пастбищами, их травостой хорошо поедается овцами в весенний, летний и осенний периоды. Урожайность по группам колеблется от 1,9 до 3,2 ц/га в сухой массе. В геосистемах (37, 39, 40, 41) грунтовые воды залегают на глубине 0,5-2 м, что обуславливает постоянное капиллярное увлажнение почвы и способствует хорошему развитию имеющейся растительности.

В низовьях, где сама Сарысу протекает по аллювиально-песчаной равнине, поверхность долины приобретает бугристо-грядовый характер. Сарысу лишь в отдельные годы достигает (поводковые воды) озера Теликоль, обычно же они теряются в собственных рыхлых отложениях реки.

Таким образом, Сарысуйская геосистема - единая внутриконтинентальная геосистема, сформированная стоком реки Сарысу, где парагенетические и парадинамические комплексы функционируют в условиях исключительно напряженного водного баланса. Эти природные комплексы развиваются под влиянием двух взаимообусловленных ведущих факторов дифференциации – литогенной основы и стока. В силу исчезновения многих постоянных русел поверхностного стока современное развитие геосистем происходит в условиях дефляции и общей аридизации почвенного покрова и биоты. Дефляция и активный солевой перенос, а также интенсивное накопление в тяжелосуглинистых грунтах токсичных веществ, солей тяжелых металлов, аккумулирующихся в различных природных компонентах, негативно влияют на современную динамику природных комплексов.

Специфическими особенностями современных физико-географических условий функционирования и развития Сарысуйской геосистемы являются следующие: связь современного характера развития геосистем с генетическим типом пустынь; широкое распространение скалистых трещиноватых, а местами и закарстованных горных пород; слабая зависимость степени функционирования геосистем от поверхностного стока; зависимость функционирования геосистем от характера грунтовых вод; развитие интенсивных процессов соленакопления и образования солончаков в условиях жесткого сухого гидротермического режима.

Список литературы

1. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование: Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.
2. Солнцев Н.А. Учение о ландшафте: Избранные тр. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 383 с.
3. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 318 с.
4. Национальный Атлас Республики Казахстан / Под ред. А.Р. Медеу и др. – Алматы, 2010. – Т. 1. – 150 с.
5. Ландшафтная карта Казахской ССР /Под ред. Н.А. Гвоздецкого. – Алма-Ата, 1978. – 1 с.

Получено 5.08.2016

УДК 581.5(574.31)

Ж.О. Озгелдинова

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана

Ж.Т. Мукаев

Государственный университет им. Шакарима, г. Семей

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

Воздействие промышленности на природную среду зависит от характера ее территориальной локализации, объемов потребления сырья, материалов и энергии, от возможности утилизации отходов и др. На локальном уровне с геоэкологической точки зрения территория промышленных узлов является центром концентрации техногенных геохимических аномалий.

Основная специализация Жезказганского промышленного узла – медное производство, представленное горно-обогатительным комбинатом, медеплавильным заводом, обогатительными фабриками, литейно-механическим заводом, шахтами с разработкой открытого типа. Таковыми предприятиями региона являются ПО «Жезказганцветмет» ТОО «Корпорация Казахмыс» и РГП «Жезказганредмет».

По характеру почв промышленная зона Жезказганской площадки корпорации «Казахмыс» расположена в подзоне бурых нормальных тяжелосуглинистых почв в пределах волнисто-холмистого рельефа. Почвообразующие породы представлены средними и легкими суглинками, мощность которых не превышает 40-70 см. Примерно на этих глубинах они подстилаются песчано-гравелистыми отложениями с большим количеством чешуйчато-кристаллического гипса.

Растительный покров служит надежным индикатором состояния окружающей среды, а сами растения являются начальным этапом в трофической цепи накопления и перераспределения вещества и энергии. Именно растения первыми принимают токсические вещества из почвы и воздушной среды [1, 2, 3]. Отбор доминантных видов растительных образцов, пробные площадки закладывались в соответствии с методиками, принятыми в фитоценологии, модифицированными для биогеохимических исследований [4]. В исследуемом регионе нами выявлялось содержание в растениях пяти следующих металлов: цинк, медь, свинец и кадмий.

Для изучения пространственного изменения валового содержания тяжелых металлов (ТМ) в растительности были отобраны образцы в зависимости от удаления промышленной зоны в соответствии с розой ветров, радиально по 8 маршрутным направлениям: север, юг, запад, восток, северо-запад, юго-запад, северо-восток, юго-восток, на расстоянии от 250 до 500 м от промышленной зоны (рис. 1).



Рисунок 1 - Схема отбора проб растительности на территории Жезказганского промышленного узла

Для определения растительных сообществ выполнены геоботанические описания по [5], латинские названия растений даны по [6]. Анализ содержания в них ТМ выполнен в сертифицированной лаборатории экологической биотехнологии Национального центра биотехнологии г. Астаны методом атомно-абсорбционной спектрометрии (см. табл.).

Валовое содержание тяжелых металлов в исследуемых растениях территорий, прилегающих к промышленной зоне

Расстояние от контура пром-зоны, м	Наименование растений	Элемент, мг/кг			
		Zn	Cu	Pb	Cd
Север					
250	Биоргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	17,56	29,67	11,67	0,02
500	Биоргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	16,67	25,76	8,56	0,02
Юг					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	67,01	41,67	40,24	0,7
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	58,67	40,02	40,21	0,5
Запад					
250	Тростник (Phragmites communis Trin)	24,5	7,4	2,45	0,03
500	-	-	-	-	-
Восток					
250	Биоргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	29,45	49,67	19,56	0,03
500	Биоргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	18,56	49,01	18,90	0,02
Северо-запад					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	28,67	51,67	10,67	0,02
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	19,56	27,65	7,43	0,02
Юго-запад					
250	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	71,56	57,67	38,56	0,05
500	Полынь Шренка (Artemisia Schrenkiana Ldb.)	49,65	43,67	23,80	0,05
Северо-восток					
250	Торгайота (Climacoptera Brachiata (Pall) Botsch)	31,65	39,65	37,78	0,03
500	Торгайота (Climacoptera Brachiata (Pall) Botsch)	27,65	29,65	31,76	0,03
Юго-восток					
250	Биоргун (Anabasis salsa (C.A.M.) Benth)	32,64	43,31	35,82	0,04
500	-	-	-	-	-
Максимально допустимый уровень содержания элемента в кормах (МДУ)		50,0	30,0	5,0	0,3
Природное содержание элемента в растениях		15-150	2-12	0,1-10,0	0,05-0,2

По периметру от источников загрязнения наблюдается закономерное уменьшение количества ТМ в растительности региона. Так, среднее валовое содержание меди в растительности на расстоянии 250 м от источника загрязнения превышало МДУ для кормов в 1,3 раза, свинца – в 4,9 раза, на расстоянии 500 м медь – в 1,2 раза, свинец – в 4,3 раза (табл., рис. 2-5).

Разброс показаний количества свинца в растениях - от 2,45 до 40,24 мг/кг. Только тростник имеет количество свинца ниже МДУ, принятого для кормов - 1,7-2,75 мг/кг. Все остальные показатели выше. Только в полыни Шренка, отобранной в северном направлении от промзоны, концентрация кадмия (0,7-0,5 мг/кг) больше показателя МДУ для кормов. Лишь тростник, биюргун (в южном направлении 250-500 м), в одном случае торгайота (в юго-западном направлении 500 м), а в другом – полынь Шренка (в северо-западном

направлении 500 м), имеют концентрацию меди ниже уровня МДУ. Содержание цинка только в двух случаях немного превышает МДУ (50,0): в полыни Шренка в южном (250-500 м) и юго-западном (250 м) направлениях. Во всех остальных случаях содержание цинка меньше МДУ, однако во всех случаях концентрация цинка меньше природной концентрации.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что минимальное накопление химических элементов обнаружено на западе, а максимальное – на юге и юго-западе (см. табл.). Такое распределение ТМ в растениях практически повторяет картину распределения их в почве исследуемой территории. Распределение повышенных концентраций ТМ соответствует скорости и частоте преобладающих воздушных потоков – розе ветров. Преимущественное загрязнение почв на севере и северо-востоке объясняется расположением здесь хвостохранилища промышленного узла. Среднее содержание изученных элементов в растениях не превышает ПДК в кормах растительного происхождения. По периметру от источников загрязнения наблюдается закономерное уменьшение количества ТМ в растительности.

Отсутствие угнетающего влияния пыли на растительность мы связываем с ксеро- и галоморфностью анатомии строения растений изученной территории, которая проявляется внешне в мелколистности или полном отсутствии листьев (суккулентности), опушенности листьев, восковом налете и др. Эта анатомическая структура не позволяет оседать на поверхности растений значительному количеству пыли, а при оседании пыль легко сдувается следующими порывами ветра.

Повышение уровня грунтовых вод в аридной зоне вызывает изменения существовавших до строительства экосистем в более гидро- и галоморфные. Связано это со смыканием капиллярной каймы грунтовых вод с почвенными капиллярами. При высоких дневных температурах происходит интенсивное испарение влаги с поверхности почвы. Соли из глубоких горизонтов почвы подтягиваются на ее поверхность, засоляя поверхностные горизонты почвы, трансформируя облик экосистемы.

Все перечисленные геоэкологические смены произошли и происходят на изученных территориях. При сохранении существующего режима работы и инфраструктуры предприятий изменения в растительном покрове могут приобрести характер постепенного сокращения биоразнообразия и нарушения структуры сообществ. При этом основным фактором антропогенной деградации растительности может явиться химическое загрязнение токсичными выбросами, увеличение их содержания в почве, поверхностных и грунтовых водах. Опосредованно это воздействие будет стимулировать дальнейшее развитие процесса опустынивания.

При существующем режиме работы предприятий и имеющейся инфраструктуре эти изменения не будут иметь катастрофический характер, а при соблюдении соответствующих требований многих негативных проявлений можно избежать. Необходима разработка плана действия по рациональному природопользованию и мероприятий по сокращению и восстановлению как отдельных видов растительных сообществ, так и экосистем в целом.

Результаты изучения растительного покрова на территориях, прилегающих к промышленной зоне, позволяют констатировать, что изученный регион отличается своеобразием формирования биогеоценоза, природная динамика его развития имеет характер циклических флуктуаций, так как за длительный исторический период эволюционного развития биоценоз адаптировался к конкретным условиям среды обитания. Поэтому сформировавшаяся геохимическая аномалия, а также накопление химических элементов на геохимических барьерах ТМ в Жезказганском регионе обусловила повышенное содержа-

ние этих металлов в биомассе растительного покрова. Концентрация металлов в растениях, как правило, выше максимально допустимого уровня, установленного для кормов (только тростник, биюргун и полынь Шренка содержат ТМ ниже МДУ).

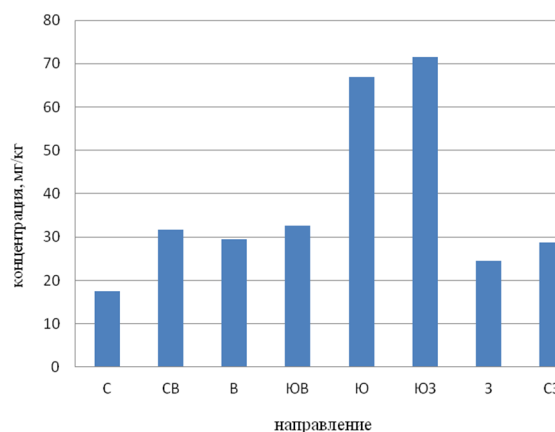


Рисунок 2 – Содержание цинка в растениях в зависимости от направления от промышленной зоны на 250 м

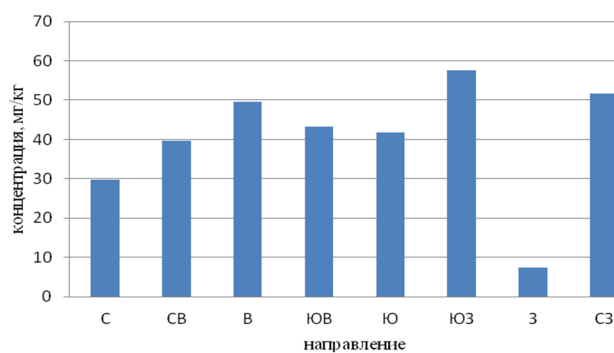


Рисунок 3 – Содержание меди в растениях в зависимости от направления от промышленной зоны на 250 м

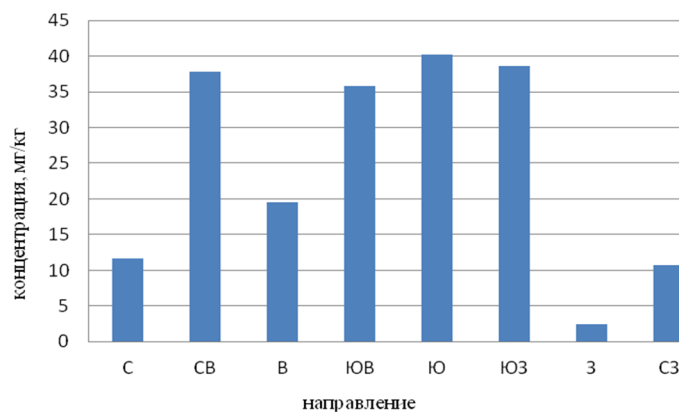


Рисунок 4 – Содержание свинца в растениях в зависимости от направления от промышленной зоны на 250 м

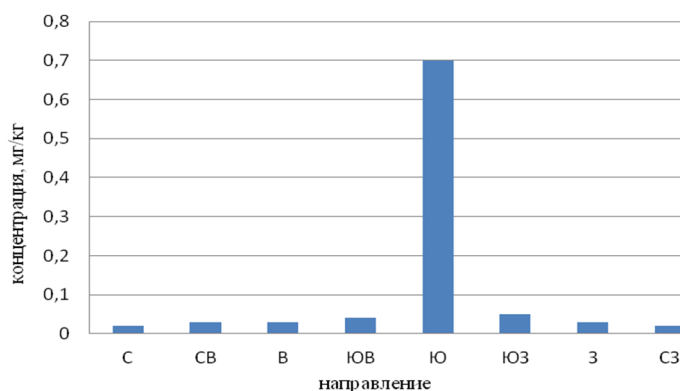


Рисунок 5 – Содержание кадмия в растениях в зависимости от направления от промышленной зоны на 250 м

Таким образом, было установлено, что химический состав растений зависит от состава и свойств почв, на которых они произрастают, но не повторяют его, так как растения избирательно поглощают необходимые им элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями. Ассоциацию загрязняющих веществ в растениях составляют цинк и медь. Компонентный состав техногенных выбросов настоящего промышленного узла является мощным геохимическим фактором, который изменяет и перераспределяет миграцию химических элементов под влиянием преобладающих ветров, режима атмосферных осадков, удаленности от источников загрязнения, особенностей рельефа и растительности.

Исходя из вышеизложенного, мы считаем, что определенную роль в борьбе с загрязнением среды должны играть техногенные геохимические барьеры. Их необходимо создавать вокруг промышленных предприятий и таким путем локализовать загрязнение, не давая ему распространяться на значительной площади. Так, если на пути миграции щелочных вод поместить соединения кислой породы, то на этом техногенном геохимическом барьере будут задерживаться вредные соединения щелочной природы и образовываться искусственные аномалии (щелочные барьеры).

Список литературы

1. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Под ред. Н.Г. Зорина, С.Г. Малахова. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 108 с.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Знание, 1973. – 64 с.
3. Большаков В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков и др. – Минск, 1978. – 52 с.
4. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 108 с.
5. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растений. – Киев, 1978. – 246 с.
6. Matuszkiewicz W. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roslinnych Polski. – Warszawa: WN PWN, 2011. – 540 p.

Получено 5.08.2016

УДК 553.411 (574.1)

М.Ш. Омирсериков

Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

Л.Д. Исаева, К.Ш. Дюсембаева, М.К. Кембаев, С.К. Асубаева

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

**РЕДКИЕ ЗЕМЛИ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУНДЫБАЙ
(СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)**

Кундыбайское месторождение редких земель входит в состав Житикаринского рудного района и включает два типа оруденения – Кундыбайский и Кенетский. Кундыбайское месторождение приурочено к субмеридионально вытянутой полосе древних метаморфических пород вдоль западного экзоконтакта Шевченского ультраосновного массива. *Объект* вначале был известен на титан, а как редкоземельный был открыт А.Р. Ниязовым [1, 10-12]. Для объекта были подсчитаны предварительные запасы ильменита, рутила и черчита, а также сумма редкоземельных металлов в черчитовом минерале. По расположению в стратиграфической колонке метаморфические породы условно были разделены на три горизонта: верхний – кварцит-сланцевый, средний – амфиболитовый и нижний – гнейсовый. Практически повсеместно развита мезозойская кора выветривания. Мощность коры выветривания составляет обычно 10-40 м и лишь в тектонических зонах, где появляется линейная кора выветривания, достигает глубины развития 80-110 м. На месторождении выделены главные типы кор выветривания: 1) кора выветривания амфиболитов; 2) кора выветривания гнейсов; 3) кора выветривания сланцев; 4) кора выветривания даек диабазов. По всем породам наблюдается «каолининовый» профиль коры выветривания, а в приконтактных зонах с ультрамафитами Шевченского массива развит «нонтронитовый» профиль коры выветривания по серпентинитам. Впоследствии было установлено, что именно глинистые породы коры выветривания являются основными концентраторами редкоземельных элементов. Были выделены четыре залежи с редкоземельной минерализацией и подсчитаны предварительные запасы по ним: первая, самая крупная, включает 64,9%, вторая – 7,8%, расположена западнее первой залежи на расстоянии 350 м, третья – 4,3% и четвертая – 23%, расположены южнее первой залежи (рис. 1). Соотношение реликтовых и новообразованных минералов в зонах зависит от степени выветрелости пород. К первым относятся полевые шпаты, амфибол, слюды, кварц, гранат, графит, пьомонтит, спессартин, турмалин, рутил, ильменит, сфен, титаномагнетит, кульсонит, ко вторым – каолинит, лимонит, гиббсит, гётит, гидрослюда, лейкоксен, редкоземельные минералы.

Распределение редкоземельных элементов и формы их нахождения в материнских породах. Среднее содержание оксидов редкоземельных металлов в первичных породах возрастает от амфиболитов к гнейсам и сланцам и составляет: амфиболиты – 224 г/т, гнейсы – 244 г/т, сланцы – 372 г/т. Наиболее распространенные разновидности метаморфических пород, по которым развивается кора выветривания с рудами иттрия и редких земель, – биотитовые, биотит-гранатовые, амфибол-гранатовые и хлорит-амфибол-гранатовые гнейсы, меланократовые, обыкновенные и лейкократовые амфиболиты с эпидотом, хлоритом, гранатом и биотитом; плагиоклаз-кварц-мусковитовые, плагиоклаз-хлорит-мусковитовые, пьомонтит-спессартиновые сланцы и амфиболиты.

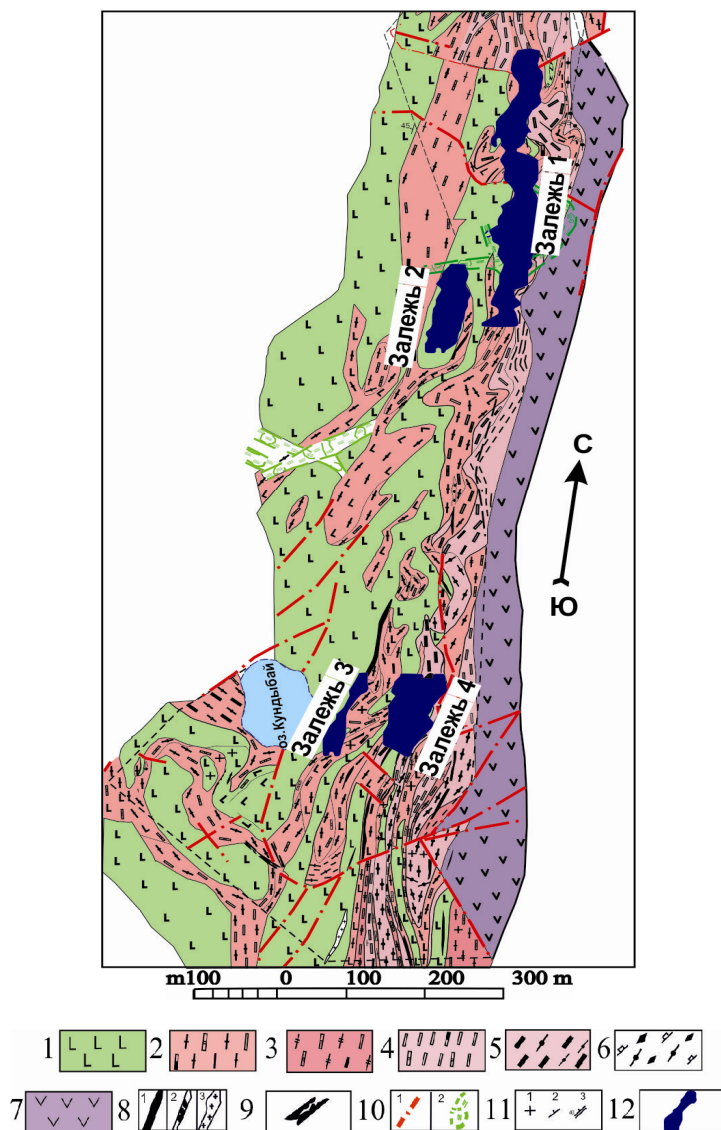


Рисунок 1 - Схематическая геологическая карта Кундыбайского месторождения: 1 - амфиболиты (меланократовые до анхимономинеральных; обыкновенные и лейкократовые); 2 – гнейсы (1) анхимономинеральные полевошпатовые, фенитизированные вплоть до фенитов; 2) мусковитовые; 3) биотитовые; 4) хлоритовые; 5) гранатовые; 6) роговообманковые; 3 - микрогнейсы (1) мусковитовые; 2) биотитовые; 3) биотит-мусковитовые; 4) биотит-роговообманковые; 4 - кристаллические сланцы средних-высоких ступеней метаморфизма (1) кварц-полевошпат-мусковитовые лейкократовые; 2) те же с горизонтом марганцевых пьезонит-спессартитовых сланцев; 3) биотитовые; 4) гранатовые; 5) хлоритовые; 6) биотит-гранатовые; 5 - сланцы низких ступеней метаморфизма (1) кварц-хлоритовые с серицитом; 2) кварц-хлоритовые с графитом (до 1-3%); 6 - кварциты (1) графитистые; 2) железистые); 7 - серпентиниты; 8 - дайки (1) диабазов и диабазовых порфиров; 2) альбитофиров; 3) пегматитов); 9 - тектонические брекчии и милониты, установленные скважинами, будинированные породы; 10 - данные дешифрирования (1) тектонические разломы по характеру овражно-балочного рисунка, тектонические разломы по посадочным котловинам и депрессиям); 11 - элементы залегания (1) горизонтальное (пород); 2) наклонное (пород); 3) наклонное (даек)); 12 - рудная залежь

Максимальная иттриевость амфиболитов объясняется преобладанием среди породообразующих минералов амфибола и биотита, а также присутствием таких минералов, как эпидот и рутил - носителей промежуточных и тяжелых лантаноидов. Более цериевый, по сравнению с амфиболитами, состав редкоземельных элементов в гнейсах объясняется широким распространением среди породообразующих минералов кислого плагиоклаза, реже браунита и ганконита, носителей легких лантаноидов. Наиболее цериевый состав редкоземельных элементов характерен для сланцев, что определяется преобладанием среди них породообразующих минералов плагиоклаза и мусковита, высокими содержаниями магнетита, которые являются одними из основных носителей легких лантаноидов.

Присутствие в сланцах тяжелых и промежуточных редкоземельных элементов объясняется наличием турмалина, эпидота, граната, содержащих эти лантаноиды. С породообразующими минералами связано от 46,6 до 76,6% легких лантаноидов (лантан, церий), от 19,2 до 77% промежуточных и тяжелых (от самария до лютеция). Характерно, что собственно редкоземельные минералы в материнских породах коры выветривания встречаются лишь в отдельных пробах, в очень небольших количествах, не играя существенной роли в сумме редкоземельных элементов. Минеральный состав коренных пород по результатам изучения протолок представлено следующими редкими и акцессорными минералами: монацит, циркон, магнетит, гематит, ильменит, рутил, пирит, халькопирит, титаномагнетит.

Ксенотим был обнаружен другими авторами [2, 23-25]. Собственно редкоземельный минерал монацит найден в мусковит-кварцевом сланце в ассоциации с минералами титана. Мелкие редкие включения монацита заключены в слюдяном минерале. По результатам двух микрозондовых анализов в одном установлены только элементы цериевой группы (La, Ce, Pr, Nd), в другом в небольших концентрациях присутствует также элементы иттриевой группы (Gd и Tb). Среди нерудных главным минералом в протолокках является кварц; второстепенные – мусковит, хлорит, биотит, гранат, эпидот-цоизит, амфибол, кианит, пироксен; редкие и акцессорные – апатит, флюорит.

Редкоземельные элементы и формы их нахождения в коре выветривания. В коре выветривания в процессе химического преобразования происходит изменение минерального состава материнских пород. Выделяется группа устойчивых минералов, накапливающихся в коре выветривания: ильменит, рутил, гранат, ставролит, кианит, анатаз. Из редкометалльных - незначительно циртолит, на прежнем уровне остается циркон. Очень редко в коре выветривания встречаются остаточные минералы: монацит и ксенотим. К группе неустойчивых относятся практически все сульфидные минералы (пирит, халькопирит, сфалерит и др.), а также магнетит, гематит и андалузит. Резко снижается содержание апатита и флюорита. К новообразованным минералам в коре выветривания, кроме глинистых минералов, относятся лимонит, гидроокислы марганца, в значительной степени лейкоксен, образующийся по ильмениту, а также марказит, ярозит, крадаллит. Среди редкоземельных минералов к ним относятся черчит, Се-черчит, рабдофанит, иттриевый рабдофанит, неодимовый и иттриевый бастнезит, неодимовый и иттриевый паризит, а также стронциевые минералы - целестин, ферморит и сенбергит.

В процессе выветривания первичный баланс редкоземельных элементов в породах существенно изменяется. Породообразующие минералы (слюды, амфиболиты, плагиоклазы) в условиях выветривания трансформируются в глинистые минералы. При этом большая часть высвобождающихся редкоземельных элементов сорбируется глинистыми минералами, а меньшая часть проступает в раствор. В связи с этим глинистые минералы в коре выветривания Кундыбайского месторождения являются одними из главных носителей редкоземельных элементов. Химический состав проб коры выветривания и выде-

ленных из них глинистых фракций показал, что в этих пробах с минералами глинистой фракции связано от 13 до 90,3% Σ РЗЭ от валового содержания, в среднем 58,1%. Содержание редкоземельных элементов в корах выветривания амфиболитов, гнейсов и сланцев - 245 г/т, 293 г/т и 289 г/т соответственно.

Отличительной особенностью месторождения Кундыбай является наличие в рудах средних и тяжелых лантаноидов. В целом, легкие лантаноиды составляют 46,85% от запасов месторождения. Больше всего они распространены в корах выветривания сланцев и гнейсов. Наблюдается снижение распространения легких лантаноидов в корах выветривания от сланцев к гнейсам и амфиболитам. Средние и тяжелые лантаноиды, иттрий больше распространены в корах амфиболитов и дайковых породах. Самым распространенным металлом на месторождении является иттрий - 39,3%, на втором месте церий - 20,6%, на третьем и четвертом - лантан и неодим - 11,9%, 11,3% соответственно [3, с. 141-142]. Количество оксидов средних лантаноидов по месторождению составляет 11,4%, тяжелых лантаноидов - 2,45%. Больше половины запасов месторождения - 53,15% - составляют оксиды иттрия, средних и тяжелых лантаноидов, что является одним из главных особенностей месторождения [4, с. 34].

Минеральный состав коры выветривания по данным изучения шлиховых проб следующий: 1) рудные: главные - черчит, иттриевый-неодимовый бастнезит, иттриевый-неодимовый паризит, иттрорабдофанит, гидрофосфат РЗМ; второстепенные - ильменорутит, гетит, гидрогетит, окислы марганца, лейкоксен; редкие и акцессорные - магнетит, гематит, ильменит, циркон, пирит, рутил, апатит; 2) нерудные: главные - кварц, альбит, слюда; второстепенные - амфибол, эпидот-цоизит, гранат, кианит.

Редкоземельные элементы в коре выветривания Кундыбайского месторождения находятся в следующих формах: 1) адсорбируются гипергенными коллоидальными минералами, среди которых к главным относится каолинит, а также гидроокислы железа и марганца; 2) входят в состав собственно редкоземельных новообразованных гипергенных минералов; 3) входят изоморфно в состав реликтовых эндогенных породообразующих минералов.

1. В каолинитах редкоземельные элементы концентрируются в узлах и междоузлиях структурных решеток. Кроме того, в зоне каолинов, особенно в ее нижней половине, встречаются собственно редкоземельные минералы, среди которых главным является черчит.

Для наглядного изображения распределения концентраций редкоземельных элементов в пределах рудных залежей коры выветривания Кундыбайского месторождения использовано 3D-моделирование. Для построения использовались материалы из производственных отчетов за 2011-2014 гг. (геологическая карта, разрезы, планы опробования, подсчетные таблицы, инклинометрия скважин). Картографический материал привязывался по координатам в программе Micromine, а данные опробования вносились в файлы формата программы Excel. Для компьютерного моделирования была включена информация в количестве 14213 единиц по 817 скважинам.

Вначале была отстроена каркасная модель литологического строения месторождения Кундыбай с выделением границ неоген-четвертичных отложений, коры выветривания и метаморфических пород (рис. 2). Литологические разновидности пород фундамента (амфиболиты, гнейсы, сланцы) четко различаются визуально, однако корреляционной связи между литологическими разновидностями пород и содержаниями суммы редких земель не установлено.

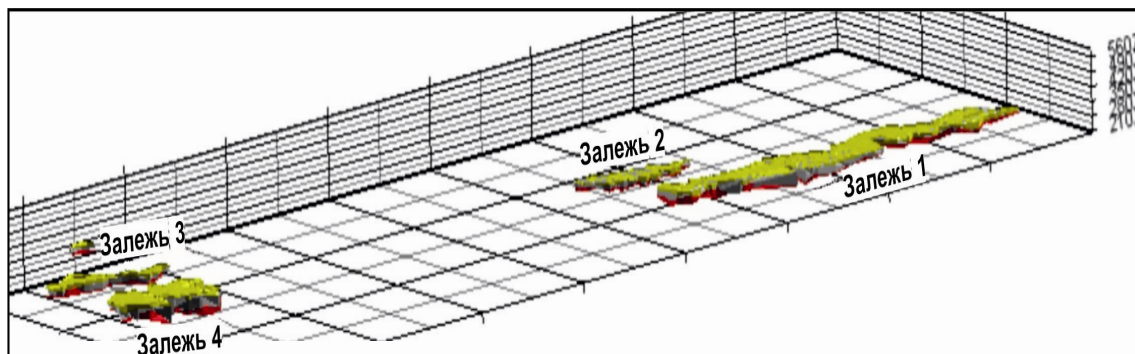


Рисунок 2 - Каркасная модель литологического строения рудных залежей.
Желтый - палеоген-неогеновые и четвертичные отложения; серый - кора выветривания;
розовый - кристаллические породы докембрия (амфиболиты, гнейсы, сланцы)

Следующий этап работ - построение каркасной модели для четырех выделенных рудных залежей. Последние имеют вытянутую форму в меридиональном направлении, наследуя простираие пород фундамента. Контуры рудных залежей определялись по бортовому содержанию ΣTR_2O_3 . Визуально рудную минерализацию отличить от безрудных кор выветривания не представляется возможным, и поэтому она определялась только по результатам опробования. Для построения трехмерных каркасных моделей рудных залежей были построены стринги по данным опробования, т. е. ооконтурены разрезы по разведочным профилям. Стринги использовались для создания каркасной модели рудного тела между разрезами. Каркасные модели рудных залежей показывают, что их формы не сложные, простые. Ниже приводятся геометрические параметры рудных залежей по геологическим данным: 1) залежь первая является самой протяженной по длине, вытянута субмеридионально - 2865 м, ширина от 84 до 500 м, максимальная мощность 80 м, прослеживается на глубину до отметки + 290 м; мощность полезной толщии по скважинам изменяется от 2 до 72 м и в среднем составляет 18,8 м; 2) залежь вторая расположена западнее залежи первой на расстоянии 350 м, простираие залежи северо-восточное по азимуту 13^0 , длина 820 м, ширина от 125 до 250 м, прослеживается на глубину до 35-40 м (отметка + 330 м); мощность полезной толщии по скважинам изменяется от 1,1 до 28 м и в среднем составляет 8,6 м; 3) залежь третья имеет меридиональное простираие на расстоянии 920 м, ширина от 50 до 200 м, прослеживается на глубину до 60 м (отметка + 295 м); мощность полезной толщии по скважинам изменяется от 1,5 до 21,5 м, в среднем – 8,2 м; 4) залежь четвертая расположена восточнее третьей и вытянута в меридиональном направлении, ширина от 45 м до 500 м, длина 850 м, прослеживается на глубину до 110 м (минимальная отметка + 255); мощность полезной толщии по скважинам изменяется от 1,3 до 67,8 м и в среднем составляет 17,4 м.

Таким образом, залежь первая (2865 м) - самая протяженная, а остальные залежи имеют приблизительно длину в пределах 820-920 м. Залежи первая и четвертая отличаются от третьей и второй большими средними значениями мощности (70-80 м). В результате получена визуализация зон различных содержаний суммы оксидов иттрия и редких земель, являющихся блочными моделями рудных залежей. Блочные модели рудных залежей позволяют рассмотреть их сверху, снизу и сбоку, а также уточнить локализацию зон различных содержаний суммы оксидов иттрия и редких земель в пространстве. Ниже приводится описание каждой рудной залежи, исходя из блочной модели месторождения.

Залежь Первая. Зоны с повышенными содержаниями суммы оксидов иттрия и редких земель встречаются как в верхних, так и нижних горизонтах данной рудной залежи. Визуализация данной рудной залежи снизу показывает, что в нижних горизонтах северной части сосредоточены обширные зоны с содержанием суммы оксидов иттрия и редких земель ниже бортового (меньше 0,03%). Это позволяет сделать заключение о том, что в северной части с глубиной уменьшается содержание оксидов редкоземельных металлов. Это подтверждается моделями разрезов по разведочным профилям. Южная часть данной рудной залежи более перспективная и отличается тем, что в ней равномерно распределены зоны с различными содержаниями суммы оксидов иттрия и редких земель. Концентрации их 0,06-0,09% и более встречаются как в верхних, так и в нижних горизонтах рудной залежи. Вертикальный размах рудной залежи по блочной ее модели колеблется в пределах от 30 до 80 м.

Залежь Вторая. В блочной модели второй залежи содержание суммы оксидов иттрия и редких земель в пространстве довольно выдержанное, а мощность ее оценивается максимумом 40-45 м.

Залежь Третья. Она характеризуется неравномерным распределением суммы оксидов иттрия и редких земель. Зоны с высокими их содержаниями (0,06-0,09% и более) распределены как в средних, так и нижних горизонтах рудной залежи. В верхних горизонтах рудной залежи широко распространены зоны с содержанием суммы оксидов иттрия и редких земель ниже бортового - меньше 0,03%. Здесь необходимо отметить увеличение концентраций суммы оксидов иттрия и редких земель с глубиной. Мощность рудной залежи по блочной ее модели оценивается в пределах 40-45 м.

Залежь Четвертая. Для данной залежи характерна изменчивость концентраций редких земель. Зоны с высокими содержаниями суммы оксидов иттрия и редких земель (0,06-0,09% и более) в основном распространены в верхних горизонтах рудной залежи, с глубиной концентрации их падают. Мощность рудной залежи по блочной модели оценивается в пределах 70 м.

Геостатический анализ для построения блочной модели месторождения показывает, что среднее содержание суммы оксидов иттрия и редких земель по месторождению Кундыбай составляет 344,3 г/т, с учетом геологических данных определено в пределах 350 г/т. В таблице приведены данные по распределению средних содержаний суммы редких земель по залежам, с выделением в пределах них различных литологических разновидностей, по которым развита кора выветривания.

*Распределение средних содержаний суммы редких земель по залежам
Кундыбайского месторождения (в геологических контурах, в %)*

Залежи	Амфиболиты		Гнейсы		Диабазы		Сланцы		Всего по залежам	
	%	$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$	%	$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$	%	$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$	%	$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$	%	$\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$
I южный участок	10,7	0,038	77,4	0,038	2,5	0,048	9,4	0,04	100	0,038
I северный участок	8,2	0,03	28,4	0,029	3,2	0,037	60,2	0,03	100	0,030
II	89,7	0,035	9,9	0,03	0,4	0,015	--		100	0,034
III	41,2	0,034	44,0	0,028	8,3	0,039	6,5	0,034	100	0,032
IV	9,7	0,039	66,7	0,033	3,9	0,035	19,7	0,031	100	0,033
В целом по месторождению	20,3	0,036	58,8	0,035	3,0	0,04	17,9	0,033	100	0,035

На рис. 3 и 4 показано распределение концентраций редкоземельных элементов в пределах рудных залежей.

2. К числу главных собственно редкоземельных новообразованных гипергенных минералов в коре выветривания относятся черчит, иттриевый и неодимовый бастнезит, иттрорабдофанит, иттриевый и неодимовый паризит. Из остаточных редкоземельных минералов в коре встречаются ксенотим и монацит в виде единичных зерен, не представляющих практического интереса. Характерной особенностью для них является аномально высокое содержание в их составе европия, составляющее 1,3% от суммы лантаноидов в монаците и 1,5% - в ксенотиме. Во многих работах, посвященных геохимии и минералогии редкоземельных элементов указывается, что концентрации европия ксенотиме и монаците обычно составляют 0,05-0,2%.

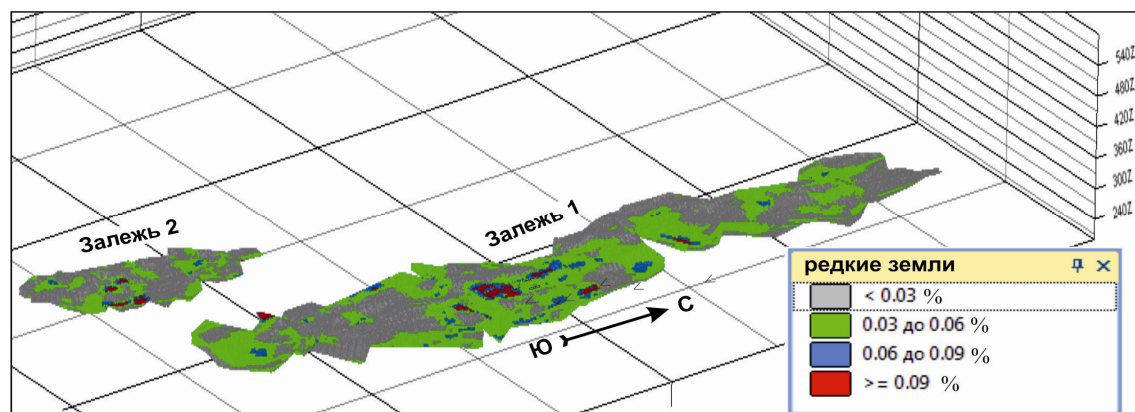


Рисунок 3 - Распределение редких земель по рудным залежам 1 и 2

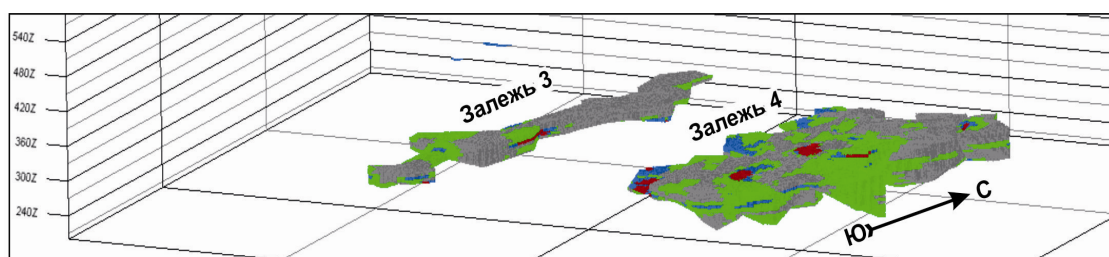


Рисунок 4 - Распределение редких земель по рудным залежам 3 и 4

Черчит является самым распространенным гипергенным редкоземельным минералом в корях выветривания редкоземельных месторождений [5, 394-396]. В минералогических пробах Кундыбайского месторождения его содержание иногда достигает 6,162 кг/т. Формы выделений черчита в основном овоидные и близкие к округлым (рис. 5). Цвет их зависит от примазок или включений гидроокислов железа и марганца, в основном их цвет белый, бежевый с розоватыми или желтоватыми оттенками. Черчит часто встречается в сростании с рутилом, кианитом, эпидотом, ганконитом, фибролитом и слюдами. Черчит характеризуется комплексным составом лантаноидов с преобладанием иттриевой группы и низким относительным содержанием группы лантана. Кроме того, выделяется цериевый черчит, который имеет примерно равные содержания из группы лантаноидов.



Рисунок 5 – Зерна черчита из шлиховой пробы

Бастнезит встречается чаще всего в коре выветривания амфиболитов и гнейсов. В минералогических пробах его максимальное содержание достигает 2440 г/т. Минерал образует овоиды, которые нередко срastaются друг с другом. Бастнезитовые овоиды встречаются в срastании с мусковитом, биотитом, рутилом, эпидотом, кварцем, рудными и марганцевыми минералами. Химический состав бастнезита необычен по сравнению с известными первичными и гипергенными бастнезитами. Так, на гигантском магнетит-редкоземельном месторождении Баян-Обо в Китае главный промышленный минерал бастнезит относится к Се- и Y-содержащему. Отличительной особенностью кундыбайских бастнезитов является почти полное отсутствие церия в составе, но аномальное содержание неодима (44-45%), европия (2,2-3,8%). Кроме неодимовых, присутствуют иттриевые бастнезиты. В составе лантаноидов неодимового бастнезита группа лантана составляет 64,8%, группа иттрия - 32,4%, группа скандия - 2,8%. Иттриевый бастнезит внешне ничем не отличается от неодимового, однако имеет в своем составе резко отличный спектр лантаноидов. В составе иттриевого бастнезита преобладает иттриевая и скандиевая группы. Групповой средний состав иттриевого бастнезита: группа лантана - 8,7% от суммы редкоземельных элементов, группа иттрия - 54,8%, группа скандия - 36,5%.

Иттрорабдофанит визуально похож на черчит и представлен агрегатами светло-розового и светло-серого цвета. По составу основных компонентов близок к черчиту ($\Sigma \text{TR}_2\text{O}_3$ - 51,7%), но отличается меньшим содержанием Y_2O_3 в сумме редкоземельных элементов (4,78% против 27,0%).

Иттриевый-неодимовый паризит, наряду с иттриевым бастнезитом, в количестве 15% присутствует в составе электромагнитной фракции, в немагнитной фракции - 60%. Минералы трудноотличимы друг от друга. Неодимовый паризит не содержит в своем составе Се, но содержит много Nd – 20,85%. Он находится в тесном срastании с мусковитом.

3. К числу остаточных эндогенных минералов в коре выветривания, куда редкоземельные элементы входят изоморфно, относятся: апатит, биотит, гранат, ортит, циркон, рутил, флюорит и другие. В работе [6, с. 14-20] приведены минералы-концентраторы, для которых характерен определенный редкоземельный элемент, входящий в них изоморфно.

Итак, можно сделать следующее заключение.

Месторождение можно расценивать как уникальное. Сумма наиболее дефицитных в мире промежуточных лантаноидов (39%) во много раз выше, чем в известных мировых месторождениях, а доля самых дорогих тяжелых лантаноидов также уникально большая (26,7%). Источником редкоземельной минерализации являются докембрийские метаморфические породы фундамента, которые в мезозое в процессе химического выветривания преобразовались в глинистые минералы, с которыми связана значительная часть редкоземельной минерализации. В каолинах присутствуют как металлы тяжелых, так и легких лантаноидов. Собственно редкоземельные минералы (черчит, иттриевый и неодимовый бастнезит, иттриевый рабдофанит, иттриевый и неодимовый паризит) после глиен стоят на втором месте по значимости и содержат в своем составе различные концентрации редкоземельных элементов. Источником для попутной добычи представляют остаточные эндогенные и новообразованные минералы коры выветривания, где редкоземельные элементы находятся в виде изоморфной примеси.

Кроме того, интерес на редкие земли могут представлять также биксбиитовые, марганецсодержащие руды, которые выделяются в виде зон мощностью в среднем 5 м. Они развиваются по пьомонтит-спессартиновым марганцевым сланцам. Морфология биксбиитовых тел в плане определяется контурами коры выветривания пьомонтит-спессартинового субстрата. Именно окислы марганца могут являться концентраторами иттрия и других редкоземельных элементов, и их нельзя исключать при оценке месторождения. Также установлена роль титановых минералов в концентрации редкоземельных элементов, в особенности рутила. Прослежено, что содержание рутила увеличивается от лейкократовых к меланократовым амфиболитам, а в гнейсах он развит незначительно.

В целом, по месторождению Кундыбай на основе блочной модели определенной явной закономерности по изменению содержаний суммы оксидов иттрия и редких земель по горизонтали и по вертикали в пределах месторождения не наблюдается. Тем не менее, по отдельным залежам прослеживается изменение концентраций суммы оксидов иттрия и редких земель. Такие изменения связаны с литологическими особенностями строения месторождения, а именно распространением амфиболитов, гнейсов и сланцев.

Список литературы

1. Ниязов А.Р. Кундыбайское месторождение титана / А.Р. Ниязов, Н.Н. Джафаров, Ф.Н. Джафаров // Горно-геологический журнал. – 2007. – № 2. – С. 10–15.
2. Подпорина Е.К. Новый тип редкоземельных месторождений в корях выветривания / Е.К. Подпорина, А.Р. Ниязов, М.Д. Брылин // Сб. «Экзогенные месторождения редких элементов». – М.: Институт минералогии, геохимии редких элементов (ИМГРЭ). – 1980. – С. 21–26.
3. Минеев Д.А. Лантаноиды в рудах редкоземельных и комплексных месторождений. – М.: Наука, 1974. – С. 141–142.
4. Джафаров Н.Н. Ресурсная база редкоземельных металлов в Джетыгаринском рудном районе / Н.Н. Джафаров, Т.М. Каскевич // Горно-геологический журнал. – 2013. – № 1–2 (33–34). – С. 33–37.
5. Бурков В.В. Коры выветривания осадочно-метаморфических пород с рабдофанитом и черчитом // Сб. «Месторождения литофильных редких металлов». – М., 1980. – С. 394–396.
6. Михайлов В.А. Редкоземельные руды мира. Геология, ресурсы, экономика. – Изд-во: Киевский ун-т, 2010. – С. 14–20.

Получено 26.08.2016

УДК 556.551+556.314

А.Т. Садуакасова, В.И. СамойловВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**В.И. Зеленин**Уральский Федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
г. Екатеринбург**М.А. Адылканова, Г.А. Кокаева, С.А. Абдулина**Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ**

Гидроминеральное сырьё (океанические, морские, озёрные и подземные воды) в перспективе могут оказаться источником сырья для извлечения металлов (сорбционными методами), в том числе урана. В данном случае в качестве ионитов представляется целесообразным использование природных сорбентов.

Опробованная в данной работе подземная вода, характеризуется следующим содержанием урана и примесей, мг/дм³: 0,246 U; 3,3 F⁻; 88,0 Cl⁻, 31,1 NO₃⁻, 193,0 SO₄²⁻, 140,3 HCO₃⁻. Задачей данной работы являлась очистка указанной подземной воды от урана до гигиенических норм с целью использования очищенной воды для производственных нужд.

Согласно требованиям гигиенических норм ГН 2.1.5.1315-03 (предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования), предъявляемых к технической воде, используемой для производственных целей, содержание урана в данной воде должно быть 100 мкг/дм³ и менее.

В качестве ионитов для извлечения урана из использованной в работе подземной воды применяли природный сорбент – цеолит Тайжузгенского месторождения Восточно-Казахстанской области и продукт его модификации.

Цеолиты – минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочно-земельных элементов с тетраэдрическим структурным каркасом, включающим полости (пустоты), занятые катионами и молекулами воды. Химический состав цеолитов в обобщённом виде может быть представлен формулой MeO·Al₂O₃·mSiO₂·H₂O, где Me – Na, K, Ca, Mg, Ba [1]. Запасы цеолита Тайжузгенского месторождения существенны и оцениваются десятками миллионов тонн.

Результаты химического, рентгеноструктурного и термогравиметрического анализов использованного цеолита представлены в табл. 1 и на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав Тайжузгенских цеолитов, % масс.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
65,51	14,24	0,67	0,80	3,20	2,04	2,83

Крупность использованного в работе цеолита составляла -0,1 мм, поэтому в динамических условиях процесс сорбции урана из подземной воды на цеолите не мог быть реализован вследствие того, что вода не фильтровалась через слой мелкодисперсного сорбента.

Методика проведения эксперимента по сорбции урана из подземной воды на цеолите в статических условиях приведена в примечании 1 к табл. 2.

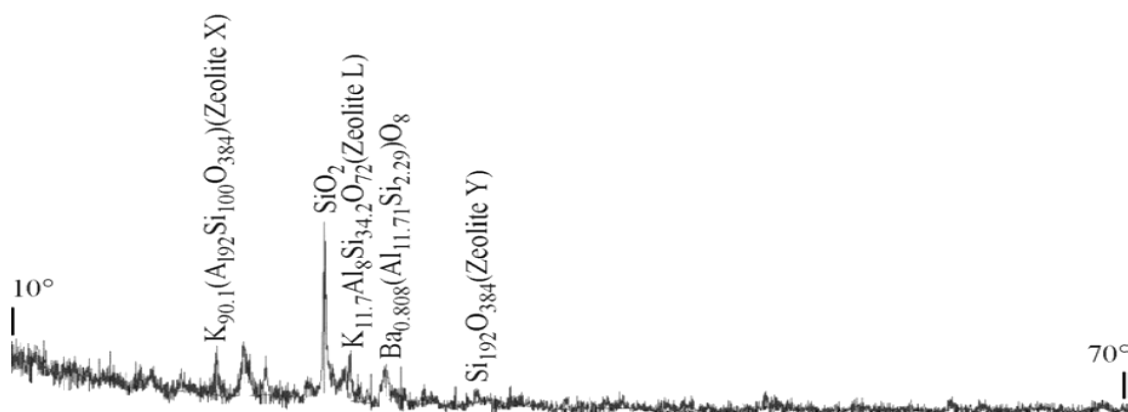


Рисунок 1 - Рентгенограмма исходного природного цеолита в диапазоне углов отражения от 10° до 70°

Таблица 2

Результаты сорбции урана из подземной воды с использованием природного цеолита

Маточный раствор после сорбции			Извлечение U в сорбент	
объём, дм ³	содержание U, мкг/дм ³	потери U, мкг	мкг	%
0,050	217,56	10,878	1,914	14,96

Примечание. 1. Навеску цеолита помещали в стеклянную колбу с подземной водой. Содержимое колбы периодически встряхивали в течение 4 ч. Далее содержимое колбы фильтровали через фильтр «синяя лента», фильтрат анализировали на содержание урана. 2. Объём исходной подземной воды, загрузка урана с ней, объём фильтрата составляли соответственно 52 см³, 12,792 мкг, 50 см³, а масса исходного сорбента составляла 1 г.

Результаты проведённого эксперимента (табл. 2), свидетельствуют о том, что извлечение урана в сорбент составило лишь около 15%, а потери урана - порядка 85% [2]. С целью дополнительного повышения степени очистки исследованной подземной воды от урана была проведена модификация природного цеолита с использованием гидроксидов меди (II) и никеля с применением рекомендаций авторов работ [3, 4].

Согласно выбранному способу модификации природного цеолита, навеску цеолита массой 1 г и крупностью -0,1 мм помещали в стеклянный стакан. Далее в стакан приливали 1,5 см³ раствора нитратов меди (II) и никеля с концентрацией меди 43,5 г/дм³, никеля 169,5 г/дм³ и 1,5 см³ раствора едкого натра с концентрацией 400 г/дм³. Содержимое стакана непрерывно перемешивали до полного осаждения гидроксидов на поверхности цеолита. Затем раствор со стадии модификации отделяли декантацией от полученного модифицированного цеолита, который имел массовое соотношение - цеолит: гидроксид меди (II): гидроксид никеля - 14:1:4. Данное соотношение обеспечивает наиболее прочное закрепление гидроксидов меди (II) и никеля на поверхности цеолита и исключает образование взвеси самостоятельных гидроксидов в процессе сорбции урана с использованием модифицированного таким образом цеолита. Тогда модифицированный цеолит с указанным в нём соотношением компонентов (14:1:4) может быть без затруднений отделён от маточного раствора со стадии сорбции фильтрованием данного раствора.

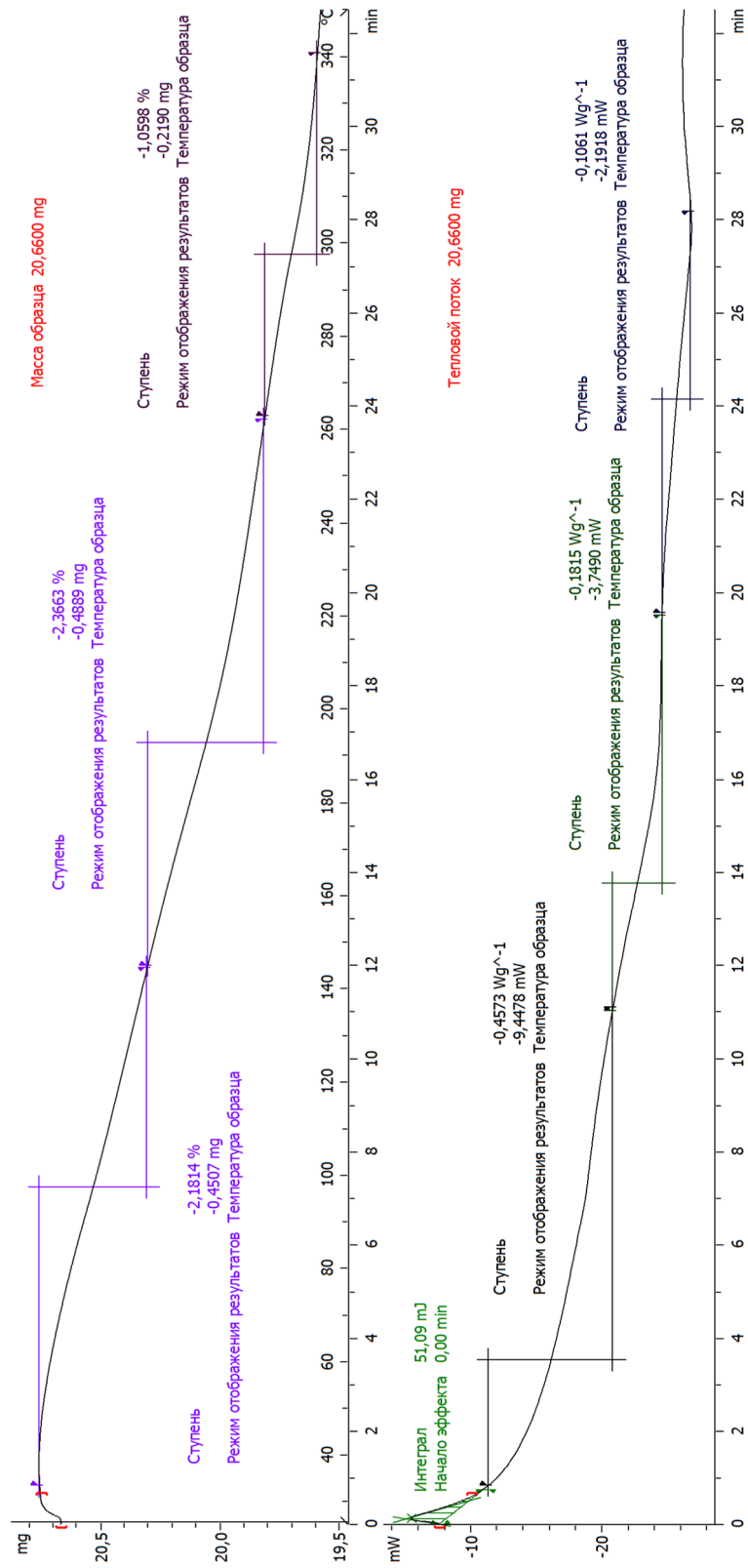


Рисунок 2 – Результаты термогравиметрического анализа цеолита

Для осуществления сорбции урана из подземной урансодержащей воды на модифицированном цеолите его выдерживали в стакане с данной водой 4 ч с периодическим перемешиванием воды с сорбентом. Далее насыщенный ураном модифицированный цеолит отделяли от обеднённой по урану подземной воды фильтрованием. Затем измеряли объём полученного фильтрата и анализировали содержание урана в нём для расчёта извлечения урана из подземной воды в модифицированный цеолит.

Результаты сорбционного извлечения урана из подземной воды на модифицированном цеолите представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты опыта по сорбции урана из подземной воды модифицированным цеолитом при массовом соотношении в нём - цеолит: гидроксид меди (II): гидроксид никеля, равном 14:1:4

Маточный раствор после сорбции			Извлечение U в сорбент	
объём, дм ³	содержание U, мкг/дм ³	потери U, мкг	мкг	%
0,052	17,80	0,89	11,90	93,03

Примечание. Объём исходной подземной воды, содержание урана в ней, загрузка урана с данной водой составляли 0,052 дм³, 246,3 мкг/дм³ и 12,792 мкг, а масса исходного сорбента составляла 1 г.

Сравнительный анализ табл. 2 и 3 показывает, что присутствие модификаторов на цеолите позволяет снизить содержание урана в маточном растворе после сорбции с 217,56 до 17,80 мкг/дм³ и повысить извлечение урана в сорбент с 14,96 до 93,03%.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что использование продукта модификации цеолита для очистки от урана опробованной подземной воды обеспечивает очистку данной воды от урана до требований ГН 2.1.5.1315-03 при использовании статического режима сорбции.
2. Показано, что модификация цеолита гидроксидами меди (II) и никеля позволяет получать иониты с улучшенной сорбционной способностью по отношению к ионам урана, содержащимся в опробованной подземной воде (в статических условиях сорбции).

Список литературы

1. Breck D. Zeolite molecular sieves. - New York: A Wiley-interscience publication, 1974.
2. Садуакасова А.Т. Исследование процесса сорбционного извлечения урана из подземной воды / А.Т. Садуакасова, В.И. Самойлов, В.И. Зеленин и др. // Wykształcenie i nauka bez granic - 2015. Materiały XI Międzynarodowej naukowi-praktycznej konferencji. - Przemysł: «Nauka i studia», 2015. - Vol. 14. - P. 11-16.
3. Пат. РФ 1349288, 02.01.1986. Способ извлечения урана из разбавленных растворов / В.И. Зеленин, В.С. Пахолков, А.П. Цевин и др. - 1987. - Бюл. № 40.
4. Зеленин В.И. Извлечение урана из растворов гидроксидами металлов / В.И. Зеленин, В.Н. Рычков // Актуальные проблемы урановой промышленности: III Междунар. науч.-практ. конф., 6-9 июля 2004 г. - Алматы: Изд-во «Бастау», 2005. - С. 208-216.

Получено 20.07.2016

УДК 556.551+556.314

В.И. Самойлов, А.Т. СадуакасоваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**О.А. Дрючкова**

Филиал РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск

М.А. Адылканова, Г.А. Кокаева, С.А. АбдулинаВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЕ УРАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЁ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК
ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА УРАНА**

Уран - радиоактивный элемент. Применяется в производстве самолетных противовесов, противорадиационных экранов медицинской радиотерапевтической аппаратуры, при транспортировке радиоактивных изотопов, в тяжелой танковой броне, противотанковых боеприпасах, ракетах и снарядах, в качестве ядерного топлива [1].

В работе [2] отмечается, что среди гидроминеральных источников урана наибольшее внимание привлекают воды морей и океанов. Концентрация урана в воде морей и океанов составляет 3 мкг/л, что соответствует суммарным запасам урана примерно 4,5 млрд т. В доступной литературе известно ограниченное число работ [3-8], в которых предложена технология извлечения урана из гидроминерального и техногенного сырья. Интерес исследователей к проблеме вовлечения в переработку урансодержащего гидроминерального и техногенного сырья объясняется тем, что указанные виды сырья характеризуются огромными запасами урана. В табл. 1 и комментариях к ней представлена краткая характеристика источников гидроминерального сырья Монголии, США, Таджикистана, Китая и России, имеющего повышенное содержание урана.

Озеро Сасык коль (п. 1, табл. 1), расположенное в Таджикистане на Памире, отличается очень высоким содержанием урана в воде (30 мг/л) [8]. Это обстоятельство, с одной стороны, позволяет добывать уран дешевле, чем из скальных пород, а с другой – говорит о наличии внушительных месторождений урана поблизости.

Богатыми нетрадиционными урансодержащими ресурсами в Китае считают солёные озёра в районах Цинхай и Синьцзян (п. 2, табл. 1), где концентрация урана в пластовых водах достигает 60 мг/л [2].

В последнее время в Китае уделяют большое внимание нетрадиционным источникам урана, считая, что в данной области страна имеет большой потенциал. Так, например в 2009 году в Китае началась проектная работа, связанная с исследованием урансодержащих ресурсов и их оценкой [2].

Рассолы долины Империял (п. 3, табл. 1), расположенные в шт. Калифорния (США) – это крепкие рассолы с минерализацией свыше 400 г/л [9]. Указанные рассолы были вскрыты зимой 1961-1962 г. глубокой скважиной в долине Империял близ г. Ниланда. Температура пароводяной рассольной смеси - 270 °С. При пробном выпуске рассола в трубах отлагался осадок, содержащий серебро, медь и другие элементы, характерные для гидротермальных рудных месторождений.

В озере Безымянном (п. 4, табл. 1) Чуйской долины (Горный Алтай, Россия) по данным [2] содержание урана составляет 2,2 мг/л.

На территории Монголии насчитывается около 3500 озёр, из которых порядка 50 изучены авторами работ [2, 10]. Стоит отметить, что концентрация урана в минерализованных озёрах данного региона на порядки выше его содержания в водах морей и океанов (3 мкг/л) [2].

Таблица 1
Месторождения уранодержащего гидроминерального сырья

№ п/п	Месторождение гидроминерального сырья	Минерализация, г/л	pH	Содержание U, мг/л	Содержание примесей, мг/л
1	Сасыкколь (Таджикистан)	-	-	30	-
2	Соляные озёра в районах Цинхай и Синьцзян (Китай)	-	-	до 60	-
3	Рассолы долины Империял (шт. Калифорния, США)	400	-	на уровне 5-8	Li - 300-320, Na - 54000, K - 23,8, Ca - 40000, Mg - 100, Al - 450, Fe - 3000, Mn - 1000, Sr - 410-740, Ba - 200, Pb - 100, Sn - 0,65, Cr - 0,5, Cu - 3,7, Ni - 2000, Sb - 0,5, Rb - 150-168, Au - 0,2, Ag - 2, B - 320, Br - 100-146, As - 14, Cs - 20-22, Cl - 184000, NO ₃ - 35
4	Безымянное озеро Чуйской впадины (Горный Алтай, Россия)	16	8,3	2,2	HCO ₃ - - 370
5	Озеро Шаагтай нуур (Цаганлибгинская ПУРЗ*, Монголия)	14,9	9,5	0,96	Na - 4750, K - 36, Ca - 7,7, Mg - 15, Cl - 5380, SO ₄ ²⁻ - 470, SiO ₂ - 11,1, HCO ₃ ⁻ - 3200, CO ₃ ²⁻ - 970
6	Озеро Хар-Ус нуур (Цаганлибгинская ПУРЗ, Монголия)	4,9	9,5	0,94	Na - 1590, K - 31, Ca - 15, Mg - 61, Cl - 1540, SO ₄ ²⁻ - 380, SiO ₂ - 7,7 ; HCO ₃ ⁻ - 1100, CO ₃ ²⁻ - 150
7	Восточно-Монгольская озерная система	0,5-280	7,2-10,1	0,007-4,8	Li - 0,004-48, Sr - 0,091-23,8, Zr - 0,03-790, Mo - 9-1420, W - 0,2-522, V - 1-646, Ge - 0,0008-0,006, Sb - 0,0006-0,086, B - 0,042-92, Br - 0,029-777, As - 0,019-7,2, Se - 0,0005-0,044, Cs - 0,000005-0,026
8	Онон-Борзинская озерная система	0,3-380	8,00-10,14	0,003-2,2	Li - 0,009-0,442, Sr - 0,096-13,1, Zr - 0,0001-1,65, Mo - 0,001-0,67, W - 0,00004-0,407, V - 0,001-0,5, Ge - 0,00001-0,04, Sb - 0,0002-0,1, B - 0,052-65, As - 0,0005-14, Se - 0,00005-56

Примечания. 1. * ПУРЗ - потенциально урановорудная зона. 2. Суммарные запасы урана в озёрах Монголии, приведённые в таблице, оцениваются в 6519 т.

Климат района расположения озёр Монголии - резко континентальный. Среднегодовое количество осадков составляет всего 100÷200 мм, а испарение достигает 1000÷1500 мм. Считается, что аккумуляция солей в бессточных котловинах является следствием недостаточности увлажнённости климата, значительного дефицита влажности воздуха и большой величины испарения. Основными типами озёр в данном регионе являются содовые, хлоридные и реже сульфатные.

Озеро Шаазгай нуур (п. 5, табл. 1) [2] расположено в межгорной котловине южной части Хархиринского нагорья Северо-Западной Монголии на уровне 1696÷1700 м. К северу от озера установлено урановое рудопроявление, представленное отенитом и уранофаном. В озеро впадает р. Хайгайн-Гол, питающаяся ледниками горного массива. Концентрация урана в верховьях реки невелика – 0,8÷0,9 мг/л [11], что объясняют ледовым характером питания реки. По мере продвижения к озеру концентрация урана в речной воде на достаточно коротком участке возрастает в 20 раз, что связано с разгрузкой подземных ураносодержащих вод в реку. Содержание урана в подземных водах варьируется от 40 до 110 мг/л. Запасы урана в озере оценены в 7,3 т [10].

Повышенные содержания некоторых элементов в питающих подземных водах обеспечили накопление солей в озёрах Восточной Монголии, в меньшей степени - в Онон-Борзинской системе [2]. Повышенные содержания некоторых элементов в питающих подземных водах и общая геохимическая обстановка обеспечили условия их накопления в процессе эволюции озёр. Самый высокий уровень концентраций элементов характерен для озёр Восточной Монголии и Онон-Борзинской системы.

Данные табл. 1 показывают, что указанные источники гидроминерального сырья характеризуются содержанием урана, сопоставимым с таковым в продуктивных растворах, получаемых в ряде стран при подземном выщелачивании урана. Кроме того, отдельные известные источники гидроминерального сырья характеризуются запасами урана, составляющими десятки тысяч тонн.

Воды озёр Северо-Западной и Восточной Монголии имеют повышенные содержания урана. Их поликомпонентный состав вызывает необходимость комплексной переработки данного гидроминерального сырья для извлечения урана и других компонентов. Высокие по сравнению с морской водой концентрации урана в озёрах предполагают использование сорбционных методов для его концентрирования. В работе [10] показана возможность сорбционного извлечения из воды озера Шаазгай-нуур (п. 5, табл. 1) с применением анионитов АМ-П, PuroliteA-400, PuroliteA-560, а также гидроксида железа, который был получен гальванокоагуляционным методом. На основании полученных результатов авторами была предложена схема (рис. 1) переработки вод озёр данного региона, заключающаяся в следующем.

На первом этапе процесса озёрная вода подвергается очистке от механических примесей и извлечению из неё урана с помощью анионитов. Сорбция урана происходит в форме карбонатных комплексов уранил-иона. Десорбция урана из анионита осуществляется с использованием водного раствора хлорида натрия. Образующиеся элюаты, содержащие 40÷60 мг/дм³ урана, перерабатываются с применением известных в гидрометаллургии урана приёмов. Озёрные воды после извлечения из них урана подвергаются гелиоконцентрированию в 20÷30 раз с выделением основной части солей натрия в твёрдую фазу. Оставшиеся в маточном растворе литий, бром, йод и бор могут быть извлечены из маточных растворов с помощью известных приёмов, которые применяются при переработке минерализованных вод.

Авторами [4] исследована возможность применения волокнистого сорбента ФОРПАН, представляющего собой волокно со слабокислотными свойствами, для извлечения урана из модельной карбонатсодержащей воды Каспийского моря.

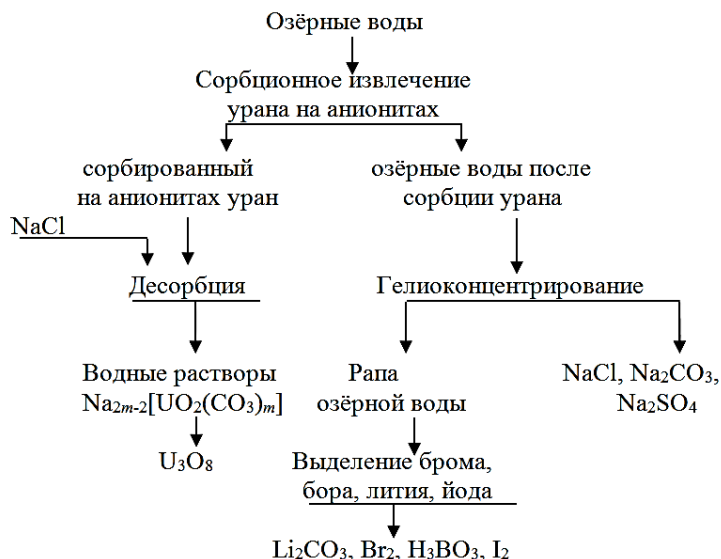


Рисунок 1 – Схема комплексной переработки минерализованных вод [10]

В работе [8] представлены результаты сорбционного извлечения урана из шахтных ($20 \div 25$ мг/дм³ урана) и технических вод ($10 \div 70$ мг/дм³ урана) месторождения Киик-Тал и пос. Табашар (Республика Таджикистан) с использованием скорлупы урюка. Согласно предложенному способу сорбции урана предварительно измельчённую до +1 мм (80%), и -1 мм (20%) скорлупу урюка размещают в сорбционную колонку, через которую постоянно пропускают определенный объём растворов. Маточные растворы сорбции, очищенные от урана в пределах ПДК, передаются на хозяйственные нужды.

Далее насыщенный сорбент сушат и одновременно обжигают до полного выгорания при температуре 500 °С. Шлаки с оксидом урана выщелачивают серной кислотой с добавлением окислителей (азотной кислоты, пиролюзита и трёхвалентного железа). Затем после полного выщелачивания шламов весь объём фильтруют в разных фильтрах-прессах. Фильтрат (регенерат) собирают в реактор с мешалкой. Шламы в фильтр-прессах как отходы направляют на хвостохранилище.

Из отфильтрованного регенерата уран осаждают аммиачной водой. После завершения процесса осаждения весь объём в реакторе фильтруют на рамных фильтр-прессах, маточники отправляют на хвостохранилище, а жёлтый кек направляют в печи для прокалки до закиси-оксида урана. После прокалки при 500 °С в течение 1 ч был получен жёлтый кек с содержанием урана 6,99%. Насыщение урана на скорлупе небольшое (в пределах 1,2-1,7 кг на тонну скорлупы). Данное значение сравнимо со средним содержанием урана в руде. Кроме накопления урана в сорбенте данным способом, решается проблема очистки всех урансодержащих вод от урана в труднодоступных местах в горных районах по всей территории Таджикистана.

Что касается сорбции урана неорганическими сорбентами, то авторы работ [11-13] приводят сведения по сорбции урана природным цеолитом, а также искусственно полученными гидроксидами металлов и смесями гидроксидов металлов. Природные цеолиты применяют в области охраны окружающей среды, например при очистке промышленных сточных вод от тяжёлых металлов, нефтепродуктов, фенола, аммония и радиоактивных элементов [3]. Способность цеолитов и цеолитсодержащих пород эффективно поглощать и удерживать радионуклиды показана во многих работах [11-15].

В работе [12, 14] исследовали сорбцию урана, тория и радия, а также прочность их поглощения цеолитовыми породами, залегающими на территории Республики Коми (Россия). Авторы данной работы исходили из следующего.

Помимо высоких ионообменных и сорбционных свойств цеолиты характеризуются термической, химической, радиационной устойчивостью, механической прочностью и необратимостью сорбции. Указанные физико-химические свойства во многом зависят от вида цеолита и особенностей его структуры: размера входных окон каркаса, объёма полостей, отношения Si/Al, состава и положения катионов. При необходимости очистки больших объёмов радиоактивно загрязнённых вод преимуществами природных цеолитов перед синтетическими сорбентами являются их дешевизна в сочетании с достаточно высокими сорбционными характеристиками, а также широкая распространённость.

Минерализация цеолитовых пород, залегающих на территории Республики Коми, представлена анальцитом и клиноптилолитом. Хотя по содержанию цеолитов (от первых процентов до 20÷30%) породы относятся к бедным, их следует рассматривать как сорбционное сырьё смешанного состава, поскольку цеолиты ассоциируют с глинистыми минералами, которые содержатся в количестве от 50 до 70% и также обладают сорбционными свойствами.

Опробованные в работе [12] анальцитсодержащие породы характеризуются высоким содержанием глинистой составляющей (50÷70%). Породы пропитаны оксидами и гидроксидами железа, в них присутствуют также кварц (10÷30%), анальцит (1÷30%), полевые шпаты (2÷10%), карбонаты (2÷5%), пирокластический материал. Глинистые минералы представлены неупорядоченной, в основном разбухающей, смешанослойной фазой (иллит-сметит, иллит-хлорит), в незначительном количестве - каолинит и хлорит. Используемые для исследований [12] клиноптилолитсодержащие породы представлены кварцем, хлоритом, иллитом, смешанослойной фазой (хлорит-сметит, иллит-сметит), клиноптилолитом, полевым шпатом.

Установлено [12], что в отношении урана наилучшие сорбционные свойства проявляют анальцитсодержащие породы (табл. 2). Указанные породы сорбируют из раствора нитрата уранила от 98,5 до 99,7% урана, в то время как клиноптилолитсодержащие – от 71,3 до 80,8% урана, а анальцитом из раствора извлекается чуть более 50% урана (табл. 2).

Таблица 2

Результаты сорбции урана из раствора нитрата уранила анальцитом и цеолитсодержащими породами [11]

Тип цеолитсодержащих пород	Образец	Содержание в исходном растворе, 10^{-6} г	Содержание в растворе после сорбции, 10^{-6} г	Степень извлечения, %
Клиноптилолитсодержащая	Образец 1	24	5,3	77,9
	Образец 2	24	5,9	75,4
	Образец 3	24	6,9	71,3
	Образец 4	24	4,6	80,8
Анальцитсодержащая	Образец 1	24	0,35	98,5
	Образец 2	24	0,2	99,2
	Образец 3	24	0,08	99,7
	Образец 4	24	0,25	98,9
	Образец 5	24	0,24	99,0
Анальцит	Образец 1	24	10,7	55,4

Относительно использования гидроксидов металлов для сорбции урана из растворов следует иметь в виду, что многие гидроксиды обладают высокой сорбционной активностью по отношению к ионам урана в различных растворах электролитов. В работе [15] приведены результаты сорбции урана (VI) из 0,01 н нитратных, хлоридных, сульфатных и фторидных растворов гранулированными гидроксидами магния, никеля, кобальта, цинка, меди, кадмия, железа, алюминия, лантана, циркония и титана.

По результатам данной работы экспериментально установлен ряд зависимостей:

1) влияния pH на сорбцию ионов урана из 0,01 н растворов UO_2F_2 , UO_2SO_4 , $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$, UO_2Cl_2 , $(\text{NH}_4)_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ гидроксидами магния, кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия;

2) влияния концентрации NH_4F , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 и NH_4Cl на сорбцию ионов урана (гидроксидами магния, кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия) соответственно из 0,01 н растворов UO_2F_2 , UO_2SO_4 , $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ и UO_2Cl_2 ;

3) влияния концентрации $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ в растворе на сорбцию в статических условиях гидроксидами цинка, меди, кобальта, кадмия, никеля и магния при контакте раствора с гидроксидами в течение 3 и 10 суток;

4) влияния pH на сорбцию ионов урана (гидроксидами алюминия, лантана, железа и висмута) из 0,01 н растворов UO_2F_2 , UO_2SO_4 , UO_2Cl_2 и $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$.

Гидроксиды двухвалентных металлов (Mg, Co, Ni, Cu, Zn, Cd) являются катионитами, способными сорбировать ионы урана как в форме гидроксокомплексов, так и в форме UO_2^{2+} . Согласно данным авторов [15], катионообменная функция указанных гидроксидов проявляется в значительной степени в нейтральных и щелочных средах. При сорбции урана из растворов UO_2Cl_2 и $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ с pH 4÷5 ёмкость гидроксидов уменьшается в ряду: $\text{Zn}(\text{OH})_2 \gg \text{Cu}(\text{OH})_2 > \text{Co}(\text{OH})_2 > \text{Cd}(\text{OH})_2 > \text{Ni}(\text{OH})_2$. Что касается ёмкости при сорбции из растворов UO_2F_2 и UO_2SO_4 (pH 4÷5), то ёмкость гидроксидов уменьшается в ряду: $\text{Zn}(\text{OH})_2 \geq \text{Cd}(\text{OH})_2 > \text{Cu}(\text{OH})_2 > \text{Co}(\text{OH})_2 > \text{Ni}(\text{OH})_2$.

Гидроксид магния по характеру зависимости сорбируемости от pH отличается от остальных гидроксидов. Сорбируемость для него сильно понижается при повышении pH исходных растворов. Это объясняется свойствами $\text{Mg}(\text{OH})_2$, в частности наиболее высоким значением pH изоэлектрической точки, хорошей сорбцией анионов и низкой устойчивостью в кислой среде. Основные свойства гидроксида магния преобладают над кислотными. К отмеченному необходимо добавить то, что уран (VI) с магнием образует наиболее устойчивые полиуранаты и уранаты. Очевидно, что процесс образования химических соединений указанного типа будет легче идти в кислых растворах в условиях взаимодействия OH-групп гидроксида с протонами.

Присутствие в растворе постороннего электролита в виде аммонийных солей заметно снижает сорбируемость урана в области малых добавок (до 0,1 г-экв/л) электролита. При содержании аммонийной соли сверх указанного значения сорбируемость остаётся практически неизменной. Из четырёх исследованных электролитов (NH_4Cl , NH_4NO_3 , NH_4F , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) наибольшее влияние на сорбцию урана оказывает фтористый и серноокислый аммоний. В присутствии этих солей уран находится в анионной форме, что препятствует сорбции урана на указанных гидроксидах. Такие гидроксиды двухвалентных металлов, как $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ni}(\text{OH})_2$ и $\text{Co}(\text{OH})_2$, обладают стабильностью сорбционных свойств после выдержки в течение длительного времени. Изменение ёмкости в процессе старения значительно у гидроксидов меди и цинка (табл. 3). При их старении происходит дегидратация, а следовательно, уменьшение концентрации активных OH-групп.

Таблица 3

Влияние «старения» гидроксидов двухвалентных металлов на сорбцию ионов урана из 0,01 н растворов $UO_2(NO_3)_2$

Гидроксид	Сорбируемость, мг-экв UO_2^{2+} /г							
Время выдержки ионита, сутки	0,0	0,5	1,0	3,0	7,0	15,0	30,0	60,0
$Mg(OH)_2$	1,05	1,00	0,95	0,92	0,88	0,83	0,75	0,70
$Co(OH)_2$	1,15	1,05	1,00	0,91	0,86	0,82	0,76	0,68
$Ni(OH)_2$	0,62	0,06	0,60	0,60	0,56	0,52	0,50	0,50
$Cd(OH)_2$	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	0,35
$Zn(OH)_2$	1,71	1,20	0,90	0,70	0,50	0,40	0,40	0,25
$Cu(OH)_2$	1,51	0,10	0,70	0,50	0,35	0,30	0,30	0,15

Гидроксиды трёхвалентных металлов – $Fe(OH)_3$, $Al(OH)_3$, $La(OH)_3$, $Bi(OH)_3$ – являются амфотерными: отличаются выраженными кислотными либо основными свойствами. Сорбируемость указанными гидроксидами ионов уранила увеличивается с ростом pH и уменьшается в присутствии аммонийной соли. Данные гидроксиды сохраняют свои ионообменные свойства в течение длительного времени (табл. 4).

Таблица 4

Влияние «старения» гидроксидов трёхвалентных металлов на сорбцию ионов урана из 0,01 н растворов $UO_2(NO_3)_2$

Гидроксид	Сорбируемость, мг-экв UO_2^{2+} /г							
Время выдержки ионита, сутки	0,0	0,5	1,0	3,0	7,0	15,0	30,0	60,0
$Fe(OH)_3$	0,85	0,81	0,76	0,71	0,67	0,62	0,56	0,52
$Al(OH)_3$	0,90	0,88	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84	0,82
$La(OH)_3$	0,90	0,82	0,76	0,71	0,64	0,62	0,61	0,61
$Bi(OH)_3$	0,62	0,58	0,53	0,47	0,42	0,40	0,38	0,38

Перспективным является использование смешанных гидроксидов [15]. Правильно подобранная композиция позволяет значительно повысить сорбционные свойства сорбента и улучшить его эксплуатационные характеристики. Индивидуальный гидроксид никеля, обладая химической устойчивостью, имеет низкую сорбционную активность по отношению к урану, тогда как гидроксид меди (II), имея высокую сорбционную способность по отношению к урану, химически неустойчив. Смешанный гидроксид меди и никеля устойчив к старению, селективно и количественно сорбирует уран из разбавленных растворов. В результате применения данного смешанного гидроксида меди и никеля для извлечения урана из морской воды был получен концентрат урана, содержащий 3,7% урана [15].

Список литературы

1. Акатов А. Краткая энциклопедия урана / А. Акатов, Ю. Коряковский // Фонд развития модульного обучения «Петерфонд». – СПб., 2013. – 114 с.
2. Самойлов В.И. Гидроминеральное урансодержащее сырье / В.И. Самойлов, А.Т. Садуакасова // Горный информ.-аналит. бюл. – 2015. – № 6. – С. 96-104.
3. Пирматов Е.А. Сгущение урансодержащих пульп и сорбционное извлечение урана / Е.А. Пирматов, А.Т. Шоинбаев, З.З. Исакова // Известия науч.-техн. об-ва «КАХАК». – Алматы, 2011. – № 1 (32). – С. 81-87.

4. Рагимли М.А. Сорбция урана из карбонатсодержащих растворов карбоксилированным волокнистым сорбентом / М.А. Рагимли, А.Н. Нуриев // Конденсированные среды и межфазные границы. – Воронеж, 2013. – № 4 (15). – С. 438-445.
5. Разыков З.А. Извлечение урана из природных урансодержащих вод сложного солевого состава Ягноб / З.А. Разыков, Г.К. Бакулина, Д.Т. Ниязматова и др. // Докл. АН Респ. Таджикистан. – 2002. – Т. 45. – № 1. – С. 60-65.
6. Островский Ю.В. Селективное извлечение урана из сложных солевых систем на неорганических сорбентах / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, А.Б. Александров и др. // Радиохимия. – 2010. – Т. 5. – № 1. – С. 60-62.
7. Островский Ю.В. Сорбционное извлечение урана из природных водоёмов / Ю.В. Островский, Г.М. Заборцев, Д.Ю. Островский и др. // Тез. III Междунар. симпоз. «Уран: геология, ресурсы, производство». – М.: ФГУП «ВИМС». – 2013. – С. 117-119.
8. Мирсаидов И.У. Физико-химические и технологические основы извлечения урана из шахтных и технических вод отходов урановой промышленности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 02.00.04. – Душанбе, 2007. – 85 с.
9. Yadav D.N., Sarin M.M. // Aquat Geochem. – 2009. – Vol. 15. – P. 529-545.
10. Исупов В.П. Уран в минерализованных озёрах Западной Монголии и сопредельной территории России: ресурсы, источники накопления, пути инновационного освоения / В.П. Исупов, С.С. Шацкая, И.А. Бородулина // Химия в интересах устойчивого развития. – 2014. – № 22. – С. 429-436.
11. Шаталов В.В. Последние достижения в области разработки технологии и промышленной переработки урансодержащего сырья / В.В. Шаталов, В.И. Никонов, В.А. Болдырев и др. // Актуальные проблемы урановой промышленности: III Междунар. науч.-практ. конф.: Сб. докладов. – Алматы: Бастау, 2005. – С. 8-14.
12. Шушков Д.А. Сорбция радиоактивных элементов цеолитсодержащими породами / Д.А. Шушков, И.И. Шуктомова // Известия Коми науч. журн. УрО РАН. – Сыктывкар, 2013. – № 1. – С. 69-73.
13. Гончарук В.В. Очистка радиоактивно загрязнённых вод природными сорбентами / В.В. Гончарук, В.И. Корнилович, В.В. Лукашина // Химия и технология воды. – 1996. – № 2 (18). – С. 131-139.
14. Цицишвили Г.В. Природные цеолиты / Г.В. Цицишвили, Т.Г. Андроникашвили, Г.Н. Киров и др. – М.: Химия, 1985. – С. 156-162.
15. Зеленин В.И. Извлечение урана из растворов гидроксидов металлов / В.И. Зеленин, В.Н. Рычков // Актуальные проблемы урановой промышленности: III Междунар. науч.-практ. конф.: Сб. докладов. – Алматы: Бастау, 2005. – С. 208-216.

Получено 12.07.2016

по страницам



ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАБОР ОТ АКУЛ

Южноафриканские ученые установили в море у Кейптауна систему проводов для отпугивания акул. От кабеля, уложенного на дно моря, поднимаются вверх провода, поддерживаемые в вертикальном положении поплавками. Провода создают в воде электрическое поле, которое улавливается электрочувствительными органами акул, и этот необычный раздражитель заставляет хищников держаться подальше от берега. На ночь систему выключают, так как по ночам на пляжах ЮАР никто не купается.

«Наука и жизнь» № 1, 2016



УДК 539.3/6:519.863

Б.М. Абдеев, Г.Е. Муслиманова, Е.Б. ШестаковаВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**ТОНКОСТЕННЫЙ КОНИЧЕСКИЙ РЕЗЕРВУАР-ВОРОНКА НАИБОЛЬШЕГО ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА
И МИНИМАЛЬНОЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЗАПАСОМ ПРОЧНОСТИ**

В настоящее время чрезвычайно возросли сложность и многофункциональность задач, требующих решения в процессе проектирования. Создание современных машин, механизмов и конструкций качественно нового уровня предполагает использование важнейших достижений фундаментальных наук, применение высокопрочных легких материалов, учет экономических, социальных и экологических факторов [1, 2]. Проблема рационализации несущих элементов проектируемых объектов, в том числе осесимметричных конических оболочек вращения для строительства, авиации, судостроения, нефтегазового хозяйства, химического машиностроения, медицины и социально-бытовых целей, представляет собой целый комплекс актуальных и, вместе с тем, весьма трудоемких задач механики твердого деформируемого тела и теории оптимального управления [3, 4].

Тонкостенные резервуары для хранения жидкостей, сыпучих веществ, газов и т.д. широко применяются в инженерной практике. В то же время сосуды конусообразного профиля (рис. 1) в чистом виде встречаются редко, за исключением бытовых и лабораторных воронок, но в форме конических соединительных деталей между основными частями некоторых конструкций они употребляются довольно часто [5-8].

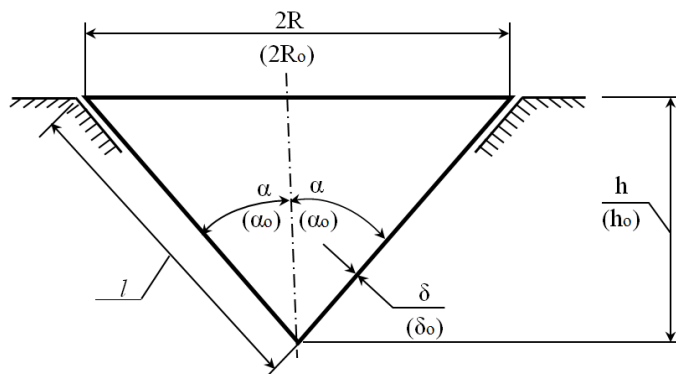


Рисунок 1 - Схематический вид в разрезе конического сосуда для формулировки оптимизационной задачи

Существенной особенностью представленной в данной статье экстремальной задачи является наличие двух целевых функций [4, 9] (рис. 1):

- полезного объема

$$\Pi = \Pi(x_1, x_2) = \frac{\pi}{3} \cdot x_1^2 \cdot x_2, \quad (1)$$

характеризующего вместимость сосуда;

• конструктивно-экономической составляющей V расхода материала на изготовление оболочки

$$V = V(x_1, x_2, x_3) = S(x_1, x_2) \cdot x_3 = \pi \cdot x_3 \cdot x_1 \cdot \sqrt{x_1^2 + x_2^2}, \quad (2)$$

где x_1, x_2, x_3 - варьируемые переменные:

$$x_1 = R > 0, \quad x_2 = h > 0, \quad x_3 = \delta > 0; \quad (3)$$

S - площадь боковой конической поверхности [9]

$$S = S(x_1, x_2) = \pi \cdot x_1 \cdot \sqrt{x_1^2 + x_2^2} > 0. \quad (4)$$

Для удобства и упрощения дальнейших математических выкладок вводим угловой параметр α , используя очевидные геометрические соотношения (рис. 1):

$$x_1 = l \cdot \sin \alpha, \quad x_2 = l \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

где l - заданная длина образующей конуса.

После подстановки (5) в (1) и (2) получаем

$$\Pi = \Pi(\alpha) = \frac{\pi}{3} \cdot l^3 \cdot \sin^2 \alpha \cdot \cos \alpha; \quad (6)$$

$$V = V(\alpha, x_3) = \pi \cdot l^2 \cdot x_3 \cdot \sin \alpha; \quad (7)$$

$$0 \leq \alpha \leq 90^\circ. \quad (8)$$

В случае использования соотношения (6) имеем обычную классическую задачу на определение абсолютного максимума функции $\Pi(\alpha)$, зависящей от одного аргумента α , изменяющегося в пределах (8). Граничные значения $\alpha=0$ и $\alpha=90^\circ$ не представляют практического интереса, так как дают нулевой объем

$$\Pi(0) = \Pi(90^\circ) = \Pi_{\min} = 0. \quad (9)$$

Записываем для выражения (6) необходимое условие аналитического максимума [4, 9]:

$$\begin{aligned} \left[\frac{d\Pi}{d\alpha} \right]_{\alpha=\alpha_0} &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 (2 \sin \alpha_0 \cdot \cos \alpha_0 \cdot \cos \alpha_0 - \sin^2 \alpha_0 \cdot \sin \alpha_0) = \\ &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 (2 \cos^2 \alpha_0 - \sin^2 \alpha_0) \cdot \sin \alpha_0 = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Первый корень тригонометрического уравнения (10) $\alpha_{01} = 0$ относится к уже отмеченному неприемлемому нулевому ответу (9), а второе решение следует из алгебраического равенства

$$2 - \operatorname{tg}^2 \alpha_0 = 0, \quad (11)$$

и в результате будем иметь при $\alpha_0 > 0$

$$\operatorname{tg}^2 \alpha_0 = 2, \quad \operatorname{tg} \alpha_0 = \sqrt{2}, \quad \Rightarrow \quad (12)$$

$$\Rightarrow \alpha_0 = 54,74^\circ. \quad (13)$$

Стационарное значение (13) переменной α с учетом (12) удовлетворяет достаточному признаку [9]:

$$\begin{aligned} \left[\frac{d^2 \Pi}{d\alpha^2} \right]_{\alpha=\alpha_0} &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 (2 - 9 \sin^2 \alpha_0) \cdot \cos \alpha_0 = \\ &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 \alpha_0}} \left(2 - \frac{9 \operatorname{tg}^2 \alpha_0}{1+\operatorname{tg}^2 \alpha_0} \right) = -\frac{4\pi l^3}{3\sqrt{3}} < 0, \end{aligned} \quad (14)$$

при котором величина функциональной зависимости (6), определяющая объем Π резервуара, становится наибольшей (см. (12)):

$$\begin{aligned} \Pi_{\max} = \Pi(\alpha_0) &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 \cdot \sin^2 \alpha_0 \cdot \cos \alpha_0 = \frac{\pi}{3} \cdot l^3 \cdot \frac{\operatorname{tg}^2 \alpha_0}{1+\operatorname{tg}^2 \alpha_0} \cdot \frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2 \alpha_0}} = \\ &= \frac{\pi}{3} \cdot l^3 \cdot \frac{2}{3\sqrt{3}} \approx 0,4029 \cdot l^3. \end{aligned} \quad (15)$$

Оптимизированные габаритные размеры конуса $x_{01} = R_0$ и $x_{02} = h_0$ находим по формулам (5), учитывая (12):

$$\left. \begin{aligned} R_0 = x_{01} &= l \cdot \sin \alpha_0 = l \sqrt{\frac{2}{3}} \approx 0,8165 \cdot l; \\ h_0 = x_{02} &= l \cdot \cos \alpha_0 = \frac{l}{\sqrt{3}} \approx 0,5774 \cdot l. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Следует отметить, что количественные результаты (15)-(16) по максимизации функционального критерия (6) адекватны приближенному, но достаточно корректному решению, приведенному в известной книге Перельмана Я.И. [10]:

$$\overline{\Pi_{max}} = 0,4 \cdot l^3, \quad \overline{R_0} = 0,82 \cdot l, \quad \overline{h_0} = 0,57 \cdot l, \quad (17)$$

полученному оригинальным графоаналитическим способом без привлечения необходимого (10) и достаточного (14) признаков [9].

График безразмерной (относительной) целевой зависимости

$$\Pi^* = \Pi^*(\alpha) = 3 \cdot (\pi \cdot l^3)^{-1} \cdot \Pi(\alpha), \quad (18)$$

построенной по формуле (6) в соответствии с информацией таблицы и численными данными (8), (15), представлен на рис. 2.

Расчетные значения зависимости (18)

α , град	0	15	30	45	60	75	90
$\Pi^*(\alpha)$	0	0,0647	0,2165	0,3535	0,3750	0,2416	0

Завершая первую часть экстремальной задачи по исследованию функции (1) (рис. 1, 2), рассмотрим важный, с технологической точки зрения, вопрос изготовления оптимальной конической оболочки-воронки с одним швом путем предварительного вырезания сектора АОВ, имеющего искомый центральный угол β_c , из круга радиуса l (рис. 3).

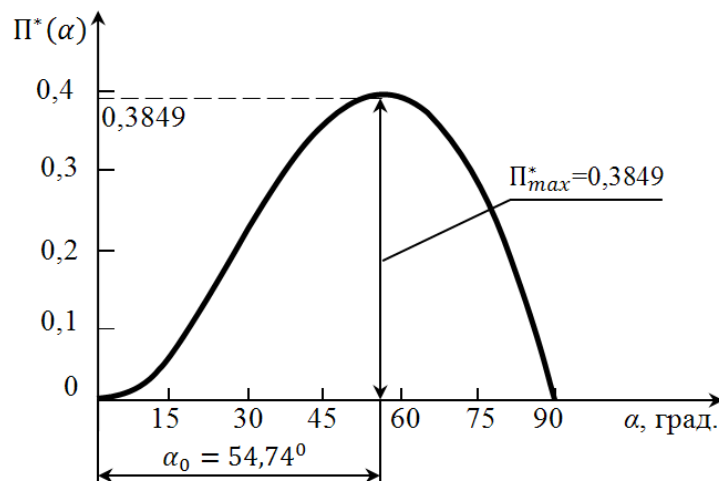


Рисунок 2 – Графическая интерпретация целевого функционального соотношения (18) с учетом (6)

Определяем площади круга $S_{кр}$, боковой поверхности конуса S_o и сектора $AOB = S_c$ (рис. 3) [9]:

$$S_{кр} = \pi \cdot l^2, \quad S_o = \pi \cdot R_o \cdot l = \pi \cdot l^2 \cdot \sin \alpha_o, \quad S_c = \frac{\pi \cdot l^2 \cdot \beta_c}{360^\circ}. \quad (19)$$

Из очевидного геометрического соотношения $S_{кр} - S_o = S_c$, с учетом (12), находим

$$\pi \cdot l^2 - \pi \cdot l^2 \cdot \sin \alpha_o = \frac{\pi \cdot l^2 \cdot \beta_c}{360^\circ}, \quad \Rightarrow \quad (20)$$

$$\Rightarrow \beta_c = 360^\circ (1 - \sin \alpha_o) = 360^\circ \left(1 - \frac{tg \alpha_o}{\sqrt{1 + tg^2 \alpha_o}}\right) = 360^\circ \left(1 - \sqrt{\frac{2}{3}}\right) = 66,06^\circ; \quad (21)$$

в приближенном решении [10] $\overline{\beta_c} = 65^\circ$.

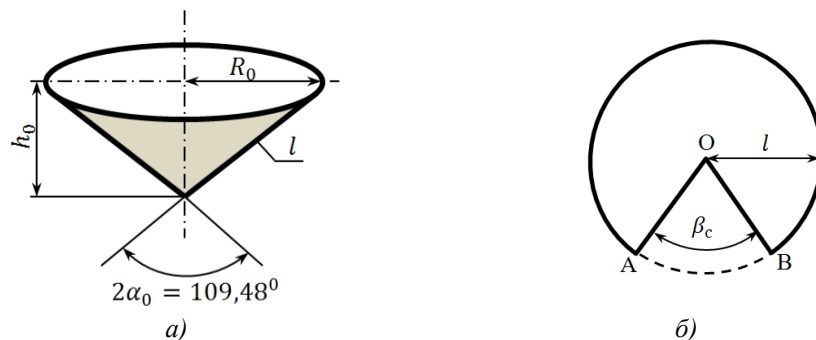


Рисунок 3 – Конический сосуд (а) наибольшего объема Π_{max} (формулы (15), (16)) и листовая заготовка (б) для его изготовления

Для минимизации целевой функциональной зависимости (7) расхода материала

$$V = V(x_3) = \pi \cdot l^2 \cdot x_3 \cdot \sin \alpha_o, \quad x_3 = \delta > 0 \quad (22)$$

с уже известным углом раствора $2\alpha_o$ (рис. 3) вводим дополнительные общепринятые предпосылки – допущения [4-6, 8]:

- материал оболочки с удельным весом γ_m - однородный, сплошной, изотропный и линейно-упругий;
- конструкция находится в безмоментном осесимметричном плоском напряженном состоянии, при котором меридиональное σ_m и кольцевое σ_θ нормальные напряжения будут главными, а третья силовая компонента $\sigma_r = 0$, ввиду тонкостенности оболочки (рис. 4) [8]:

$$\sigma_m = \frac{\gamma_b \cdot tg \alpha_o}{6 \cdot \delta \cdot \cos \alpha_o} (3h_o - 2z) \cdot z + \frac{\gamma_m \cdot z}{2 \cdot \cos^2 \alpha_o}, \quad (23)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma_b \cdot tg \alpha_o}{\delta \cdot \cos \alpha_o} (h_o - z) \cdot z + \gamma_m \cdot z \cdot tg^2 \alpha_o, \quad (24)$$

$$0 \leq z \leq h_o; \quad (25)$$

- резервуар подвешен, то есть имеет свободное опирание по верхнему краю и на 100% заполнен жидкостью или сыпучим веществом при их удельной весовой составляющей, равной γ_b ;

- для обеспечения несущей способности сосуда используем гипотезу Кулона-Сен-Венана (третью теорию прочности) в виде равенства эквивалентного $\sigma_{III} = \max$ и допускаемого $[\sigma]$ напряжений (классическая оптимизация [4]):

$$\sigma_{III} = [\sigma] = \frac{\sigma_T}{[n_T]}, \quad (26)$$

где σ_T - предел текучести материала [8, 11]; $[n_T]$ – нормативный коэффициент запаса [6]

$$[n_T] = 1,3 \div 2,5. \quad (27)$$

С целью упрощения дальнейшего моделирования и расчетов заменяем оптимизированную тригонометрическую характеристику $\cos \alpha_o$ в формулах (23), (24) согласно (12) и [9]:

$$\cos \alpha_o = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2 \alpha_o}} = \frac{1}{\sqrt{3}}. \quad (28)$$

В результате выражения (23), (24) принимают вид:

$$\sigma_m = \frac{\gamma_B \cdot \sqrt{6}}{6 \cdot \delta} \left[z \cdot (3h_o - 2z) + \frac{9 \cdot \gamma_M \cdot \delta}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \cdot z \right]; \quad (29)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\gamma_B \cdot \sqrt{6}}{\delta} \left[z \cdot (h_o - z) + \frac{2 \cdot \gamma_M \cdot \delta}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \cdot z \right]. \quad (30)$$

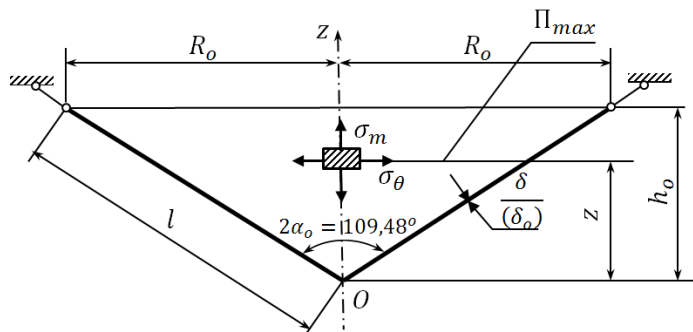


Рисунок 4 – Расчетная модель несущей способности конической оболочки, имеющей оптимальный объем Π_{max} и наибольшее напряжение $\sigma_{III} = \sigma_\theta^{(max)}$

Поскольку подбор минимально допустимой (оптимальной) толщины δ_o необходимо осуществить, применяя теорию наибольших касательных напряжений, когда третья компонента $\sigma_\rho = 0$, а две другие - $\sigma_\theta^{(max)} > \sigma_m^{(max)} > 0$, то в соответствии с [7, 8]

$$\sigma_{III} = \sigma_\theta^{(max)} - \sigma_\rho = \sigma_\theta^{(max)} = \max = [\sigma]. \quad (31)$$

Исходя из условия прочности (31), предварительно находим положение соответствующей точки функциональной зависимости $\sigma_\theta = \sigma_\theta(z)$, базируясь на формуле (30) [9]:

$$\left[\frac{d\sigma_\theta}{dz} \right]_{z=z_o} = 0, \quad \Rightarrow \quad z_\theta = \frac{1}{2} \left(h_o + \frac{\gamma_M \cdot \delta_o}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \right) \leq h_o. \quad (32)$$

Подставляем (32) в (30) и раскрываем равенство (26), которое, учитывая (31), трансформируется в алгебраическое соотношение:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{III} = \sigma_\theta^{(max)} &= \frac{\sigma_T}{[n_T]}, \quad \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{\gamma_B \cdot \sqrt{6}}{\delta_o} \left\{ \frac{1}{2} \left(h_o + \frac{\gamma_M \cdot \delta_o}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \right) \cdot \left[h_o - \frac{1}{2} \left(h_o + \frac{\gamma_M \cdot \delta_o}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \right) \right] + \frac{\gamma_M \cdot \delta_o}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \left(h_o + \frac{\gamma_M \cdot \delta_o}{\gamma_B \cdot \sqrt{6}} \right) \right\} &= \frac{\sigma_T}{[n_T]} \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

Дальнейшие расчеты проще и эффективнее производить в численном виде. Поэтому в качестве конкретного примера рассмотрим конический сосуд из листовой качественной стали марки 20 с пределом текучести $\sigma_T = 2500 \text{ кГ/см}^2$, коэффициентом запаса $[n_T] = 2$ и удельным весом $\gamma_M = 7820 \cdot 10^{-6} \text{ кГ/см}^3$ [6, 8, 11] при длине образующей $l = 10 \text{ м} = 1000 \text{ см}$ (рис. 1, 3). Резервуар залит минеральным маслом, имеющим плотность $\gamma_B = 900 \cdot 10^{-6} \text{ кГ/см}^3$ [7, 11].

Руководствуясь выведенными формулами (15)-(16), находим оптимизированные линейные размеры R_o , h_o и максимальный полезный объем Π_{max} воронки (рис. 3, 4):

$$\left. \begin{aligned} R_o &= 0,8165 \cdot l = 0,8165 \cdot 1000 = 816,5 \text{ см;} \\ h_o &= 0,5774 \cdot l = 0,5774 \cdot 1000 = 577,4 \text{ см;} \\ \Pi_{max} &= 0,4029 \cdot l^3 = 402,9 \text{ м}^3 = 402,9 \cdot 10^6 \text{ см}^3. \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

Преобразуем предельное условие несущей способности (33) в квадратное уравнение относительно минимально допустимого параметра δ_o , подставляя в (33) количественные исходные данные (см. выше) и результаты расчета (34), =>

$$\delta_o^2 - 59865,6 \cdot \delta_o + 8832 = 0. \quad (35)$$

Учитывая, что искомое значение $\delta_o \ll l$, из решения (35) получаем:

$$\left. \begin{aligned} \delta_o &= 29932,8 - \sqrt{(29932,8)^2 - 8832}, \Rightarrow \\ \Rightarrow \delta_o &= 0,1475 \text{ см} \approx 0,15 \text{ см} \approx 1,5 \text{ мм}. \end{aligned} \right\} \quad (36)$$

И наконец, по формулам (22) и (32) при $x_3 \Rightarrow x_{o3} = \delta_o$, $\alpha_o = 54,74^\circ$, находим наименьший теоретический объем V_{min} материала оболочки и стационарную координату $z_{\theta o}$, соответствующую максимальному напряжению $\sigma_{III} = [\sigma] = 1250 \text{ кг/см}^2$:

$$V_{min} = V(x_{o3}) = \pi \cdot l^2 \cdot \delta_o \cdot \sin \alpha_o = 3,14 \cdot 1^2 \cdot 0,0015 \cdot \sin 54,74^\circ = \quad (37)$$

$$= 0,003846 \text{ м}^3 = 3846 \text{ см}^3;$$

$$z_{\theta o} = \frac{1}{2} \left(h_o + \frac{\gamma_m \cdot \delta_o}{\gamma_b \cdot \sqrt{6}} \right) = 0,5 \left(577,4 + \frac{7820}{900} \cdot \frac{0,15}{\sqrt{6}} \right) = 289 \text{ см}. \quad (38)$$

Можно также отметить, что требуемую по условию прочности расчетную толщину стенки δ_o резервуара, как правило, увеличивают на $1,5 \div 2,5 \text{ мм}$ с учетом ее возможного ослабления в результате коррозии [7, 11, 12].

Полученные в данной научно-исследовательской работе результаты позволяют сделать следующие выводы:

1) поставленная механико-математическая прикладная задача решена в замкнутом виде классическим аналитическим способом, в котором строго доказано, что функциональные критерии Π и V действительно имеют относительные экстремумы Π_{max} и V_{min} , соответствующие наибольшей вместимости резервуара и минимальному расходу материала при изготовлении конической оболочки;

2) разработанная точная математическая модель процесса оптимизации, включающая три уравнения связи, доведена до расчетных формул рациональных геометрических параметров и проиллюстрирована численным примером;

3) представленную методику оптимального проектирования, возможно, модифицировать и обобщить на усеченные конусообразные емкости, которые находят применение в различных отраслях техники не только как сосуды для жидких и сыпучих веществ, но и в качестве сопрягающих элементов комбинированных резервуаров и специальных конструкций сложной формы.

Список литературы

1. Рейклейтис П. Оптимизация в технике / П. Рейклейтис, А.А. Рейвиндран, К. Рэкседл: - В 2-х кн. - Кн. 1 / Пер. с англ. В.Я. Алтаева, В.И. Моторина. - М.: Мир, 1986. - 351 с.
2. Фролов К.В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. - М.: Машиностроение, 1984. - 224 с.
3. Филин Л.П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. - М.: Наука, 1975. - Т. 1. - 832 с.
4. Лесин В.В. Основы методов оптимизации / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. - М.: Изд-во МАИ, 1998. - 344 с.
5. Татур Г.К. Общий курс сопротивления материалов. - Минск: Изд-во «Вышэйшая школа», 1974. - 464 с.
6. Биргер И.А. Сопротивление материалов / И.А. Биргер, Р.Р. Мавлютов. - М.: Наука, 1986. - 560 с.
7. Ицкович Г.М.. Руководство к решению задач по сопротивлению материалов: Учеб. пособ. для вузов / Г.М. Ицкович, Л.С. Минин, А.И. Виноградов / Под ред. Л.С. Минина. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Высшая школа, 2001. - 592 с.
8. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. - Киев: Изд-во «Наукова думка», 1975. - 704 с.
9. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. - М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. - 608 с.
10. Перельман Я.И. Занимательная алгебра. - М.: Наука, 1967. - 200 с.
11. Сафарян М.К. Металлические резервуары и газгольдеры. - М.: Недра, 1987. - 200 с.
12. Любошиц М.И. Справочник по сопротивлению материалов / М.И. Любошиц, Г.М. Ицкович. - Минск: Изд-во «Вышэйшая школа», 1969. - 464 с.

Получено 20.07.2016

УДК 69.002.5 + 666.97.031+691:658.274+666.1/5

Г.А. Гурьянов, М.В. Дудкин, А.В. Вавилов, О.Ю. Васильева, А.И. Ким

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ И СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Дробление является основным процессом при производстве различных материалов и широко используется в различных отраслях промышленности [1-10] для измельчения различных руд, осадочных и вулканических пород, шлаков и клинкера, резины, полимеров, угля, древесины и многого другого. Проблемы измельчения материалов остро стоят перед предприятиями горнорудной и химической промышленности, строительной отрасли и сельского хозяйства. Именно агрегаты измельчения позволяют грамотно и с наибольшей достижимой на данный момент отдачей использовать природные ресурсы.

В связи с различными физико-механическими характеристиками перерабатываемого материала, а также разными требованиями к конечному продукту, выпускаются самые разнообразные дробильные машины: щековые, конусные, валковые, роторные, молотковые и другие виды дробилок [11-16]. При отсутствии отечественных аналогов измельчительных машин необходимо создавать производство такой техники, обеспечивающей качественное измельчение материала и обладающей при этом выгодными техническими характеристиками, которая могла бы составить конкуренцию зарубежным аналогам.

Целью данной статьи является определение путей повышения эффективности процессов дробления и совершенствования отдельных видов дробильного оборудования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи исследований:

1. Провести изучение и анализ современного состояния технологии крупного измельчения и существующих способов и машин для дробления материалов.
2. Выявить достоинства и недостатки машин для дробления материалов и протекающих в них процессов.
3. Определить виды дробильного оборудования, с одной стороны, более других нуждающиеся в совершенствовании, а с другой - позволяющие кардинально изменить технологические процессы (схемы) дробления при улучшении технических, технологических и экономических показателей.
4. Определить основные пути совершенствования рабочего процесса и конструкции выбранного дробильного оборудования.

Цель и задачи определили характер, структуру и объем исследований, проводимых в рамках выполнения работы по гранту КН МОН РК №53-210-15 - №60-210-13 «Технология дробления и сортировки с использованием новых способов обработки сыпучих материалов».

В результате изучения состояния вопроса исследований [16-25] установлено следующее.

Работы по обновлению парка дробильных машин проводятся с учетом последних достижений в этой отрасли машиностроения. Анализ многочисленных конструкций дробильных машин, выпущенных за последнее время в разных странах, показывает, что общей тенденцией их развития следует считать повышение технико-экономических показателей, надежности и удобства обслуживания машин.

Посещение выставок «Строительная техника и технологии 2014», «Строительная техника и технологии 2015» (г. Москва, РФ), «Kazbuild-2015» (г. Алматы), «MachExpo

Kazakhstan 2015» (г. Астана) и других позволило установить следующие важные тенденции в современном дробильном оборудовании:

- производителями предлагаются в абсолютном большинстве щековые, конусные и роторные дробилки, и в меньшей степени - центробежно-ударные и молотковые;

- в конструкциях дробилок разных производителей существенных отличий мало, основные отличия продукции одних производителей от других заключаются в используемых материалах, в частности для дробящих поверхностей - в большем или меньшем использовании гидропривода, в конструкции регулировочных и других вспомогательных механизмов и т. д.;

- никто из производителей не предлагает дробильных машин, которые бы имели принципиальные конструктивные или иные технические и технологические отличия инновационного характера, переводящие процесс дробления на новый, более высокий уровень, существенно отличающий их от аналогов, например в плане снижения энергоемкости дробления, получения более качественного готового продукта, возможности измельчать более прочный материал при меньшей мощности и т. д., либо эти отличия тщательно скрываются как know-how;

- производителями практически не предлагаются валковые дробилки, так как считается, что они имеют слишком много недостатков и могут применяться весьма ограниченно, а именно только для материалов низкой прочности (например для угля) и при малом размере исходных кусков.

Из этого следует два важных вывода, определяющих стратегию дальнейших исследований по совершенствованию дробильного оборудования:

1. Совершенствование дробильных машин, вне зависимости от конструкции, должно идти по пути получения таких решений конструктивного или технологического характера, которые бы сразу поднимали совершенствуемую дробильную машину, по сравнению со всеми аналогичными, на более высокий уровень; наиболее перспективным и комплексным показателем с этой точки зрения является снижение энергоемкости дробления.

2. Особое внимание следует уделить совершенствованию и развитию валковых дробилок, используя заложенные в них преимущества и избавляя их от недостатков так, чтобы валковые дробилки могли составить конкуренцию щековым и конусным дробилкам, хотя бы и в отдельных областях.

При изучении материалов, собранных на выставках, а также источников [1-25] и других было установлено следующее.

Последние достижения в области общего машиностроения, например подшипниковой промышленности, конструкций гидравлических и пневматических систем, износостойких сталей, резинотехнических и синтетических материалов, оказали большое влияние на совершенствование дробильных машин.

Так, применительно к щековым дробилкам эти достижения позволили:

- улучшить технико-эксплуатационную характеристику машин путем повышения частоты вращения эксцентрикового вала;

- по-новому оценить возможности основных кинематических схем, а именно на основе применения новых крупных подшипников качения, выдерживающих большие динамические нагрузки, а также на основе повышения износостойкости дробящих плит перейти на выпуск менее металлоемких дробилок со сложным движением щеки самых больших типоразмеров, превышающих размеры дробилок с простым движением и применяющихся вместо них для первичного дробления;

- применить различные неломающиеся предохранители конструкций дробилок от поломки при превышении допустимых нагрузок;

– создать конструкцию щековой дробилки с опорой подвижной щеки на гидросистему, во-первых, для обеспечения пропуска недробимого тела не только без поломки деталей дробилки, но вообще без остановки процесса дробления, а во-вторых, для обеспечения дистанционного, плавного регулирования выходной щели, возможности запуска под завалом, предохранения от перегрузок (что, вообще говоря, может служить нечастым примером более-менее существенного изменения конструкции, оказывающего влияние на процесс измельчения);

– применить решение опоры неподвижной дробящей плиты не непосредственно на стенку станины, а на промежуточную плиту различной толщины, что позволяет при изменении размера щели сохранить угол захвата и тем самым обеспечить оптимальные условия для процесса дробления.

В производстве конусных дробилок зарубежные фирмы большое внимание уделяют созданию модификаций дробилок одного типоразмера с различными профилями камеры дробления и с различной величиной угла трения подвижного конуса, что дает возможность эффективно использовать дробилки в самых различных условиях эксплуатации. Так же широко, как и в щековых, в конусных дробилках для регулирования размеров выходной щели и в качестве амортизационных устройств используются гидравлические и гидропневматические системы, а механизм эксцентрикового привода для улучшения конструкции и повышения надежности переводится на подшипники качения (что, в общем, не является оригинальным).

В целом можно отметить, что после применения для конусных и щековых дробилок инерционного вибропривода, существенно повлиявшего на физику процесса измельчения, энергоемкость процесса и характеристики готового продукта, существенных технических решений подобного уровня больше не предлагалось.

Развитие конструкций роторных дробилок идет в основном в направлении создания:

- дробилок больших типоразмеров (для исходных кусков более 1000 мм);
- легкозаменяемых бил с коэффициентом использования более 70%, процессом крепления которых к ротору можно управлять с пульта оператора через пневмо- и гидросистемы зажима;
- корпусов дробилок, имеющих удобные разъемы, снабженных устройствами для открывания и закрывания;
- привода дробилки с плавным регулированием частоты вращения ротора и торможением ротора при остановке;
- дробилок мелкого дробления с применением отражательных плит с горизонтальными колосниками, частично охватывающими нижнюю половину ротора.

Таким образом, исходя из результатов проведенного анализа и полученных выводов, можно заключить следующее.

Во-первых, из множества разновидностей дробильного оборудования особое внимание следует уделить валковым дробилкам, наименее представленным на рынке и, по мнению потребителей и производителей, обладающим слишком большим количеством недостатков, ограничивающих их применение. Именно в сфере совершенствования валковых дробилок потенциально возможен прорыв в конструкциях и технологиях. Также определенное внимание следует уделить щековым дробилкам, имеющим наиболее широкое применение и наибольшую универсальность, с одной стороны, с целью переноса применяемых в них новых технических решений на другие конструкции, в частности на валковые дробилки, а также с целью дальнейшего расширения их возможностей.

Во-вторых, основными способами совершенствования дробильных машин вообще и отмеченных выше в частности и повышения эффективности процесса измельчения в це-

лом, определяющими стратегию работы по совершенствованию дробильных машин, в общем случае могут быть:

- применение многостадийного дробления;
- применение технологии вибрационного воздействия на измельчаемый материал;
- использование внутренних скрытых ресурсов конструкции машины;
- изменение традиционной формы и взаимного расположения рабочих органов дробилок;
- более рациональное использование пространства камеры дробления для увеличения производительности, частоты движений дробящего органа и снижения динамических нагрузок на опорные узлы дробилки;
- изменение геометрических и кинематических параметров дробильного оборудования;
- увеличение количества и разнообразия воздействий на измельчаемый материал в единицу времени, сокращение времени и энергозатрат на дробление, применение дополнительного воздействия на материал, снижение необходимого количества воздействий на материал до его разрушения;
- объединение двух различных по конструкции дробилок в одном агрегате в виде двух независимых ступеней – агрегатов с возможностью изменения их взаимного расположения, независимого ремонта, а также совершенствования одной части конструкции независимо от другой;
- создание и внедрение новых прогрессивных способов измельчения на основе рационального сочетания существующих способов, дополненных использованием внутренних скрытых ресурсов конструкции дробилки.

При этом основным определяющим направлением исследований, затрагивающим в той или иной мере все остальные, является повышение производительности дробилок и прочности измельчаемого материала при снижении энергозатрат на измельчение. Опираясь на полученные результаты, можно целенаправленно вести работу по созданию и совершенствованию конструкций разнообразного дробильного оборудования.

Итак, можно сделать следующие выводы.

1. В результате проведенных исследований и анализа современного состояния технологии крупного измельчения и существующих способов и машин для дробления материалов выявлено, что общей тенденцией их развития следует считать повышение технико-экономических показателей, надежности и удобства обслуживания машин.
2. В настоящее время производителями предлагаются в абсолютном большинстве щековые, конусные и роторные дробилки. Никто из производителей не предлагает дробильных машин, которые бы имели принципиальные конструктивные или иные технические и технологические отличия инновационного характера, существенно отличающие их от аналогов. Производителями практически не предлагаются валковые дробилки, так как считается, что они имеют слишком много недостатков и весьма ограниченное применение.
3. Разработана стратегия дальнейших исследований: получение таких решений конструктивного или технологического характера, которые бы поднимали совершенствуемую дробильную машину на более высокий уровень по сравнению с аналогичными; особое внимание следует уделить совершенствованию и развитию валковых дробилок.
4. Предложены основные обобщенные направления совершенствования дробильных машин и повышения эффективности процесса измельчения.
5. Разработанные способы совершенствования позволяют создавать принципиально новые конкурентоспособные дробильные машины со значительно улучшенными параметрами.

Список литературы

1. Акунов В.И. Анализ современной дробильной техники и её развития. – М.: Машиностроение, 2004. – 230 с.
2. Жуков В.П. Пути повышения качества нерудных материалов // Промышленность строительных материалов Москвы: Реф. сб. – 1996. – № 6. – С. 17-20.
3. Демидов А.Р. Способы измельчения и оценка их эффективности / А.Р. Демидов, С.Е. Чирков. – М.: ЦИНТИ, 2009. – 49 с.
4. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия, 2007. – 368 с.
5. Синельникова Л.Н. Методы дробления и измельчения руд за рубежом. – М.: ЦНИИТЭИцветмет, 2003. – 29 с.
6. Пухаренко Ю.В. Применение отходов камнедробления в бетонах / Ю.В. Пухаренко, С.Н. Панарин, С.И. Веселова и др. // Технологии бетонов. – 2013. – № 11. – С. 34-35.
7. Журавлев А.А. Состояние промышленности нерудных материалов и перспективы её развития // Строительные материалы. – 2007. – № 11. – С. 4-6.
8. Дубов В.А. Технология и оборудование для эффективной переработки осадочных горных пород / В.А. Дубов, Н.В. Солодков // Строительные материалы. – 2008. – № 5. – С. 26-27.
9. Лоскутов А.В. Комплекс оборудования ОАО НИИПроектабест для производства заполнителей бетонных и растворных смесей / А.В. Лоскутов, В.Н. Сапрыкин // Технологии бетонов. – 2013. – № 11. – С. 20-22.
10. Петрова Е.В. Взгляд в будущее – обзор новинок, представленных на выставке ConExpo-Con/Agg // Строительная техника и технологии. – 2014. – № 3 (103). – С. 30-48.
11. Каталог оборудования для работы с сыпучими материалами. – Тула: Строймеханика, 2014. – 57 с.
12. Маркетинговое исследование рынка грохотов и дробильного оборудования, 2010-2011 гг., прогноз до 2014 г. – AS MARKETING. – 2012. – 75 с.
13. Велецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справ. пособие. – Ростов н/Д, 2002. – 592 с.
14. Строительные машины: Справ. – В 2 т. / Под общ. ред. Т.1 – Э.Н. Кузина, Т.2 – М.Н. Горбовца. – М.: Машиностроение, 1991.
15. Мартынов В.Д. Строительные машины и монтажное оборудование. Учеб. для студентов вузов / В.Д. Мартынов и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
16. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учеб. для вузов / Под общ. ред. В.И. Баблюева. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.; Омск: Изд-во СибаДИ, 2001. – 528 с.
17. Менькин Р.Ю. Щековые дробилки нового поколения // Горная промышленность, 2004. – № 3.
18. Гийо Р. Проблема измельчения материалов и её развитие. – М.: Стройиздат, 2004. – 112 с.
19. Линч А. Дж. Циклы дробления и измельчения. – М.: Недра, 2001. – 343 с.
20. Вердяян М.А. Процессы измельчения твёрдых тел / М.А. Вердяян, В.В. Каферов // Процессы и аппараты химической технологии. – М., 2007. – Т. 5. – С. 5-89.
21. Лагунова Ю.А. Эффективность молотковых дробилок / Ю.А. Лагунова, О.М. Бруслова // Горный информ.-аналит. бюл. (науч.-техн. журн.). – 2012. – № 1. – С. 3-6.
22. Лагунова Ю.А. Увеличение срока службы молотковых дробилок / Ю.А. Лагунова, О.М. Бруслова, В.И. Сайтов // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 74-77.
23. Бруслова О.М. Модернизация конструкции молотковой дробилки // Вестн. науки Костанайского соц.-техн. ин-та: Сер. естеств.-техн. наук. – Костанай: Изд-во КСТУ. – 2009. – № 1. – С. 56-61.
24. drobilko.ru – информационно-справочный портал о дробильном оборудовании и технике. – Москва, 2015.
25. spbspart.com – официальный сайт дилера по продаже дробильного оборудования.

Получено 26.07.2016

УДК 69.002.5 + 666.97.031+691:658.274+666.1/5

Г.А. Гурьянов, М.В. Дудкин, А.В. Вавилов, О.Ю. Васильева, А.И. Ким

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА НОВОЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ВАЛКОВ ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛОК
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ**

На основании ранее проведенного анализа было установлено, что из множества разновидностей дробильного оборудования особое внимание следует уделить валковым дро-

билкам, как наименее представленным на рынке и (по мнению потребителей и производителей) обладающим слишком большим количеством недостатков, ограничивающих их применение. Именно в сфере совершенствования валковых дробилок потенциально возможен прорыв в конструкциях и технологиях.

В статье изложены результаты, полученные, в том числе, при выполнении работы по гранту КН МОН РК №53-210-15 - № 60-210-13 «Технология дробления и сортировки с использованием новых способов обработки сыпучих материалов».

Валковые дробилки предназначены для мелкого и среднего дробления пород средней и низкой прочности [1-4]. Основным рабочим элементом валковых дробилок традиционной конструкции является вращающийся на горизонтальной оси цилиндрический валок. Исходный материал подается сверху, затягивается между валками или между валком и футеровкой камеры дробления и в результате этого измельчается. Поверхности валков могут быть гладкими, рифлеными и зубчатыми.

Общими преимуществами валковых дробилок являются: простота конструкции и эксплуатации, надежность работы, низкий удельный расход энергии и низкая удельная масса (металлоемкость), способность перерабатывать материалы, склонные к налипанию, возможность получения мелкодисперсного материала путем истирания.

Для валковых дробилок следует отметить, что практикой их эксплуатации установлены следующие недостатки, снижающие эффективность их использования: ограниченный угол захвата; ограниченный максимальный размер захватываемых кусков материала; низкая степень измельчения; относительно невысокие дробящие усилия; относительно невысокая производительность; большие относительно размеров исходного материала размеры и масса; низкое качество готового продукта по гранулометрическому составу и форме зерен.

При этом анализом установлено, что в первую очередь следует направить усилия на устранение следующих недостатков: во-первых, это ограниченный угол захвата, являющийся, в свою очередь, причиной проявления других вышеперечисленных недостатков, а во-вторых, низкое качество готового продукта по гранулометрическому составу и форме зерен.

Базируясь на сделанных выводах и на основании изучения конструкций валковых дробилок [1-6], а также анализа их недостатков, для устранения недостатков и получения принципиально новой конструкции валковой дробилки необходимо решить следующие задачи:

- улучшить захват материала гладкими валками до эффективности такой же, как у рифленых или даже зубчатых валков;
- уменьшить соотношение между размером гладкого валка и максимального куска исходного материала до значения 4...5 и менее (против 17...20 у серийных дробилок);
- уменьшить в 3...4 раза или более диаметр валков, а следовательно, уменьшить размеры и металлоемкость дробилки в целом;
- повысить степень измельчения материала до значения, равного 6...8 (против 2...4 у серийных дробилок с гладкими валками);
- снизить неравномерность готового продукта по крупности;
- повысить частоту вращения валков и, следовательно, повысить производительность дробилки.

Очевидно, что поставленные задачи могут быть решены за счет разработки новых рабочих органов валковой дробилки - валков. Разработку новых валков будем вести, опираясь на предложенные нами способы совершенствования дробильных машин и повышения эффективности процесса измельчения, а именно: использование внутренних ресурсов

конструкции машины; изменение традиционной формы рабочих органов; изменение геометрических и кинематических параметров рабочих органов.

Для определения направления разработки новых валков предварительно оценим перспективы развития рабочих органов валковых дробилок.

Чтобы улучшить захват кусков материала, нужно увеличить угол захвата дробилки. Из простого анализа схемы захвата кусков валковой дробилкой [2-4] видно, что угол захвата увеличивается при увеличении диаметра валка. Однако это увеличивает размеры, массу и металлоемкость дробилки. Поэтому надо искать иные способы увеличения угла захвата.

Исходя из приведенных выше способов совершенствования дробилок, можно предложить решать подобную проблему путем перехода от традиционной цилиндрической формы валков к иной форме, в т. ч. в сочетании с новой их кинематикой. Так, существуют дробилки, в которых угол захвата увеличивается за счет уменьшения кривизны поверхности валков при сохранении их размеров. Такой формой валков является предлагаемый разными авторами равноосный в поперечном сечении контур валков в виде равностороннего треугольника с выпуклыми гранями и скругленными вершинами. Схема такой двухвалковой дробилки приведена на рис. 1 (Патент СССР №880466). Применение валков, имеющих в поперечном сечении равноосный контур, увеличивает условный радиус валка, а значит, позволяет повысить угол захвата валковой дробилки и надежность захвата кусков материала, уменьшить истирающий эффект при измельчении материала и уменьшить износ рабочей поверхности валков, в результате чего увеличивается срок службы валков и повышается производительность валковой дробилки при минимальном увеличении энергозатрат. При одинаковой кривизне рабочих поверхностей размеры поперечного сечения валков в предлагаемой конструкции дробилки примерно в два раза меньше, чем в обычных валковых дробилках.

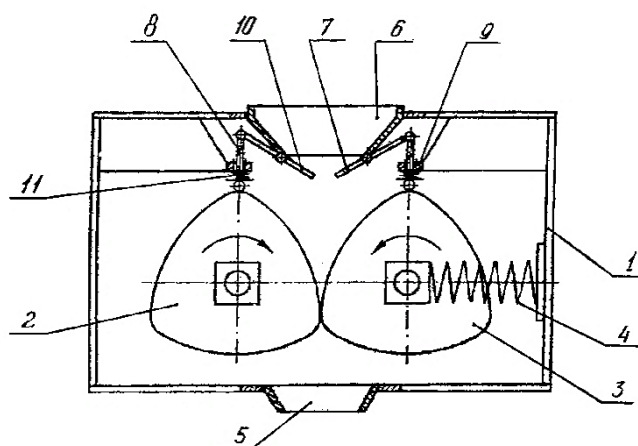


Рисунок 1 - Валковая дробилка с треугольными валками: 1 - корпус; 2,3 - валки; 4,11 - пружины; 5 - разгрузочная воронка; 6 - загрузочная воронка; 7,10 - шиберы; 8 - толкатели; 9 - направляющие

Однако данная дробилка, имеющая традиционный привод вращения валков, отличается неравномерностью контакта дробящих поверхностей на выпуклых гранях и на вершинах треугольника, т. е. переменными динамическими нагрузками.

Устранить этот недостаток, а также уменьшить габариты и массу дробилки можно за счет применения принципиально нового планетарно-роторного движения (ПРД) валков [7, 8]. Такая дробилка, разработанная профессором Ли С.В., приведена на рис. 2.

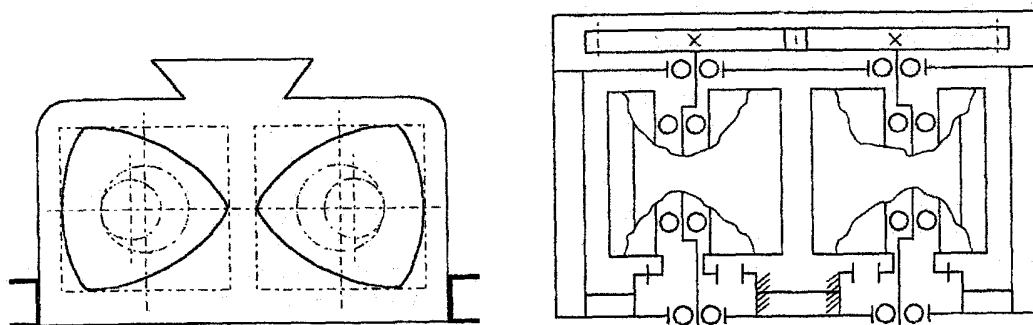


Рисунок 2 - Дробилка с ПРД валков: 1 - спутник; 2 - центральное зубчатое колесо; 3 - эксцентриковый вал

В дробилке с ПРД валков применяются валки, имеющие практически тот же равноосный в поперечном сечении контур в виде равностороннего треугольника (образованный гипотрохоидой), и, благодаря планетарной передаче, простое вращательное движение вала преобразуется в сложное движение наружных поверхностей плит валка, обеспечивая постоянный зазор между поверхностями обоих валков.

Криволинейная форма дробящих плит и планетарное движение валков позволяют создать значительные удельные давления на куски материала в зоне дробления, что улучшает условия для их разрушения. Таким образом, по своему устройству дробилка с ПРД рабочего органа приближается к устройству обычной валковой дробилки, а по принципу действия - к щековой.

Основными ее недостатками являются: сложность получения требуемой формы валков, сложность привода валков, повышенная мощность. Общим недостатком для дробилок, имеющих равноосный профиль валков, является низкое качество готового продукта по гранулометрическому составу и форме зерен, т. к. кусок материала находится с рабочими поверхностями таких валков в точечном контакте. Других предложений по применению валков нетрадиционной, отличной от окружности, формы в процессе обзора и анализа современного состояния рабочих органов валковых дробилок обнаружено не было.

Таким образом, на основании проведенного анализа можно сделать вывод, что перспективным в плане повышения эффективности валковых дробилок может являться применение их рабочих органов (валков), имеющих форму, отличную от цилиндрической (окружности в сечении). При этом форма валков, выполненных в виде правильного многоугольника, образованного пересечением окружностей дуг большого радиуса и малой кривизны, не является оптимальной по причине сложности получения подобной формы и необходимости обязательного применения сложного нетрадиционного привода для получения равномерного процесса дробления.

На основании сделанного анализа с целью устранения недостатков и реализации вышеперечисленных улучшений показателей работы дробилки дальнейшую работу следует вести в направлении разработки новой рациональной формы валков, которая бы позволила устранить большинство недостатков и добиться большинства из необходимых улучшений показателей работы и при этом не имела бы (или не создавала бы) новых недостатков.

Положительный результат этой работы позволит создать принципиально новую по своим показателям валковую дробилку со значительно улучшенными параметрами, которая сможет составить конкуренцию продукции других производителей на внутреннем и внешнем рынке.

Рассмотрим два варианта конструктивных схем валковой дробилки: одновалковую (рис. 3,а) и двухвалковую (рис. 3,б). Из сравнения этих двух схем видно, что одновалковая дробилка имеет больший угол захвата и большую степень измельчения, имеет зону параллельности поверхностей рабочей камеры, а значит, позволяет получать более качественный продукт. Однако ее недостатком является то, что вторая поверхность, образующая камеру дробления, неподвижна, и куски дробимого материала при движении в камере испытывают большие сопротивления от трения, которые тем больше, чем больше степень измельчения, т. е. сжатие. Исходя из этого и принимая за основу одновалковую дробилку, разработаем валок дробилки новой рациональной формы. При этом необходимо устранить вышеуказанный недостаток одновалковой дробилки, т. е. выполнить обе дробящие поверхности, образующие камеру дробления, подвижными (вращающимися).

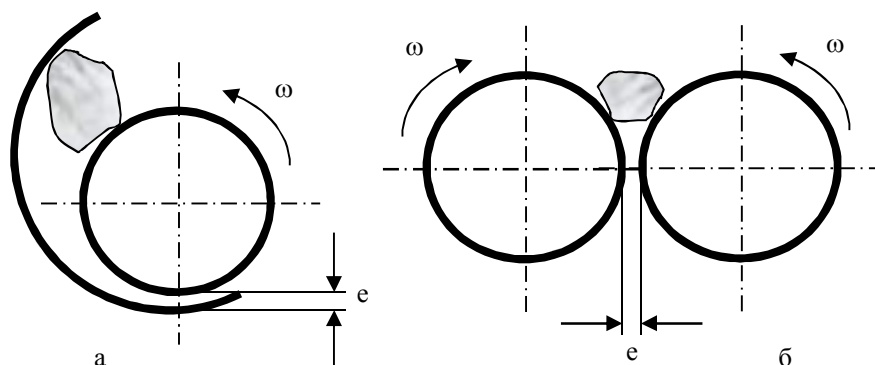


Рисунок 3 - Схемы валковых дробилок

Решая поставленную задачу, пришли к выводу, что форма валка, отличная от цилиндрической, в общем случае должна образовываться следующим образом [9-12]. Форма поперечного сечения каждого валка образуется не менее чем двумя окружностями одинакового радиуса R , которые касаются друг друга и, для того, чтобы обеспечить зону параллельности в месте дробления материала, сопряжены окружностями с радиусом R . В результате получаем валки выпукло-вогнутой формы (ВВФ), которые можно также назвать *полицилиндрическими*, поскольку их основу составляют несколько (не менее двух) цилиндров.

Несложный сравнительный анализ возможных форм валков в зависимости от количества образующих окружностей показывает, что, во-первых, целесообразно применять валки, образованные тремя или большим количеством окружностей, а, во-вторых, т. к. при увеличении количества образующих окружностей форма валка стремится к цилиндрической, то и угол захвата при этом уменьшается, как и возможности валка по захвату кусков, обеспечению высокой степени дробления и т. д.

Для осуществления процесса дробления парой валков новой выпукло-вогнутой формы при их установке в дробилке необходимо повернуть один валок относительно другого на 60° или 45° в зависимости от количества образующих окружностей. Схемы установки парных полицилиндрических валков ВВФ, образованных тремя и четырьмя окружностями, приведены на рис. 4.

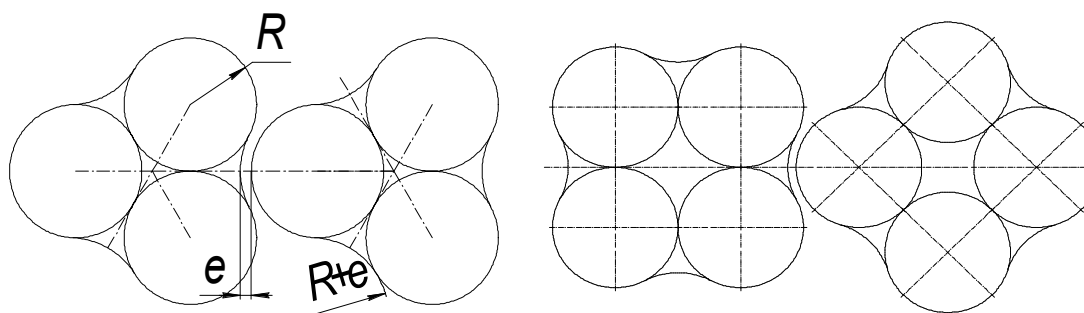


Рисунок 4 – Валки новой формы

Далее проведем моделирование работы дробилки с полицилиндрическими валками ВВФ [13, 14].

Для предварительного определения геометрических размеров валков ВВФ проведем плоское моделирование в графической программе КОМПАС, приняв за исходные параметры максимальный размер куска дробимого материала ($D_{\max}$) и угол захвата $\alpha/2$. Определим наибольшую степень измельчения i , а также минимальное соотношение диаметра всего валка D к диаметру измельчаемого куска $D_{\max}$ (т. е. $D/D_{\max}$).

Предварительно эмпирическим путем было выяснено, что наиболее приемлемое соотношение $e/R \approx 0,15$. При увеличении этого числа уменьшается степень измельчения, а при уменьшении - происходит заедание валков.

Задавшись максимальным размером куска исходного материала $D_{\max} = 300$ мм, сконструируем валки по трем окружностям (рис. 5). Задача состоит в том, чтобы обеспечить для данного размера куска требуемый угол захвата не менее 18 градусов и оценить при этом полученную степень измельчения i и размеры валка D .

Приняв исходное положение валков, моделируем поворот валков сначала с шагом в 5 градусов, затем, уменьшая шаг, получаем при повороте валков на угол 24 градуса угол захвата $\alpha/2$, равный 18 градусов (рис. 5). В данном положении захватывается кусок наибольшего возможного размера.

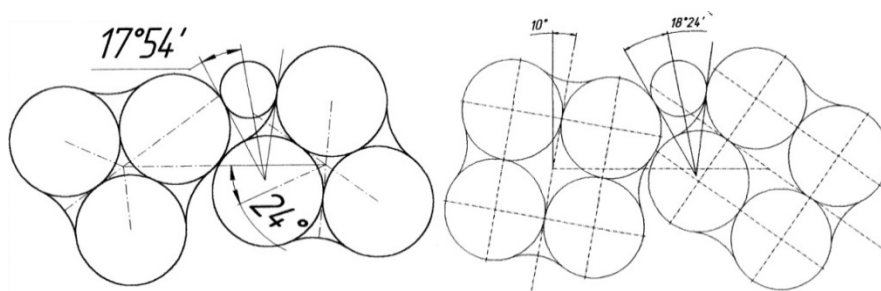


Рисунок 5 - Определение размеров валков ВВФ

Определяем путем непосредственного измерения на схеме требуемые параметры: соотношение размеров валка и куска материала $D/D_{\max} = 4,19$; степень измельчения $i = 6,16$. Аналогично сконструируем валки по четырем окружностям. В данном случае приемлемое отношение $e/R = 0,133$. Постепенно поворачивая на схеме валки, находим такое положение, при котором угол захвата будет принимать максимально возможное значение.

Угол захвата $\alpha/2$, равный 18 градусов, достигается при повороте валков на 10 градусов относительно исходного положения (рис. 5).

Определяем требуемые параметры, измеряя по схеме: соотношение размеров валка и куска материала $D/D_{\max}=4,34$; степень измельчения $i=8,34$.

Результаты моделирования формы валков сведены в таблицу.

Параметры цилиндрических валков и валков ВВФ

1 Форма валка	Цилиндрическая (стандартная дробилка)	По трем окружностям (ВВФ)	По четырем окружностям (ВВФ)
2 Соотношение габаритного размера валка и размера куска материала $D/D_{\max}$	10...20	4,19	4,34
3 Степень измельчения	2...3 (4)	6,16	8,34

Соотношение $D/D_{\max}$ размеров валка и куска материала для валка, образованного четырьмя окружностями, не намного больше, чем для образованного тремя окружностями, зато величина разгрузочной щели меньше, а степень измельчения i на 26% выше.

При этом валки ВВФ, образованные как четырьмя, так и тремя окружностями, имеют параметры намного лучшие, чем цилиндрические валки, а именно: диаметр валка у них в 3...5 раз меньше, а степень измельчения в 2...4 раза больше. Таким образом, по предварительным данным предложенная выпукло-вогнутая форма валков позволяет: улучшить захват материала валками, приближая эффективность валков с гладкой поверхностью к валкам с рифленой или зубчатой; уменьшить соотношение между размером гладкого валка и максимального куска исходного материала до значения 4...5; уменьшить в 3...4 раза диаметр валков; уменьшить размеры и материалоемкость дробилки; повысить степень измельчения до значения, равного 6...8.

Кроме того, за счет того, что камера дробления образуется двумя параллельными поверхностями (т. е. имеется зона параллельности), предлагаемая форма валков должна обеспечить повышение качества готового продукта по форме и гранулометрическому составу, т. е. уменьшить (а в идеале – устранить) неравномерность готового продукта по крупности и получать куски готового продукта преимущественно кубообразной формы. Также улучшение захвата кусков должно позволить увеличить частоту вращения валков n , которая у традиционных дробилок ограничена и может быть определена в зависимости от диаметра валка D по формуле $n=(1/D)...(2/D)$ [3, 4], об/с, из которой видно, что при уменьшении диаметра валка, как в случае применения валка ВВФ, частота вращения будет расти, а это, в свою очередь, позволит увеличить производительность.

Таким образом, по данным предварительных исследований и моделирования применение валков ВВФ вместо традиционных цилиндрических может устранить практически все отмеченные выше недостатки валковых дробилок и получить практически все заявленные выше улучшения показателей работы. Это позволяет говорить о целесообразности проведения дальнейших, более подробных исследований валков ВВФ.

Итак, можно сделать следующие выводы.

1. На основе анализа существующих валковых дробилок и их рабочих органов определены их основные недостатки, главным из которых является малый угол захвата кусков материала.

2. Перспективным способом устранения главного недостатка и повышения эффективности валковых дробилок может являться применение рабочих органов (валков), имеющих форму, отличную от цилиндрической.

3. Разработана и предварительно обоснована путем компьютерного моделирования новая полицилиндрическая ВВФ валков, позволяющая за счет уменьшения угла захвата по сравнению со стандартными цилиндрическими валками получить валковую дробилку, имеющую в 4...5 раз меньшие габаритные размеры, в 3...5 раз меньший диаметр валка и в 2...4 раза большую степень измельчения, чем у стандартной дробилки.

4. Необходимо продолжать работу по исследованию дробилок с полицилиндрическими валками ВВФ, определению и обоснованию их параметров.

5. Положительный результат этой работы позволит создать принципиально новую по своим показателям валковую дробилку со значительно улучшенными параметрами, которая сможет составить конкуренцию на внутреннем и внешнем рынке.

Список литературы

1. Белецкий Б.Ф. Строительные машины и оборудование: Справ. пособие. – Ростов н/Д, 2002. – 592 с.
2. Строительные машины: Справ.: В 2 т. / Под общ. ред. Т. 1 – Э.Н. Кузина, Т. 2 – М.Н. Горбовца. – М.: Машиностроение, 1991.
3. Мартынов В.Д. Строительные машины и монтажное оборудование. Учеб. для студентов вузов / В.Д. Мартынов и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Дорожно-строительные машины и комплексы: Учеб. для вузов / Под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд. дополн. и перераб. – М.; Омск: Изд-во СибаДИ, 2001. – 528 с. – 209 ил.
5. Дугин Ю.А. Теоретическое обоснование вальцового измельчающего устройства // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. ВГСХА. – Волгоград, 2005. – С. 18-21.
6. Цепляев А.Н. Особенности конструкции вальцового измельчительного аппарата / А.Н. Цепляев, Ю.А. Дугин // Вестник АПК Волгоградской области. – 2005. – № 1. – С. 21-22.
7. Ли С.В. Проектирование и конструирование рабочих органов строительно-дорожных машин с планетарным движением // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций. – 2003. – № 6. – Алматы, 2003. – С. 47-50.
8. Ли С.В. Дробилка с планетарно-роторным движением валков // Науч.-техн. сб. «Новости науки Казахстана». 2002. – № 3. – Алматы: КазГосИНТИ, 2002. – С. 38-40.
9. Гурьянов Г.А. Повышение эффективности валковых дробилок совершенствованием их рабочих органов / Г.А. Гурьянов, В.А. Ким // Материалы XI Респ. науч.-техн. конф. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011. – Ч. III. – С. 100-101.
10. Гурьянов Г.А. Тенденции развития и совершенствования валковых дробилок / Г.А. Гурьянов, В.А. Ким // Современные научные исследования в дорожном и строительном производстве: Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Пермь: ПНИПУ, 2011. – Т. 1. – С. 91-95.
11. Гурьянов Г.А. Совершенствование конструкций валковых дробилок применением выпукло-вогнутого профиля валков / Г.А. Гурьянов, В.А. Ким // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2011. – Ч. II. – С. 184-188.
12. Сизиков В.Н. О повышении эффективности валковых дробилок в условиях инновационного развития строительной индустрии // Материалы V Респуб. науч.-техн. конф. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2005. – Ч. III. – С. 50-52.
13. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
14. Дугин Ю.А. Моделирование вальцового измельчительного аппарата для определения основных параметров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2006. – № 3. – С. 55-58.

Получено 2.08.2016

ЭОЖ 664.144

М.Е. Ержанова, А. Адилбаев, А.С. Тлешова

М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті, Тараз қ.

**ШЫРЫН ӨНДІРУДЕГІ ҚАУЫННЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Адам организмі дұрыс жұмыс атқаруы үшін оның физиологиялық функцияларын реттеуге бірқатар заттар керек. Оларға пробиотиктер, витаминдер, минералды заттар, тағамдық талшықтар және т.б. кіреді. Олар сумен және басқа да тамақ өнімдерімен организмге түседі.

Өртүрлі топтағы адамдарды зерттеу нәтижесі планетадағы адамдардың көп бөлігіне витамин жетіспейтіндігін көрсетті. Көктем айларында халықтың 70-80%-да авитаминоз байқалады. 50% адамдарда β -каротин, ал 62-85%-да В1 витамині жетіспейді. В2, В6, РР витаминдерінің және фоли қышқылының төмендеуі әсіресе өндірістік қалалардағы тұрғындарда көптеп кездеседі [1].

Қазіргі экологиялық прессинг жағдайында халықтың денсаулығы үшін табиғи функционалды тағам өнімдерін өндіру негізгі факторлардың бірі болып табылады. Арнайы шырындар мен сусындар өндіру, олардың әсер ету механизмі адам организмінің физиологиялық үрдістерінің қалыпқа келуіне көмектеседі [2]. Тамақ өнімдерінің ішінде жемістер мен көкөністердің организмді қорғау қабілеті жоғары [5].

Қауынның қоректік және емдік қасиеттеріне байланысты органолептикалық және текстуралық көрсеткіштері талапқа сай қауыннан жаңа өнімдерді алу қазіргі кезеңдегі болашағы зор бағыт болып табылады. Қауын өнімдерінің сақталу мерзімі аз болғандықтан, сақтау уақытын ұлғайту үшін оны өңдеудің жаңа принциптерін құрастыру керек. Қауын мен қарбызды қарқынды өңдей отырып, ұзақ сақталатын, сапасы жоғары өнімдер (шырындар, сусындар, джемдер, тосаптар және т.б.) алуға болады. Бұл табиғи өнімдер сұранысқа ие, сондықтан оның ассортиментін көбейту қажет.

Осы жұмыс қауын мен қарбыздың қабығын тазалауға арналған жаңа құралдарды таныстыруға, шырын дайындауға арналған құрылғының жұмысын түсіндіруге арналған. Алайда қауын мен қарбыздың физикалық-механикалық қасиеттерінің өзгеру заңдылықтарын зерттеуде және қауын мен қарбызды өңдеудің технологиялық схемасын құруда көптеген зерттелмеген мәселелер бар.

Шырын өндіретін технологиялық құрылғыларға есептеу жүргізу үшін өңделетін материалдың және өңделген тағамның физика-механикалық қасиеттерін білу керек. Табиғи шикізаттан шырын өндіргенде кесудің нақты күші, серпімділіктің көлемді модулі және қойыртпақтың тұтқырлығының тиімділігі анықтаушы қасиеттері болып табылады.

Қауыннан шырын алу үшін алдымен оны кесу керек, қабығынан жұмсағын бөліп алып, берілген мөлшерде кесу қажет. Сондықтан механикалық қасиеттерді зерттеу мақсатына қауынның қабығын және жұмсақ бөлігін кесудің нақты күшін анықтау жатады. Алынған бөлшектерді жаншып, одан өздігінен шырын аққаннан кейін, қалған қойыртпақты престейміз. Бұл үрдістерді есептеу үшін қойыртпақ тұтқырлығының тиімділігін, сондай-ақ жұмсақ бөлігі серпімділігінің көлемді модулін анықтау керек.

Зерттеу барысында қауынның Қазақстанның оңтүстік облысында өсетін және Өзбекстан Республикасынан әкелінетін өртүрлі сорттары таңдалды. Механикалық қасиеттері «Структурометр-1» негізінде жасалған өлшеу кешенінде анықталды (1-сурет). Алынған мәліметтер Microsoft Office Excel бағдарламасында өңделді. Кесудің нақты

күшін анықтауда структурометр үшін ауыспалы пышақ құралы алынды, оның кесу бөлігі 70 мм, ал биіктігі 25 мм, қайралатын бұрышы 12 градусты құрайды. Бұл оптималды нұсқа болып есептеледі [2]. Зерттеулер үшін арнайы сынама тандау құралы арқылы қауыннан бұрыштары тік, өлшемдері 40x40 мм, әр сортынан 5 данадан алынады. Сынамалар жұмсақ бөлігінен және қабығынан арнайы бөлек алынды.



1-сурет - Структурометр негізінде жасалған өлшеу кешені

Пышақты өлшеу құралының басына орнаттық, ал сынаманы структурометрдің жылжымалы үстеліне орналастырдық. № 2 режимдегі берілген мәндер (беріктіктің шегін анықтау): жанасу күші $F_0 = 0,5$ Н, үстелдің жылжу жылдамдығы $v = 2$ м/с. Мұндай жылдамдық оптималды болып табылады [3].

Құрылғы қосылған кезде, үстел жоғары қарай берілген жылдамдықпен жылжиды, пышақ қауын сынамасын басады және оны деформациялайды, одан кейін сынамаға енеді. Сынама бұзылған кездегі максималды күштің мәні алынады. Одан кейін үстел орнына келтіріледі. Алынған мәлімет компьютермен оқылады, сол мәндер бойынша Microsoft Office Excel бағдарламасында кесу күшінің графигі тұрғызылады.

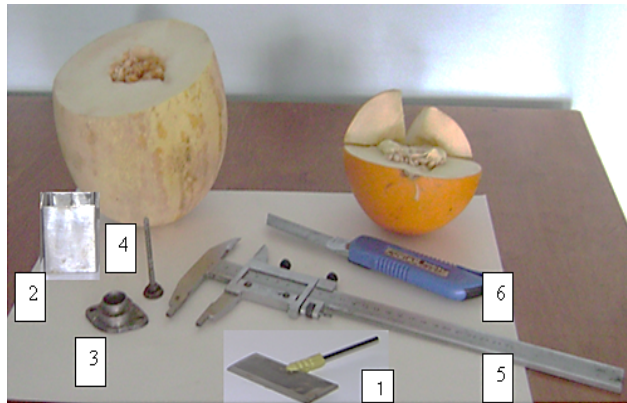
Кесудің нақты күші келесідей есептеледі: сынама талқандалған кездегі максималды күштің оның сызықтық мөлшеріне (ұзына бойына кесілген - 40 мм) қатынасына тең:

$$F_y = \frac{F_{\max}}{L}, \quad \text{Н / м.} \quad (1)$$

Структурометрге құрал ретінде металл цилиндр және диаметрі 20 мм пуансон алынды (2-сурет). Қауынның жұмсақ бөлігімен эксперимент жасағанда ішкі диаметрі 20 мм сынама тандағышқа цилиндрлік сынама дайындалды, оның шеттері цилиндр осіне перпендикуляр етіп кесіледі. Сынаманың биіктігі штангенциркульмен өлшенеді. Сынаманы цилиндрге және құралдың үстеліне орнатамыз. Структурометрдің өлшегішінің басына пуансон орналастырылады.

Қауынды 1x2x5 мм дейін бөлшектедік, өздігінен ағатын шырынды бөліп алып, қалғанын цилиндрге толтырдық ($H_0 = 25$ мм).

№ 1 режимде жұмыс істегенде (серпімділік және пластикалық деформацияны анықтау) берілген мәндер: жанасу күші $F_0 = 0,5$ Н, үстелдің жылжуын (20 мм/с интервалымен) 20-дан 100 мм/с ауыстырдық, максималды күш $F_{\max} = 100$ Н. Әр жылдамдықта, қауынның әр сортының жұмсақ бөлшектеріне, қойыртпаққа 5 өлшеу жүргізілді.



2-сурет - Қауынның физика-механикалық қасиеттерін анықтауға арналған құралдар:

1 – ауыспалы пышақ құралы; 2 – сынама тандау құралы; 3 – цилиндр;
4 – пуансон; 5 – штангенциркуль; 6 – пышақ

Құрылғыны қосқаннан кейін, берілген жылдамдықпен үстел жылжыды, үстелдің жылжуы және қысым күші құрылғымен өлшеніп, компьютерге енгізілді. Қысым күші берілген максималды күшке жеткенде, үстел төменгі минималды күшке - 0,5 Н жеткенге дейін жұмыс істеді.

Тұрақты деформацияның максималды H_1 және ақырғы H_2 мәндері құрылғының жадысында сақталады. Нәтижелер бойынша Microsoft Office Excel бағдарламасында график тұрғызылады. Алынған тәжірибелік мәліметтер кейбір салаларда технологиялық үрдістердің регламентін құруға пайдаланылады [2, 3]:

1. Иілгіштік:

$$P = \frac{h_0 - h_2}{h_0 + h_1} = \frac{t \sigma}{\eta_{np}(\lambda + 1)}, \quad (2)$$

мұндағы $\lambda = \frac{h_0}{h_1}$ - салыстырмалы бірсыздық қысым; t - уақыт, с; σ - кернеу, кПа; η_{np} -

деформация жылдамдығына байланысты келтірілген тиімді тұтқырлық, Па · с; $h_0 = H_0$; $h_1 = H_0 - H_1$; $h_2 = H_0 - H_2$.

2. Жұмсақтық:

$$S = \frac{h_0 - h_1}{h_0 + h_1} = \frac{(\eta_{np} + Et)\sigma}{E \eta_{gh}(\lambda + 1)}. \quad (3)$$

3. Салыстырмалы қысым :

$$R = \frac{h_0 - h_2}{h_0 - h_1} = \frac{\eta_{np}}{\eta_{np} + Et}, \quad (4)$$

мұндағы E – қысым кезіндегі күштің көлемді модулі.

4. Қалпына келтірілуі:

$$R1 = 1 - R = \frac{Et}{\eta_{gh} + Et}. \quad (5)$$

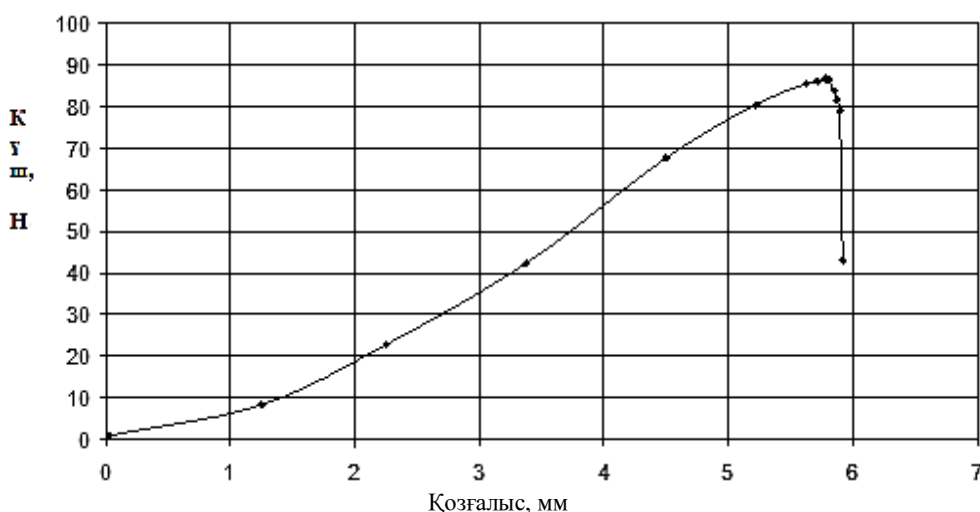
(2)-(5) теңдеулерін бірге есептей отырып, массаның тұтқырлық сипаттамасын анықтауға болады:

$$\eta_{cp} = \frac{\sigma t}{(\lambda + 1)P}, \quad (6)$$

$$E = \frac{\eta_{np}(1 + Rl)}{Rl t}. \quad (7)$$

Қауынның әр сортына және құрылғы үстелінің жылжу жылдамдығына анықталатын параметрлердің орташа мәндері есептелді және жылжу жылдамдығының тәуелділік графигі құрылды, тұтқырлық тиімділігі (қойыртпақ үшін), сондай-ақ алынған тәуелділік теңдеулері және аппроксимацияның сенімділігі R^2 (Microsoft Office Excel бағдарламасында) анықталды.

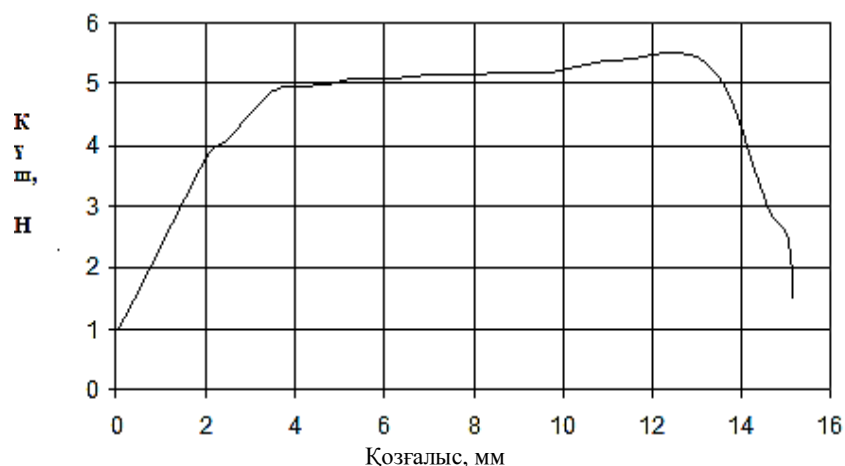
[3] жұмысқа шолу жасасақ, қауынның жұмсақ қабыққа жақын бөлігін кесудің нақты күшінің мәндері анықталған, олардың қабығының жұмсақ бөліктен бөлінуі қауын сорттарына байланысты. Пісу мерзімдеріне қарай қауынның ерте пісетін, орталау уақытта пісетін және кеш пісетін сорттары бар. Біздер қауынның жұмсақ бөлігін қабығынан айырғаннан кейін бірден кесудің нақты күшін анықтадық. 3 және 4-суретте қозғалыс тәуелділігі – қауынның қабығы мен жұмсақ бөлігін кесудің нақты күшінің графигі көрсетілген.



3-сурет - Қауынның тәрнек сортының қабығын кескендегі кесудің нақты күшінің пышақтың қозғалысына тәуелділігінің графигі

Келтірілген қисық сызықтарды нәтижелесек, барлық сорттарға осы сипаттама тән. Сонымен, пышақ қауын қабығына тиген мезетте серпімді-пластикалық деформация жүретінін байқауға болады. Кесу күшінің өзгеруі шамалы, деформацияның шекті мәнінде күштің өсуі байқалады, осының әсерінен материалдың бұзылуы көрінеді. Қауынның жұмсақ бөлігін кесуде кесу күшінің тұрақты екенін көреміз.

Қауынның әртүрлі сорттарын кесудің нақты күшінің мәндері және мәндердің орташаланған шамасы кестеде көрсетілген. Кестеден көретініміз, қауынның жұмсақ бөлігін кесудің орташа мәнінен ауытқуы (-7,20... +12,10%) мәндерінен аспайды, ал қабығы үшін (-4,00... +7,20%) мәндері.



4-сурет - Қауынның тэрнек сортының жұмсақ бөлігін кескендегі кесудің нақты күшінің пышақтың қозғалысына тәуелділігінің графигі

Қауынның әртүрлі сорттарын кесудің нақты күшінің мәндері және мәндердің орташаланған шамасы

№	Қауын сорттары	Кесудің нақты күші, Н/м	
		Жұмсақ бөлігі	Қабығы
1	Колхозница	227	2421
2	Илийская	225	2418
3	Ташлаки	208	2385
4	Ақ жамбылша	206	2386
5	Сары жамбылша	212	2392
6	Қызыл жамбылша	210	2394
7	Қара жамбылша	215	2398
8	Көк жамбылша	214	2387
9	Тэрнек	218	2412
10	Сладкий ананас	218	2415
11	Мельба	221	2425
12	Империл	224	2436
13	Ақ гурбек	218	2418
14	Ала гурбек	216	2410
15	Гарры қыз	208	2394
Орташа мәні		222	2423
Үлкен ауытқу		+12,10%	+4%
Кішкене ауытқу		-7,20%	-1,60%

Жұмысты қорытындылай келе, жүргізілген зерттеулерден кесудің нақты орташа мәні зерттелген қауын сорттарының ішінде жұмсақ бөлігі үшін 12% -дан, ал қауын қабығы үшін 4%-дан артпайтынын тұжырымдауға болады. Осы мәліметтерді қауынның әртүрлі сорттарына жүргізілетін инженерлік есептеулерде қор коэффициентін есептеуде пайдалануға болады.

Әдебиеттер

1. Шобингер У. Плодово-ягодные и овощные соки. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1980.

2. Edenharder H. The function of fruit and vegetable juices for the improvement of health and performance// Докл. на Междунар. конгрессе фруктовых соков. – Сан-Паулу, 1991. – С. 221-236.
3. Frankel E.N., Bosanek C.A., Meyer A.S., Silliman K and Kirk. Commercial grape juices inhibit the in vitro oxidation of human low-density lipoproteins // J. Agric. Sci., 1998. – 46. p. – 834-838.
4. Соболев Н.П. Витаминизированные напитки с пектином / Н.П. Соболев, Т.В. Родина, О.А. Малченко и др. // Пищевая промышленность, 1996. – № 6. – С. 32.
5. Кудряшова А.А. Новые продукты питания с использованием лекарственных растений Дальнего Востока / А.А. Кудряшова, Е.А. Платова, Р. Лепесова и др. // Тез. докл. науч.-практ. конф. – Ташкент, 1991.

Получено 9.08.2016

УДК 622.234:622.251 (075)

Т.М. Кумыкова, В.Х. Кумыков

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ ШАХТНЫХ ВОЗДУХОПРОВОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ ПОЛИМЕРНЫМИ

Рудничные воздухопроводные сети представляют собой сложную разветвленную систему большой емкости, протяженностью в среднем до 30 и более километров. Эффективность работы пневмосетей с увеличением их протяженности снижается в связи с ростом потерь энергии сжатого воздуха при его транспортировке к потребителю.

В процессе обследования пневмоэнергокомплекса Тишинского рудника [1] (г. Риддер, Восточно-Казахстанская область) проведены замеры давления сжатого воздуха на различных участках пневмосети и забоях. Работы выполнялись с помощью переносных замерных станций, включающих манометры-самописцы. Развернутые диаграммы давлений воздуха на рудничных участках сети представлены на рис. 1. Проведенные исследования показали, что режим работы пневмосети рудника неустойчив, характеризуется неравномерным перепадом давления, значение которого превышает 0,2 МПа. При этом характер перепада давления, зафиксированный для главного магистрального трубопровода, распространяется на связанные с ним участковые и конечные элементы пневмосети. Давление воздуха на этих элементах всегда меньше, чем в главной магистрали из-за потерь на утечки и преодоление сопротивлений при транспортировании. Исследования показывают, что при увеличении утечек из воздухопровода, питаемого от общего коллектора, с 1,6 до 2,4 м³/с давление на входе в пневмосеть снижается с 0,78 МПа до 0,738 МПа, а на пневмоприемниках - с 0,63 до 0,58 МПа. Такие перепады давления приводят к резкому снижению производительности технологического оборудования.

Все эти отрицательные явления связаны не только с выявленным несоответствием геометрических параметров воздухопровода на отдельных участках производительности компрессорной станции, но и с плохим состоянием самих трубопроводов, эксплуатируемых в условиях повышенной влажности. Срок службы стальных труб во многих случаях не превышает 3-6 лет. Столь малый срок службы труб, необходимость их замены приводит к непроизводительной трате металла. Причем, чем больше давление в трубах, тем больше толщина их стенок. Это влечет за собой значительное увеличение расхода металла для изготовления труб. Вместе с тем широкое применение в различных отраслях промышленности находят полимерные трубы в трубопроводах, работающих при давлениях до 1,6 МПа.

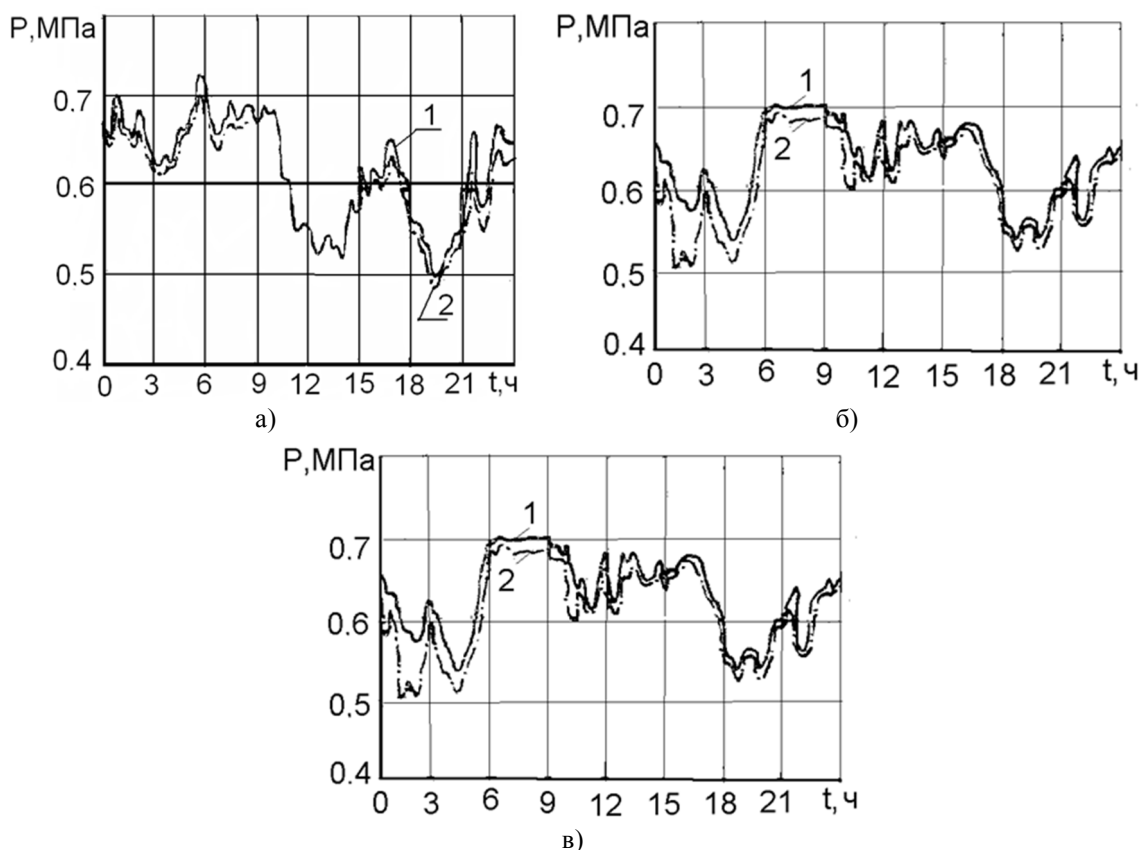


Рисунок 1 – Диаграмма давления в течение 1-х (а), 2-х (б) и 3-х (в) суток наблюдений:
1 – давление в магистральном трубопроводе; 2- давление у пневмоприемника

В результате анализа состояния теории и практики эксплуатации пневмоэнергокомплекса подземного рудника выявлено отсутствие данных, характеризующих гидравлические закономерности в полимерных трубах применительно к технике снабжения сжатым воздухом потребителей с пневмоприводом. Выявление и учет этих закономерностей при проектировании, строительстве и эксплуатации трубопроводов даст возможность улучшить работу последних.

При изучении современного состояния вопроса о гидравлическом расчете труб применительно к шахтным пневмосетям авторы поставили перед собой цель: сопоставить основные гидравлические закономерности турбулентного потока сжатого воздуха в трубах из традиционных материалов (стали) и относительно новых перспективных материалов (полимеров) [2-4].

Объективная оценка гидравлических характеристик труб и надежные рекомендации по их расчету могут быть даны лишь в результате исследований пропускной способности труб, увязанных с характеристикой их внутренней поверхности, которая определяется как материалом и способом изготовления труб, так и продолжительностью их эксплуатации. Основой предложенной методики послужили теоретические предпосылки и практические разработки известных ученых в области оптимизации гидро- и пневмосетей.

При этом устанавливаются значения трех основных характеристик:

- возможные потери давления;

- пропускная способность труб заданного диаметра при известной разности давлений;
- диаметр труб, обеспечивающий заданный расход воздуха.

При применении труб из любых материалов необходимо решать две задачи:

- задача синтеза (проектирования) рудничной пневматической системы;
- задача анализа режима работы рудничной пневматической системы.

В первом случае необходимо определить диаметры участков пневмосети при заданных расходах по участкам сети и давлениям в узловых точках. В задачу анализа входит определение потерь давления на участках сети при заданных расходах воздуха и диаметрах трубопроводов.

При анализе режима работы рудничных пневматических сетей определяют обычно давление сжатого воздуха в начале участка. Для этого необходимо определить диаметр участка, расход сжатого воздуха на нем и давление в конце участка пневмосети.

Разработанные основы методики гидравлического расчета труб шахтной пневмосети из различных материалов позволяют выявить рациональность замены применяемых традиционно стальных труб на трубы из полимерных материалов, позволяющих снизить металлоемкость пневматической сети и трудоемкость работ при ее монтаже.

Для технологической оценки эффективности замены металлических труб полимерными в системе пневмоэнергокомплекса подземного рудника сравнивались потери давления на участках пневмосети из металлических и полимерных труб. Был произведен расчет потерь давления на герметичном участке воздухопровода, выполненного из металлических и полимерных труб. Построены сопоставительные графики, приведенные на рис. 2, 3.

Полученные данные позволяют построить номограмму (рис. 4) для выбора сечений полимерных труб при замене ими металлических. Из номограммы видно, что пропускная способность полимерных труб больше, чем у металлических.

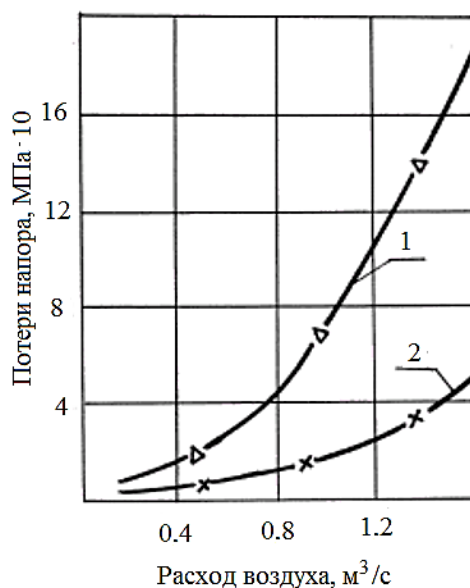


Рисунок 2 – Зависимость потерь напора от расхода сжатого воздуха:

1 - в металлическом трубопроводе; 2 – в полимерном трубопроводе ($D=0,1$ м; $P_2=0,5$ МПа)

Причем с увеличением расхода сжатого воздуха разница в пропускной способности полимерных и металлических труб возрастает, что наглядно представлено на рис. 5.

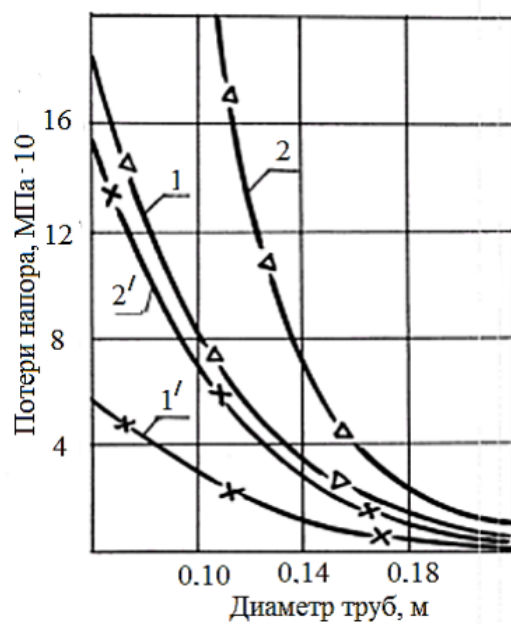


Рисунок 3 - Зависимость потерь напора от диаметра труб:
1, 2 – металлических при $Q=1$ и $2 \text{ м}^3/\text{с}$; 1', 2' – полимерных при $Q=1$ и $2 \text{ м}^3/\text{с}$ ($P_2 = 0,5 \text{ МПа}$)

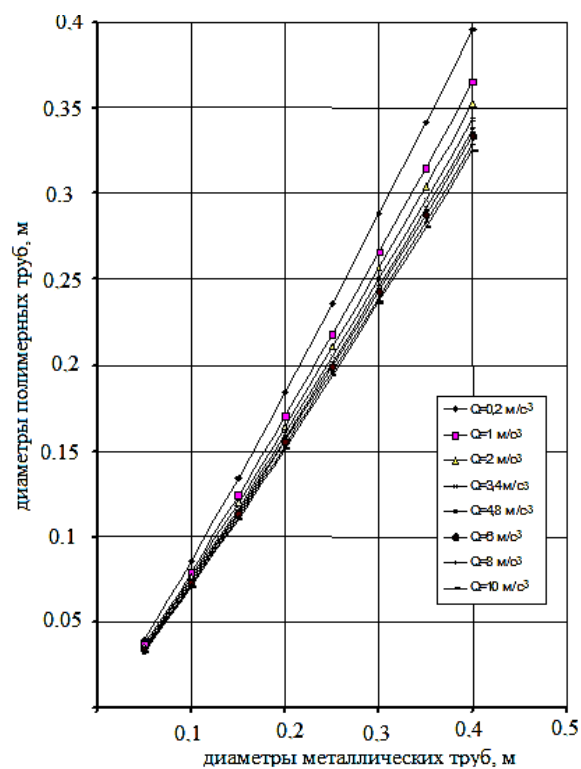


Рисунок 4 – Номограмма для выбора сечений полимерных труб

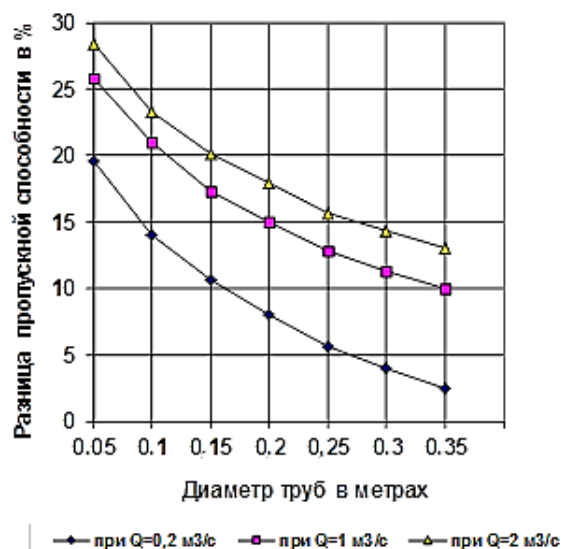


Рисунок 5 - Градиент пропускной способности полимерных труб

Полученные данные позволяют сделать вывод, что пропускная способность полимерных труб в среднем на 20-25% выше, чем у металлических. Следовательно, при замене металлических труб полимерными, в зависимости от диаметра труб и расхода сжатого воздуха, диаметр полимерных труб можно принимать на 10-15% меньше, чем металлических. Выявленные авторами гидравлические закономерности в области потерь давления в полимерных трубах согласуются с данными ряда исследователей, проводивших опыты с трубами из различных материалов для систем водоснабжения [5, 6].

При применении стальных труб следует учитывать возможность возрастания в них потерь давления из-за уменьшения живого сечения трубы и увеличения шероховатости в процессе эксплуатации. А при использовании полимерных труб, по-видимому, надо принять гипотезу постоянства гидравлического сопротивления в процессе их работы, поскольку их внутренняя поверхность с течением времени не подвергается изменениям, вследствие чего расчетные значения потерь давления сохраняются на весь период работы.

Главными факторами, определяющими область применения материала воздухопровода, являются давление, температура и транспортируемая среда. Четвертым фактором, оказывающим влияние на выбор материала, является наличный ассортимент труб. Особое значение для высвобождения металла при строительстве шахтного воздухопровода имеют трубы, вырабатываемые из различных пластмасс, в частности из полиэтилена и винилпласта.

При этом несомненный интерес представляет химическая стойкость пластмасс в многочисленных средах в эксплуатационный период. По результатам теоретических и лабораторных экспериментальных исследований выявлены два чрезвычайно ценных факта – высокая коррозионная стойкость и то, что пластмассовые трубы не склонны к образованию отложений на гладких внутренних поверхностях [3]. Пластмассовые трубы выгодно отличаются от металлических значительно большим сроком службы, сравнительной легкостью производства монтажных работ.

На основе обобщения передового отечественного и зарубежного опыта эксплуатации пластиковых трубопроводов [3, 4, 7] и лабораторных исследований, проведенных в лаборатории «Механизации подземных горных работ» (МПГР) (ВНИИцветмет), предложено

при проектировании шахтных пневмосетей использовать полиэтиленовые трубы. Полиэтилен является продуктом полимеризации углеводородов. Полиэтиленовые трубы вырабатываются из полиэтилена низкой плотности, получаемого при высоком давлении, и из полиэтилена высокой плотности, вырабатываемого при низком давлении. Полиэтиленовые трубы являются эластичными и нежесткими.

Установлено, что полиэтиленовые трубы, по сравнению с другими пластмассовыми, в настоящее время являются наиболее перспективными. Небольшой вес полиэтиленовых труб при значительной длине создают большие удобства при монтаже рудничных воздухопроводов. Тот факт, что пропускная способность полиэтиленовых труб значительно больше, чем стальных, дает возможность уменьшить их расчетное сечение.

На основании изложенного можно заключить, что монтаж и эксплуатация трубопроводов из полиэтиленовых труб имеют свои особенности:

- для компенсации линейных изменений трубопроводов значительной протяженности, не имеющих поворотов, следует предусматривать установку специальных устройств;
- в связи с более низкой по сравнению с металлическими жесткостью полиэтиленовых труб, трубопроводы из них требуют повышенного расхода опор на вертикальном и горизонтальном направлениях;
- полиэтилен горюч, горит с выделением окиси углерода.

Названные особенности предопределяют:

- использование разработанного быстроразъемного соединения полиэтиленовых труб с компенсатором изменения их длины под влиянием изменений температуры;
- необходимость исключать возможность контакта трубы из полиэтилена с открытым пламенем, а рабочие места, где возможно воспламенение полиэтилена от инструмента, разогретого до температуры свыше 250 °С, оборудовать средствами пожаротушения и приточной вентиляции.

Внедрение технических мероприятий по реконструкции трубопроводов и организация ее рациональной эксплуатации повысят эффективность работы пневмосети рудника.

Список литературы

1. Внедрение комплекса мероприятий, направленных на снижение непроизводительных потерь сжатого воздуха на Тишинском руднике: Инф. карта // ВНИИцветмет – Усть-Каменогорск, 1986.
2. Кумыкова Т.М. Исследование возможности снижения потерь энергии сжатого воздуха в условиях подземного рудника / Т.М. Кумыкова, Л.А. Проходова // Резервы повышения эффективности разработки рудных месторождений. – Усть-Каменогорск, 1990.
3. Кумыкова Т.М. Исследование влияния материала воздухопровода на потери энергии сжатого воздуха в пневмоэнергокомплексе подземного рудника / Т.М. Кумыкова, Г.Д. Лисовский // Молодые ученые – 10-летию Независимости Казахстана: Тр. Междунар. конф. – Алматы: КазНТУ, 2001.
4. Изыскать область эффективного применения полимерных труб в системе рудничного пневматического хозяйства: Инф. карта// ВНИИцветмет. – Усть-Каменогорск, 1988.
5. Исследование и внедрение полиэтиленовых труб на обсадке скважин и в закладочном трубопроводе: Информ. карта / ВНИИцветмет. – Усть-Каменогорск, 1990.
6. Ромейко В.С. Пластмассовые трубопроводы / В.С. Ромейко, А.Н. Шестопал, А.А. Перелон. – М.: Высшая школа, 1984.
7. Зайцев К.И. Сварка полимерных материалов / К.И. Зайцев, Л.Н. Мацюк. – М.: Машиностроение, 1988.
8. Цейтлин В.А. Пневматические установки шахт / В.А. Цейтлин, Ю.А. Мурзин. – М.: Недра, 1985.
9. Справочник по пластмассовым трубам. – Пер. с нем. / Под ред. В.С. Кима. – Л.: Химия, 1985.
10. Колчинский Ю.Л. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов из неметаллических материалов. – М.: Стройиздат, 1985.

Получено 18.05.2016

УДК 631.171

С.О. Нукешев

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

В.Р. Славов, Д.П. Карайванов

Химико-технологический и металлургический университет, г. София

Н.Н. Романюк

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Н.А. Какабаев

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАЯТНИКОВОГО РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ СОШНИКА ЗЕРНОТУКОВОЙ СЕЯЛКИ

Анализ исследований показывает, что подпочвенно-разбросной способ посева семян создает наиболее благоприятные условия для роста и развития возделываемых культур [1-5]. Сошники сеялок, предназначенных для разбросного подпочвенного посева, снабжаются различными распределителями, которые обеспечивают распределение семян и удобрений в ограниченном по высоте подлаповом пространстве. Самым распространенным, простым по конструкции является пассивный распределитель, имеющий различные формы. Однако неравномерность распределения семян и гранул удобрений по ширине захвата у этих распределителей высокая. Низкую неравномерность распределения материала имеют вибрационные распределители, но у них усложнена конструкция. В связи с этим, работа, направленная на повышение равномерности распределения семян по площади поля путем применения сошника с маятниковым распределительным устройством в подлаповом пространстве, является актуальной и имеет практическое значение.

Цель исследований – определение траектории движения маятникового распределителя в подлаповом пространстве сошника.

Техническая задача в общем заключалась в снижении неравномерности распределения и в увеличении ширины высеваемой ленты семян зерновых культур и/или минеральных удобрений. Для решения поставленной задачи на кафедре технической механики Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина разработан сошник, где внутри подлапового пространства на шарнирно подвешенной скобе установлен маятниковый распределитель в виде полусферы [6]. Ось вращения полусферы параллельна горизонтальной оси симметрии шарнира подвески скобы и совпадает с направлением движения агрегата.

Технологический процесс протекает следующим образом. При падении семени ударяются о маятниковый распределитель и рассеиваются во все стороны, равномерно распределяясь на всю ширину захвата стрелчатой лапы.

Исследование сошников зернотуковых сеялок для разбросного способа посева рассмотрено в работах [7, 8] и др. Указанные исследования выполнены с использованием основных положений, законов и методов классической механики. Для исследования маятникового распределителя, работающего за счет неконтролируемых вынужденных и собственных колебаний, на наш взгляд наиболее подходит матричный метод, преимуществами которого являются:

- возможность описания большего количества параметров;
- удобство для программирования и расчета с использованием компьютера;
- совместимость с современными программными обеспечениями САПР;
- визуализация полученных результатов.

Моделированию матричным методом различных механических систем в 3D-пространстве посвящены работы [9-13] и другие.

Для описания движения маятникового распределителя сошника зернотуковой сеялки в 3D-пространстве создадим и рассмотрим его кинематическую модель с использованием следующих обозначений (рис. 1):

- $O_0X_0Y_0Z_0$ – начальная прямоугольная система координат;
- $O_1X_1Y_1Z_1$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с рамой сеялки (тело 1);
- $O_2X_2Y_2Z_2$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с направляющим козырьком (тело 2);
- $O_3X_3Y_3Z_3$ – подвижная прямоугольная система координат, связанная с маятниковым распределителем (тело 3);
- x_1, y_1, z_1 – небольшие перемещения по осям координат рамы сеялки (тело 1);
- $\theta_{x1}, \theta_{y1}, \theta_{z1}$ – небольшие вращения вокруг оси координат рамы сеялки (тело 1);
- $\Phi_{1,2}$ – относительная степень свободы (прямо с тело 1) вращения направляющим козырьком (тело 2) вокруг оси O_2X_2 ;
- θ_{y3} – относительная степень свободы (прямо с тело 2) вращения маятникового распределителя (тело 3) вокруг оси O_3Y_3 ;
- N – произвольные точки маятникового распределителя в системе координат $O_3X_3Y_3Z_3$;

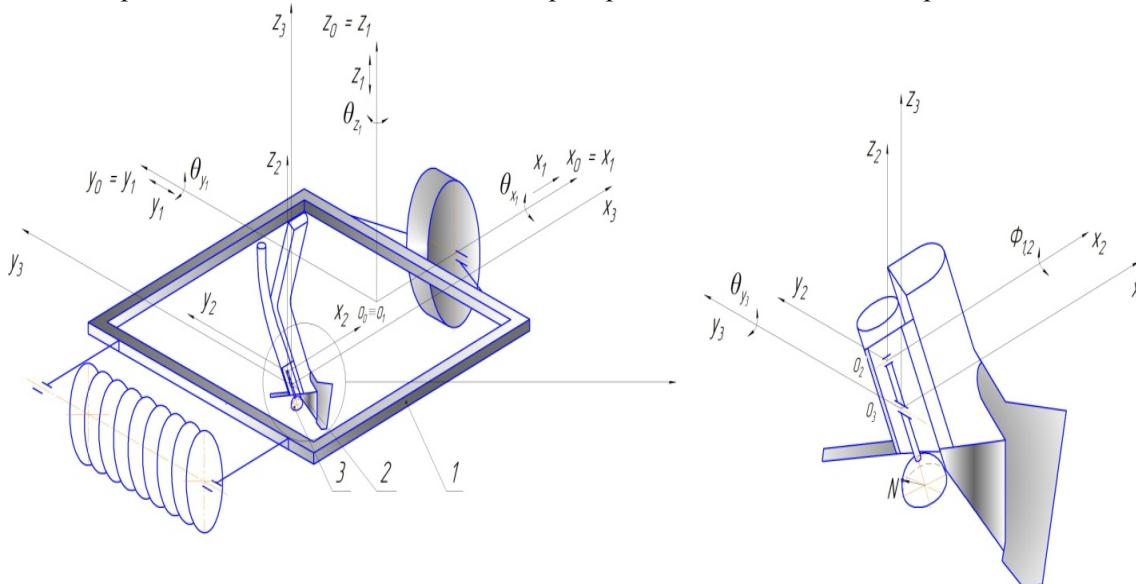


Рисунок 1 – Кинематическая модель

Вектор обобщенных координат механических систем запишем в следующем виде:

$$\mathbf{q} = [x_1 \quad y_1 \quad z_1 \quad \theta_{x1} \quad \theta_{y1} \quad \theta_{z1} \quad \Phi_{y2} \quad \Phi_{23}]_{8 \times 1}^T. \quad (1)$$

Составим матрицы перехода между системами координат для рамы сеялки, козырька со стойкой и маятникового распределителя.

Для маятникового распределителя:

- расстояние между центрами систем координат $O_2X_2Y_2Z_2$ и $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{At}_3^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{x23} \\ 0 & 1 & 0 & l_{y23} \\ 0 & 0 & 1 & l_{z23} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

- небольшое вращение маятникового полушара вокруг оси $O_3 Y_3$:

$$\mathbf{Au}_3 = \begin{bmatrix} \cos \theta_{y3} & 0 & \sin \theta_{y3} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \theta_{y3} & 0 & \cos \theta_{y3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Матрица перехода системы координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ в $O_2 X_2 Y_2 Z_2$:

$$\mathbf{A}_3^2 = \mathbf{At}_3^2 \cdot \mathbf{Au}_3. \quad (4)$$

Матрица перехода системы координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ в $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{A}_3^0 = \mathbf{A}_2^0 \cdot \mathbf{A}_3^2. \quad (5)$$

Аналогично составляются матрицы перехода между системами координат для рамы сеялки и козырька со стойкой.

Радиус-вектор точки N на поверхности маятникового распределителя в системе координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$:

$$\mathbf{r}_{N3} = [l_{xN3} \quad l_{yN3} \quad l_{zN3} \quad 1]^T. \quad (6)$$

Положение радиус-вектора в точке N на поверхности маятникового распределителя в начальной системе координат $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{R}_{N3}^0 = \mathbf{A}_3^0 \cdot \mathbf{r}_{N3}. \quad (7)$$

Дифференцируя во времени выражение (7) положения радиус-вектора точки, получим скорость произвольной точки N на поверхности маятникового распределителя в системе координат $O_0 X_0 Y_0 Z_0$:

$$\mathbf{V}_{N3}^0 = \frac{d\mathbf{R}_{N3}^0}{dt}. \quad (8)$$

Проекция вектора угловой скорости маятникового распределителя в систему координат $O_3 X_3 Y_3 Z_3$ определяется как:

$$\boldsymbol{\omega}_{33} = \mathbf{Au}_3^T \cdot \boldsymbol{\omega}_{22} + \boldsymbol{\omega}_{3y3}, \quad (9)$$

где

$$\boldsymbol{\omega}_{3y3} = \begin{bmatrix} 0 \\ \omega_{y3} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Аналогично определяются проекции вектора угловой скорости в систему координат для рамы и козырька со стойкой.

Для проверки адекватности полученных аналитических выражений рассмотрим механическую систему сошника зернотуковой сеялки с маятниковым распределителем и прием реальными конструктивными параметрами.

Входные данные:

-скорость поступательного движения – $v_n=1,94$ м/с;

-координаты точки N_1 , N_2 и N_3 в системе координат $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{R}_{N1} = [l_{Nx1} \quad l_{Ny1} \quad l_{Nz1}]^T = [-0,040 \quad 0 \quad -0,030]^T,$$

$$\mathbf{R}_{N2} = [l_{Nx2} \quad l_{Ny2} \quad l_{Nz2}]^T = [0,040 \quad 0 \quad -0,030]^T,$$

$$\mathbf{R}_{N3} = [l_{Nx3} \quad l_{Ny3} \quad l_{Nz3}]^T = [0 \quad 0,040 \quad -0,030]^T;$$

-расстояние между системами координат $O_1X_1Y_1Z_1$ и $O_2X_2Y_2Z_2$:

$$\mathbf{At}_2^1 = [l_{x12} \quad l_{y12} \quad l_{z12}]^T = [-0,5 \quad 0 \quad -0,2]^T;$$

-расстояние между системами координат $O_2X_2Y_2Z_2$ и $O_3X_3Y_3Z_3$:

$$\mathbf{At}_3^2 = [l_{x23} \quad l_{y23} \quad l_{z23}]^T = [0 \quad 0 \quad -0,03]^T.$$

С использованием компьютера находим зависимости линейной скорости точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя и проекции угловой скорости маятникового распределителя в системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$ от времени. Меняя высоту маятникового распределителя получаем разные траектории его движения. Анализ показывает, что при увеличении высоты маятникового распределителя частота колебаний увеличивается (рис. 2-4).

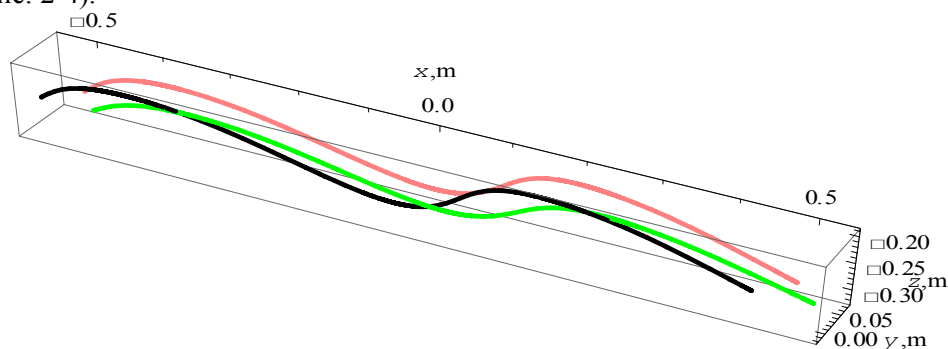


Рисунок 2 –Траектория точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя в 3D – пространстве

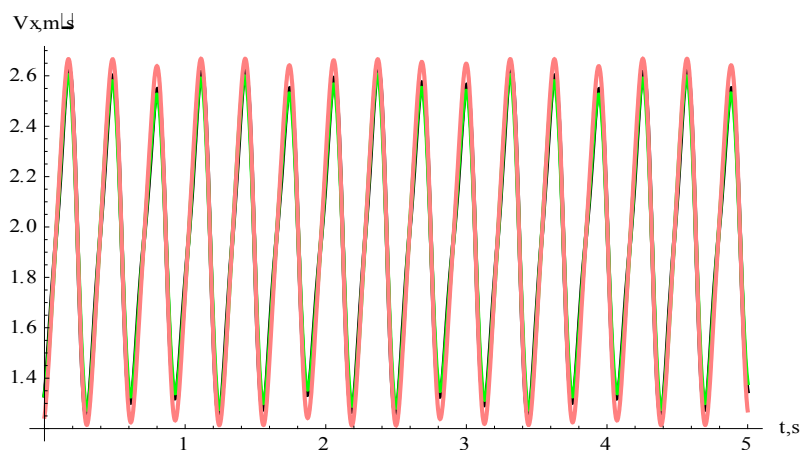


Рисунок 3 – Зависимости линейной скорости точек N_1 , N_2 и N_3 на поверхности маятникового распределителя по оси OX от времени t

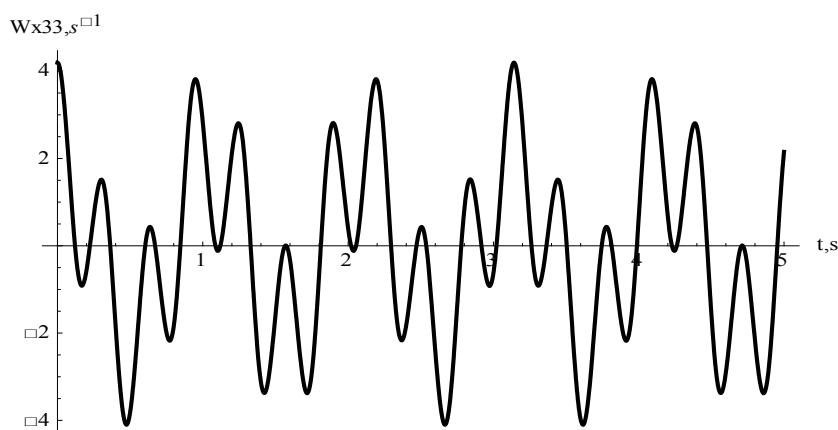


Рисунок 4 – Зависимости угловой скорости маятникового распределителя по оси OX от времени t

На основании вышеизложенного можно сделать следующее. По результатам проведенных теоретических исследований получены траектории движения для произвольных точек N_1 , N_2 и N_3 механической системы маятникового распределителя в 3D-пространстве. Составлен алгоритм расчета и получены зависимости линейной и угловой скоростей тел от времени. Зависимости показывают, что при увеличении высоты маятникового распределителя частота его колебаний увеличивается. Эти результаты будут использоваться при дальнейшем исследовании динамики механической системы исследуемого сошника зернотуковой сеялки.

Список литературы:

1. Heege, H.J. Zur Frage der Sätechnik für Getreide. Landtechnik. 1981, v 36, № 2. – p. 66-69.
2. Беспямятнова Н.М. Исследование параметров и режимов разбросного способа посева / Н.М. Беспямятнова, П.В. Лаврухин // Техника в сельском хозяйстве – 1991. – № 3. – С. 38 –40.
3. Артамонов В. А. Обоснование параметров распределительного устройства сеялок для безрядкового посева семян зерновых культур: Автореф. канд. дис. – Москва, 2007. – 23 с.
4. Karayel, D., Ozmerzi, A., 2007. Comparison of vertical and lateral seed distribution of furrow openers using a new criterion. Soil and Tillage Research 95, 69-75.
5. Heege H. and Feldhaus B. "Site Specific Control of Seed-Numbers per Unit Area for Grain Drills". Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development. Manuscript PM 01 012. Vol. IV. December, 2002.
6. Инновационный пат. 29217 РК. Посевной агрегат / КАТУ им. С. Сейфуллина; Опубл. 15.12.2014, бюл. №12. – 4 с.: ил.
7. Повышение эффективности функционирования посевных машин путем оптимизации конструктивных параметров рабочих органов / А.П. Шевченко, В.А. Домрачев. Омск, 2005.-119с.
8. Красильников Е.В. Обоснование параметров пневмомеханической высевашей системы, обеспечивающей равномерное распределение семян зерновых культур: дис. ... кан. тех. наук. Омск, 2009. – 156с.
9. Denavit J., Hartenberg R.S. (1955) Kinematic Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices. ASME J Appl Mech
10. Uicker J.J. (1963) Velocity and acceleration analysis of spatial mechanisms using 4x4-matrices. Inst Evanson, IL
11. Angelov I. (2011) Matrices mechanics. Kinematics. Avangard Prima. Sofia (in Bulgarian).

12. Angelov I., Slavov V. (2006) Matrices mechanics. Kinematics. Problem Book. Avangard Prima, Sofia (in Bulgarian)
13. Amiroche FML. (1993) Computer-aided design and manufacturing. Prentice Hall. Englewood Cliffs.

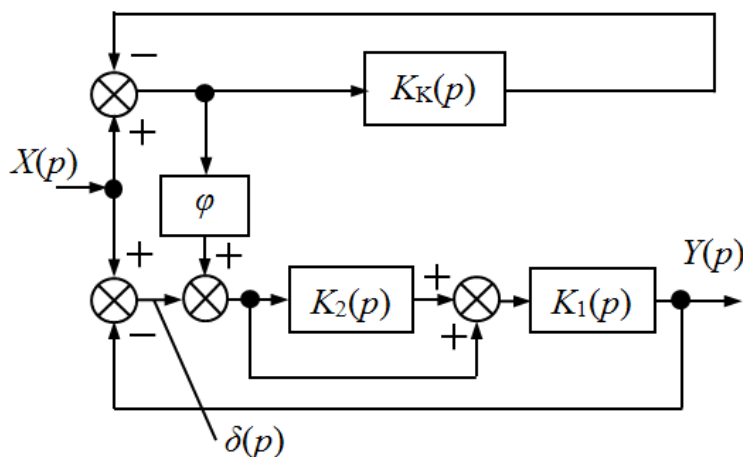
УДК 681.2 (075.8): 681.5(075.8): 006.91(075.8)

А.П. Парамзин

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛОГО ПАРАМЕТРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБЪЕДИНЁННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рассматриваемая в статье объединённая линейная автоматическая система имеет структуру (рис. 1) и содержит [1, 2]: основную (силовую) систему – блоки с передаточными функциями $K_1(p)$ и $K_2(p)$; корректирующую систему – $K_K(p)$; звено связи – φ . Обе системы имеют внешние отрицательные обратные связи. Основная система спроектирована оптимально с помощью активного корректора с передаточной функцией $\{1 + K_2(p)\}$ [3].



$$K_1(p) = \frac{K_{10}}{\sum_{i=1}^n (1 + \tau_i p)}$$

$$K_2(p) = \frac{K_{20}}{\sum_{j=1}^m (1 + \tau_j p)}$$

$$K_K(p) = \frac{K_{K0}}{\sum_{l=1}^q (1 + \tau_l p)}$$

K_{10}, K_{20}, K_{K0} – статические коэффициенты передачи; $\tau(i, j, l)$ – постоянные времени

Рисунок 1 – Структурная схема объединённой автоматической системы

В соответствии с алгоритмом оптимального синтеза основной системы [3, 4] передаточные функции её блоков формируются в виде (1) при условии, что постоянная времени τ_0 определяет верхнюю границу диапазона рабочих частот, то есть $f_0 = \omega_0/(2\pi) = 1/(2\pi\tau_0)$:

$$K_1(p) = \frac{K_{10}}{(\tau_0 p + 1)^2}; \quad K_2(p) = \frac{K_{20}}{(\tau_0 p + 1)^2}. \quad (1)$$

Это позволяет максимально реализовать потенциальные возможности системы и обеспечивает требуемые запасы устойчивости и показатели качества на средних и высоких частотах, но статическая ошибка δ_0 имеет конечное значение и определяется выражением:

$$\delta_0 = \frac{1}{1 + K_{10}(K_{20} + 1)} \cdot x_0. \quad (2)$$

Структура рис. 1 с корректирующей системой сформирована с целью компенсации статической ошибки основной системы за счёт придания ей свойства астатизма первого порядка. В результате статическая ошибка объединённой системы будет иметь вид:

$$\delta_0 = \frac{1 - \varphi \cdot \frac{K_{10}(K_{20} + 1)}{K_{K0} + 1}}{1 + K_{10}(K_{20} + 1)} \cdot x_0, \quad (3)$$

откуда следует условие её компенсации:

$$\varphi = \frac{K_{K0} + 1}{K_{10}(K_{20} + 1)}. \quad (4)$$

Данное условие представляет интерес с математической точки зрения, тогда как в физических системах его поддержание весьма проблематично по причине неустойчивости входящих в (4) параметров.

Целью настоящей статьи является оценка влияния неустойчивости статических коэффициентов передачи блоков основной и корректирующей систем на условия устойчивости и качество объединённой системы.

Неустойчивость статических коэффициентов передачи блоков системы зададим в виде вариационного параметра $\pm \Delta K$, выступающего в роли малого параметра. Рис. 2 демонстрирует характер изменения статической ошибки основной системы при $x_0 = 1$, $K_{10} = 100 \pm 100 \cdot \Delta K$, $K_{20} = 10 \pm 10 \cdot \Delta K$ (значения выбраны произвольно и не противоречат алгоритму оптимального синтеза), в свою очередь:

- штрих-пунктирная линия: $K_{10} = 100 \pm 100 \cdot \Delta K$, $K_{20} = 10 = \text{const}$;
- пунктирная линия: $K_{10} = 100 = \text{const}$, $K_{20} = 10 \pm 10 \cdot \Delta K$;
- сплошная линия: $K_{10} = 100 \pm 100 \cdot \Delta K$, $K_{20} = 10 \pm 10 \cdot \Delta K$.

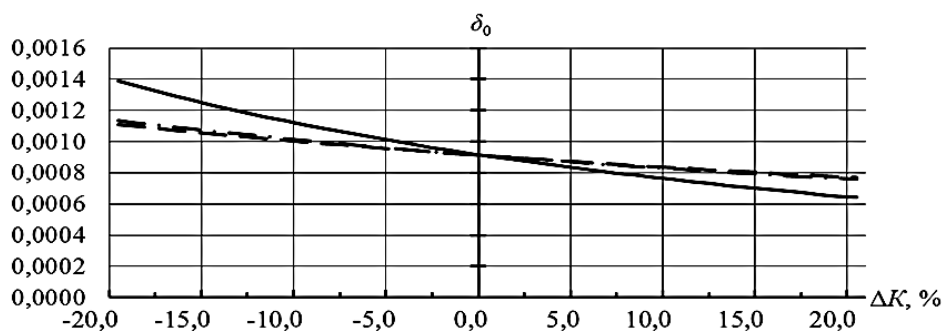


Рисунок 2 - Статические ошибки основной системы при вариации параметров ΔK_{01} и ΔK_{02}

Из рис. 2 видно, что увеличение статических коэффициентов передачи блоков в случае $\Delta K > 0$ уменьшает ошибку, и это очевидно, так как увеличивается глубина обратной связи, но одновременно уменьшается запас устойчивости по модулю. Поэтому в данном случае следует принимать во внимание требование алгоритма оптимального синтеза основной системы, в соответствии с которым необходимо соблюдать следующее соотно-

шение статических коэффициентов передачи блоков: $K_{01} / K_{02} \geq 10$. Для рассмотренного примера уменьшение запаса устойчивости по модулю не критично, так как алгоритмом оптимального синтеза предусматривается 30%-й запас устойчивости по модулю.

На рис. 3 приведены аналогичные зависимости для объединённой системы, которые получены в предположении, что корректирующая система максимально защищена от воздействия внешних факторов, влияющих на стабильность её параметров. В свою очередь, значение $K_{K0} = K_{20}$.

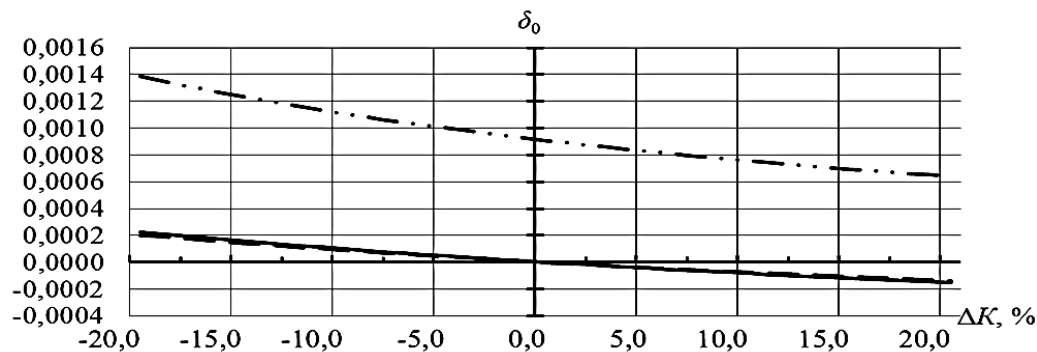


Рисунок 3 – Статические ошибки объединённой системы при вариации параметров ΔK_{01} и ΔK_{02}

Сравним полученные результаты с учётом $\pm 10\%$ -й нестабильности статического коэффициента передачи блока $K_1(p)$. Поскольку блок $K_2(p)$ является входным, то при проектировании основной системы можно минимизировать нестабильность K_{02} , чего невозможно осуществить применительно к K_{01} (см. табл.).

Параметры	$ \delta_0 , \%$	
	Основная система	Объединённая система
$\Delta K = 0$ $K_{01} = 100, K_{02} = 10$	+ 0,09	—
$\Delta K = \pm 10 \%$ $K_{01} = 100 \pm 10, K_{02} = 10$	0,08 ($K_{01} = 110$) 0,1 ($K_{01} = 90$)	— —
$\Delta K = 0$ $K_{01} = 100, K_{02} = 10, K_{K0} = 10$	—	0
$\Delta K = \pm 10 \%$ $K_{01} = 100 \pm 10, K_{02} = 10, K_{K0} = 10$	— —	0,008 ($K_{01} = 110$) 0,01 ($K_{01} = 90$)

Для оценки изменения других показателей качества объединённой системы по отношению к показателям качества основной системы воспользуемся частотными характеристиками. Передаточная функция замкнутой объединённой системы имеет вид:

$$W_{30}(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + 1 + \varphi]}{[1 + K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1]] \cdot [K_K(p) + 1]}, \quad (5)$$

от которой перейдём к передаточной функции $W_{po}(p)$ разомкнутой системы при условии, что $W_{po}(p) = W_{30}(p)[1 - W_{30}(p)]$:

$$W_{po}(p) = \frac{K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + 1 + \varphi]}{[1 + K_1(p) + K_1(p)K_2(p)] \cdot [K_K(p) + 1] - K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + 1 + \varphi]} \quad (6)$$

и после преобразований получим:

$$W_{\text{PO}}(p) = \frac{K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1] \cdot [K_K(p) + 1 + \varphi]}{[K_K(p) + 1] - \varphi \cdot K_1(p) \cdot [K_2(p) + 1]}. \quad (7)$$

Выполним переход в частотную область:

$$W_{\text{PO}}(j\omega) = \frac{A(\omega) + jB(\omega)}{C(\omega) + jD(\omega)}, \quad (8)$$

где $A(\omega) = K_{10} \cdot [(1 + K_{20} - \tau_0^2 \omega^2) \cdot (1 + \varphi + K_{K0}) - 2(1 + \varphi) \tau_0 \tau_K \omega^2]$;

$B(\omega) = K_{10} \cdot [2(1 + \varphi + K_{K0}) \tau_0 \omega + (1 + \varphi) \cdot (1 + K_{20} - \tau_0^2 \omega^2) \tau_K \omega]$;

$C(\omega) = [(1 + K_{K0}) - \varphi K_{10} (1 + K_{20})] - [6(1 + K_{K0}) \tau_0^2 + 4 \tau_0 \tau_K - \varphi K_{10} (\tau_0^2 + 2 \tau_0 \tau_K)] \omega^2 +$
 $+ [(1 + K_{10}) \tau_0^4 + 4 \tau_0^3 \tau_K] \omega^4$;

$D(\omega) = [4(1 + K_{K0}) \tau_0 + \tau_K - \varphi K_{10} (2 \tau_0 + \tau_K + K_{20} \tau_K)] \omega -$
 $- [4(1 + K_{10}) \tau_0^3 + 6 \tau_0^2 \tau_K - \varphi K_{10} \tau_0^2 \tau_K] \omega^3 + \tau_0^4 \tau_K \omega^5$.

На рис. 4 приведены логарифмические амплитудные частотные характеристики объединённой системы (сплошная линия) и основной системы (пунктирная линия) при отсутствии вариации параметров. Значения большинства параметров взяты произвольно и не противоречат условиям алгоритма оптимального синтеза основной системы. Однако следует подчеркнуть, что для выбора значения постоянной времени корректирующей системы какие-либо критерии отсутствуют, поэтому требуется провести дополнительный анализ её влияния на качество объединённой системы.

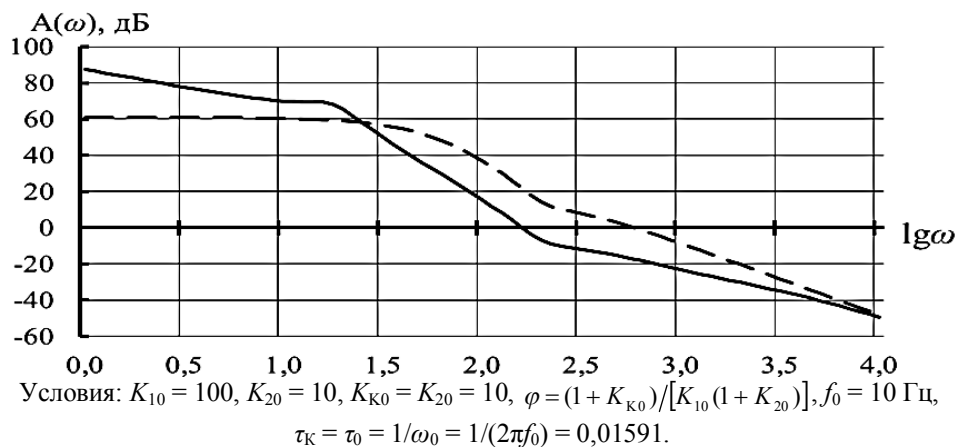


Рисунок 4 – Логарифмические амплитудные частотные характеристики объединённой и основной систем

Частотная характеристика объединённой системы в области низких частот имеет наклон 20 дБ/декаду, что подтверждает наличие астатизма первого порядка. Качество переходного процесса определяется видом частотной характеристики в окрестности частоты среза, где характеристика пересекает ось $\lg \omega$. Видно, что формы частотных характеристик систем в этой области несколько различаются, и из этого можно сделать вывод о

различиях качества переходных процессов, что является предметом исследования следующей статьи.

Для случая, когда $\Delta K = \pm 10\%$ ($K_{10} = 100 \pm 10$), логарифмические амплитудные частотные характеристики объединённой системы приведены на рис. 5 слева – пунктирная и точечная линии. Там же для сравнения показана характеристика объединённой системы для $\Delta K = 0$ (сплошная линия – копия из рис. 4). Пунктирная и точечная характеристики, соответствующие условию $\Delta K = \pm 10\%$, практически совпадают друг с другом, а в областях средних и высоких частот различия всех трёх характеристик пренебрежимо малы. Более детально представим эту область в диапазоне $1,5 \leq \lg \omega \leq 3,0$ на рис. 5 справа.

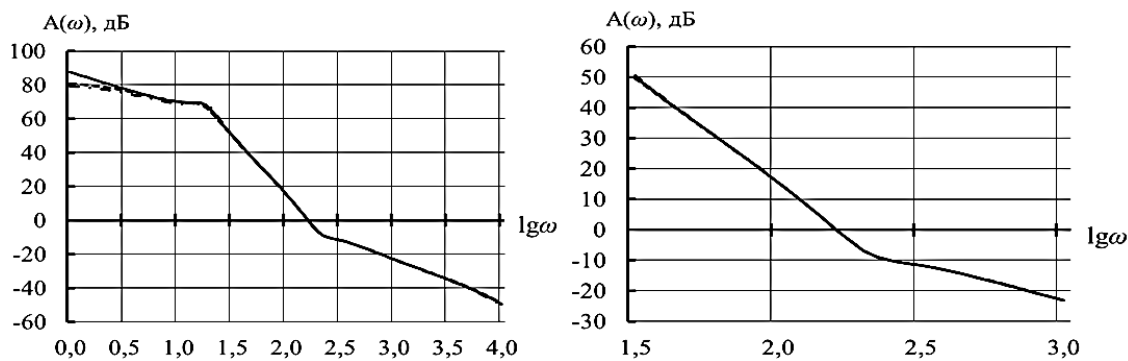


Рисунок 5 – Логарифмические амплитудные частотные характеристики объединённой системы при вариациях параметра K_{10}

Из рис. 5 видно, что в области частоты среза ($\lg \omega_{\text{ср}} \approx 2,2$) наклон частотных характеристик резко меняется, а поскольку эта область определяет условия устойчивости системы, то для детального анализа следует привлечь фазовые частотные характеристики (рис. 6).

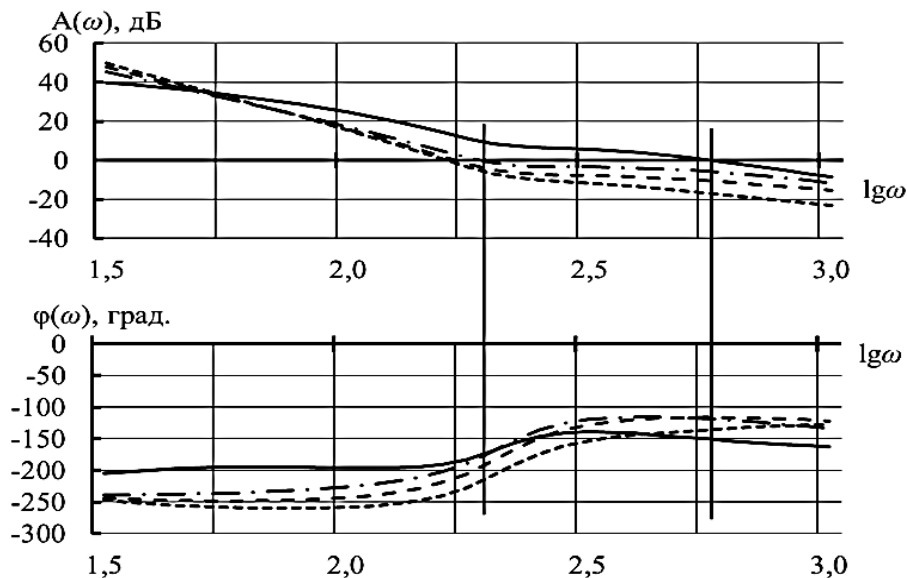


Рисунок 6 – Логарифмические амплитудные и фазовые частотные характеристики объединённой системы в области средних и высоких частот

На рис. 6 представлены четыре пары частотных характеристик в частотном диапазоне $1,5 \leq \lg \omega \leq 3,0$ для следующих значений постоянной времени τ_K : $\tau_K = \tau_0 = 0,01591$; $\tau_K = 0,05$; $\tau_K = 0,1$; $\tau_K = 0,5$ и значений других параметров: $K_{10} = 100$; $K_{20} = 10$; $K_{K0} = K_{20} = 10$; $\varphi = 0,01$; $f_0 = 10$ Гц; $\tau_0 = 0,01591$. Точечные линии - для $\tau_K = 0,01591$; пунктирные линии - для $\tau_K = 0,05$; штрих-пунктирные линии - для $\tau_K = 0,1$; сплошные линии - для $\tau_K = 0,5$.

Из анализа характеристик рис. 6 следует, что устойчивой будет система с $\tau_K = 0,5$, при этом измеренные в точках, отмеченных вертикальными линиями, запасы устойчивости равны: по модулю ≈ 11 дБ, по фазе ≈ 30 градусов.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- 1) применение корректирующей системы в составе объединённой позволяет уменьшить статическую ошибку основной системы при условии, что вариабелен только статический коэффициент передачи K_{10} ;
- 2) имеет место высокая чувствительность качества (в первую очередь устойчивости) объединённой системы к вариациям постоянной времени корректирующей системы;
- 3) проектирование систем со структурой (рис. 1) целесообразно и эффективно в случаях, когда условия их эксплуатации не оказывают существенного влияния на параметры корректирующей системы.

Список литературы

1. Парамзин А.П. Компенсация ошибок по скорости и ускорению в астатических системах // Вестник ВКГТУ. - 2015. - № 1. - Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2015. - С. 54-57.
2. Парамзин А.П. Compensation errors high order in automatic systems with active correction // Материалы IX Междунар. конф. «Эффективное использование ресурсов и охрана окружающей среды - ключевые вопросы развития горно-металлургического комплекса» и XII Междунар. науч. конф. «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов», 20-23 мая 2015 г. - Усть-Каменогорск, 2015. - Ч. 2. - С. 415 - 421.
3. Парамзин А.П. Оптимизация частотных характеристик в замкнутых системах аддитивной коррекции по входу / А.П. Парамзин, В.М. Сергеев // Сб. науч. тр. «Проблемы научно-технического прогресса и экологии в строительстве и других отраслях экономики Казахстана». - Усть-Каменогорск: ВКТУ, 1998. - С.142-154.
4. Парамзин А.П. Общая теория систем аддитивной коррекции по входу / А.П. Парамзин, В.М. Сергеев, В.И. Чуфистов // Материалы Респ. конф. «Структурные методы повышения точности, чувствительности и быстродействия измерительных приборов и систем». - Киев, 1980.

Получено 12.08.2016

УДК 669.534.537.539

С.В. Плотников, Д.К. Ескермесов, Н.К. Ердыбаева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

А.Д. Погребняк

Сумский государственный университет, г. Сумы

СТРУКТУРА, МОРФОЛОГИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ПОКРЫТИЯ (Ti-Zr-Nb)N, ПОЛУЧЕННОГО ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

В процессе эксплуатации поверхностный слой деталей машин и механизмов подвергается сильному механическому, тепловому и химическому воздействию. Потеря работоспособности в большинстве случаев происходит с поверхности в результате изнашивания

ния, эрозии, коррозии и т. п. Значительный ресурс повышения работоспособности заключен в материале, из которого изготавливаются детали. По этой причине триботехническому материаловедению в современном машиностроении уделяется все более пристальное внимание. Применение для этих целей объемно-легированных материалов часто экономически невыгодно, а в ряде случаев технологически невозможно. Однако необходимых результатов можно достигнуть путем нанесения на рабочие поверхности многофункциональных покрытий, которые объединяют в себе одновременно высокую твердость, износостойкость и теплостойкость. Одними из наиболее изученных и широко используемых являются покрытия из нитридов, карбидов и карбонитридов титана толщиной 5-10 мкм [1-4]. Однако возможности повышения твердости и пластичности поверхностного слоя при нанесении простых нитридов практически исчерпаны, поскольку уже при температурах в 400-500 °С карбиды и нитриды титана термически нестабильны. Для обеспечения комплекса высоких эксплуатационных свойств весьма перспективным является применение многоэлементных покрытий, полученных при помощи трех- (Ti-Nb-N, Ti-Cr-N, Zr-Ti-N [5 – 8]), четырех- (Zr-Ti-Si-N) [9, 10] или пятикомпонентных систем (Zr-Nb-Ti-Cr-N) [11, 12]. Структура и свойства, а также возможности термической стабилизации фазового состава таких легированных конденсатов пока изучены мало. Стабильность структуры и состава, а также высокие эксплуатационные характеристики многоэлементных нитридных систем обеспечивают совершенствование физико-механических характеристик поверхности и применение их в качестве защитных пленок, препятствующих попаданию вредных примесей в приповерхностные слои изделий [13, 14]. В настоящее время наибольшее распространение получили ионно-плазменные методы осаждения покрытий, в частности вакуумно-дуговое и магнетронное распыление [15, 16]. Комплекс физических и механических свойств чистых металлов, таких, как цирконий, ниобий, титан, молибден, хром, позволяет предположить целесообразность исследования вакуумно-плазменных конденсатов на основе системы Ti-Zr-Nb. Это, в свою очередь, позволяет создать защитный слой (или покрытие) на основе четырех элементов (трех переходных металлов и азота как связующего элемента).

В работе изучены особенности формирования ионно-плазменных покрытий путем распыления многоэлементной системы на основе Ti+Zr+Nb и осуществлен анализ физико-механических свойств полученных покрытий. Покрытия формировались методом вакуумно-дугового осаждения. В качестве испаряемых материалов использовались цельнолитые мишени (катоды) на основе системы: 30 ат. % Ti, 35 ат. % Zr и 35 ат. % Nb. Толщина всех покрытий в экспериментах составляла 5,0 мкм. Распыление покрытий производилось при давлении рабочего газа (молекулярного азота) $3 \cdot 10^{-4}$, $7 \cdot 10^{-4}$ и $4 \cdot 10^{-3}$ Торр (покрытия серии а, б и в соответственно). В качестве подложек для напыления покрытий были выбраны образцы размером 15x15x2,5 мм из стали 12X18H9T с шероховатостью исходной поверхности $R_a \approx 0,09$ мкм. Параметры осаждения, а также шероховатость поверхности после распыления покрытия приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технологические параметры распыления и шероховатость поверхности покрытий (Ti-Zr-Nb)N

Серия	Ток дуги I_d , А	Напряжение смещения $U_{см}$, В	Давление азота P_N , Торр	Шероховатость R_a , мкм
а	95	100	$3 \cdot 10^{-4}$	1,17
б	95	100	$7 \cdot 10^{-4}$	0,54
в	95	100	$4 \cdot 10^{-3}$	0,42

Морфология поверхности, фрактограммы излома и дорожки трения исследовались на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV. Элементный состав покрытий анализировался по спектрам характеристического рентгеновского излучения с помощью встроенного в микроскоп энергодисперсионного спектрометра рентгеновского излучения системы INCA Energy Penta FET X3(OXFORD). Рентгеноструктурные исследования образцов с покрытиями проводились на дифрактометре ДРОН-4 в CuK_α -излучении в поточечном режиме с шагом сканирования $2\theta=0,05$ град.

Микротвердость покрытий измерялась на автоматизированном твердомере модели Durascan-20 (Швейцария) при нагрузке на индентор 0,05 Н. Адгезионно-когезионная прочность, стойкость к царапанию и механизм разрушения покрытий исследовались на воздухе с помощью скретч-тестера Revetest (Instruments).

Трибологические испытания проводились на воздухе по схеме «шарик-диск» на машине трения «Tribometer» (CSM Instruments). В качестве контртела использовался шарик диаметром 6,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала - Al_2O_3 . Нагрузка составляла 3,0 Н, скорость скольжения - 10 см/с. Условия проведения испытаний соответствовали международным стандартам ASTM G99-959, DIN50324 и ISO 20808.

Шероховатость, а также объем удаленного материала покрытия определяли по сечению дорожки износа на поверхности образца с помощью автоматизированного прецизионного контактного профилометра модели Surtronic 25. Строение бороздки износа покрытия и пятна износа на шариках исследовались на оптическом инвертированном микроскопе Olympus GX 51 и растровом ионно-электронном микроскопе Quanta 200 3D. В результате проведенных испытаний оценивали фактор износа [17] образца с покрытием и статистического партнера (шарика) по методике [18]:

$$W = \frac{V}{Pl},$$

где W - фактор износа, $\text{мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$; V - объем удаленного материала, мм^3 ; P - нагрузка, Н; l - путь трения, м.

Диаметр износа шарика определялся с помощью оптического инвертированного микроскопа Olympus GX 71, объем удаленного материала на шарике рассчитывался как

$$V = \pi h^2 \left(r - \frac{1}{3}h \right),$$

где $h = r - \sqrt{r^2 - (d/2)^2}$ - высота сегмента; d - диаметр износа; r - радиус шарика.

Объем удаленного материала покрытия равен $V_{\Pi} = sl_{\Pi}$, где l_{Π} - длина окружности, s - площадь поперечного сечения дорожки износа.

Изображение поверхности покрытий, а также фрактограммы излома приведены на рис. 1, 2, данные по изменению шероховатости (среднеарифметическое отклонение профиля R_a) покрытий - в табл. 1.

Изучение морфологии поверхности показывает, что увеличение давления реакционного газа (азота) в рабочей камере приводит к уменьшению количества и размера макрочастиц, что особенно существенно при наличии в вакуумной камере активных газов, образующих с испаряемым материалом тугоплавкие соединения [19]. При этом также наблюдается снижение шероховатости покрытия.

Данные об элементном составе покрытий представлены в табл. 2. Как видно, содержание азота и ниобия в образцах серии б и в практически одинаково, однако в образцах, полученных при более высоком давлении азота (серия в), содержание циркония выше, а титана - ниже, чем в образцах серии б. Повышение содержания титана в покрытиях серии б связано, по-видимому, с более эффективным взаимодействием атомов титана с азотом в приповерх-

ностной области. В основе такого предположения лежат обобщенные в работе [19] данные об образовании нитридных комплексов в поверхностной области при осаждении переходных металлов в азотной атмосфере. Среди таких комплексов наиболее устойчивым является Ti-N. Образование устойчивых нитридных комплексов значительно уменьшает эффективность их распыления с растущей поверхности (вторичного распыления), что в итоге приводит к ее обогащению сильным нитридообразующим элементом (в данном случае Ti).

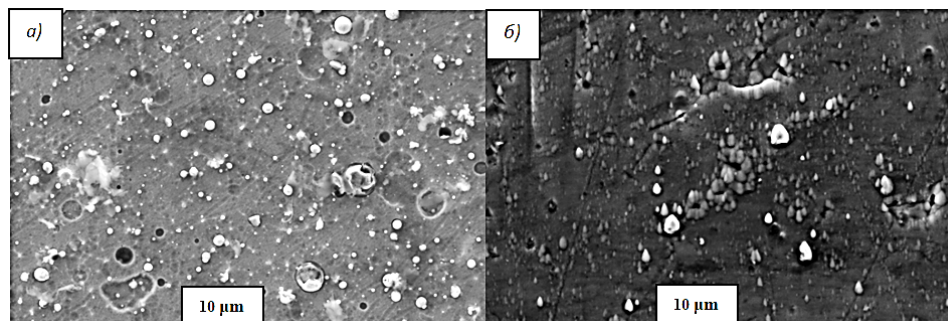


Рисунок 1 - Поверхность покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных при парциальном давлении азота:
а) давление азота при осаждении $P=3 \cdot 10^{-4}$ Торр, шероховатость поверхности $R_a=1,17$ мкм;
б) $P=4 \cdot 10^{-3}$ Торр, $R_a=0,42$ мкм

Таблица 2

Элементный состав покрытий (Ti-Zr-Nb)N, ат. %

Серия	N	Ti	Zr	Nb
<i>a</i>	38,72	20,91	20,38	19,99
<i>б</i>	40,00	22,57	18,04	19,39
<i>в</i>	40,86	20,52	19,36	19,26

На рис. 2 представлены РЭМ-изображения поперечного сечения полученных покрытий при разных давлениях азота. Толщина покрытий на всех образцах (сериях) составила 5,0 мкм.

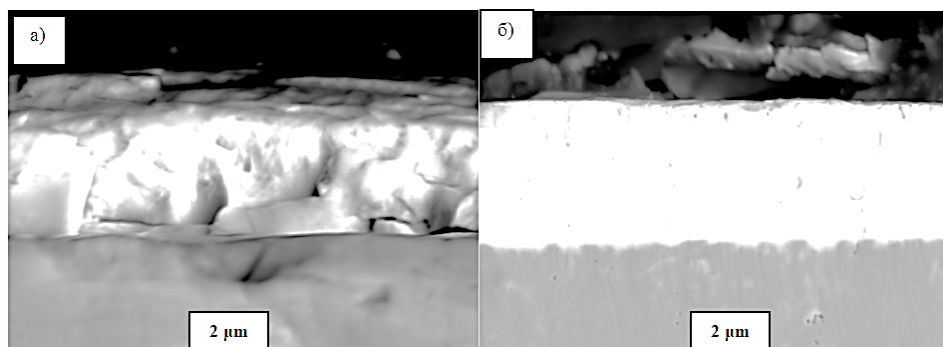


Рисунок 2 - РЭМ-изображение поперечного сечения покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных при парциальном давлении азота: а) $P=3 \cdot 10^{-4}$ Торр; б) $P=4 \cdot 10^{-3}$ Торр

Анализ фрактограмм излома покрытий, полученных при разном парциальном давлении азота, свидетельствует о формировании столбчатой структуры, характерной для покрытий, полученных методом вакуумно-дугового распыления (рис. 3).

Из представленных на рис. 4 дифрактограмм следует, что покрытие имеет ГЦК структуру, однако слабый пик в области $2\theta=38^\circ$ свидетельствует о наличии мелких включений с ОЦК решеткой, характерной для капельной фазы, образующейся при вакуумно-дуговом распылении покрытий [20]. С ростом давления реакционного газа интенсивность этого пика снижается, вероятно, из-за значительного уменьшения содержания капельной фазы в покрытии, что коррелирует с результатами исследований шероховатости поверхности покрытий, полученных при разных давлениях (рис. 1). Детальный анализ элементного состава капельной фазы вакуумно-дуговых нитридных покрытий [15] показал, что состав капельной фазы при вакуумно-дуговом методе испарения соответствует расплаву испаряемой металлической мишени. С другой стороны, в [3] показано, что многоэлементные металлические расплавы из подобных 3d-элементов при кристаллизации образуют обобщенную ОЦК решетку замещения. Поэтому выявляемые пики, соответствующие ОЦК решетке, естественно связать с образующейся при осаждении капельной фазой, которая кристаллизуется с образованием ОЦК решетки замещения из металлических атомов (Ti, Zr, Nb).

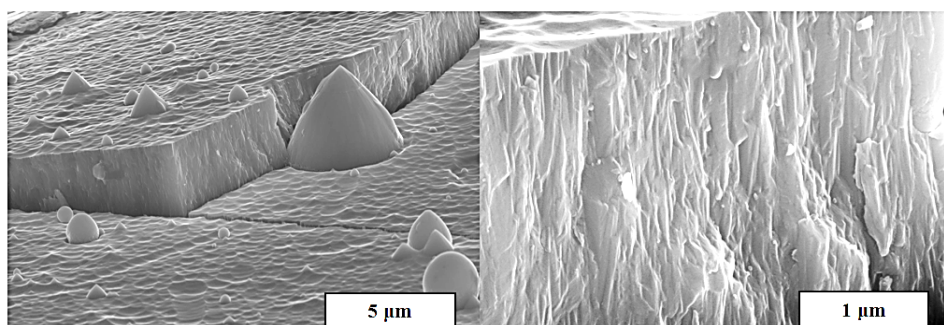


Рисунок 3 – РЭМ-изображение фрактограммы излома (Ti-Zr-Nb)N покрытия, осажденного при давлении азота $P=4 \cdot 10^{-3}$ Торр, при разном увеличении

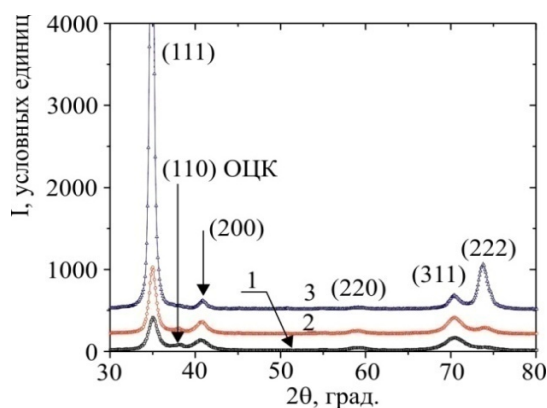


Рисунок 4 - Дифрактограммы покрытий, полученных при разных парциальных давлениях азота: 1) $P = 3 \cdot 10^{-4}$ Торр (серия а); 2) $P = 7 \cdot 10^{-4}$ Торр (серия б); 3) $P = 4 \cdot 10^{-3}$ Торр (серия в).

Индексы плоскостей без обозначения относятся к ГЦК фазе (Ti-Zr-Nb)N, а индексы ОЦК – к фазе (Ti-Zr-Nb)

При увеличении давления реакционного газа также наблюдается заметное усиление относительной интенсивности дифракционных пиков от семейства плоскостей (111) кубической ГЦК решетки нитридной фазы (Ti-Zr-Nb)N покрытия, что свидетельствует о

повышении совершенства преимущественной ориентации роста кристаллитов с осью (111), перпендикулярной плоскости поверхности.

Определенные методом аппроксимации размеры кристаллитов с увеличением давления азота возрастают от 10 нм (при наименьшем давлении $3 \cdot 10^{-4}$ Торр) до 63 нм - при наибольшем давлении $4 \cdot 10^{-3}$ Торр.

Результаты исследования адгезионно-когезионной прочности и стойкости покрытий к царапанию приведены на рис. 5, 6.

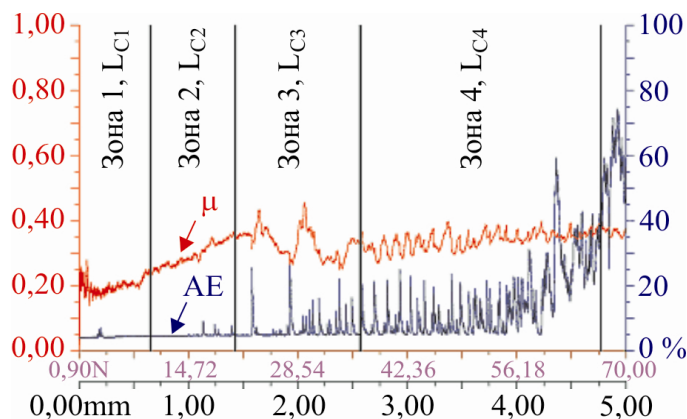


Рисунок 5 - Зависимость коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии от приложенной нагрузки при скрэтч-тестировании покрытия (Ti-Zr-Nb)N, полученного при давлении азота $P = 4 \cdot 10^{-3}$ Торр

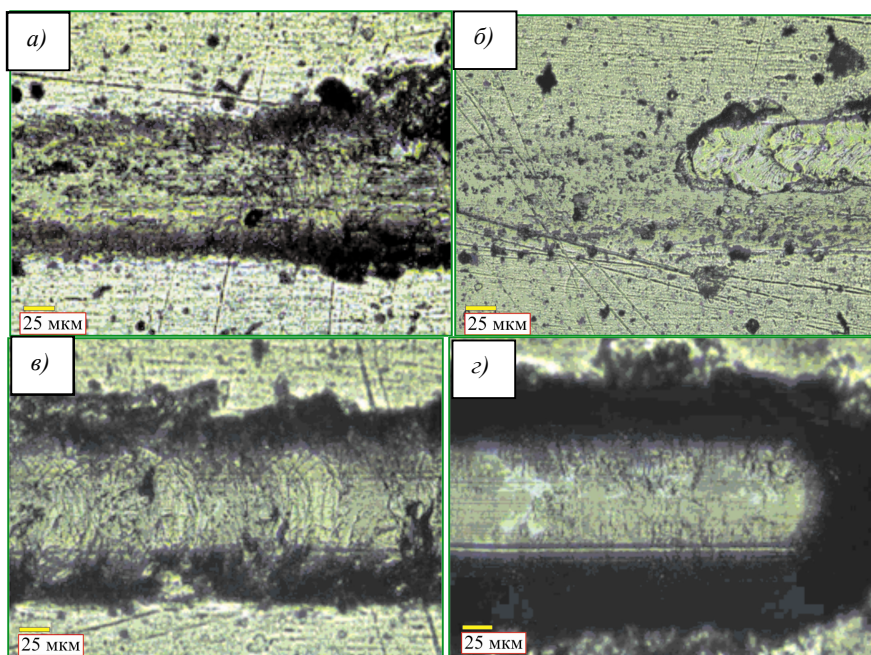


Рисунок 6 – Микрофотографии зоны контакта алмазного индентора с покрытием (Zr-Ti-Nb)N (образец серии в): а) зона 1; б) зона 2; в) - зона 3; г) зона 4

По изменению значений коэффициента трения и сигнала акустической эмиссии при увеличении нагрузки скрайбирования (рис. 5) определялись характерные значения крити-

ческой нагрузки L_C : L_{C1} - появление первой шевронной трещины на дне и диагональной трещины по краям царапины; L_{C2} - образование множества шевронных трещин на дне царапины и локальное отслаивание покрытия, образование шевронных трещин на дне царапины; L_{C3} - когезионно-адгезионное разрушение покрытия; L_{C4} - пластичное истирание покрытия. За критерий адгезионной прочности было принято значение критической нагрузки L_{C4} , при которой происходит истирание покрытия.

В соответствии с этими критериями процесс разрушения покрытия при царапании индентором можно условно разделить на четыре стадии. В диапазоне нагрузок от $F=0,9$ до $9,89$ Н происходит монотонное проникновение индентора в покрытие, при этом коэффициент трения незначительно возрастает, а сигнал акустической эмиссии сохраняется неизменным. При нагрузке $F=15,81$ Н индентор полностью погружается в покрытие, а скольжение алмазного индентора по покрытию происходит с коэффициентом трения $0,35$. При увеличении нагрузки ($F = 20,6 \div 36,4$ Н) происходит выдавливание материала перед индентором в виде бугорков и увеличение глубины проникновения индентора.

В табл. 3 представлены результаты адгезионных испытаний образцов полученных покрытий (Zr-Ti-Nb)N и там же для сравнения приведены полученные ранее аналогичные данные для покрытий (Ti-Zr-Si)N и TiN [21]. Согласно [22] при истирании образца во время тестирования на адгезионную прочность наиболее информативными характеристиками адгезионного разрушения являются критические значения нагрузки L_C . Как видно из табл. 3, результаты адгезионных испытаний покрытий системы (Zr-Ti-Nb)N серии *в* при давлении реакционного газа $P=4 \cdot 10^{-3}$ Торр достигают максимального значения $66,77$ ГПа. Как известно, наиболее универсальным параметром, позволяющим достаточно быстро оценить механические свойства покрытия, является его микротвердость [19, 20]. Результаты таких измерений для покрытий (Zr-Ti-Nb)N приведены в табл. 4. Как видно, максимальная твердость $HV=44,57$ ГПа достигается при давлении реакционного газа $P=4 \cdot 10^{-3}$ Торр, и, согласно классификации [23], такие покрытия можно отнести к сверхтвердым ($HV_{0,05} \geq 40$ ГПа).

Таблица 3

Сравнительные результаты адгезионных испытаний покрытий системы (Zr-Ti-Nb)N и (Ti-Zr-Si)N, TiN

Критические нагрузки	Покрытия				
	(Zr-Ti-Nb)N, серия <i>a</i>	(Zr-Ti-Nb)N, серия <i>б</i>	(Zr-Ti-Nb)N, серия <i>в</i>	(Ti-Zr-Si)N [21]	TiN [21]
L_{C1}	2,91	0,9	9,89	3,91	21,31
L_{C2}	29,04	15,82	20,62	18,15	30,91
L_{C3}	43,18	42,37	36,43	24,29	40,28
L_{C4}	59,26	66,24	66,77	43,15	48,84

Таблица 4

Средние значения микротвердости покрытий на основе системы (Zr-Ti-Nb)N

Серия	Твердость, $HV_{0,05}$ ГПа
<i>a</i>	37,21
<i>б</i>	40,21
<i>в</i>	44,57

Важными параметрами, определяющими работоспособность покрытия, также являются его трибологические характеристики (коэффициент трения и фактор износа). Коэффициент

трения μ определяет силу сцепления трущихся материалов, а фактор износа - стойкость к износу (чем меньше фактор износа, тем выше износостойкость). Коэффициент трения принимает значения от начального (во время первого контакта), до стационарного (столбец «при испытаниях» в табл. 5) - при выходе на постоянные значения при испытаниях.

Таблица 5
Триботехнические характеристики покрытий системы «покрытие (Zr-Ti-Nb)N - Al₂O₃»

Серия	Коэффициент трения, μ		Фактор износа, $\text{мм}^3 \cdot \text{Н}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$	
	Начальный	При испытаниях	Контртело ($\cdot 10^{-5}$)	Образца ($\cdot 10^{-5}$)
<i>a</i>	0,61	1,95	0,391	9,69
<i>b</i>	0,45	1,19	2,84	3,1
<i>в</i>	0,491	1,05	3,21	2,4

На всех образцах с покрытием (серии *a*, *b*, *в*) коэффициент трения оказался выше 1,0. Столь высокие значения можно объяснить высокой шероховатостью (рис. 1), связанной с наличием на поверхности и в покрытии каплевой фракции, образующейся при вакуумно-дуговом распылении. Появление твердой каплевой составляющей, а также образование при разрушении покрытия продуктов износа в виде частиц, состоящих из твердых нитридов, приводит к абразивному изнашиванию покрытия. Уменьшение шероховатости снижает коэффициент трения с 1,95 до 1,05. С повышением твердости покрытия фактор изнашивания W покрытия уменьшается, а контртела - увеличивается (табл. 5). С увеличением давления и появлением преимущественной ориентации роста кристаллитов с оси (111) (рис. 2) наблюдается уменьшение схватывания и износа материала, что коррелирует с установленным ранее повышением твердости с увеличением давления азота при осаждении покрытия. Полученные результаты можно объяснить повышением плотности упаковки атомов в плоскости (111) ГЦК решетки [20], что увеличивает твердость покрытия, так как внедрение индентора при оси текстуры в покрытие (111) происходит перпендикулярно этим плоскостям. Повышение стойкости к износу в этом случае определяется тем, что в процессе изнашивания происходит послойное удаление более твердых плоскостей (111) материала, что минимизирует его разрушение.

Итак, методом вакуумно-дугового распыления целнолитого катода в среде реакционного газа азота получены многокомпонентные покрытия системы (Ti-Zr-Nb)N с явно выраженной столбчатой структурой. Экспериментальные и теоретические исследования показывают, что покрытия, полученные при выбранных параметрах осаждения, имеют толщину покрытия 5 мкм. Наиболее высокую микротвердость 44,6 ГПа и стойкость к износу показали покрытия, полученные при максимальном давлении азота. Напряжение адгезионного разрушения таких покрытий достигают 66,8 ГПа.

Список литературы

1. A.D. Pogrebnjak, A.P. Shpak, N.A. Azarenkov, B.M. Beresnev. Struktura i svoistva tverdykh i sverhtverdykh nanokompositnih pokritii // UFNA. - 2009. - № 1. - S. 35-64.
2. A.D. Pogrebnjak. Structure and Properties of Nanostructured (Ti-Hf-Zr-V-Nb)N Coatings // J. of Nanomaterials. - V. 2013. - Article ID 780125. - P.12.
3. N.A. Azarenko, O.V. Sobol', B.M. Beresnev, A.D. Pogrebnjak, D.A. Kolesnikov, P.V. Turbin, I.N. Toryanik. Vakuumno-plazmennye pokritii na osnove mnogoelementnykh nitridov // Metallofizika noveishie tehnologii. - 2013. - T. 35. - № 8. - P. 1001-1024.
4. A.D. Pogrebnjak, V.M. Beresnev, A.A. Demianenko, V.S. Baidak, F.F. Komarov, M.V. Kaverin, N.A. Makhmudov, D.A. Kolesnikov. Adhesive strength, superhardness, and the phase and elemental compositions of nanostructured coatings based on Ti-Hf-Si-N // Physics of the Solid State. - 2012. - Vol. 54. - Is. 9. - P. 1882-1890.

5. Han J.G., Myung H.S., Lee H.M., Shaginyan L.R. Microstructure and mechanical properties of Ti-Ag-N and Ti-Cr-N superhard nanostructured coatings // *Surf. Coat. Technol.* - 2003. - P. 174-175; 738-743.
6. Hasegawa Hiroyuki, Kimura Ayako, Suzuki Tetsuya. Microhardness and structural analysis of (Ti,Al)N, (Ti,Cr)N, (Ti,Zr)N and (Ti,V)N films // *J. Vac. Sci. Technol. A.* - 2000. - 18, № 3. -P. 1038-1040.
7. Lee Jyh-Wei, Chang Shih-Tien, Chen Hsien-Wei et al. Microstructure, mechanical and electrochemical properties evaluation of pulsed DC reactive magnetron sputtered nano-structured Cr-Zr-N and Cr-Zr-Si-N thin films // *Surf. Coat. Technol.* - 2010. - 205, № 5. - P. 1331-1338.
8. Slokar L., Matković T., Matković P. Alloy design and property evaluation of new Ti-Cr-Nb alloys // *Mater. Design.* - 2012. - 33. - P. 26-30.
9. Соболев О.В. Влияние условий получения на фазовый состав, структуру и механические характеристики вакуумно-дуговых покрытий системы Zr-Ti-Si-N / О.В. Соболев, А.Д. Погребняк, В.М. Береснев // *Физика металлов и металловедение.* - 2011. - 112. - № 2. - С. 199-206.
10. Beresnev V.M., Sobol'O.V., Pogrebnyak A.D. et al. Thermal stability of the phase composition, structure, and stressed state of ion-plasma condensates in the Zr-Ti-Si-N system // *Techn. Phys.* - 2010. - 55, № 6. - P. 871-873.
11. Tsau Chun-Huei, Chang Yu-Hsin. Microstructures and Mechanical Properties of TiCrZrNbNx Alloy Nitride Thin Films // *Entropy.* - 2013. - 15, № 11. - P. 5012-5021.
12. Krause-Rehberg R., Pogrebnyak A.D., Borisyuk V.N. et al. Analysis of local regions near interfaces in nanostructured multicomponent (Ti-Zr-Hf-V-Nb)N coatings produced by the cathodic-arc-vapor-deposition from an arc of an evaporating cathode // *Phys. Met. Metallogr.* - 2013. - 114, № 8. - P. 672-680.
13. S. Veprek, M.G.L. Veprek-Hejman, P. Karvankova, J. Prohazka. Different approaches to superhard coatings and nanocomposites // *Thin Solid Films.* - 2005. - V. 476. - S. 1-29.
14. J. Musil, P. Baroch, P. Zeman. Hard nanocomposite coatings. Present Status and Trends // in Book Edit. R Wei «Plasma Surface Engineering Research And Its Practical Applications». KeralaResearchSignpostPubl. - 2008. - S. 1-34.
15. A.A. Andreev, L.P. Sablev, S.N. Grigorev. Vakuumno-dugovie pokritiya // *NNC HFTI.* - 2010. - P. 317.
16. E.V. Berlin, L.A. Seidman. Ionno-plazmennye processy v tonkoplazmatnoi tehnologii // *Tehnosphera.* - 2010. - S. 528.
17. Вершинин Д.С. Исследование трибологических свойств азотированного титанового сплава BT16 с использованием автоматизированной машины трения / Д.С. Вершинин, М.Ю. Смолякова, С.С. Манохин и др. // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов.* - 2010. - Т. 76. - № 12. - С. 45-49.
18. N. Randall. Overview of mechanical testing standards // *Ed. CSM Instruments Applications Bulletin.* - 2002. - № 18. - P. 3. - <http://www.csm-instruments.com/en/tests-Standards>.
19. Аксенов И.И. Вакуумная дуга: источники плазмы, осаждение покрытий, поверхностное модифицирование / И.И. Аксенов, А.А. Андреев, В.А. Белоус и др. // Киев: «Наукова думка». - 2012. - С. 727.
20. Азаренков Н.А. Материаловедение неравновесного состояния модифицированной поверхности / Н.А. Азаренков, О.В. Соболев, В.М. Береснев и др. - Сумы: СумГУ. - 2013. - С. 683.
21. Pogrebnyak A.D., Yakushchenko I.V., Bagdasaryan A.A., Bondar O.V., Krause-Rehberg R., Abadias G., Chertier P., Oyoshi K., Takeda Y., Beresnev V.M., Sobol O.V. Microstructure, physical and chemical properties of nanostructured (Ti-Hf-Zr-V-Nb)N coatings under different deposition conditions // *Mater.Chem.Phys.* - 2014. - V. 147, iss. 3. - P. 1079-1091.
22. Valli J. A review of adhesion test methods for thin hard coatings // *J.Vac.Sci.Technol.* - 1986. - V. A4. - P. 3007-3014.
23. Азаренков Н.А. Наноструктурные покрытия наноматериалы. Основы получения, свойства, область и применения / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк и др. // М.: Либриком. - 2013. - С. 368.
24. Береснев В.М. Физико-механические свойства покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных методом вакуумно-дугового испарения / В.М. Береснев, О.В. Соболев, С.С. Гранкин и др. // *Физика и химия обработки материалов.* - 2015. - № 4. - С. 50-58.
25. Плотников С.В. Исследование физико-механических свойств высокоэнтропийных покрытий (Ti-Zr-Nb)N, полученных методом вакуумно-дугового осаждения / С.В. Плотников, А.Д. Погребняк, Д.К. Ескермесов и др. // *Материалы XII Междунар. науч. конф. «Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов».* - 2015. - С. 350-357.

Получено 3.08.2016

УДК 537.523/.527

С.В. Плотников, Е.О. Тлеукенов, Н.К. ЕрдыбаеваВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**А.Д. Погребняк**

Сумский государственный университет, г. Сумы

**СТРУКТУРА И НАНОТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ
(Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)_N, ПОЛУЧЕННОГО ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ ОСАЖДЕНИЕМ**

В последнее десятилетие выполнено много работ, посвящённых высокоэнтропийным сплавам (ВЭС), состоящим, как минимум, из пяти основных элементов с атомной концентрацией от 5 до 35%. Основная особенность ВЭС заключается в том, что в них формируется однофазный стабильный твердый раствор замещения, преимущественно с ГЦК-или ОЦК-решеткой, который одновременно является термодинамически устойчивым и высокопрочным [1-3]. Получение нитридов или карбидов из ВЭС также является весьма актуальной задачей современного материаловедения, поскольку вариативность элементного состава ВЭС, а также нитридов на их основе способствует получению ряда полезных свойств: высокотемпературной прочности, супермагнитных свойств, сопротивлению к износу и коррозии, высокой твердости наряду с хорошей пластичностью и другими улучшенными свойствами по сравнению с «чистыми» ВЭС [4-7].

Увеличение сроков эксплуатации промышленного оборудования, деталей установок, машин, режущего, сверлящего и других обрабатывающих инструментов всегда было актуальной задачей науки и техники. Во время усиленной экономии ресурсов и перехода на энергосберегающие технологии данный вопрос становится еще более острым. В процессе работы вышеупомянутых изделий наиболее сильной нагрузке, физико-механическому, химическому и термическому воздействию подвергается поверхностный слой. Одним из способов защиты и улучшения различных свойств поверхности является ее модификация с помощью формирования покрытий из наноструктурированных материалов. Малый (до 10 нм) размер зерен таких материалов и значительное увеличение объемного содержания межфазных границ позволяет достичь уникальных свойств [8, 9].

Стабильность структуры и состава, а также высокие эксплуатационные характеристики высокоэнтропийных систем создают весьма привлекательную возможность формирования на их основе покрытий с целью совершенствования характеристик поверхности или применения их в качестве защитных пленок, препятствующих попаданию вредных примесей в приповерхностные слои изделия (искажение кристаллической решетки твердого раствора замещения связано с наличием разнородных атомов с разными радиусами). Таким образом, в настоящей работе ставилась цель исследовать покрытия на основе высокоэнтропийного (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta) сплава, поскольку при определенных условиях в покрытиях могут формироваться нанокompозитные структуры, которые могут обладать улучшенными механическими свойствами по сравнению с многокомпонентными покрытиями.

Покрывтия были получены методом вакуумно-дугового осаждения на установке «Булат-6» при испарении мишени из высокоэнтропийного сплава системы Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta в среде реакционного газа азота (N₂) на полированную поверхность подложек. Параметры осаждения приведены в табл. 1, где U - постоянный отрицательный потенциал смещения на подложке; P_N - давление азотной атмосферы при осаждении; ток дуги изменялся

незначительно от 95 до 110 А, ток фокусировки - от 0,4 до 0,5 А. Значение U было выбрано (-70 и -200 В) на основе работ [10]. Исследования морфологии поверхности образцов после напыления проводились на растровом электронном микроскопе JEOL JSM-6390LV с приставкой энергодисперсионного микроанализа INSA Energy.

Таблица 1

*Параметры осаждения и элементный состав исследуемых покрытий
(Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N*

Серия	U, V	$P_N, \text{Тогг}$	Концентрация, ат. %						
			N	Ti	Zr	Hf	V	Nb	Ta
1	-150	$3 \cdot 10^{-4}$	46	9,04	9,80	12,81	5,60	12,13	4,62
2	-200	$7 \cdot 10^{-4}$	36	16,60	16,85	8,79	6,95	9,92	4,89
3	-70	$3 \cdot 10^{-3}$	54	7,03	8,52	11,30	5,02	9,93	4,20
4	-150	$4 \cdot 10^{-3}$	55	10,76	7,71	8,06	5,85	8,38	4,24
Катод	-	-	-	21,52	18,77	15,5	10,2	18,2	15,81

В отличие от [11], где осаждались нитридные покрытия из пятиэлементного ВЭС, в настоящей работе был использован катод из шести элементов и применялся импульсный режим осаждения при подключении высоковольтного импульсного генератора [12], что позволило усилить энергию ионно-плазменного потока в момент осаждения, улучшить адгезию покрытия к подложке и получить более дисперсную структуру покрытия. Покрытия толщиной до 12 мкм осаждались на стальные пластины (далее подложка) из материала сталь 40. Параметры подложки - $45 \times 45 \text{ мм}^2$ и толщиной - 4 мм.

Измерения микротвердости проводились на автоматизированном приборе Durascan-20 (Швейцария), а нанотвердость и модуль упругости исследовались в динамическом режиме на Triboindenter TI-950 (HYSITRON, Inc.). Для исследования топографии поверхности многокомпонентных покрытий использовался растровый электронный микроскоп JSM-6390 LV производства компании «JEOL Ltd.» (Япония) с энергодисперсионным спектрометром (микроанализ) INCA EnergyPenta FET X3 компании «OXFORD InstrumentsAnalyticalLimited» (Великобритания). Проведено изучение топографии и микроструктуры поверхности образца (в режиме низкого вакуума), качественный и количественный элементный микроанализ в точечной области, построение профилей распределения элементов вдоль заданной линии, построение карт распределения элементов на выбранном участке. Измерения проводились при низком вакууме и рабочем ускоряющем напряжении 30 kV.

Как известно, универсальной характеристикой, позволяющей оценить механические свойства покрытия, является твердость. На рис. 1 приведены соответствующие зависимости нанотвердости и приведенного модуля упругости E_r от глубины проникновения наноиндентора. Значение нанотвердости до глубины 20 нм постепенно растет и на этой глубине достигает максимального значения 28 GPa. Также следует отметить, что увеличение индекса пластичности в покрытии $H/E \geq 0,1$ указывает на превосходную стойкость к износу. В работе Фенга Х. [13] также было отмечено, что после напыления значение нанотвердости существенно увеличилось для нитридных соединений высокоэнтропийного сплава (Zr,Ta,Nb,Ti,W)N.

Из табл. 1 видно, что повышение давления от $3 \cdot 10^{-4}$ до $3 \cdot 10^{-3}$ Тогг приводит к значительному повышению концентрации азота в составе покрытия. При этом режиме содержание металлических элементов, таких, как Ti, Nb, V, уменьшается.

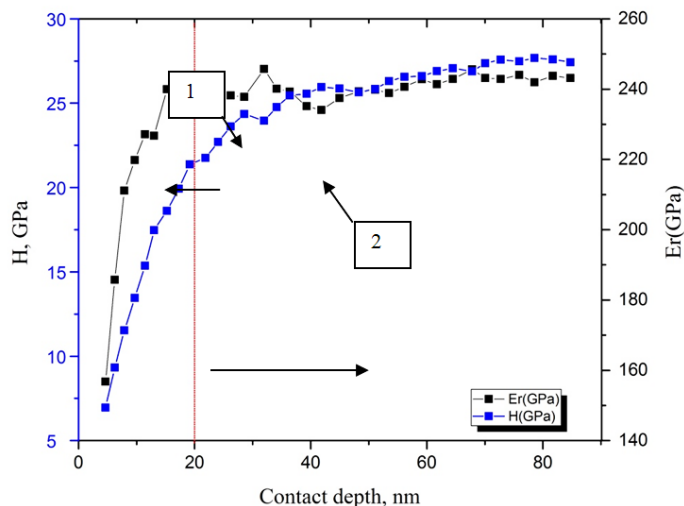


Рисунок 1 – Зависимость нанотвердости (1) и приведенного модуля упругости (2) от глубины проникновения наноиндентора

На рис. 2 представлено РЭМ-изображение одного из полученных покрытий (серия 1). Рис. 2,а с разрешением 10 мкм представляет собой морфологию поверхности покрытия, а рис. 2,б с разрешением 5 мкм – поперечное сечение. Видно, что поверхность и поперечное сечение покрытия имеют неравномерности. После нанесения покрытия на подложку формируется характерная для оплавления поверхность (рис. 2,а).

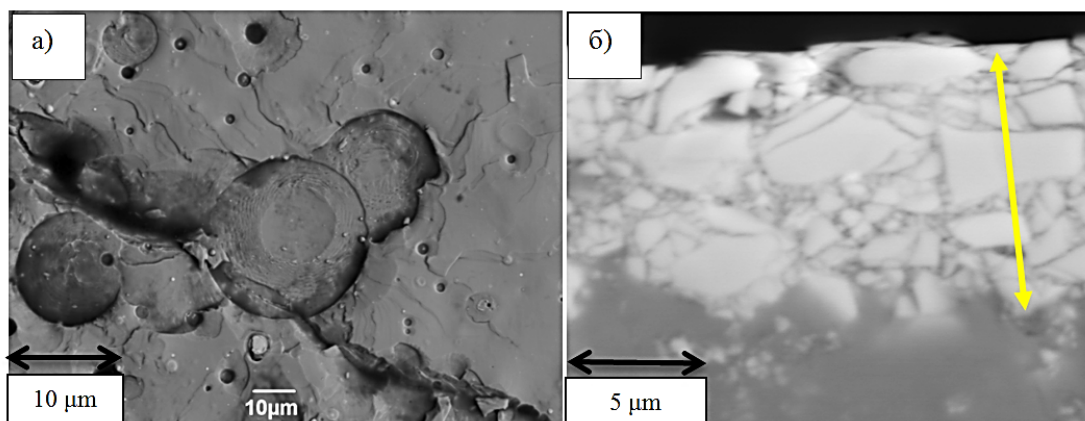


Рисунок 2 – РЭМ-изображение покрытий (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N:
а) морфология поверхности; б) толщина слоя при поперечном сечении

Процесс образования ямок на поверхности пленки был предположительно связан с формированием микрократеров, которые приведены на рис. 3,а с разрешением 50 мкм и 3,б с разрешением 5 мкм. На рис. 3,в с разрешением 10 мкм видны области с микротрещинами, длина которых в среднем равна 20 мкм. Также наблюдаются небольшие капельные фракции размером 5 мкм и меньше. Рис. 3,г показывает отдельную капельную фракцию при разрешении 1 мкм.

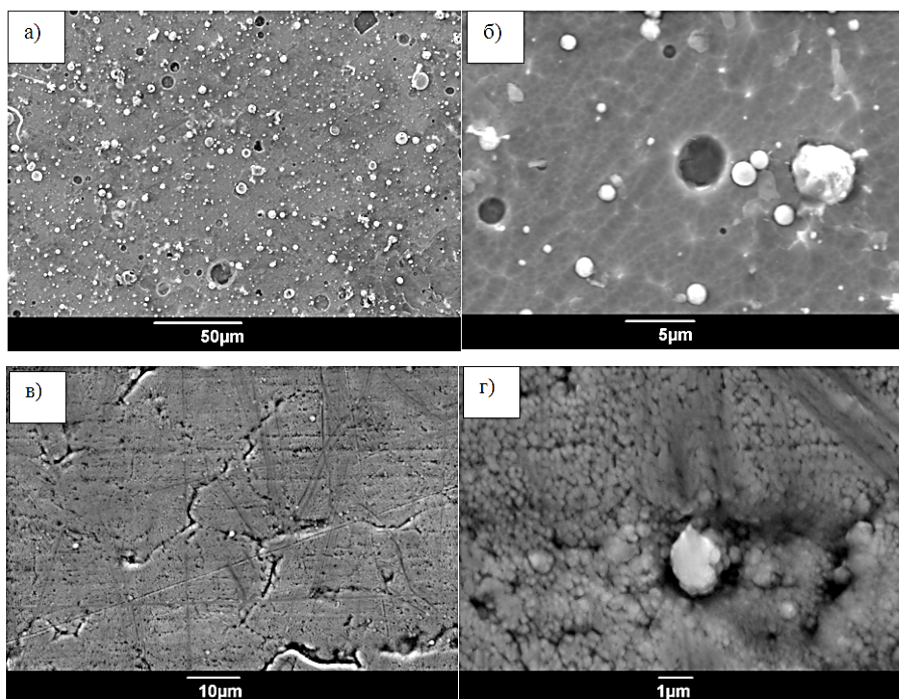


Рисунок 3 – РЭМ-изображение покрытий (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N: а) морфология поверхности при разрешении 50 мкм; б) морфология поверхности при разрешении 5 мкм; в) области с микротрещинами при разрешении 10 мкм; г) изображение капельной фракции при разрешении 1 мкм

Рис. 4,а показывает результаты микроанализа в 6-ти точках на поверхности покрытия. Распределение элементов высокоэнтропийного сплава: Ti, Zr, Hf, V, Nb, по глубине представлено на рис. 4,б в виде разноцветных линий. Для микроанализа были выбраны участки в виде кратера и округлых включений капельных фракций до 8 мкм в диаметре и неповрежденные области.

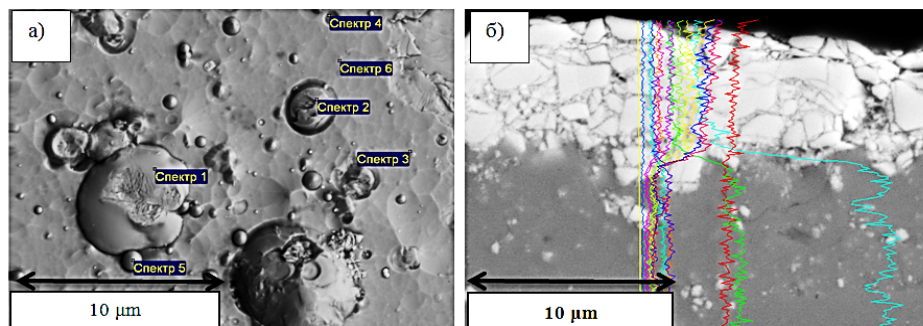


Рисунок 4 – РЭМ-изображение покрытий (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N: а) морфология и точки микроанализа в разных местах на поверхности; б) толщина слоя при поперечном сечении

В табл. 2 приведены концентрации элементов Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, N в покрытии. Из табл. 2 видно, что в точке 6, то есть на неповрежденной поверхности, содержание Ti, V и Zr больше, чем в других точках. При микроанализе азот не обнаружен в точках 3, 5, 6.

Азот содержится в больших количествах в капельных фракциях - до 31,4%. Поэтому нитридные соединения образуются в участках в виде капельной фазы.

Таблица 2

Элементный анализ покрытия на основе (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N

Спектр	Концентрация, % (ат.)						
	Ti	Zr	Hf	V	Nb	Ta	N
Спектр 1	7,11	12,75	25,11	7,86	13,34	10,96	22,87
Спектр 2	7,24	14,14	30,11	4,99	14,92	14,21	14,39
Спектр 3	10,19	16,41	29,54	7,83	17,07	19,14	–
Спектр 4	7,81	10,79	25,33	5,95	10,74	7,98	31,4
Спектр 5	9,62	15,96	30,55	7,47	17,60	18,8	–
Спектр 6	10,31	16,60	29,37	8,39	17,46	17,87	–

Методом вакуумно-дугового осаждения получены наноструктурные покрытия системы (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N. Экспериментальные исследования показывают, что покрытия, полученные при выбранных параметрах осаждения, имеют толщину 12 мкм и значение нанотвердости 28 ГПа.

Данные по расчетам свидетельствуют, что модуль упругости покрытия достигает 250 ГПа. Твердость полученных покрытий (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N меняется в зависимости от условий осаждения материала и полученного, вследствие этого, структурно-фазового состава. Таким образом, для всех толщин слоев системы (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N характерно высокотвердое состояние, что делает такие покрытия перспективными для их применения. С учетом механических свойств осажденных нанокompозитных покрытий они могут быть рекомендованы в качестве износостойких и защитных покрытий.

Список литературы

1. Zhang Y., T. Zuo, T. Tang, Z. Gao, M.C. Dahmen, K.A. Liaw // Mater. Sci. – 2014. – V. 61. – P. 1.
2. Погребняк А.Д., Багдасарян А.А., Якущенко И.В., Береснев В.М. // Успехи химии. – 2014. – № 83. – С. 11.
3. Murty B.S., Yeh J.W., Ranganathan S. // High-entropy alloys Butterworth-Heinemann. – 2014. – P. 218.
4. Pogrebnjak A.D., Beresnev V.M. // Nanomaterials Nanosystems Nanotechnology (индексируется базой данных Scopus). – 2012. – P. 147.
5. Pogrebnjak A.D. Chapter 6. Hard Nanocomposite Coatings: Their Structure and Properties / V.M. Beresnev // Nanocomposites New Trends and Developments Intech. – 2012. – P. 123-160.
6. Азаренков Н.А., Соболев О.В., Погребняк А.Д. и др. // Инженерия вакуумно-плазменных покрытий. – Харьков: ХНУ им. В.Н. Каразина. – 2011. – С. 344.
7. Азаренков Н.А. Наноструктурные покрытия и наноматериалы / Н.А. Азаренков, В.М. Береснев, А.Д. Погребняк и др. // Основы получения. Свойства. Области применения: Особенности современного наноструктурного направления в нанотехнологии. – М. : Изд. группа URSS. – 2012. – С. 368.
8. Gekonde H.O. Tribology of tool-chip interface and tool wear mechanisms / S.V. Subramanian // Surf. Coat. Technol. – 2002. – V. 149. – P. 151.
9. Grigore E., Ruset C., Luculescu C. The structure and properties of VN-VCN-VC coatings deposited by a high energy ion assisted magnetron sputtering method // Surf. Coat. Technol. – 2011. – V. 205. – P. 2013.
10. Pogrebnjak A.D., Yakushchenko I.V., Abadias G., Chartier G. P., Bondar O.V., Beresnev V.M., Takeda Y., Sobol' O.V., Oyoshi K., Andreyev A.A., Mukushev B.A. // J. Superhard Mater. – 2013. – V. 35. – P. 356.
11. Погребняк А.Д., Береснев В.М., Колесников Д.А., Каверин М.В., Шипиленко А.П., Oyoshi K., Takeda Y., Krause-Rehberg R., Пономарев А.Г. // Письма в ЖТФ. – 2013. – № 39. – С. 16.

12. Pogrebnjak A.D., Eyidi D., Abadias G., Bondar O.V., Beresnev V.M., Sobol' O.V. // *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* – 2015. – V. 48. – P. 222.
13. Feng X., Tang G., Ma X., Sun M., Wang L. // *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.* – 2013. – V. 301. – P. 29.
14. Комаров Ф.Ф. Ионная имплантация в металлы. – М.: Металлургия, 1990. – 216 с.
15. Погребняк А.Д., Братушка С.Н., Береснев В.М., Levintant-Zayonts N. // *Успехи химии.* – 2013. – № 82. – С. 12.
16. Plotnikov S.V., Erdybaeva N.K., Tleukenov E.O. Degradation of austenitic steel 12X18H10T after electron beam impact // *Materials Science and Engineering.* – Scopus Database. – 2015. – V. 81.
17. Ivashchenko V.I., Pogrebnjak A.D., Skriski P.L., Rogoz V.N., Plotnikov S.V., Erdybaeva N.K., Tleukenov E.O. The structure and properties of the nanocomposite films Nb-Al-N // *Materials Science and Engineering.* – Scopus Database. – 2015. – V. 81.

Получено 3.08.2016

УДК 53:621.7

Б.К. Рахадиллов, Г.К. Уазырханова, А.А. Советханова, Ж.К. Уазырханова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
АМЦ И АМГ6 ПОСЛЕ ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКИ**

Алюминиевые сплавы обладают комплексом свойств, обеспечивающих им в ряде областей применения важные преимущества перед сталью и медными сплавами. Алюминиевые сплавы применяются в современной авиации, самолетостроении, судостроении, железнодорожном и автомобильном транспорте, строительстве, нефтяной и химической промышленности. К достоинствам алюминиевых сплавов следует отнести их малую плотность, сравнительно высокие прочностные характеристики, хорошую тепло- и электропроводность, технологичность, высокую коррозионную стойкость. Совокупность этих свойств позволяет отнести алюминий к числу важнейших технических материалов. Из алюминиевых сплавов можно отливать прогрессивным непрерывным методом круглые, плоские и полые слитки практически любых необходимых размеров. Сплавы сравнительно легко поддаются и горячей и холодной деформации, прокатке, ковке, прессованию, волочению, штамповке и т. д. [1-4].

Получение материалов с мелкозернистой структурой на сегодняшний день является сложной технологической проблемой. Наиболее перспективным способом изготовления полуфабрикатов с СМК- и НК-структурой является деформационно-термическая обработка, включающая интенсивную пластическую деформацию (ИПД), достигаемую обычными методами обработки металлов давлением. Существует несколько технологических модификаций метода ИПД, удобных для получения наноструктурированных материалов: деформация кручением под высоким давлением, деформация равноканальным угловым прессованием, всесторонняя ковка (ВК), сдвиг под давлением, винтовая экструзия, низкотемпературная деформация и др. [5-7].

Исследования, проводимые в последние годы, показали, что методы ИПД, такие, как равноканальное угловое прессование, ВК или кручение под высоким приложенным давлением, обеспечивающие достижение высоких степеней деформации, являются эффективными для получения мелкозернистых структур. Среди перечисленных методов ИПД ВК является наиболее простым способом обработки материала, т. к. она предполагает

использование универсального оборудования и инструмента, а также дает возможность практически неограниченного масштабирования обрабатываемых заготовок [8-10].

В качестве материала исследования были выбраны алюминиевые сплавы АМЦ и АМГ6. Химический состав алюминиевых сплавов: АМЦ – 96,35-99% Al; 1-1,5% Mn; 0,6% Si; 0,7% Fe; 0,05-0,2% Cu; 0,1% Zn, АМГ6-91,1-93% Al; 0,5-0,8% Mn; 0,4% Si; 0,4% Fe; 0,1% Cu; 0,2% Zn; 5,8-6,8% Mg.

Экспериментальные исследования и механические испытания проводили в лабораториях научно-исследовательского института «Нанотехнологии и новые материалы» и Региональной университетской лаборатории инженерного профиля «ИРГЕТАС» Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. Микроструктуру алюминиевых сплавов исследовали методом оптической микроскопии на НЕОРНОТ - 21.

Измерение микротвердости образцов проводили по методу Виккерса на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на индентор $P=1$ Н и времени выдержки при этой нагрузке 10 с.

Трибологические испытания проводились на воздухе по схеме «шарик – диск» (рис. 1). В качестве машины трения использовался трибометр «Tribo Micro». В качестве контртела использовался шарик диаметром 3,0 мм, изготовленный из спеченного сертифицированного материала. Нагрузка составляла 1,0 Н, скорость скольжения - 10 см/с. Испытания соответствуют международным стандартам ASTM G99-959, DIN50324 и ISO 20808.



Рисунок 1- Подготовленные образцы алюминиевых сплавов АМГ6 и АМЦ для трибологических испытаний по схеме «шарик – диск»

Заготовки образцов из алюминиевых сплавов для обработки давлением изготавливали в виде прутков диаметром 12 мм и длиной 50 мм. Их вырезали алмазным диском толщиной в 1 мм, погруженным в охлаждающую жидкость. При малых оборотах резания $n=350$ об/мин и низкой нагрузке $m=250$ г образцы из алюминиевых сплавов не испытывают деформации и термического воздействия. В процессе всестороннейковки заготовка образца продавлируется в специальной оснастке (рис. 2). Для реализации всестороннейковки заготовок из сплавов АМГ6 и АМЦ использовали гидравлический пресс с возможностью усилия до 30 т (рис. 3). Прессование проводилось при комнатной температуре.

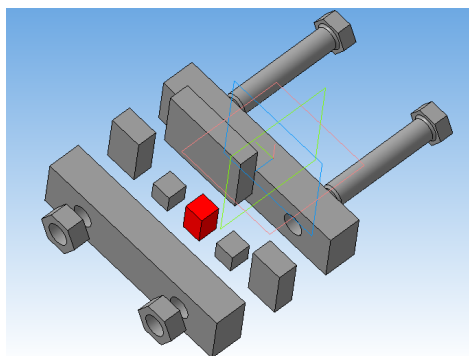


Рисунок 2 – Внешний вид оснастки для всестороннейковки



Рисунок 3 – Гидравлический пресс с оснасткой для всестороннейковки

Результаты оптической микроскопии показали, что для алюминиевых сплавов АМЦ и АМГ6 в исходном состоянии характерна преимущественно равноосная форма зерен (рис. 4). Средний размер зерен алюминиевого сплава АМГ6 в исходном состоянии составляет 18,7 мкм, для алюминиевого сплава АМЦ - 22,3 мкм.

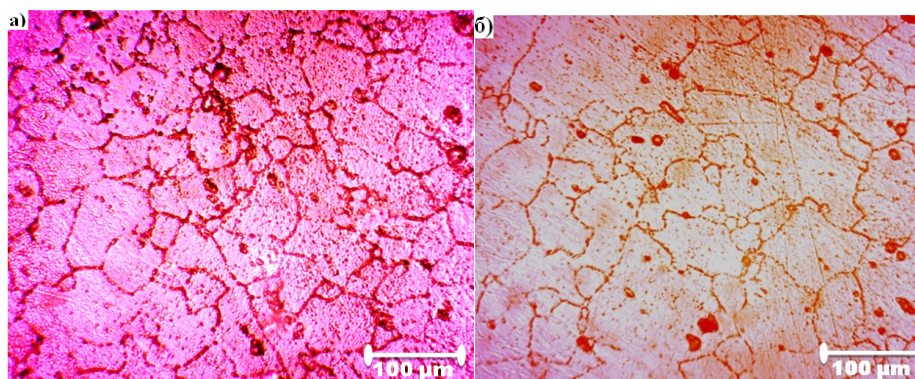


Рисунок 4 - Микроструктура алюминиевых сплавов в исходном состоянии: а - АМГ6; б - АМЦ

Всесторонняя ковка приводит к существенному изменению исходной микроструктуры, т. к. в процессе многократно повторяющихся прессований в заготовке накапливается деформация сдвигом, что в результате приводит к образованию в материале ультрамелкозернистой структуры. Средний размер зерен алюминиевых сплавов АМГ6, АМЦ значительно уменьшился (рис. 5).

Как показали экспериментальные результаты, параметры микроструктуры оказывают влияние на механические свойства. На рис. 6, 7 представлены гистограммы микротвердости по Виккерсу для алюминиевых сплавов АМЦ и АМГ6. После всестороннейковки наблюдается увеличение микротвердости в зависимости от количества проходов. Определено, что в результате всестороннейковки (15 проходов) микротвердость сплава АМГ6 возрастает до величины 1812 МПа, что почти в 5 раз выше, чем в исходном состоянии (рис. 6). В результате всестороннейковки (9 проходов) микротвердость сплава АМЦ возрастает до величины 1470 МПа, что почти в 4 раза выше, чем в исходном состоянии (рис. 7). Выявлено, что измельчение структуры при всестороннейковке сопровождается ростом микротвердости в алюминиевых сплавах АМЦ и АМГ6.

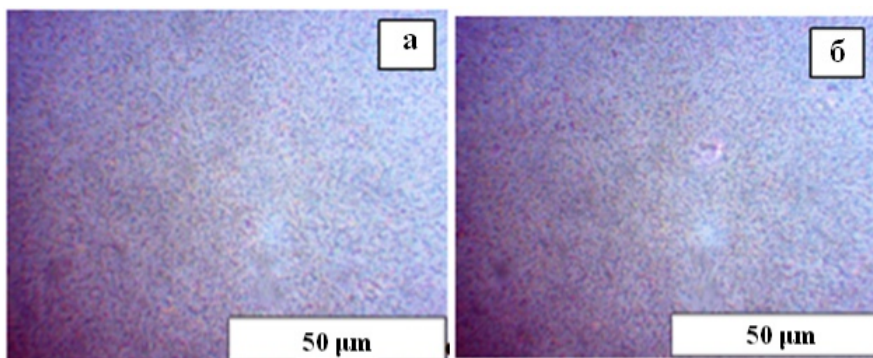


Рисунок 5 - Микроструктура алюминиевых сплавов после всестороннейковки: а - АМГ6; б - АМЦ

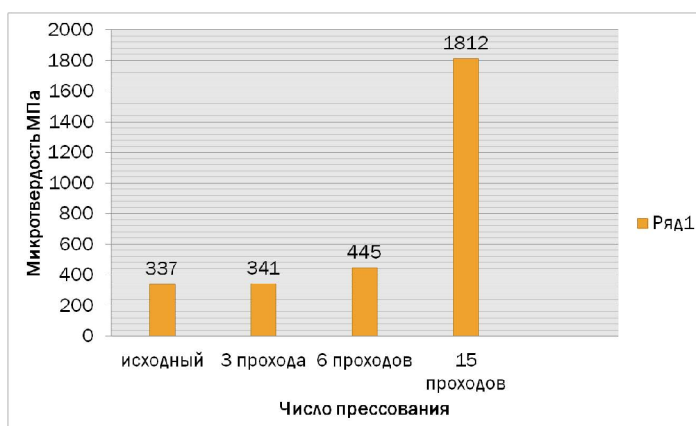


Рисунок 6 - Микротвердость сплава АМГ6 до и после всестороннейковки



Рисунок 7 - Микротвердость сплава АМЦ до и после всестороннейковки

На рис. 8, 9 показаны изменения объема износа (мм^3) образцов алюминиевых сталей после испытания по схеме «шар - диск». Видно, что все деформированные образцы показывают значительное снижение интенсивности изнашивания по сравнению с исходным состоянием.

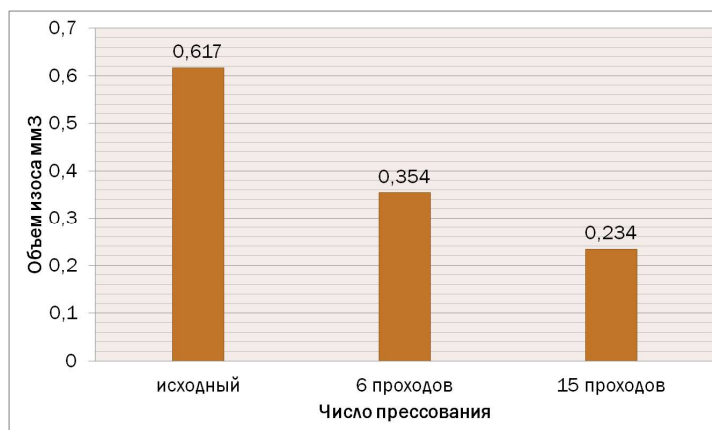


Рисунок 8 - Изменения объема износа сплава АМГ6 до и после всестороннейковки

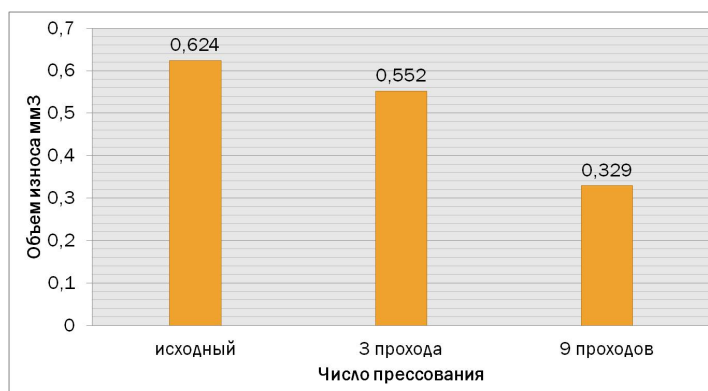


Рисунок 9 - Изменения объема износа сплава АМГ6 до и после всестороннейковки

В среднем объем изнашивания деформированных образцов алюминиевых сплавов АМГ6 и АМЦ снижается в 2 раза и, соответственно, это указывает на значительное повышение износостойкости в алюминиевых сплавах после интенсивной пластической деформации методом всестороннейковки (рис. 10, 11).

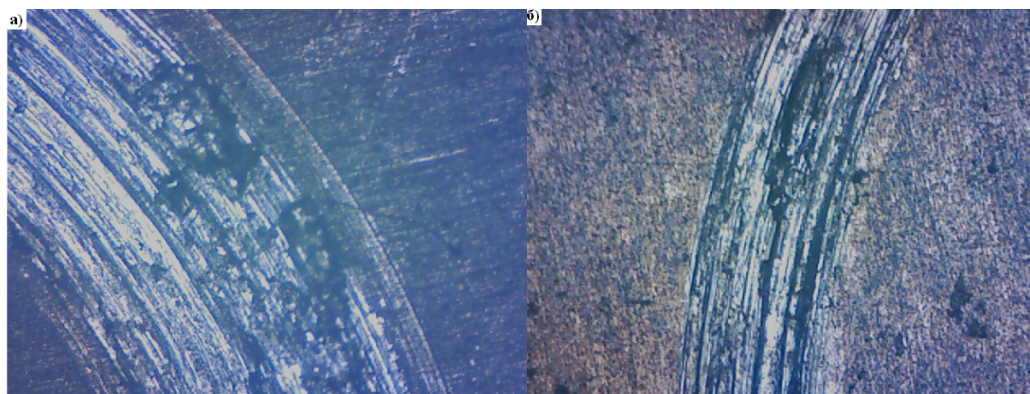


Рисунок 10 - Следы износа сплава АМГ6:
а - в исходном состоянии; б - после всестороннейковки

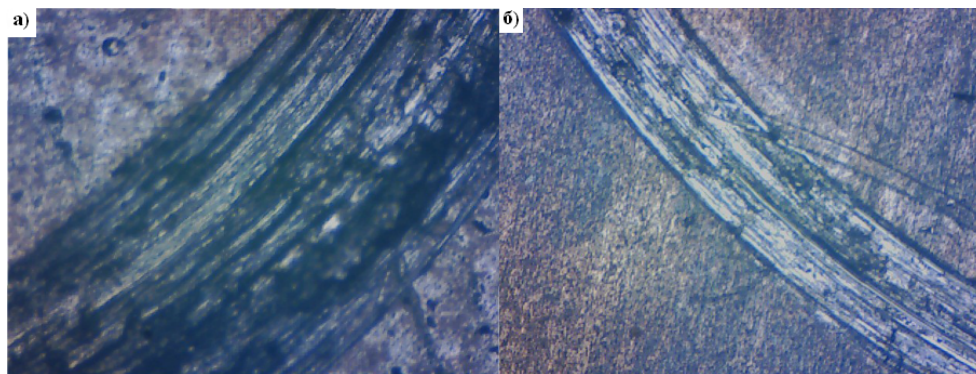


Рисунок 11 - Следы износа сплава АМЦ:
а - в исходном состоянии; б - после всестороннейковки

Таким образом, на основании полученных результатов исследования влияния всестороннейковки на микроструктуру и механические свойства алюминиевых сплавов можно сделать следующие выводы:

1. Определено, что средний размер зерен алюминиевого сплава АМГ6 в исходном состоянии составляет 18,7 мкм, для алюминиевого сплава АМЦ - 22,3 мкм. Средний размер зерен алюминиевых сплавов после всестороннейковки значительно уменьшился.

2. Установлено, что в результате всестороннейковки микротвердость алюминиевого сплава АМГ6 возрастает почти в 5 раз по сравнению с исходным состоянием. Микротвердость сплава АМЦ возрастает почти в 4 раза по сравнению с исходным состоянием. Показано, что с уменьшением размеров зерен микротвердость увеличивается.

3. Определено, что в среднем объем изнашивания деформированных образцов алюминиевых сплавов АМГ6 и АМЦ снижается в 2 раза и, соответственно, это указывает на значительное повышение износостойкости в алюминиевых сплавах после интенсивной пластической деформации методом всестороннейковки.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета Науки МОН РК по теме «Получение субмикроструктурных алюминиевых сплавов с высокими физико-механическими свойствами методом интенсивной пластической деформации» по договору № 327 от 13 мая 2016 года.

Список литературы

1. H.B. Li, X.J. Su, C.J. Li, T.S. Li, H. Xu. Influence of Different Modification on Structure and Mechanical Properties of Liquid Forging Aluminum Alloy // Advanced Materials Research -2012. -Vol. 54. P. 770-773.
2. Hugh J. McQueen, Stefano Spigarelli, Michael E. Kassner, Enrico Evangelista. Hot Deformation and Processing of Aluminum Alloys. - CRC Press, Taylor & Francis Group. - 2016. - PP 616.
3. G.W. Kuhlman. Forging of Aluminum Alloys. - Metalworking Consultant Group LLC ASM Handbook, Volume 14A: Metalworking: Bulk Forming S.L. Semiatin, editor.- 2011.- P. 299-312.
4. Фридляндер И.Н. Алюминиевые сплавы перспективный материал в автомобилестроении / И.Н. Фридляндер, В.Г. Систер, О.Е. Грушко и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2002. - № 9. - С. 3-9.
5. R.M. Imaev, G.A. Salishchev, O.N. Senkov, V.M. Imaev, M.R. Shagiev, N.K. Gabbullin, A.V. Kuznetsov, F.H. Froes. Mater Sci EngA. 300, - 2001. - PP 263 .
6. A.A. Nazarov, R.R. Mulyukov. Nanostructured Materials. In: Handbook of Nanoscience, Engineering, and Technology, ed. by Goddard W., Brenner D., Lyshevski S., Tafra G., CRC Press Chapter 22. - 2003. - P. 121-125.
7. O. Sitdikov, T. Sakai, A. Goloborodko, H. Miura, R. Kaibyshev. Philosophical Magazine. 85. - 2005. - PP. 1159.

8. Столяров В.В. Деформационные методы измельчения структуры // Вестн. науч.-техн. развития Федер. гос. бюджетного учреждения науки, Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – 2013. – № 4 (68). – С. 29–36.
9. Ситдииков О.Ш. Влияние всестороннейковки на формирование мелкозернистой микро-структуры в высокопрочном алюминиевом сплаве // Письма о материалах. – 2013. – Т. 3. – С. 215–220.
10. R.Z. Valiev, R.K. Islamgaliev, I.V. Alexandrov. Progr. Mater. Sci. – 2000. – №45. – PP. 103.

Получено 13.07.2016

УДК 53.621.7

Б.К. Рахадиллов, Е. Кызырхан, Л.Г. Журерова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКОЙ

Важное значение в обеспечении безопасности движения подвижного состава железных дорог представляет надежная работа автосцепного устройства. Сложное конструктивное исполнение деталей автосцепки и их геометрических форм предъявляет повышенные требования к технологии изготовления, ремонта, системы контроля и испытаний [1].

Анализ отцепок вагонов при текущем ремонте показывает, что свыше 40% их приходится на неисправность ходовых частей и автосцепного оборудования. В эксплуатации автосцепные устройства испытывают значительные динамические нагрузки, действующие в различных плоскостях, большие перепады температур. Кроме того, на их работу отрицательно влияет незащищенность сопряженных деталей от попадания в зоны трения абразивных частиц.

В связи с растущей интенсификацией работы железнодорожного транспорта увеличиваются и требования к конструкции его подвижного состава, в частности к автосцепному устройству. Для обеспечения в этих условиях надежности эксплуатации автосцепок необходимо особое внимание уделять технологическим решениям по восстановлению их работоспособности и защите рабочих поверхностей от износа [2, 3].

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является исследование влияния электролитно-плазменной поверхностной закалки (ЭППЗ) на трибологические свойства поверхности автосцепки из стали 20ГТЛ.

Заготовки для исследований образцов стали 20ГТЛ вырезали из автосцепного устройства в виде параллелепипедов размерами 10×20×20 мм³. Перед ЭППЗ заготовки шлифовали и полировали. Модификацию поверхности стали изучали на оптическом микроскопе «ALTA-MET-1M» НИИ «Нанотехнология и новые материалы». Микротвердость поверхностных слоев образцов до и после обработки измеряли методом вдавливания алмазного индентора на приборе ПМТ-3М при нагрузке 100 г и времени выдержки при этой нагрузке 10 с в соответствии с ГОСТ 9450–76 [4].

Электролитно-плазменную обработку осуществляли в катодном режиме в электролите из водного раствора, содержащего 20% карбоната натрия, на установке ЭПОМ. Источником питания служил мощный выпрямитель, дающий на выходе максимально 360 В/60 А в виде постоянного тока. Обработку образцов производили быстрым нагревом в течение 2–3 с с последующим охлаждением в проточном электролите (см. табл.).

Технические параметры электролитно-плазменной обработки

Состав электролита (% , массовый)	Время обработки, с	$T_{\max}, ^\circ\text{C}$	U, В	I, А
20% - карбонат натрия + 80% - вода	2, 3	800-850	320	40

Трибологические испытания образцов стали 20ГТЛ проводили в условиях сухого трения скольжения на машине трения «Micron-tribo» в НИИ «Нанотехнология и новые материалы» ВКГТУ. Машина трения «Micron-tribo» (рис. 1) предназначена для проведения испытаний на трение и износ по схеме «шар-диск». На рис. 1 представлена схема испытаний на машине трения «Micron-tribo», где N – нагрузка на шар диаметром d , а D – диаметр дорожки трения при количестве оборотов W , полученной в результате вращения образца. Принцип измерения силы трения основан на регистрации малых перемещений упругой балки с помощью дифференциального индуктивного датчика. Испытания образцов на трибометре проводились со следующими параметрами: $d = 3$ мм, $D = 8$ мм, $N = 1471$ мН, $W = 700$.

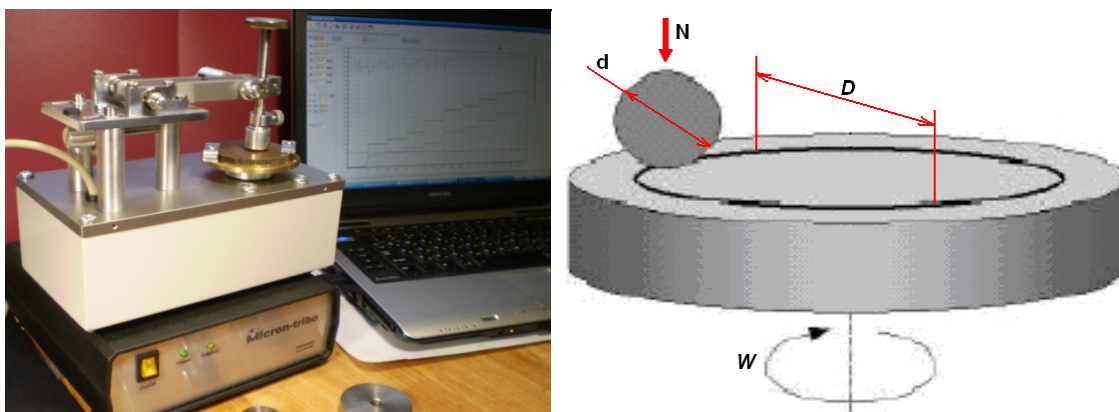


Рисунок 1 - Машина трения «Micron-tribo» и схема проведения испытания

Для определения объема вытесненного материала использовался профилометр «Micron-beta» (НИИ «Нанотехнология и новые материалы» ВКГТУ). «Micron-beta» позволяет регистрировать топографию поверхности путем обработки последовательности интерференционных данных полученных картин, регистрируемых цифровой камерой при смещении опорного (эталонного) зеркала. Измерение объема дорожки вычисляется с помощью специального программного обеспечения.

При исследовании микроструктуры приповерхностных слоев образцов стали 20ГТЛ, подвергнутых ЭППЗ в электролитной плазме, обнаружены структурные изменения. На рис. 2 показана микроструктура поверхностного слоя стали до и после обработки. Микроструктура стали 20ГТЛ в исходном состоянии является ферритно-перлитной [5], в виде перлитной сетки (рис. 2,а).

После поверхностной закалки продолжительностью 2 с (рис. 2,б) наблюдается рост ферритной структуры, при этом уменьшаются зерна перлита. После ЭППЗ с нагревом в течение 3 с наблюдается образование мартенсита в структуре стали 20ГТЛ. А также можно заметить, что зерна кристалла постепенно уменьшаются по сравнению с исходным и обработанным в течение 2 с. Таким образом, микроструктура поверхности закаленного образца стали представляет собой мелкозернистую структуру.

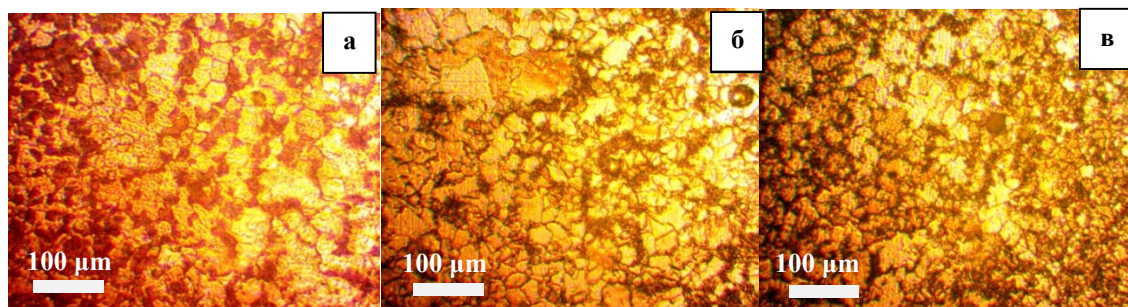


Рисунок 2 - Микроструктура поверхности стали 20ГТЛ:
а – исходный; б - после ЭППЗ 2 с; в – 3 с

Учитывая, что одним из наиболее важных свойств поверхностного слоя, который в значительной степени влияет на износостойкость, является твердость, в данной работе изучены изменения микротвердости поверхностного слоя стали 20ГТЛ после ЭППЗ. На рис. 3 приведены зависимости микротвердости стали 20ГТЛ от продолжительности воздействия электролитной плазмы. Микротвердость стали 20ГТЛ в исходном состоянии составляет 1442 МПа, а после закалки продолжительностью 2 и 3 с - 2189 и 2874 МПа соответственно.

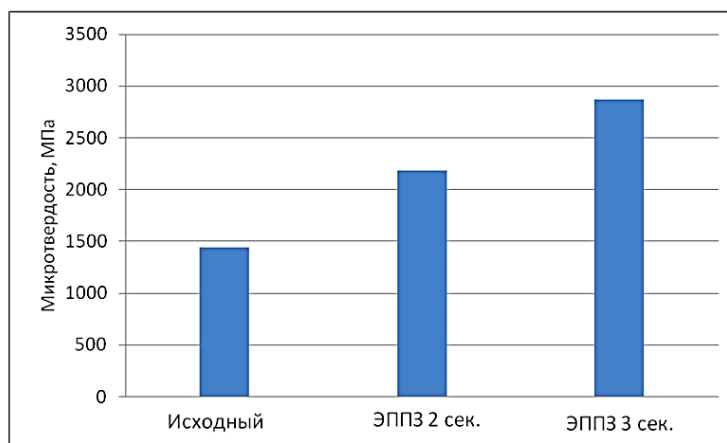


Рисунок 3 - Зависимость микротвердости стали 20ГТЛ
от продолжительности воздействия электролитной плазмы

Определение объема износа образцов проводилось при одинаковых заданных параметрах трибометра. Программное обеспечение профилометра позволяет определить объем в любом указанном участке дорожки [6-7].

На рис. 4 показаны график зависимости объема износа образцов стали 20ГТЛ от времени обработки и 2D-изображение поверхности каждого образца после сканирования интерферирующими волнами. На основании данных графика можно сделать вывод: чем больше время выдержки, тем меньше объем износа. На рисунке рядом с графиком желтым цветом изображены дорожки трения, а синим - обозначена поверхность образца. Концентрация желтых точек постепенно уменьшается. Это обусловлено уменьшением равномерности шероховатости дорожек.

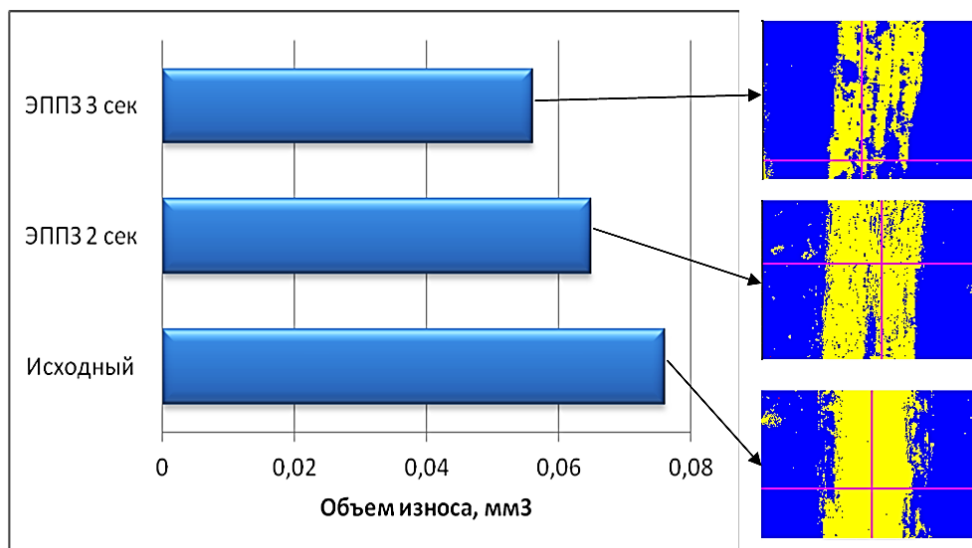


Рисунок 4 – Зависимость объем износа от времени выдержки ЭППЗ:
а - до обработки; б - после ЭППЗ - 2 с; в - ЭППЗ - 3 с

Результаты показали, что в исходном состоянии объем дорожки равен $0,076 \text{ мм}^3$. После ЭППЗ продолжительностью 2 и 3 с износ составил $0,065$ и $0,056 \text{ мм}^3$, соответственно. Уменьшение объема дорожки объясняется повышением износостойкости и твердости поверхности образца.

Износостойкость обработанного образца увеличилась по сравнению с исходным (рис. 5). Самое меньшее значение ширины зоны контакта было обнаружено на образце, обработанном в течение 3 с.

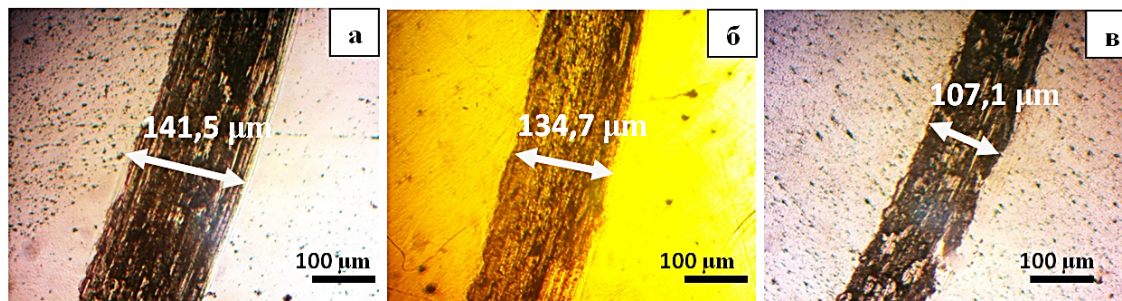


Рисунок 5 – Фотоснимки полосы износа с замерахми ее ширины:
а - до обработки; б - после ЭППЗ 2 с; в - ЭППЗ 3 с

Анализируя полученные в работе результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Применение ЭППЗ позволяет получить мелкозернистую мартенситную структуру поверхности, которая существенно влияет на трибологические свойства.
2. Определено, что микротвердость стали 20ГТЛ после ЭППЗ продолжительностью нагрева 2 с увеличивается в 1,5 раза, а после ЭППЗ 3 с увеличивается в 2 раза, в зависимости от исходного состояния.
3. Определено, что после ЭППЗ объем износа образца стали снижается с $0,076$ до $0,065$ и $0,056 \text{ мм}^3$. При этом выявлено, что максимальная ширина трека после закалки

уменьшается с 141,5 до 134,7 и 107,1 мкм при одинаковых условиях испытаний, что указывает на значительное повышение износостойкости и твердости поверхностного слоя стали 20ГТЛ.

4. Экспериментально установлено, что применение ЭППЗ является перспективным методом повышения износостойкости поверхности автосцепного устройства.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки МОН РК на 2015-2017 гг. по программе «Грантовое финансирование научных исследований».

Список литературы

1. Ягодинский Е.С. Характер повреждений деталей автосцепного устройства и способы их восстановления // Сб. науч. работ УкрДАЗТ. – 2014. – С. 171-174.
2. Шадур Л.А. Вагоны / Л.А. Шадур, И.И. Челноков, Л.Н. Никольский и др. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.
3. Саврухин А.В. Совершенствование конструкций массивных несущих деталей подвижного состава на основе анализа напряженно-деформированного состояния при эксплуатационных и технологических воздействиях: Автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.22.07. – М.: МГУПС, 2005. – 48 с.
4. Григоревич В.К. Твердость и микротвердость металлов. – М.: Наука, 1976. – 230 с.
5. Skakov M., Zhurerova L., Scheffler M. Way of Hardening Surface Coating of Details from Steel 30CrMnSi in Electrolytic Plasma // Key Engineering Materials. – 2013. – Vol.531-532. – PP. 178-181.
6. Фомихина И.В. Влияние электролитно-плазменной обработки на структуру и свойства поверхности / И.В. Фомихина, Ю.О. Лисовская, Ю.Г. Алексеев и др. // Сб. докл. Междунар. симпози. «Инженерия поверхности. Новые порошковые композиционные материалы. Сварка». – Минск, 2009. – С. 158-165.
7. Нисс В.С. Устройство осаждения и очистки парожидкостных аэрозолей для ресурсосберегающей и экологически безопасной электролитно-плазменной обработки. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии / В.С. Нисс, А.А. Кособуцкий, Ю.Г. Алексеев и др. // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: ВГТУ, 2010. – Ч. 2. – С. 218 – 221.

Получено 13.07.2016

ӘОЖ 621.7.011

К.Т. Шеров, А.К. Шеров, М.М. Мусаев

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

Т.Б. Курманғалиев

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті,

Өскемен қ.

ҚИЫН ӨНДЕЛЕТІН МАТЕРИАЛДАРДЫ ФРЕЗЕРЛЕУ-ЖОНУ ӘДІСІМЕН ӨНДЕУ

Қазіргі заманғы техниканың дамуына байланысты жоғары төзімділікке ие, қызуға берік, коррозияға төзімді және тағы басқа арнайы қасиеттерге ие конструкциялық материалдарды пайдалану болжанады. Бұлардың ішінде көзге түсетіні құрамында маңызды физикалық-механикалық және химиялық қасиеттерді үйлестіретін темір, никель, алюминий және т. б. металдардың қорытпаларынан тиімді ерекшеленетін титан негізіндегі қорытпалар. Темір және алюминий негізіндегі конструкциялық болаттарды титанды қорытпаға алмастыру бұйымның беріктігін жоғалтпай, массасын 2 есе азайтады. Бұл әдіс машина, авиация, ракета, кеме жасауда және энергетикалық машина жасауда ерекше маңызға ие, себебі мұнда машинаның экономикалық тиімділігі бұйымның массасына байланысты. Титанды қорытпалардың өте сирек қасиеттеріне қарамастан, олардың өнеркәсіпте кеңінен пайдаланылуы кесумен өңдеу барысындағы проблемаларға байланысты: кесу жылдамдықтарының

төмендігіне байланысты (30-40 м/мин) ирмелі жоңқаның түзілуі, кескіш құралда шордың пайда болуы; кескіш құралдың беріктігінің 10 есе немесе одан да көп төмен болуына байланысты аз өнімділік; кесу барысындағы жоғары температура (800-1000 °С және жоғары) титанның жоғары химиялық белсенділігін тудырады (500 °С-тан жоғары болғанда), ол қабыршақтың пайда болуына, морттануға және өңделіп жатқан беттің шөгуіне, күйіктердің және микрожарықтардың түзілуіне, жоңқаның өздігінен тұтануына және 1 м³ ауадағы концентрациясы 50 г-нан жоғары және 33 °С-тан жоғары қыздыру кезінде титанның жарылу қаупіне әкеп соғады; ирмелі жоңқаның пайда болуы жоңқа сындыратын құрылғыларды пайдалануға мәжбүр етеді, ол құралдың конструкциясын және кескіш пластиналардың геометриясын күрделендіреді; майлау-суыту сұйығын көп мөлшерде пайдалануға байланысты тоқтап тұр.

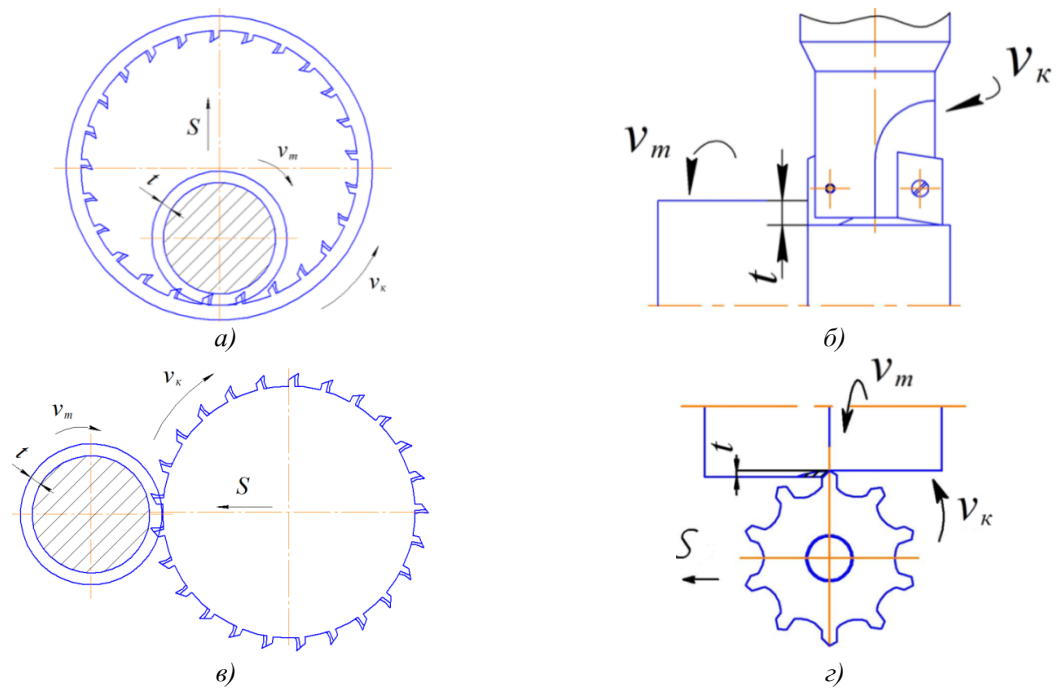
Жоғарыда айтылған проблемалармен күресу тәсілдерінің негізгісі - кесу режимдерін төмендету және майлау-суыту сұйығын көп мөлшерде пайдалану. Нәтижесінде оның өнімділігі жоғарылайды. Металдарды кесумен өңдеуді зерттеу және озық тәсілдерді енгізу, соның ішінде титан қорытпаларын пайдалану машинажасау өнеркәсібінің негізгі мақсаты болып табылады. Машинажасау кәсіпорындарының шығаратын өнімдерінің 50 % айналушы денелер немесе соның конструктивті элементтері бар тетіктері болып келеді. Мұндай тетіктерді жону тәсілімен өңдейді. Бұл әдістің артықшылықтары: практикада оңай жүзеге асатын қарапайым кинематикалық сұлбасы; жабдықтың және құралдың жеңіл әрі тез жөнделуі; өңделетін беттің жоғары сапасы мен дәлдігі.

Кемшіліктері: жоңқаның пайда болуы құралдың беріктігін, өңделетін беттің сапасы мен дәлдігін төмендетеді, процесті автоматтандыруды қиындатады; температураның жоғары болуы өңдеу процесін нашарлатады; өңдеу барысында үлкен кесу күштері пайда болады; үлкен қуатты білдектерді пайдалану қажеттілігі.

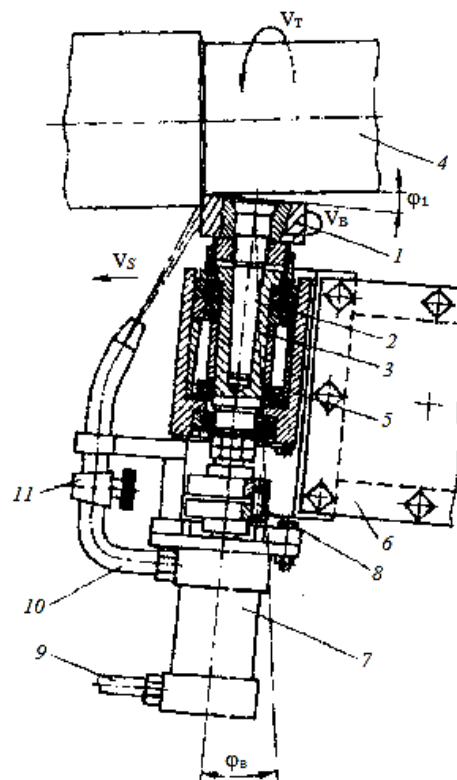
Жоғарыдағы кемшіліктерді жою мақсатында көптісті кесу құралымен (фреза) өңдеудің жаңа сұлбалары пайда болды. Фрезерлеуші құралды қолдану арқылы айналушы денелерді жону технологиясын ғылыми зерттеу жұмыстарымен Г. Шпура, Т. Штеферле, В.А. Полетаев, В.Н. Воронов, В.С. Иванов, А.Н. Селиванов және т.б. ғалымдар айналысқан. Олар өз жұмыстарында негізі кинематикалық өңдеу сұлбасын, кесуші құралдың беріктігін, жоңқаның түзілуін, өңдеу процесінің динамикалық моделін қарастырған. Барлық зерттеу жұмыстарын жүргізуде қатты қорытпа мен тезкесуші болаттан жасалған стандарт кесуші құралдар (фрезалар) қолданылған. Зерттеулер әдетте конструкциялық болаттарды өңдеу арқылы жүргізілген. Тек А.Н. Селиванов ғана өз ғылыми-зерттеу жұмыстарын фрезерлеу-жону құрамалы әдісімен титан қорытпасын өңдеу бойынша орындаған. Оның зерттеу жұмыстарының негізгі мақсаты айналушы денелер типтес бөлшектерді фрезерлеп жону әдісімен өңдеудің өнімділігін және сапасын жоғарылату болды [1].

А.Н. Селиванов сандық модельдеу арқылы фрезерлеу-жону құрамалы әдісінің ең оңтайлы өңдеу сұлбалары ретінде 1-суретте берілген сұлбаларды көрсетті [2].

Қарпып фрезерлеу әдісімен білікті өңдеу арнайыландырылған құрал-жабдықтарды қажет етеді. Шеңберлі фрезерлеу сұлбасы үлкен габаритті білікті өңдеу кезінде қолданылады. Өңделетін дайындама диаметрі үлкейген сайын, үлкен диаметрлі фреза қолдану қажет болады. Бұл шеңберлі фрезерлеу операциясының өзіндік құнының артуына алып келеді. Мұндай кезде фрезерлеп жону және айналушы кескішпен кесу сұлбаларын қолдану ұсынылады. Соның ішінде фрезерлеп жону үлкен өнімділік пен озық өңдеу сұлбасы екені анықталған [2]. Фрезерлеп жонуды әмбебап және бағдарламалық басқарылатын токарлы білдектерде орындау үшін өзі айналатын бүйір жонғыштарды қолдану тиімді [3,4]. 2 – суретте фрезерлеп жону процесі көрсетілген [4].



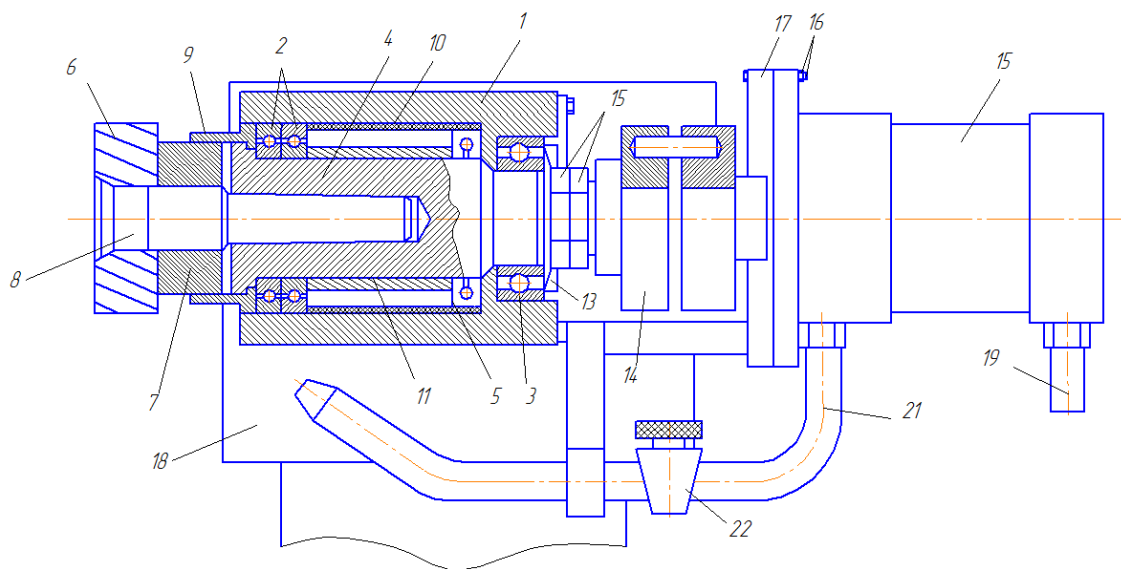
1-сурет - Фрезерлеу-жону құрамалы әдісінің ең оңтайлы өндеу сұлбалары: *a* - карпып фрезерлеу сұлбасы; *б* - фрезерлеп жону сұлбасы; *в* - шеңберлі фрезерлеу сұлбасы; *г* - айналушы кескішпен кесу сұлбасы



2-сурет – Фрезерлеп жону процесі

Айналдырықта 5 орналасқан жақтауға 2 бекітілген конус сағалы жонғыш 1 v_T жылдамдықта айналып тұрған дайындамадан 4 v_ϕ жылдамдықта қозғалысқа келтіріледі. Айналдырық білдектің суппортында орналасқан кескіш ұстатқышқа 6 бекітілген домалау мойынтіректерінде қорапқа 5 бекітілген. Кескіш ұстағыш ρ_ϕ бұрышына бұрылады және v_S берілісімен бойлай жылжиды. Жонғыштың айналу жылдамдығы айналдырық 3 тірегінің кедергісіне және кесу күшіне тәуелді. Айналатын жонғыштың кедергісін арттыра отырып, кесу жылдамдығын да жоғарылатуға болады. Кесу энергиясын тиімді жұмысқа жұмсаған жөн, мысалы МСС беру үшін. Осы мақсатта құрылғыда сорғы 7, муфта 8 айналдырығымен қосылған ротор орнатылған (2-сурет).

Сондай-ақ бұл өнертабыстың [3] мақсаты - өздігінен айналатын жонғышпен өңдеу кезінде өнімділікті арттыру және электр энергиясына кететін шығынды азайту. Қойылған мақсатқа жоғары қысымды сорғымен жабдықталған роторы айналдырыққа жалғанған арнайы айлабұйым арқылы қол жеткізіледі (3-сурет). Мойынтіректердегі саңылауларды жою және дірілді болдырмау үшін олардың сыртқы сақиналары серіппелердің астында орналастырылған. 3-суретте жоғары қысымды сорғымен жабдықталған арнайы айлабұйым көрсетілген [3].

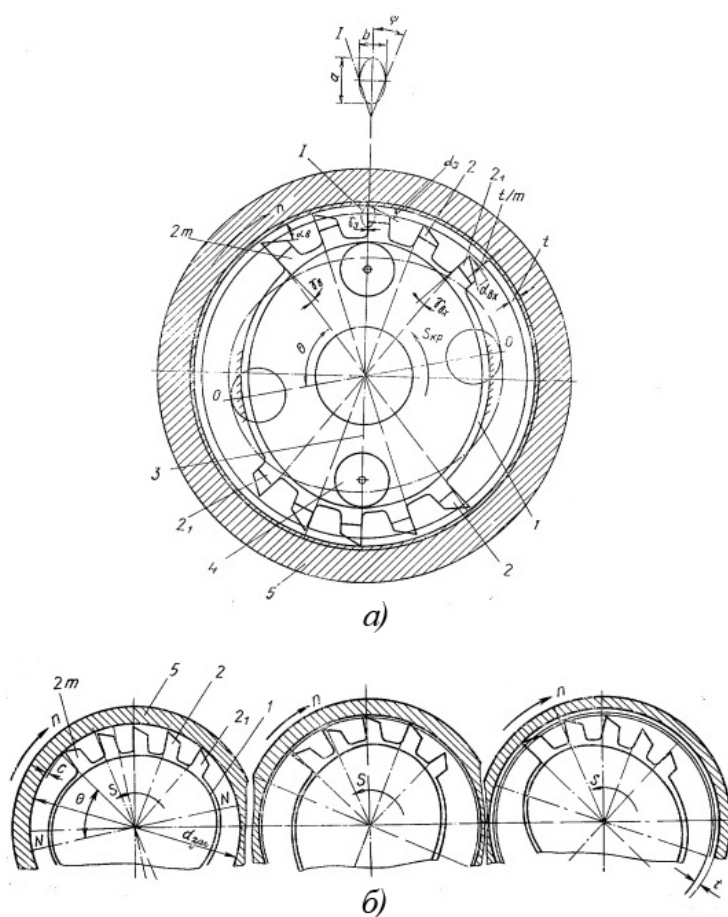


3-сурет - Жоғары қысымды сорғымен жабдықталған арнайы айлабұйым

Айлабұйым радиал-тіреуіш мойынтіректерінде 2 және 3 айналдырық 4 орналастырылған призмалық ұстағышы қораптан 1 тұрады. Тіреуіш мойынтірек 5 әбзелдің 8 конустық белдігінде сомынмен 7 тартылған ұсақ еңіс тістері бар жонғышпен 6 берілетін осьтік жүктемені қабылдайды. Мойынтіректердегі 2 саңылауларды дірілдерді жою мақсатында серпімді материалдан жасалған төлкенің 10 көмегімен таңдайды. Сонымен бірге мойынтіректердің сыртқы сақиналарының 2 жылжу күші төлкенің 10 және қашық төлкенің 11 ұзындығымен реттеледі. Айналдырықтың 4 мойынтіректік торапқа бекітілуі және осьтік саңылауларды таңдау сомын және бақылау сомынымен 12 жүзеге асырылады. Мойынтіректер алдыңғы жағынан ілме сомынмен 9, артынан қақпақпен 13 жабылады. Айналдырықтың айналмалы қозғалысы жалғастырғыш 14 арқылы білдектің 18 кескіш ұстағышына, айналдырықтық тораппен бірге пісірілген кронштейнге 17,

бұрамалар және сомындармен бекітілген сорғы роторына 15 беріледі. Майлау-салқындату сұйықтығы сорып алатын түтікше 19 бойымен сорғыға 15 түседі, ол жерде кесу аймағына айдаушы түтікшелермен 21 берілетін жоғары қысымды ағынға 20 айналады. Жонғыштың өзіндік айналу жылдамдығы кранмен 22 реттеледі.

Айлабұйымның жұмысы өңделетін тетікке қатысты қажетті орында жонғышты 6 бекітуді және орнатуды, сонымен қатар тетікпен салыстырғанда сызықтық жылдамдығы 2-8 есеге аз айналатын тетікпен түйісу кезінде өздігінен айналуын қамтамасыз ету болып табылады. Ұсынылып отырған айлабұйым жону білдектерінде біржүзді кескіштерді өнімділігі мен шыдамдылығы айтарлықтай жоғары, сондай-ақ құралдың тозуға төзімділігін біршама арттыратын электр қуатының шығынысыз жоғарықысымды салқындату қамтамасыз етілетін жонғыштарға айырбастауға мүмкіндік береді. Айналушы дене тәрізді тетіктерді өңдеудің тағы бір кешенді әдісі толқынды өңдеу болып табылады [5]. Толқынды өңдеу дайындаманың айналуы мен құралдың толқынды қозғалысымен сипатталады және қозғалыс жылдамдықтарының өзара қатынасына байланысты жону, фрезерлеп жону және фрезерлеуге сәйкес келеді. Бұл тәсілдің мәні келесіде: құрал-саймандық бабканың корпусына қозғалыссыз бекітілген жоғары сапалы болаттан жасалған иілгіш сақинада 1 кескіштер 2 орнатылған (4, а-сурет).



4-сурет – Көпжүзді толқынды өңдеу сұлбасы (а) және құрал қозғалысының кезеңдері (б)

Иілгіш сақина роликтері 4 бар генератормен 5 сопақ түрге деформацияланған. Құрал-сайманды дайындаманың тесігіне енгізу үшін генераторды 5 сақинаның кескіштерден бос аймағына бұру керек. Бұл жағдайда кескіштер дайындаманың ішкі бетінен сопақшаның кіші осіне қатысты орнын өзгертеді. Өңдеу дайындаманың 5 ω_r жиілікпен айналуы және генератордың 3 иілгіш сақина мен 1 кескіштерде қума толқын деформациясын тудыратын ω_r жиілікпен айналуымен орындалады (4,б-сурет). *Толқынды өңдеу кезіндегі кесу процесі иілгіш сақинаның орнына кескіш құрал-сайман, ал қатты сақинаның орнына дайындама орнатылған толқынды тісті беріліске ұқсатылады. Дайындаманың бетінде кескіш жүздердің сырғанауына байланысты кесу жылдамдығы анықталады. Жүздерінің қозғалысының күрделілігіне қарамастан, толқындық өңдеу фасонды кескішпен жонуға сәйкес келеді. Генератордың θ_r бұрылу бұрышымен анықталатын деформацияның жүгіруші толқыны кесуші жүзді тұйық қисық – эллипс бойымен орын ауыстырады (4,а – сурет). Эллипстің үлкен жартылай осі h еркін деформацияланған жағдайда генератордың аунақшалар 4 бойынша радиусы мен иілгіш сақинаның 1 ішкі радиусының айырмасымен анықталады. Кіші жартылай осьтің ұзындығы c деформация толқындарының санына m байланысты болады. Мысалы $m = 2$ кезінде $c \approx h/2$, ал $m = 3$ кезінде $c \approx h/3$.*

Толқындық өңдеудің барлық тәртіптері екі шеткі нұсқалардың арасында болады:

1) иілгіш құрал генераторы қозғалмайды ($\omega_r = 0$), дайындама ω_r бұрыштық жылдамдықпен айналады. Бұл жағдайда дайындама мен кескіштің түйісу орны тесіктің периметрі бойынша орын ауыстырады. Бұлай өңдеу бір-біріне қарама-қарсы орналасқан кескіштермен t тереңдіктегі әдіпті кеңейте жонуға сәйкес келеді және екі толқынды генератор кезінде дайындаманың жарты айналысында орындалады ($m = 2$). Жалпы көріністе m –толқындық генератор кезінде дайындама генератордың бір айналымында $1/m$ айналым жасайды;

2) генератордың ω_r және дайындаманың ω_r бұрыштық жылдамдықтары бірдей. Кесу жүрмейді, тек кескіштер мен дайындаманың түйіскен орындарында $2h$ тереңдікке дейін ойықтар қалыптасады. z -кескіштер тобымен толқындық жону (4,б-сурет) кесу жылдамдығын анықтап беретін бұрыштық жылдамдықпен ω_r және дөңгелек беріс жылдамдығын анықтап беретін генератормен 3 ω_r дайындаманың 5 айналуы кезінде жүзеге асады. Бұрыштық жылдамдықтардың қатынастары $i = \omega_r/\omega_r \geq 10$. Кескіштер оның максималды радиалды жүрісін анықтайтын үлкен өсі $2h$ бар эллипс бойынша орын ауыстырып, дайындамамен кезекпен түйісіп отырады. Бір жүрісте алынатын ең үлкен әдіп шамасы $t_{\max} = 2h - \Delta$ (Δ - кескіштерді дайындамаға енгізу үшін жіберілетін ең кіші саңылау).

Қарастырылған айналушы денелер типтес дайындамаларды фрезерлеп жону тәсілдері жону білдегіне арнайыландырылған қарапайым айлабұйымда айналатын құралдың көмегімен жүзеге асырылады. Аталған тәсілдерді өндіріске енгізу тиімділігі қарапайым модернизациялауға кететін шығынның айтарлықтай болмауында, тот баспайтын және ыстыққа берік болаттарды өңдеу кезіндегі жоңқаның қолайлы үгітілуінде, дайындамамен құрал тістерінің тиімді түйісуі нәтижесінде кесуші тістердің шыдамдылығының артуында және өнімділіктің орташа 1,5-1,8 есеге артуында болып табылады.

Металл өңдеудің әлі игерілмеген, ең мәнді қорлары кинематикалық-технологиялық белгілерінің өзгеру дәрежесіне қарай бір тәсілден келесісіне көшуді белгілейтін кесу тәсілдерінің өзара байланысынан ашылады. Бұл өзара байланыс классикалық тәсілдерді жетілдіруге және жаңа кешенді тәсілдерді жаратуға мүмкіндік береді [4].

«Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандартизация» кафедрасында «Қатты қорытпалы құралдық материалды құрылымдық болатқа ауыстыруға мүмкіндік беретін импульстік салқындатумен қиын өңделетін материалдарды термофрикциялық өңдеу технологиясын жасау» (договора № 723 от 12.02.2015 г. и № 336 от 13.05.2016 г.) тақырыбында гранттық жоба орындалып жатыр және осы тақырыпты орындау аясында арнайы кесуші құрал – фрикциялық жонғышты қолдану арқылы фрезерлеп жонудың қиыстырылған тәсілін эксперименттік зерттеулер бойынша жұмыстар жүргізілді. Жасалынып жатқан тәсілдің негізгі ерекшеліктерінің бірі құралдық емес болаттан жасалған арнайы фрикциялық жонғыштың қолданылуы болып табылады. Аталған тәсілді зерттеу мен жасау үшін аз жылдамдықтағы термофрикциялық өңдеудің ресурсүнемшіл тәсілдерін жарату бойынша авторлар тарапынан алынған нәтижелер негіз болды [6, 7].

Бұдан мынандай қорытынды жасауға болады:

1. Жоғарыда айтылған мәселелер өнімділікті және қиын өңделетін материалдардан жасалынатын тетіктерді өңдеу сапасын жоғарылату үшін механикалық өңдеудің үнемшіл және жоғары сапаны қамтамасыз ете алатын әдістерін жаратуды талап етеді.

2. Айналушы дене тәрізді тетіктерді фрезерлеу және фрезерлеп жону әдісімен өңдеу процестерінің өте аз зерттелгендігі, сондай-ақ бұл бағытта жасалған бар жұмыстардың көбінесе теориялық сипатқа ие екендігі мәлім болды. Ал бұл таңдалған ғылыми бағыттың өзекті екенін дәлелдейді.

Әдебиеттер

1. Селиванов А.Н. Обеспечение качества обработки валов из титановых сплавов методом высокоскоростного фрезерования и фрезоточения / А.Н. Селиванов, Т.Г. Насад // Вестник Саратовского гос. техн. ун-та. – 2010. – № 3 (46). – С. 55–61.
2. Селиванов А.Н. Повышение производительности и качества обработки тел вращения из титановых сплавов методом высокоскоростного фрезерования и фрезоточения: Дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07, 05.02.08. – Саратов, 2011. – 141 с.: ил. РГВ ОД, 61 12-5/1050.
3. А.с. № 859053 СССР, кл. В23С7/02 / Н.В. Азенко. – Оpubл. 30.08.81, Бюл. № 32.
4. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Б-ка технол. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.
5. А.с. № 389891 СССР, кл. В23В27/00 / Ю.М. Ермаков, Ж.Ш. Патладзе. – Оpubл. 11.07.73, Бюл. № 30.
6. Инновационный пат. № 22998 РК. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения / К.Т. Шеров, Д.Е. Аликулов, К.И. Имашева и др. – Оpubл. 15.10.2010, Бюл. № 10.
7. Инновационный пат. № 25649 РК. Способ термофрикционной режущо-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения / К.Т. Шеров, Т.М. Бузауова, А.К. Шеров и др. – Оpubл. 16.04.2012, Бюл. № 4.

Получено 4.08.2016



УДК 691.58.691.587

А.А. Шомантаев, К. Байтасов, У.Б. Абдикерова

Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В гидротехническом строительстве основными материалами служат: бетон, железобетон, металл, дерево, камень, различные грунты, а также специальные виды материалов - битумные, полимерные, тканевые и резинотканевые, хорошо работающие в агрессивной водной среде.

При статических и динамических нагрузках на гидротехнических сооружениях вышеуказанные материалы должны обеспечить прочность сооружений, их элементов и узлов в течение расчетных сроков эксплуатации, стойкость сооружений против разрушающих воздействий окружающей среды с учетом климатических условий, периодического смачивания и высыхания, замораживания и оттаивания поверхности сооружений, а также от агрессивного воздействия воды и истирающего действия наносов [1].

Нефтебитуминозные породы (НБП) по своим свойствам приближаются к нефтяным битумам, и мировые запасы их составляют 630-1050 млрд т в перерасчете на углеводородную часть, а в Республике Казахстан - 15-20 млрд т [2].

НБП объединяют большую группу родственных нефтяным соединений, являющихся продуктами гипергенных, контактно-метаморфических, деасфальтизационных фазовомиграционных превращений нефти. Образование битумосодержащих пород приурочено к выходам нефти из глубинных пластов и пропитке его песчаных и глинистых грунтов или сбору её в пониженных местах рельефа в виде нефтяных озер, которые в последующем были засыпаны песками. Под действием атмосферных факторов: температуры, света, воздуха, легкие компоненты нефти испарились, ее физические и химические свойства изменились, что сопровождалось нарастанием вязкости нефти, её окислением и переходом в природный битум. Месторождения битуминозных пород с поверхности представлены плотными песками, пропитанными твердым природным битумом [3].

В настоящее время известны ресурсы НБП и высоковязких нефтей (ВВН) в США, Канаде, Венесуэле, Иране, Мадагаскаре. На территории СНГ основные скопления нефтебитуминозных пород расположены в Республике Татарстан, Сибири, Башкортостане, в Автономной Республике Коми.

Основные запасы НБП в Казахстане сосредоточены на западе: в Актюбинской, Мангыстауской и Атырауской областях. Основная часть их залегает на небольшой глубине и имеет выход на дневную поверхность. Наибольший практический интерес для производства холодной мастики представляют НБП месторождений Иман-Кара, Мартук, Беке и Донгелексор. Содержание битума в НБП составляет 18-21%.

Исходя из вышеизложенного, учеными нашего университета под руководством академика Бишимбаева В.К. были разработаны составы и технология производства холодной мастики на основе НБП и отходов химической промышленности для устройства уплотнения деформационных швов облицовок канала бетонными плитами сборной и монолитной конструкций.

Холодные мастики относятся к реологически сложным, твердообразным, пластично-вязким или упруго-пластичным системам, для которых характерны прочные и вязкостные свойства.

Основные технологические и эксплуатационные качества мастик: легко наносятся на соответствующую поверхность равномерной толщины, не расслаиваются и легко перемешиваются по коммуникациям и разбрызгивающим устройствам в расплавленном состоянии, обладают эластичностью и упругостью при низких температурах.

Степень разрушения структуры мастик и их склонность к разрушению при механическом воздействии дает отношение η_0/η_m , где η_0 - наибольшая предельная вязкость неразрушенной структуры; η_m - наименьшая вязкость предельно разрушенной структуры. Степень структурообразованности системы характеризуется разностью $\eta_0 - \eta_m$. В этой связи академиком Бишимбаевым В.К. и профессором Нармановой Р.А. были изучены реологические свойства составляющих компонентов прогнозируемых составов мастик на основе битума марки БН 90/10, НБП месторождений «Иман-Кара» и «Мортук», атактического полипропилена (АПП) в роли структурирующих добавок и разжижающей легкой пиролизной смолы (ЛПС), а также изучены процессы образования и разрушения структур систем: «Б:ЛПС»; «Битум НБП:АПП»; «Б:АПП»; «Б:НБП»; «АПП:ЛПС»; «Б:НБП:ЛПС»; «Б:АПП:ЛПС»; «НБП:Б:АПП:ЛПС», и использовано влияние отдельных факторов на склеивающую способность и прочность системы. Изучение структурно-механических свойств позволило научно обоснованно управлять свойствами материалов и выбрать оптимальный состав мастик [4].

На приборе «Реотест 2» определены структурно-механические характеристики органической части НБП, битума БН-90/10, АПП и ЛПС по схеме чистого сдвига при температурах 20 °С; 60 °С и 90 °С. В результате получены полные реологические кривые текучести $\lg D = f(P)$ и $\lg \eta = f(P)$, позволяющие определить реологические характеристики для описания структурно-механических свойств исходных компонентов (рис. 1)

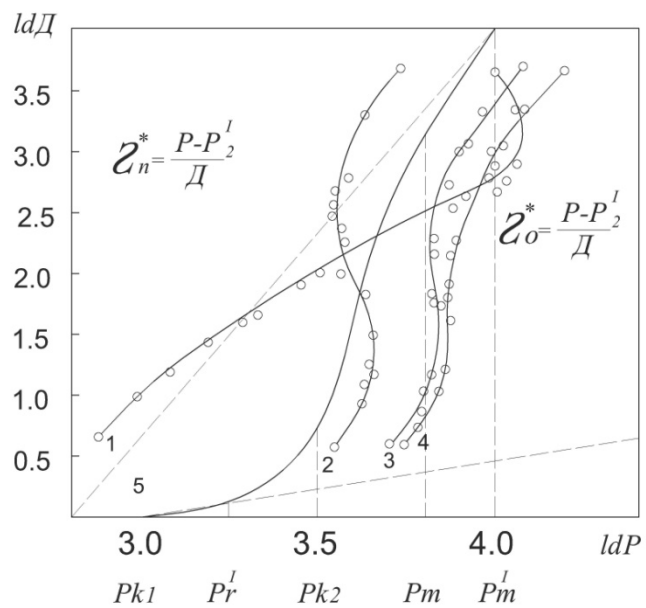
Вязкостные характеристики битума БН 90/10 при температуре 90 °С имеют вязкость неразрушенной структуры $\eta_0 = 751 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и вязкость полностью разрушенной структуры $\eta_m = 1,23 \text{ Па} \cdot \text{с}$, а при температуре 20 °С вязкостные характеристики не были получены из-за высокой вязкости (рис. 1).

Органическая характеристика НБП месторождения «Иман-Кара» при температуре 20 °С имеет вязкость неразрушенной структуры $\eta_0 = 590,1 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и полностью разрушенной структуры $\eta_m = 14,5 \text{ Па} \cdot \text{с}$, «Мортук» - $\eta_0 = 471,3 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и $\eta_m = 11,7 \text{ Па} \cdot \text{с}$.

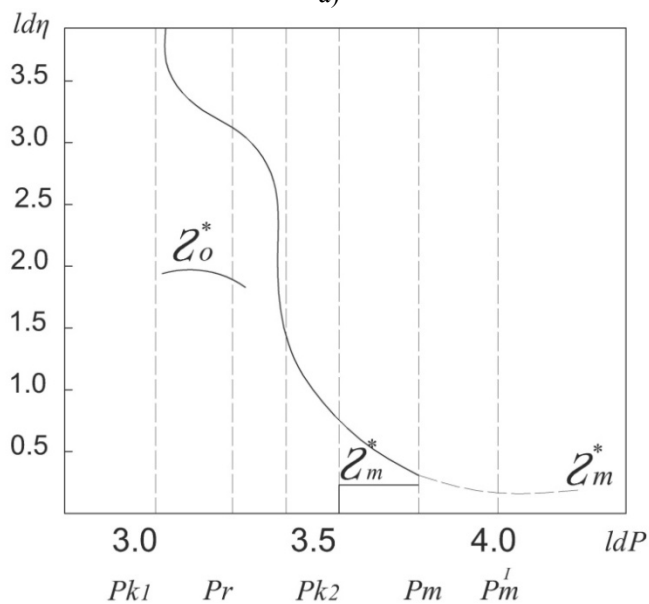
При температуре 90 °С органическая часть НБП месторождений «Иман-Кара» и «Мортук» имеет вязкости соответственно $\eta_0 = 31 \text{ Па} \cdot \text{с}$ и $\eta_m = 2,8 \text{ Па} \cdot \text{с}$, так как при высокой температуре полностью разрушается структурная сеть, и вязкость представляет собой Ньютоновскую жидкость.

При сравнении вязкостных характеристик битумов НБП видно, что месторождение «Иман-Кара» имеет более высокие структурно-механические показатели, чем битум НБП месторождения «Мортук». Это связано с отличием группового состава битумов НБП, так как в органической части НБП месторождения «Иман-Кара» асфальтенов содержится 12,5 мас.%, в «Мортук» - 2,0 мас.%, содержание масел составляет соответственно 51,1 и 68,6 мас.% [5].

Известно, что увеличение количества масел снижает вязкость битума, а с увеличением количества асфальтенов в битуме повышается вязкость и теплоустойчивость [6].



а)



б)

Рисунок 1 - Реологические кривые текучести твердообразных структурированных дисперсных систем: а - скорость сдвига (1 - битум НБП при 90 °С; 2, 3 - полимервяжущее с содержанием АПП 16,6 и 50%, соответственно; 4 - нефтяной битум БН 90/10 при 60 °С; 5 - твердообразная структурированная дисперсная система); б - вязкость

В отличие от битума НБП АПП имеет более высокую степень структурированности, и вязкость его при температуре 90 °С составляет $\eta_0 = 114,6 \text{ Па} \cdot \text{с}$, $\eta_m = 1,35 \text{ Па} \cdot \text{с}$, что позволяет использовать его в качестве структурирующей добавки, упрочняющей структуру битума НБП.

Таким образом, реологические исследования авторов позволили охарактеризовать структурно-механические свойства битума в органической части НБП месторождений «Иман-Кара» и «Мортук», АПП и ЛПС, используемых в качестве составляющих компонентов предлагаемых составов мастик.

Оптимальные составы холодной мастики на основе НБП месторождений «Иман-Кара» и «Мортук»:

- «Иман-Кара»: битум БН-90/10 - 23,12%; НБП - 53,93%; АПП - 7,62%; ЛПС - 15,33%.
- «Мортук»: битум БН-90/10 - 26,94%; НБП - 43,06%; АПП - 15,0% и ЛПС - 15%.

ЛПС в мастике увеличивает склеивающую способность композиции. АПП улучшает свойства мастики: вязкость, упругость, теплостойкость. На рис. 2 приведены полные реологические свойства мастики при температуре 90 °С.

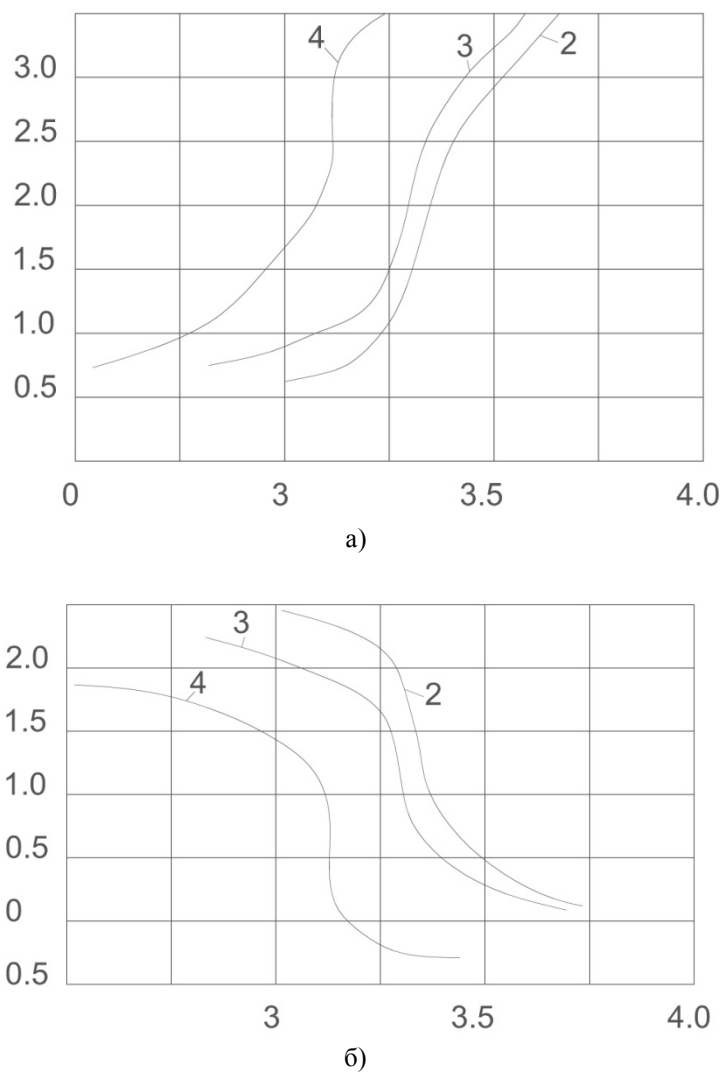


Рисунок 2 - Полные реологические кривые течения мастики при температуре 90 °С:
а - степень разрушения структуры; б - вязкость

Как видно из рис. 2, полученные реограммы, имеющие S-образный характер, указывают на структурированное состояние мастики. Значение пределов упругости, вязкости при температуре 20 °С свидетельствует о степени структурированности мастик. Повышение граничных напряжений (P_{κ_1} и P_{κ_2}) с увеличением содержания АПП свидетельствует о наличии прочных коагуляционных связей в системе, то есть упрочняет структуру.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующий вывод: предложенные авторами оптимальные составы мастик, в которых значительное количество дефицитного битума заменено НБП (деформативные характеристики их находятся на требуемом уровне ГОСТа, а сама мастика по свойствам соответствует марке 100), представляют наибольший практический и экономический интерес. Это позволяет с уверенностью рассматривать разработанные составы мастик на основе НБП как наиболее перспективный материал для гидроизоляции водонепроницаемых покрытий гидротехнических сооружений и деформационных швов, облицовок каналов бетонными плитами сборной и монолитной конструкций.

Список литературы

1. Нарманова Р.А. Гидротехнический асфальтобетон на основе нефтебитуминозных пород Западного Казахстана: составы, свойства, применение. – Кызылорда: Тұмар, 2014. – 201 с.
2. Бочаров В.С. Техника и технология добычи и транспортировки / В.С. Бочаров, Н.К. Надиров, М.П. Кривцов и др. // Нефтебитуминозные породы. – Алматы: Наука, 1987. – 103 с.
3. Рыбьев М.А. Технология гидроизоляционных материалов / М.А. Рыбьев, А.С. Владычин, Е.П. Казеннова. – М.: Высшая школа, 1991. – 287 с.
4. Шаухаманов Н.С. Разработка состава и технологии производства холодной мастики на основе нефтебитуминозных пород и отходов химической промышленности: дис. – Кызылорда, 2000. – 129 с.
5. Бишимбаев В.К. Физико-химические свойства НБП месторождений «Иман-Кара», «Мортук», «Есежал» / В.К. Бишимбаев, Б.С. Ахметжанов, А.В. Нурлыбекова и др. – М.: ВИНТИ, 1991. – № 2 (232). – 91 с.
6. Руденская М.М. Органические вяжущие для дорожного строительства / М.М. Руденская, А.В. Руденский. – М.: Транспорт, 1984. – 229 с.

Получено 15.08.2016



УДК 628.511

М.Ф. БогатыревВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**А.М. Богатырев**

ДГП «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск

**ТЕХНИКА УЛАВЛИВАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ:
СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ**

Большинство промышленных газов, помимо твердой взвеси, содержат газообразные компоненты, являющиеся токсичными веществами, а некоторые из них представляют исходное сырье для получения продукции (например сера диоксид - для получения серной кислоты, жидкого сернистого ангидрида или элементарной серы). Поэтому, как для исключения их негативного воздействия на ОС и снижения содержания в атмосферном воздухе до допустимого уровня, так и для получения товарной продукции, необходимо осуществлять улавливание из газов химических газообразных веществ.

Газы можно очищать от газообразных примесей тремя методами:

- поглощением при промывке газов жидкостями - абсорбцией; иногда газы после растворения в жидкости вступают в химическую реакцию или с самой жидкостью (водой), или с компонентами, растворенными в ней (например растворенный газ SO_2 может вступить в реакцию с растворенной в воде NaOH), - этот процесс называют хемосорбцией и широко применяют в технике;
- поглощением твердым веществом - адсорбцией;
- превращением газообразных химических примесей при помощи газообразных добавок в твердое или жидкое состояние с последующим выделением полученных продуктов, однако этот метод сложен, так как требует улавливания образующихся мелких твердых или жидких частиц, поэтому его применяют редко.

В химической и металлургической промышленности наиболее распространены методы абсорбции и хемосорбции. При их реализации необходимо создать хороший контакт между газом и жидкостью и подобрать такую жидкость, которая хорошо поглощала бы нужный компонент, но не реагировала бы с другими компонентами газа.

Скорость растворения газа в жидкости зависит от свойств жидкости и газа, способа и поверхности их контакта и степени насыщения жидкости поглощаемым газом. Количество поглощаемого (растворяемого) вещества определяют по формуле [1]

$$M = K \cdot F \cdot \Delta p \cdot \tau, \quad (1)$$

где M - количество поглощаемого вещества, кг; K - коэффициент абсорбции, характеризующий скорость растворения газообразного компонента (коэффициент массопередачи); F - поверхность контакта газа с жидкостью, м^2 ; Δp - движущая сила абсорбции; τ - продолжительность контакта газа с жидкостью, ч.

Поверхностью контакта газа с жидкостью является мокрая поверхность насадки скруббера, поверхность капель распыляемой жидкости или пузырьков барботируемого газа.

Движущая сила абсорбции равна средней разности концентраций поглощаемого газа в газовой смеси и равновесной концентрации этого компонента в газовой фазе соответственно над поглощающим раствором. Движущую силу абсорбции можно также выразить как разность парциальных давлений поглощаемого компонента в газовой фазе и равновесного давления этого компонента над поглотительной жидкостью.

При расчетах движущей силы абсорбции следует учитывать различные виды контакта движущихся газа и жидкости:

- газ и жидкость движутся в одну сторону - параллельный ток или прямоток;
- газ и жидкость движутся в противоположных направлениях - противоток;
- газ движется вдоль неподвижной жидкости - в этом случае концентрация жидкости везде одинакова, но изменяется по мере поглощения компонента из газа.

Два первых вида контакта газа с жидкостью относятся к процессам непрерывным, третий - к периодическому, когда газ поступает непрерывно, а поглотительную жидкость периодически меняют в промывном аппарате. При противотоке лучше используется поглотительная жидкость - она в большей степени насыщается и более полно очищает газ. Прямоток применяют в случаях, когда поглотительная жидкость хорошо растворяет абсорбируемый компонент. Прямоток неэффективен для плохо растворимых газов.

Для осуществления процесса очистки газов от химических газообразных примесей используют различные типы скрубберов, которые называют абсорбционными колоннами.

Рассмотрим некоторые примеры очистки газов от наиболее распространенных химических газообразных примесей.

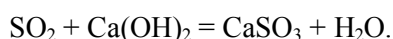
Газы с концентрацией SO_2 более 3,5% эффективно перерабатывают с получением серной кислоты стандартными способами и такие газы условно называют крепкими, а с концентрацией менее 3,5% SO_2 - слабыми [2].

Типовая схема контактного производства серной кислоты состоит из ряда последовательных операций, а именно [3]:

- очистка газов от пыли в системе пылеуловителей из последовательно установленных циклонов и электрофилтра до остаточного содержания 50 мг/нм^3 ($\text{нм}^3 - \text{м}^3$ при нормальных условиях, то есть при 0°C и $101\,325 \text{ Па}$);
- очистка газов от примесей (соединений мышьяка, селена, фтора), снижающих активность ванадиевого катализатора, в системе аппаратов из последовательно установленных первой и второй промывных башен, орошаемых серной кислотой, первого мокрого электрофилтра, увлажнительной башни и второго мокрого электрофилтра;
- осушка газов от паров воды в сушильной башне с последующим улавливанием капель в брызгоуловителе;
- окисление SO_2 до SO_3 в контактном аппарате на ванадиевом катализаторе (ускоритель реакции окисления);
- поглощение SO_3 серной кислотой в последовательных олеумном и моногидратном абсорберах с получением олеума (концентрированная серная кислота, содержащая свободный триоксид серы);
- очистка выбрасываемых в атмосферу газов от брызг и тумана серной кислоты в мокром электрофилтре.

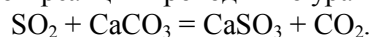
Очистка газов от SO_2 при малой его концентрации возможна несколькими способами, однако широкого применения они пока не находят.

Известковый способ. Содержащие SO_2 газы промывают в скруббере известковым молом (гидратом окиси кальция), которое реагирует с SO_2 по уравнению

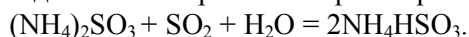


При этом достигают высокой степени очистки газов от SO_2 , но для этого необходимы большие затраты извести. Кроме того, требуется подавать на орошение скруббера большое количество жидкости для того, чтобы насадка скруббера не забивалась образующимися в результате реакции CaSO_3 и гипсом ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Поэтому применяют многократную циркуляцию пульпы.

Иногда вместо извести применяют молотый известняк, что значительно снижает степень улавливания SO_2 . При этом реакция проходит по уравнению



Аммиачный способ циклический. Содержащие SO_2 газы после очистки от пыли, мышьяка, селена и охлаждения до 35-40 °С промывают раствором $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$ по реакции



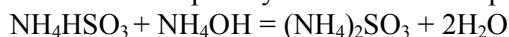
Полученный раствор бисульфита аммония нагревают до кипения для проведения реакции в обратном направлении с получением сульфита аммония и выделением SO_2 высокой концентрации, который используют для получения элементарной серы, серной кислоты или других ценных продуктов. Для удобства перевозок SO_2 переводят в жидкое состояние при давлении 20-30 Н/см² (2-3 ат) и охлаждении до -15 °С. Полученный после отгонки SO_2 раствор сульфита аммония охлаждают и используют для улавливания SO_2 .

Хотя поглотитель возвращают в процесс, он частично теряется (пролив, унос с газами в виде брызг) и частично переходит в $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - сульфат аммония, который необходимо выводить из цикла, а взамен в цикл вводить аммиак для получения свежего $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$. В качестве поглотителя предложены различные реагенты: сульфит аммония, сернокислый алюминий, ксилидин, пиридин, этаноламин и др. Наилучшие показатели достигнуты при использовании сульфита аммония.

Аммиачный способ нециклический. Содержащие SO_2 газы промывают раствором сульфита аммония. Половину полученного бисульфита аммония обрабатывают кислотой (серной, азотной, фосфорной) с выделением концентрированного SO_2 (используют как и в предыдущем способе) и получением соответствующей аммонийной соли (используют в качестве удобрения) по реакции

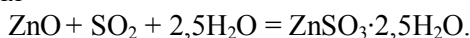


Половину бисульфита аммония нейтрализуют аммиаком по реакции



и полученный сульфит аммония применяют для улавливания SO_2 из газов. Полученные при очистке газов растворы бисульфита или смеси сульфита и бисульфита аммония можно перерабатывать и другими способами, но при этом значителен расход кислот, аммиака и пара.

Цинковый способ. Очищенные от пыли газы промывают пульпой, содержащей ZnO . При этом проходит реакция



Образующийся $\text{ZnSO}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ остается в твердой фазе, которую отделяют от жидкости фильтрацией или центрифугированием. Отфильтрованные кристаллы $\text{ZnSO}_3 \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ нагревают до температуры 350 °С для разложения на SO_2 , ZnO и H_2O . Концентрированный SO_2 используют для получения элементарной серы, серной кислоты или других ценных продуктов, а ZnO возвращают для получения поглотительной пульпы.

Этот способ позволяет более полно очистить газы от SO_2 , не требует предварительного охлаждения газов и тщательной их очистки от мышьяка и селена, а также охлаждения поглотительной пульпы.

Магнезитовый способ. При этом способе вместо ZnO используют MgO, однако разложение образующегося при этом MgSO_3 требует более высокой температуры - около 900 °C, что труднее осуществить.

Алюминатный способ. В алюминатном способе очистки газов от SO_2 в качестве поглотителя используют щелочную окись алюминия - $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$.

Диметиланилиновый способ. Метод состоит в том, что диметиланилин $(\text{CH}_3)_2\text{C}_6\text{H}_3 \cdot \text{NH}_2$ обладает большой способностью поглощать SO_2 . Насыщенный сернистым ангидридом поглотитель регенерируют, выделяя концентрированный SO_2 , используемый далее для получения жидкого SO_2 .

Цитратный способ. Преимущество цитратного способа заключается в том, что отработанный поглотительный раствор подвергают регенерации сероводородом с выделением серы в элементарной форме (товарный продукт).

Фосфатный способ. В качестве поглотителя SO_2 используют фосфатный буферный раствор, который в отличие от воды позволяет поддерживать стабильную pH среды в циркулирующем поглотительном растворе.

Сульфит-бисульфитный способ. Этот способ основан на использовании в качестве поглотителя SO_2 водного щелочного раствора.

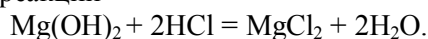
Водный способ. В качестве поглотителя SO_2 применяют холодную морскую воду, закачиваемую с глубины 14 м. При температуре воды 11 °C степень абсорбции SO_2 достигает 98%. При десорбции отработанного раствора выделяется концентрированный сернистый ангидрид, который используют для производства жидкого SO_2 .

Очистить газы от оксидов азота можно промывкой растворами окислителей - KBrO_3 , KMnO_4 , H_2O_2 , но реагенты дорогие. Возможно термическое разложение NO с выделением O_2 и N_2 в присутствии кокса при температуре около 1000 °C. Возможно также термическое разложение оксидов азота при смешивании газов с NH_3 при температурах менее 250 °C в присутствии катализаторов на основе оксидов ванадия и марганца. Следует отметить, что эти методы сложные и дорогие.

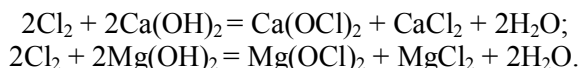
Наиболее простой метод очистки газов от CO - сжигание его до CO_2 . Сжигание можно осуществлять при температуре около 1000 °C, при этом можно организовать утилизацию тепла, выделяемого при сжигании. Процесс проводят обычно в присутствии катализаторов, содержащих медь и другие металлы. Очистку газов от CO можно осуществлять промывкой его медно-аммиачным раствором. Процесс протекает медленно, и обычно его применяют в производствах, где давление газа составляет сотни атмосфер.

Для улавливания из газов HCl их промывают в скруббере водой с получением соляной кислоты, что целесообразно, если кислота будет получаться стандартной, то есть содержащей 27 % HCl. Это возможно, если содержание в газах HCl больше 1,87 % и жидкость в процессе поглощения не нагревается выше 40 °C.

При растворении HCl в воде выделяется большое количество тепла, поэтому при улавливании HCl для получения концентрированной соляной кислоты требуется отводить тепло, для чего газы пропускают последовательно через несколько абсорберов, в которых жидкость и газ движутся противотоком. Кроме этого, в скрубберных установках в циркуляционных баках устанавливают змеевики для охлаждения жидкости. В случае очистки газов с малой концентрацией HCl слабый раствор соляной кислоты перед спуском в канализацию необходимо нейтрализовать известью, известковым молоком или щелочами. В этом случае поглощать HCl целесообразно не водой, а водной суспензией извести в безнасадочном скруббере. На магниевых заводах для улавливания HCl используют гидрат окиси магния по реакции



Для очистки газов от хлора наиболее часто применяют промывку газов в скруббере известковым молоком или суспензией окиси магния. Улавливание хлора происходит по реакциям:



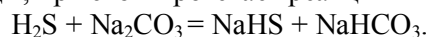
Для более полного поглощения хлора требуется содержание свободной извести (в пересчете на CaO) в орошающей жидкости не менее $10\text{--}20 \text{ г/дм}^3$. Полученный раствор содержит $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ или $\text{Mg}(\text{OCl})_2$, который перед сбросом в отвал следует подвергнуть дополнительной обработке для разложения этих соединений. Разложение гипохлорита можно осуществлять соляной кислотой или нагревом с катализатором - солями меди и никеля.

На криолитовых заводах и для очистки газов электролизных ванн алюминиевого производства после предварительной очистки газов от пыли в электрофилтре фтористый водород улавливают водой при промывке газов в скруббере с получением плавиковой кислоты или раствором какой-либо щелочи (содой) с получением NaF .

При поглощении HF водой его полное улавливание не достигается, поэтому этот способ используют тогда, когда требуется получить плавиковую кислоту. Для этого поглощение HF осуществляют в четырех или пяти последовательных скрубберах, при этом первый скруббер орошают наиболее крепкой кислотой и из него получают готовую продукцию. Последний скруббер орошают слабой 3-5 %-ной кислотой и в этот скруббер подают свежую воду, а из него избыточную жидкость переливают в предпоследний скруббер и т. д. При поглощении HF водой выделяется значительное количество тепла, поэтому перед подачей на орошение жидкость охлаждают в погружных змеевиках-холодильниках (чтобы исключить повышение температуры жидкости, так как при этом возрастает упругость паров HF над жидкостью и улавливание HF снижается). Скрубберы и всю коммуникацию для исключения растворения в слабой плавиковой кислоте выполняют из свинца, насадку в скрубберах — из угольных плит или колец. При поглощении HF раствором соды получаемый раствор NaF используют для получения криолита - Na_3AlF_6 . В этом случае достаточно пропускать газ через один скруббер. Улавливание кремнефтористого водорода (H_2SiF_6) осуществляют аналогично.

В случае относительно высокой концентрации паров ртути их можно сконденсировать при охлаждении газов. Образующийся при этом туман улавливают в электрофилтре. При низкой концентрации паров ртути их можно улавливать сухими поглотителями - активированным или хлорированным углем, а также пиролюзитом (марганцевой рудой).

Наиболее часто из известных методов для очистки газов от сероводорода применяют их промывку раствором соды, при этом протекает реакция



Полученный раствор можно регенерировать продувкой через него CO_2 при кипячении.

Для очистки газов от фосгена их промывают горячей водой или растворами щелочей, однако процесс протекает медленно и полная очистка не достигается. Наиболее полная очистка газов от фосгена достигается при их сжигании при температуре около 800°C в присутствии водяных паров.

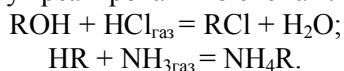
Помимо абсорбционных способов очистки газов от газообразных примесей применяют адсорбционные способы. Адсорбцией называют процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газообразной смеси поверхностью твердого поглотителя - адсорбента. Процесс адсорбции отличается от ряда других диффузионных процессов тем, что он происходит на поверхности твердого пористого тела (сорбента), где ненасыщенные поверхностные силы вступают во взаимодействие с силовыми полями адсорбируемых мо-

лекул. Адсорбция всегда сопровождается выделением теплоты в зависимости от характера взаимодействия адсорбированных молекул с поверхностью. Различают физическую (обратимую) и химическую (необратимую) адсорбцию [4]. Для адсорбционной очистки газов применяют пористые адсорбенты: активированный уголь, силикагель и цеолиты с высокой адсорбционной активностью и сравнительно легко регенерируемые.

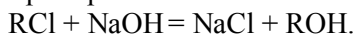
Процесс адсорбции осуществляют в аппаратах различного принципа действия и конструкций. Используют адсорберы периодического действия полочного многосекционного типа с неподвижными слоями адсорбента и с перемещающимися по окружности слоями, в котором в одном корпусе совмещены стадии адсорбции и десорбции, а также адсорберы непрерывного действия со взвешенным слоем адсорбента. Различают аппараты колонного типа с провальными тарелками и переточными устройствами на тарелках [5].

Для очистки газов от газообразных примесей используют также способ превращения их в твердое состояние в виде аэрозоля, который затем улавливают в пылеулавливающих аппаратах. Для этого в газ добавляют другой газ, содержащий компонент, вступающий в реакцию с газообразной примесью с образованием аэрозоля. Например, для очистки газов от SO_2 добавляют NH_3 , при этом в присутствии водяных паров (при низких температурах) образуется аэрозоль из $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$, который улавливают в электрофилт্রে или рукавном фильтре.

Для очистки газов от газообразных компонентов применяют также иониты, представляющие собой твердые нерастворимые в воде полимерные материалы, обладающие свойствами кислот, щелочей и солей. Формула их - HR или ROH (R означает полимерное состояние вещества). Иониты могут реагировать по схемам:



Иониты могут избирательно улавливать тот или иной кислый или щелочной компонент из газовой смеси. Получаемую при этом солевую форму ионита регенерируют промывкой слабым (5 %) раствором кислоты или щелочи соответственно для перевода ионита в первоначальную форму, например по схеме:



Иониты применяют в виде слоя зерен размером 0,3–2 мм или в виде волокнистого материала с диаметром волокон от 5 до 36 мкм. В основном этот способ применяют для очистки малозапыленных низкотемпературных вентиляционных газов.

Аппаратурное оформление процессов ионообменной очистки газов аналогично оформлению других сорбционных процессов: абсорбции, адсорбции, десорбции. Применяют ионообменные аппараты периодического, непрерывного и полунепрерывного действия с неподвижным, движущимся и взвешенным слоем ионита.

Ионообменные колонны периодического действия могут работать в виде батареи колонн в ионообменных установках непрерывного действия, как и адсорберы. Полный цикл работы такой колонны включает стадии:

- ионообмена, то есть поглощения примесей из проходящего через аппарат газового потока активными ионогенными группами ионита;
- отмывки ионита от механических примесей;
- регенерации ионита, то есть приведения ионита в состояние, предшествующее очистке;
- отмывки ионита от регенерирующего раствора.

Ионообменные аппараты непрерывного действия могут работать со взвешенным и движущимся слоями ионита в ступенчато-противоточных аппаратах с тарелками различных конструкций.

Уровень современного развития техники улавливания газообразных компонентов достаточно высок и в принципе позволяет достичь любой степени очистки газов, которая ограничивается только затратами. Однако присущие технологиям и технике недостатки (большой объем образующейся пылегазовой смеси с неблагоприятными свойствами) и недостатки аппаратов для улавливания газообразных компонентов приводят к необходимости использования многоступенчатых систем газоочистки, состоящих из последовательно установленных пылеуловителей для очистки газов от твердой взвеси и затем из абсорберов, адсорберов или ионитных колонн для улавливания газообразных примесей, что определяет большие затраты.

Поэтому направлениями решения проблемы сокращения выброса в атмосферу загрязняющих твердых и газообразных веществ являются:

1. Разработка и внедрение прогрессивных технологий и оборудования для переработки различного вида сырья с малым выходом газов и пылей.
2. Совершенствование существующих и создание принципиально новых способов и устройств для улавливания газообразных компонентов.
3. Оптимизация и автоматизация работы систем газоулавливания с созданием приборов, работоспособных в агрессивной газовой среде.
4. Организация непрерывного автоматического контроля соблюдения нормативов допустимого выброса с выводом показаний на центральный пульт контроля выброса ЗВ в атмосферу.

Основные тенденции совершенствования техники улавливания газообразных примесей заключаются в следующем:

1. Разработка наиболее эффективных конструкций абсорберов, адсорберов и аппаратов для ионообменной очистки газов.
2. Разработка эффективных комбинированных аппаратов, совмещающих процессы сорбции и десорбции.
3. Исследование и выбор высокоэффективных жидких и твердых сорбентов для различных газообразных примесей и оптимальных технологических режимов их использования.

Список литературы

1. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М.: Изд-во «Химия», 1976. – 268 с.
2. Добросельская Н.П. Утилизация сернистых газов заводов цветной металлургии / Н.П. Добросельская, Н.В. Гудима, Б.Т. Васильев. – М.: Изд-во «Металлургия», 1976. – 160 с.
3. Амелин А.Г. Производство серной кислоты. – М.;Л.: Изд-во «Химия», 1964. – 472 с.
4. Кривошеев Н.П. Основы процессов химической технологии. – Минск: Изд-во «Вышэйшая школа», 1972. – 304 с.
5. Лукин В.Д. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности / В.Д. Лукин, М.И. Курочкина. – М.: Изд-во «Химия», 1980. – 232 с.

Получено 14.07.2016

УДК 628.511

М.Ф. БогатыревВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**А.М. Богатырев, Е.И. Горлова, Т.М. Даниленко**

ДГП «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЫ

Основой системы оценки степени воздействия производственной деятельности предприятия на окружающую среду (ОС) является определение уровня загрязнения компонентов ОС (КОС) и сопоставление его с принятыми нормативами качества КОС. На примере одного из горнодобывающих предприятий рассмотрены методические аспекты исследований почвы в зоне влияния производственной деятельности предприятия.

В контрольных точках на границе СЗЗ отобраны образцы почвы для определения содержания ЗВ в почвенном покрове методами физических, химических и спектральных исследований [1]. Выполнено опробование девяти почвенных площадок (количество контрольных площадок зависит от протяженности границы СЗЗ предприятия и расположения объектов-источников загрязнения ОС), включая фоновую площадку согласно требованиям [2]. Изучение характеристики почвы в зоне влияния производственной деятельности предприятия выполнено в соответствии с рекомендациями [3, 4]. Отбор образцов проб почвы, их хранение, транспортировка и подготовка к анализу осуществлены в соответствии с требованиями [5].

Химический состав почвы определен стандартными методами анализа [6-8]. Валовое содержание меди, свинца, цинка, марганца, кадмия, ртути, никеля, ванадия, фтора и мышьяка в почве определено по методике кислотного разложения высушенных до воздушно-сухого состояния проб почвы с измерением концентрации ЗВ методом атомной спектроскопии. Содержание водорастворимых и подвижных форм химических элементов определено через водную и ацетатно-аммонийную вытяжки [6]. Для оценки степени загрязнения почвы используют коэффициенты концентрации (накопления) и подвижности.

Значение коэффициента концентрации рассчитывают по формуле [9]

$$K_c = \frac{C}{C_{\phi}}, \quad (1)$$

где K_c - коэффициент концентрации i -го ЗВ в почве, единицы; C - среднее значение концентрации i -го ЗВ в почве, мг/кг; C_{ϕ} - фоновое значение концентрации i -го ЗВ в почве, мг/кг.

Коэффициент подвижности K_{II} определяют как отношение содержания подвижной формы ЗВ к их валовому содержанию в почве по формуле [9]

$$K_{II} = \frac{C_{подв.}}{C_{вал.}} \cdot 100, \quad (2)$$

где K_{II} - коэффициент подвижности i -го ЗВ в почве, проценты; $C_{подв.}$ - содержание подвижной формы i -го ЗВ, мг/кг; $C_{вал.}$ - валовое содержание i -го ЗВ в почве, мг/кг.

По степени накопления в фоновой почве ЗВ располагаются в убывающей последовательности $Zn > Cu > Mn > Pb > V$, а по степени подвижности - $Mn > Cd > Zn > Pb > V > Ni > Cu$. По степени накопления ЗВ в почве на границе СЗЗ основного производства можно расположить в ряд: $Pb > V > Zn > Cu > Cd > Ni > Mn$, на границе хвостохранилища и отвала вскрышной

породы - $V > Zn > Ni > Cd > Cu > Pb > Mn$, на границе СЗЗ рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама - $V > Ni > Cu > Pb > Zn > Cd > Mn$.

По степени подвижности ЗВ в почве на границе СЗЗ основного производства можно расположить в ряд: $Mn > Cd > Pb > Zn > Cu > Ni > V$, хвостохранилища и отвала вскрышной породы - $Mn > Cd > Pb > Zn > V > Cu > Ni$, рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама - $Mn > Cd > Zn > Pb > V > Cu > Ni$.

Из этих данных следует, что в фоновой почве аккумулируются в основном медь, цинк, марганец; в почве на границе СЗЗ основного производства - свинец, ванадий, цинк, медь; на границе СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышной породы, накопителя отходов и участка захоронения шлама - ванадий, цинк и никель.

Наибольшее накопление подвижных форм ЗВ (свинец, марганец, цинк и кадмий) наблюдалось в почве на границе СЗЗ основного производства. В почве на границе СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышной породы, накопителя отходов и участка захоронения шлама накапливаются в основном марганец, кадмий и свинец.

Фоновое содержание ЗВ - уровень содержания ЗВ, сравнение с которым позволяет обнаружить превышение его в аналогичных объектах (воздухе, почве, воде, растениях) под влиянием антропогенных факторов.

За фоновое содержание в почве может быть принято количество элемента в погребенной почве, в датированных музейных образцах [10-12]. Кроме этого, могут быть использованы ранее опубликованные сведения о прежнем состоянии исследуемой почвы. В качестве фонового уровня может быть использован региональный средний уровень, а при его отсутствии - кларк или среднемировое содержание элемента в почве.

В таблице приведены данные по пределам содержания ЗВ: диапазону, среднему содержанию, кларкам химических элементов в почве и среднестатистическим данным фонового уровня, полученным нами для данного предприятия ранее.

Фоновый уровень и валовое содержание ЗВ в почве

Загрязняющее вещество	Содержание ЗВ в почве, мг/кг				
	почвы мира			средние статистические данные*	фоновая почва предприятия
	диапазон	среднее содержание	кларк-эталон		
Медь	2–100	30,0	20,0	36,7	37
Свинец	2–200	10,0	10,0	30,0	20
Цинк	10–300	50,0	50,0	93,3	99
Марганец	20–3000	600	850	1100	1100
Кадмий	0,01–0,70	0,06	0,5	–	1,6
Мышьяк	1–50	5,0	5,0	50,0	<300
Фтор	10–4000	200,0	200,0	–	<200
Ртуть	0,01–0,3	0,03	0,01	–	<2,5
Никель	5–500	40,0	40,0	–	50
Ванадий	20–500	100,0	100,0	176,7	100

Примечание. * - результаты ранее выполненных исследований почвы;

- - данные отсутствуют.

Сравнительный анализ свидетельствует о том, что по отношению к среднему содержанию и кларку почв мира почва фоновой площадки содержит повышенные концентрации меди, свинца, цинка, марганца, никеля. Так, на фоновом участке содержание меди превышает среднее содержание меди в почвах мира в 1,2 раза, кларк-эталон - в 1,9 раза,

свинец превышает среднее содержание в почвах мира и кларк-эталон в 2 раза, цинк превышает среднее содержание и кларк-эталон также в 2 раза, марганец превышает среднее содержание в почвах мира в 1,8 раза и кларк-эталон в 1,3 раза, кадмий - в 26 раз и в 3,2 раза, соответственно. То есть в естественных условиях в районе расположения предприятия сложился повышенный природный геохимический фон.

Сравнение существующего фоновый уровня с ранее опубликованными статистическими данными о прежнем состоянии исследуемых почв по трем фоновым площадкам, характеризующим природные условия данного района, свидетельствует о том, что валовая концентрация меди, цинка и марганца находится практически на уровне ранее сложившегося фона, а содержание свинца и ванадия не превышает средних фоновых значений.

В почве на границе СЗЗ основного производства превышение средних статистических данных составило по меди в 1,1 раза и цинку - в 1,3 раза, на границе СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышной породы, накопителя отходов и участка захоронения шлама по меди - в 1,1 раза и цинку - в 1,2 раза. Выявленные превышения содержания металлов незначительны и свидетельствуют об отсутствии аномальных концентраций ЗВ в почве на границе СЗЗ предприятия.

Почва всех исследуемых территорий в соответствии с оценочной шкалой загрязнения почв вредными веществами имеет допустимую степень загрязнения (по валовому содержанию), так как суммарный показатель Z_c [2] изменялся от 1,85 (почва границы СЗЗ рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама) до 2,15 (почва границы СЗЗ основного производства). По подвижным формам ЗВ почва границы СЗЗ основного производства испытывает умеренно опасную техногенную нагрузку ($Z_c=17,4$), почва СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышных пород, рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама - допустимую степень загрязнения ($Z_c= 2,18$ и 5,7, соответственно).

Сравнивая значения Z_c по валовым и подвижным формам можно предположить, что в почве на границе СЗЗ основного производства большая часть ЗВ находится в легкодоступной для растений форме, в то время как для почвы на границе СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышных пород, рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама характерна противоположная тенденция - здесь ЗВ накапливаются преимущественно в неподвижных, фиксированных формах. Эти данные подтверждает коэффициент подвижности элементов K_d , который позволяет оценить способность почвы аккумулировать тяжелые металлы. Согласно этому показателю наибольшей степенью подвижности обладают Mn, Cd, Pb и Zn, особенно наглядно это проявляется в почве на границе СЗЗ основного производства, что и обеспечивает высокое значение суммарного показателя загрязнения. Из-за низкой степени подвижности, особенно Ni, Cu, V, в почвах на границе СЗЗ хвостохранилища и отвала вскрышных пород, рекультивированного накопителя отходов и участка захоронения шлама суммарное загрязнение подвижными формами относительно невелико.

Таким образом, полученные результаты исследований, выполненных с соблюдением указанных факторов, являются исходными данными (базой) для анализа в дальнейшем динамики степени воздействия производства на состояние почвы в зоне влияния предприятия.

Список литературы

1. Перечень методик выполнения измерений содержания компонентов в почвах, внесенных в госреестр Республики Казахстан / Утв. МОС РК № 290-п от 19.09.2006 г.
2. РНД 03.3.0.4.01-96. Методические указания по определению уровня загрязнения компонентов окружающей среды токсичными веществами отходов производства и потребления. - Алматы: Минэкобиоресурсов, 1996. - 144 с.

3. Нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ, вредных организмов и других биологических веществ, загрязняющих почву / Утв. совместным приказом министерства здравоохранения РК № 99 от 30.01.2004 г. и министра охраны окружающей среды РК № 21-п от 27.01.2004 г.
4. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. – Введ. 01.01.1982. – М.: Госстандарт СССР, 1982. – 12 с.
5. ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы. Методы отбора и подготовки отбора проб почвы для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. – Введ. 01.01.1986. – М.: Госстандарт СССР, 1986. – 10 с.
6. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы / Под. ред. Подуновой Л.Г. – М.: Химия, 1993. – 250 с.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов (цинка, меди, кадмия, свинца, кобальта, никеля, ртути) в почвах сельхозугодий и продуктах растениеводства. – М.: ЦИАНО, 1989. – 35 с.
8. Методические указания по фотометрическому определению подвижных форм микроэлементов (молибдена, бора, меди, цинка, марганца, кобальта) в почвах. – М.: ЦИАНО, 1977. – 33 с.
9. Никитина М.В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урбаноландшафтов: Автореф. дис. – Архангельск, 2011. – 22 с.
10. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 277 с.
11. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. – М.: Гидрометеоиздат, 1983. – Ч. 1. – 127 с.
12. Химическое загрязнение почв и их охрана: Слов.-справ. – М.: Агропромиздат, 1991. – 250 с.

Получено 14.07.2016

УДК 635.35.631.53.027

С.С. Лутай, А.О. Лутай, К.Б. Алипина, А.Л. Воробьев, М.С. Данилов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КЕДРОВОЙ ШИШКИ В ВКО

Человечество переживает сейчас такой период времени, когда становится понятным, что человек неотделим от окружающей среды. Охрана природы и улучшение условий жизнедеятельности людей на земле являются первостепенной задачей. Человек всегда будет зависеть от ресурсов биосферы, которые необходимы ему для питания и производства предметов потребления. Человек и биосфера во всей ее совокупности составляют единое целое. Частью биосферы являются лесные экосистемы, или биогеоценозы (биоэкосы), представляющие собой взаимосвязанные сочетания растительности, почвы, воды, тепла, воздуха, животного мира и микроорганизмов [1].

В биосфере одни процессы переходят в другие, в результате образуются новые процессы и состояния твердых веществ, газов, жидкостей, а также новые условия для жизни организмов, новые равновесия. В этих процессах каждый фактор, определяющий это равновесие, тесно связан с остальными. Достаточно незначительного воздействия извне, как равновесие нарушается [2, 3].

Трудно, почти невозможно представить себе леса Восточного Казахстана без разлапистых елей, могучих пихт, кедров и смолистых сосен. Они не только красота и гордость нашего края, но и тот фактор, что удерживает, в частности, водный баланс Иртыша, Убы, Бухтармы, Ульбы [4].

Леса – это самая продуктивная растительная формация региона, обладающая наивысшей интенсивностью биологического круговорота. Если ранее ежегодно на территории

двух лесхозов заготавливалось от 40 000 до 100 000 м³ ликвидной древесины, и значительное место в экономике района отводилось побочным пользованиям: сенокошению, пастьбе скота, пчеловодству, то в настоящий момент основная ценность насаждений национального парка состоит в климаторегулирующем, водоохранном, санитарно-гигиеническом и рекреационном значении [5].

Лесной пояс занимает около 40% территории восточного субрегиона ВКО. Верхняя граница лесных массивов формируется под влиянием факторов тепла и влаги. Пять основных хвойных пород - ель, пихта, сосна, лиственница и кедр - в зависимости от рельефа, климатических и почвенных условий образуют лесной пояс [6].

Между тем восточно-казахстанские леса стареют. Стоит проблема организации глубокой переработки древесины и различных продуктов леса в различные изделия народного потребления. Лесной фонд Восточного Казахстана используется к настоящему времени не более чем на 18,4%. Отсюда и его низкий экономический эффект. В итоге низкий уровень использования леса влечет за собой и низкий уровень платы за древесину на корню, что автоматически ведет к необеспечению финансирования воспроизводства лесных ресурсов.

Решение проблем комплексной переработки растительной биомассы в ценные продукты пищевого и технического назначения особенно актуальны на современном этапе развития современного общества для Восточного Казахстана, так как данный регион обладает достаточной площадью насаждений лесов. Общая площадь Государственного лесного фонда области составляет 3,6 млн га. В Восточном Казахстане сконцентрировано 75% эксплуатационного запаса древесины всего Казахстана. Лесистость области составляет 6,2%. Основными лесообразующими породами являются сосна, пихта, ель, кедр и лиственница [7].

Исследовательские и обзорные статьи по орехам кедра (*Pinus sibirica* Du Tour) до настоящего времени были посвящены преимущественно биохимическим характеристикам его семян, перспективам использования продуктов из них в медицинских, пищевых и технических целях. При этом технологические аспекты производства таких продуктов в научной литературе освещены недостаточно.

Актуальность создания комплексной технологии, ориентированной на переработку кедровой шишки и ореха, обусловлена следующими причинами:

- 1) ядра и скорлупа составляют основную массу семян, и получение из них товарных продуктов делает переработку кедрового ореха практически безотходной;
- 2) основная часть белков, жиров и углеводов ореха сосредоточена в его ядрах, которые используются в качестве продукта питания, сырья для получения кедрового масла и высококалорийной витаминизированной муки;
- 3) скорлупа кедрового ореха является перспективным сырьем для получения активированного угля [8].

Кедровый орех – ценнейший пищевой продукт, который по калорийности, питательности и усвояемости превосходит мясо, хлеб, яйцо, коровьи сливки и др. Из кедрового ореха также можно получать высококачественное кедровое масло, имеющее пищевое и техническое назначение. Для оценки перспектив переработки кедровых орехов в кедровое масло рассмотрим кратко данные по химическому составу кедровых орехов и характеристики масла, получаемого из его ядер [9].

В состав кедровых орехов из органических веществ входят жиры (жирное кедровое масло), азотистые вещества (в основном представлены белками), углеводы (крахмал и сахар), органические кислоты, дубильные вещества, витамины, а также минеральные вещества. В состав скорлупы, помимо клетчатки, входят красящие вещества, лигнин, незначительное количество дубильных веществ, белки и жиры.

Этот орех – богатый источник йода. Исследования доказали, что кедровые орешки являются прекрасным источником калия, необходимого для нервно-мышечной деятельности, а также магния, фосфора и железа, которые помогают противостоять стрессу и способствуют образованию красных кровяных телец. Содержат орехи также небольшое количество клетчатки и фруктозу. Растительный белок кедрового ореха идеально сбалансирован и по составу близок к белкам ткани человека и усваивается организмом на 99%.

Кедровый орех является источником лецитина, необходимого для питания нервных клеток и поддержания активной деятельности мозга и к тому же обладает омолаживающим эффектом, способствует ускорению регенерации клеток. Кроме того, в ядрах кедровых орехов содержится значительное количество минеральных веществ. Установлено, что в семенах кедра присутствуют, как и у других орехоплодных пород, 5 макро- и 14 микроэлементов [10].

Целью данных исследований (на основании проведенного анализа кедровой шишки и ореха) является разработка и в перспективе внедрение в производство безотходной технологии переработки кедровой шишки в условиях Восточного Казахстана, так как данный регион обладает достаточной площадью лесов.

Технология переработки семян кедра – многоступенчатый процесс, в котором применяется широкий спектр оборудования с электрическим приводом и электронагревательными элементами. Технологический цикл переработки кедрового ореха имеет ряд присущих только ему особенностей: оптимальные для сохранения карты питательных веществ и витаминов; температурные и временные режимы сушки ореха кедра и ядра ореха; особенности удаления скорлупы в связи с её высокой прочностью по сравнению со схожими процессами шелушения семян других культур; фракционирование, учитывающее геометрические параметры семени, наиболее важные при дальнейшей обработке.

В технологии кедрового производства имеются резервы совершенствования процесса переработки, его оптимизации и рационализации конструкторских решений при проектировании и изготовлении оборудования, заключающихся в оптимизации методов сушки кедрового ореха и его ядра, рационализации способов фракционирования и отделения скорлупы от ядра ореха.

Для безотходной переработки кедровой шишки в условиях Восточного Казахстана предлагаем в перспективе технологию производства, которая будет реализована по технологической линии, представленной на рис. 1.

Технология безотходной переработки кедровой шишки и ореха включает в себя следующие этапы производства:

1. Сбор шишек в лесу. Используется колот или встряхиватель деревьев. Затем шишка собирается с земли вручную.

2. Шелушение шишки в лесу. Шишки загружаются в шелушильно-веяльную машину, которая очищает семена от остова и шелухи. Процесс шелушения мешка шишки весом 13-15 кг занимает не более трех минут. Выход ореха из шишки составляет 40-50%.

3. Транспортировка ореха в цех. Используется грузовой автомобильный транспорт.

4. Мойка сырья. Используется ванна моечная с перфорированными лотками или лоток из оцинкованного решета.

5. Сушка ореха. Очищенный орех нуждается в сушке, для чего используют сушильную машину. Орех загружают в машину примерно на 10 часов.

6. Фракционирование. Следующая стадия производства – разделение ореха на фракции и отделение мусора. Эти процессы осуществляются с помощью пневмосепаратора, который очищает продукт, и фракционера, который разделяет зерновую смесь на качающихся решетках по размерам. Фракционный состав семян и механические свойства кедро-

вого ореха сильно варьируются как в зависимости от региональных и климатических характеристик зоны его заготовки, так и от технологии заготовки и первичной переработки. Большой разброс по физическим характеристикам заставляет уделять повышенное внимание первой стадии технологического процесса. Первичное провеивание и калибровка позволяют выделить орех с недоразвитыми ядрами и сор. Величина первичных отходов может колебаться от 3 до 15% от общего веса сырья. Очень большое значение имеет влажность поступающих на переработку семян, которая может варьироваться от 10 до 30%.

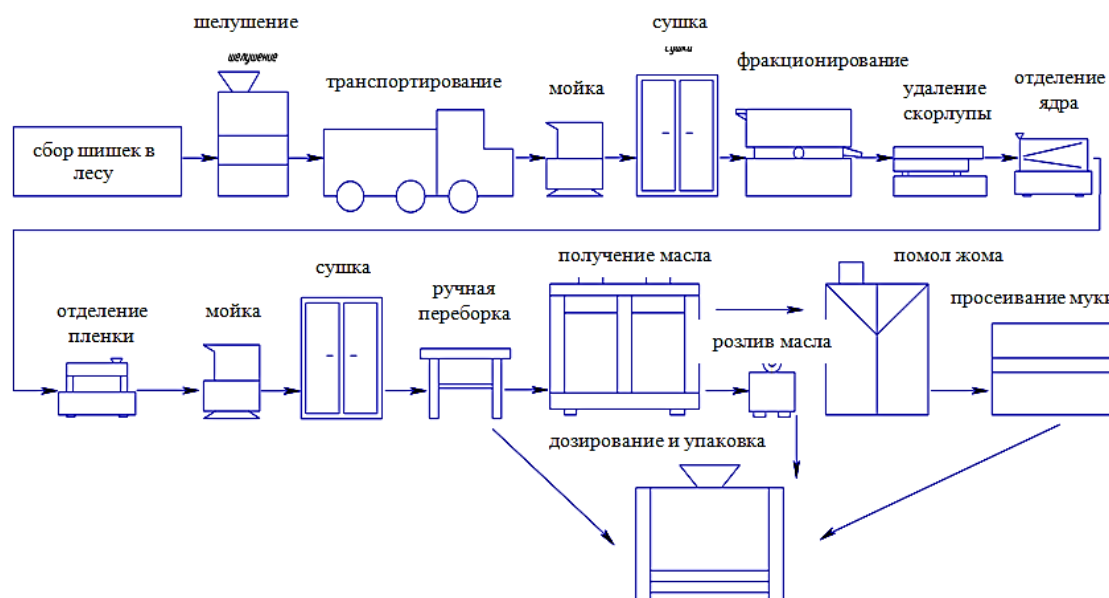


Рисунок 1 – Технологическая линия комплексной переработки кедровой шишки и ореха

7. Удаление скорлупы. Для отделения скорлупы от ядер используется шелушильная абразивная машина, обеспечивающая максимальное количество дробленого ядра без замячивания. При загрузке 100 кг ореха можно получить от 15 до 30 кг ядра.

8. Отделение ядра. Скорлупа отделяется от ядра, а также выделяется необруша на пневмосепараторе и фракционере.

9. Отделение пленки. Для снятия околоплодной пленки нужна специальная машина. Иногда ядро приходится пропускать через машину несколько раз.

10. Мойка ядра. Процесс мытья ядра кедрового ореха происходит в специальной мойке, состоящей из ванны, рамы и лотков с перфорированным дном. Ядро засыпается в лотки и ставится в ванну.

11. Сушка ядра. Ядро нуждается в сушке, для чего используют сушильную машину.

12. Ручная переборка ядра. Переборка ядра – это одна из главных стадий, от которой в значительной мере зависит дальнейшее качество продукта. В переборке ядра принимает участие персонал, специально обученный, проработавший на предприятии не один год. Эту ручную работу по переработке кедрового ореха не заменит ни одно оборудование.

13. Получение масла. Для холодного отжима ядра помещаются в пресс, выделенное масло фильтруется или отстаивается. Считается, что для процесса отжима масла нужно использовать только деревянный пресс, потому что от контакта с металлом масло пор-

тятся. Промышленные прессы, как правило, металлические. Цикл состоит из загрузки, отжима и выгрузки, продолжительность цикла - 20-30 минут.

14. Розлив масла. Розлив производится в бутылки для дальнейшей реализации.

15. Помол жома. Оставшиеся после отжима части подвергают размолу на вальцовом агрегате.

16. Просеивание муки. После помола образуется мука, которую необходимо просеять через набор сит.

17. Дозировка и упаковка. Полученные компоненты - ядро, кедровое масло и муку - необходимо дозировать и упаковать.

В результате прохождения всех этапов предложенной технологической линии можно получить следующие основные компоненты для реализации на рынке: ядро кедрового ореха, кедровую муку, кедровое масло. Также появляется побочный продукт производства – шелуха кедрового ореха, которая используется в качестве наполнителя подушек и в производстве конструкционно-плиточного материала.

В результате проведенного исследования нами была разработана технологическая линия комплексной безотходной технологии переработки кедровой шишки в Восточно-Казахстанской области. Предложенную безотходную технологию можно рекомендовать для внедрения в производство в Катон-Карагайском районе.

Список литературы

1. Колесников С.И. Экологические основы природопользования. – Ростов н/Д: Март, 2004. – 332 с.
2. Анучин Н.П. Лес в современном мире / Н.П. Анучин, В.Г. Атрохин, Г.И. Воробьев. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 399 с.
3. Бесчетов П.П. По лесам Казахстана / П.П. Бесчетов, С.Н. Мальцев, Ш.Ж. Алиев. – Алма-Ата: Казахстан, 1976. – 144 с.
4. Лесная энциклопедия. – М., 1986. – Т. 1. – 563 с.
5. Гуриков Д.Е. Экология – наука для всех. – Алма-Ата: Кайнар, 1990. – 216 с.
6. Егорина А.В. Физическая география Восточного Казахстана / А.В. Егорина, Ю.К. Зинченко, Е.С. Зинченко. – Усть-Каменогорск: Альфа-Пресс, 2002. – 182 с.
7. Рудковский А.В. Технология комплексной переработки кедровых орехов / А.В. Рудковский, О.Г. Парфенов, М.Л. Шипко и др. / Институт химии и химической технологии СО РАН. – Красноярск: Академгородок, 2000. – № 1. – С. 61-68.
8. Оффан К.Б. Закономерности пиролиза скорлупы кедровых орехов с образованием древесного угля в интервале температур 200-500 °С / К.Б. Оффан, В.С. Петров, А.А. Ефремов. – Сибирский государственный технологический университет. – Красноярск, 2011. – 4 с.
9. Лутай С.С. Переработка кедровой шишки и ореха в Восточном Казахстане / С.С. Лутай, А.О. Лутай // Материалы XIV Респуб. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана». – Усть-Каменогорск, 2014. – С. 79-80.
10. Lutay S.S. Technology of wasteless processing of the cedar cone and nut in East Kazakhstan / S.S. Lutay, L.P. Osipova, K.B. Alipina, A.O. Lutay // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Зеленая экономика – будущее человечества», 24, 25 мая. – 2014. – Ч. III. – С 120-129.

Получено 25.08.2016



УДК 004.942

Ж.Т. Бельдебубаева, С.Ж. РахметуллинаВосточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Применение современных информационных технологий при решении задач экологического мониторинга окружающей среды и недр является одним из приоритетных направлений. Для реализации государственной политики по охране окружающей среды в рамках научного проекта группой специалистов ВКГТУ им. Д. Серикбаева выполняются работы по разработке информационно-аналитической системы (ИАС) мониторинга состояния подземных вод (ПВ). Одним из результатов работ является концепция, на основе которой осуществляется разработка ИАС мониторинга состояния подземных вод [1].

ИАС - это современный высокоэффективный инструмент поддержки принятия тактических, стратегических и оперативных управленческих решений на основе оперативного и наглядного предоставления всей необходимой совокупности данных пользователям, ответственным за анализ состояния дел и принятие управленческих решений [2]. Согласно современным стандартам ISO 15288 и ISO 12207, описывающих процессы жизненного цикла создания информационных и программных систем, в основе всех технических решений по созданию функциональной структуры и обеспечивающей части подобных систем находится понятие «архитектура системы» [3, 4].

Этапу разработки ИАС предшествовал этап формирования программы разработки, реализации и внедрения ИАС, опирающийся на ряд принципиальных организационных и технологических аспектов:

- проектирование ИАС должно осуществляться на основе обобщенной комплексной функциональной модели, включающей функционирование системы подземных вод, механизм государственной системы мониторинга состояния подземных вод;
- использование для создания и внедрения ИАС имеющегося потенциала информационных и технических ресурсов;
- использование современных информационных технологий для обеспечения важных для пользователей ИАС возможностей, как открытость и доступность системы;
- обеспечение модульности и расширяемости ИАС;

При разработке архитектуры ИАС были учтены основные задачи, которые система должна решать:

- извлечение, преобразование и загрузка данных;
- построение хранилища данных (ХД);
- построение многомерных (MOLAP) и реляционных (ROLAP) витрин данных;
- анализ данных с использованием аналитического инструментария.

Разработка архитектуры системы является одной из важных задач при проектировании и разработке ИАС, так как обуславливает эффективность ее функционирования. ИАС предназначена для решения следующих основных задач:

- сбор, накопление информации об объектах мониторинга, данных по химическому составу проб воды, нормативным показателям;
- анализ данных с целью оценки и прогнозирования состояния ПВ;
- формирование документов стандартной отчетности;
- обеспечение информацией пользователей ИАС.

Процессы и средства реализации в ИАС. Задачами любой информационно-аналитической системы являются эффективное хранение, обработка и анализ данных. Эффективное хранение информации достигается наличием в составе информационно-аналитической системы целого ряда источников данных. Обработка и объединение информации достигается применением инструментов извлечения, преобразования и загрузки данных. Анализ данных осуществляется при помощи современных инструментов делового анализа данных [5].

Диаграмма, отображающая структуру и состав процессов и средств реализации ИАС показана на рис. 1.



Рисунок 1 - Структура процессов и средств реализации ИАС

ИАС мониторинга состояния подземных вод должна обеспечивать пользователям доступ к аналитической информации, защищенной от несанкционированного использования и открытой как через внутреннюю сеть организации, так и пользователям сети интранет и Интернет.

Таким образом, архитектура ИАС должна обеспечивать решение задач на следующих уровнях:

- сбор и первичная обработка данных;
- извлечение, преобразование и загрузка данных;
- хранение данных;

- представление данных в витринах данных;
- анализ данных;
- Web-портал.

Сбор и первичная обработка данных. Разнообразие источников данных обусловлено тем, что часть данных (по объектам мониторинга, химическому составу проб воды и т. д.) импортируется из республиканской БД «Подземные воды», данные по нормативным показателям, параметры моделирования процессов загрязнения подземных вод и др. вводятся непосредственно в ИАС, либо формируются путем вычислений на основе определенных алгоритмов (например, фоновые показатели). Другим фактором разнообразия источников данных является и необходимость использования данных разного формата (картографические данные, свод правил). В целом, источники данных представляют транзакционные источники данных, ХД, витрины данных. Транзакционные базы данных формируются путем сбора и обработки данных, полученных путем импорта или ручного ввода.

Извлечение, преобразование и загрузка данных. Входные данные представляют собой данные различного формата, поступающие из множества систем оперативной обработки данных (OLTP). Эти данные представляют группу данных, характеризующих:

- свод документов, регламентирующих работу системы мониторинга состояния подземных вод (законодательная и нормативная документация);
- объекты мониторинга (сеть скважин и водозаборов);
- качественную и количественную оценку состояния подземных вод (результаты лабораторного анализа химического состава проб воды).

Часть данных извлекается путем импорта из республиканской БД «Подземные воды», часть - формируется непосредственно в ИАС.

Поступившие данные извлекаются, преобразуются, осуществляется процесс «очистки», проверки на соответствие нормативно-справочной информации, и далее данные загружаются в централизованное хранилище данных.

Хранение данных. Аналитическая база данных. Ядром системы является интегрированная база данных (ИБД), размещаемая на республиканском сервере. На этапе реализации и внедрения ИАС в ИБД консолидируются импортированные данные из республиканской БД «Подземные воды» и данные, формируемые непосредственно через интерфейс ИАС.

Интегрированная база данных включает:

- базу графических данных (картографические данные, графики, диаграммы и др.);
- базу семантических данных (база знаний, формализующих знания экспертов);
- базу математических моделей (математические методы и модели по оценке уровня загрязнения подземных вод и прогнозу их состояния);
- базу библиографических описаний документов (паспортные данные объектов мониторинга, нормативная и отчетная документация).

Данные, полученные из различных источников данных, как правило, не согласованы друг с другом, поэтому на следующем этапе осуществляется их консолидация, в результате чего формируются аналитические базы данных (ХД, витрины данных). Аналитические базы данных являются источником данных для решения задач анализа состояния ПВ.

Данные в ХД должны отвечать следующим требованиям [6]:

1. *Предметная ориентированность.* Все данные о системе подземных вод собираются, очищаются, согласовываются, дополняются, агрегируются и представляются в единой, удобной для их использования форме.

2. *Интегрированность.* Все данные о разных объектах системы ПВ взаимно согласованы и хранятся в едином общем хранилище.

3. *Неизменчивость.* Исходные (исторические) данные, после того как они были согласованы, верифицированы и внесены в общее хранилище, остаются неизменными и используются исключительно в режиме чтения.

4. *Поддержка хронологии.* Данные хронологически структурированы и отражают историю за достаточный для выполнения задач анализа и прогнозирования период времени.

ХД разрабатываемой ИАС формируются на основе гибридной модели ХД (HOLAP модель) (рис. 2), представляющей собой комбинацию реляционной и многомерной моделей и позволяющей сочетать высокую производительность, характерную для многомерной модели, и возможность хранить сколь угодно большие массивы данных, присущую реляционной модели.

Главным принципом построения ГХД является то, что детализированные данные хранятся в реляционной структуре (ROLAP), которая позволяет хранить большие объемы данных, а агрегированные - в многомерной (MOLAP), которая позволяет увеличить скорость выполнения запросов (поскольку при выполнении аналитических запросов уже не требуется вычислять агрегаты).



Рисунок 2 - Структура гибридного хранилища данных

Витрины данных. Витрины данных могут быть либо реляционными (ROLAP), либо многомерными (MOLAP). Для максимальной производительности эффективно использовать смешанный способ построения витрин - гибридный (HOLAP).

Использование витрин данных (рис. 3) обусловлено оперативностью и легкостью доступа к данным:

- содержание данных, тематически ориентированных на конкретного пользователя;
- относительно небольшой объем хранимых данных, на организацию и поддержку которых не требуется значительных затрат;

- улучшенные возможности в разграничении прав доступа пользователей, так как каждый из них работает только со своей витриной и имеет доступ только к информации, относящейся к определенному направлению деятельности.

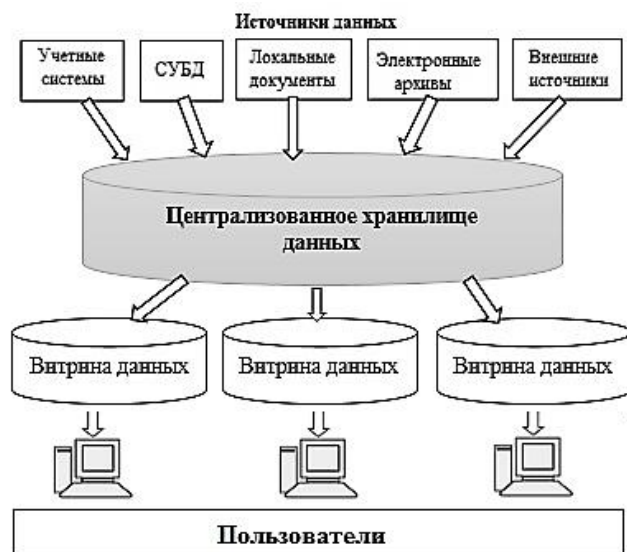


Рисунок 3 - Схема консолидации данных с помощью витрин данных

Анализ данных. Анализ данных с использованием аналитического инструментария. Инструментарий аналитической подсистемы ИАС представляет собой совокупность методов интеллектуального анализа, статистических, математических методов и моделей, позволяющих:

- поиск скрытых закономерностей в данных;
- оценку и прогноз уровня загрязнения подземных вод;
- формирования регламентной отчетности.

Оперативный анализ данных. Оперативный анализ осуществляется при помощи инструментов OLAP-анализа. Для обеспечения работы аналитических приложений исторические и агрегированные данные консолидируются в ИБД и могут быть выгружены в многомерные базы данных, с которыми взаимодействуют OLAP-приложения.

На данное время этот инструментарий OLAP-анализа является наиболее эффективным и популярным. OLAP-анализ позволяет получать доступ к статистическим и организованным данным из источников данных. Технологии OLAP позволяют на основе оперативной базы данных комплекса производить построение многомерных хранилищ данных с целью их экспресс-обработки для принятия управленческих решений.

Для анализа информации и формирования отчетности наиболее удобным способом представления является многомерная модель или гиперкуб, ребрами которого являются измерения. Это позволяет анализировать данные сразу по нескольким измерениям, т. е. выполнять многомерный анализ средствами OLAP-систем. OLAP-технология оперативной аналитической обработки данных использует методы и средства для сбора, хранения и анализа многомерных данных в целях поддержки процессов принятия решений [7].

Для обеспечения работы аналитических приложений исторические и агрегированные данные консолидируются в ИБД и могут быть выгружены в многомерные базы данных, с которыми взаимодействуют OLAP-приложения.

Интеллектуальный анализ данных. Хранилище данных ИАС мониторинга ПВ содержит большой объем данных. Это обусловлено сложностью системы ПВ, накоплением в результате многолетних наблюдений огромного количества разнообразного эмпирического материала. Для эффективной работы с огромным объемом данных используются технологии Data Mining.

Data Mining - это процесс поддержки принятия решений, основанный на поиске в данных скрытых закономерностей [8].

В общем случае процесс интеллектуального анализа данных (ИАД) для разрабатываемой ИАС состоит из трёх стадий:

- 1) выявление закономерностей в системе подземных вод (свободный поиск);
- 2) использование выявленных закономерностей в системе подземных вод для предсказания неизвестных значений (прогнозное моделирование процессов загрязнения ПВ);
- 3) анализ исключений, предназначенный для выявления и толкования аномалий в найденных закономерностях.

Список литературы

1. Бельдеубаев Ж.Т. Концепция разработки информационно-аналитической системы экологического мониторинга подземных вод / Ж.Т. Бельдеубаев, С.Ж. Рахметуллина, Е.М. Турганбаев // Вестник ВКГУ. - 2015. - № 3. - С. 102-108.
2. Алексеева Т.В. Информационные аналитические системы / Т.В. Алексеева, Ю.В. Амриди, В.В. Дик // Университетская серия, Синергия. - 2013. - С. 384.
3. ГОСТ ИСО/МЭК 15288-2005. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. - Введ. 01-01-2007. - М.: Стандартинформ, 2006. - 57 с.
4. ГОСТ ИСО/МЭК 12207-2010. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. - Введ. 01-03-2012. - М.: Стандартинформ, 2011. - 106 с.
5. Волков И. Архитектура современной информационно-аналитической системы / И. Волков, И. Галахов // Журнал «Директор ИС», 2002. - ООО ИК СИБИНТЕК. - № 3.
6. Алексеева Т.В. Информационно-аналитические системы: Учеб. пособие / Т.В. Алексеева, М.Г. Лужецкий, Е.В. Курганова. - М.: Московская промышленно-финансовая академия, 2005. - 61 с.
7. Лобач Д. Основы OLAP // <http://www.softkey.info>, 2003.
8. Варсегян А.А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А.А. Варсегян, М.С. Куприянов и др. // СПб.: БВВ-Петербург, 2004. - 336 с.

Получено 13.09.2016

УДК 004.93'1

А.С. Тлебалдинова, М.А. Карменова

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск

И.М. Увалиева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ТРУКТУРИРОВАННЫХ СИМВОЛОВ

Термин «распознавание» ментально применяется со словом «образ» и в научных исследованиях представляется в словосочетании как распознавание образов. Сами образы разделяются на следующие категории: абстрактные и конкретные образы [1, с. 360]. Приводя примеры для абстрактных образов, следует представить идеи или аргументы, ну а

примерами для конкретного распознавания служат буквы, символы, рисунки, изображения, сигналы, речь и т. д. В распознавании образов можно разделить общую задачу на три фазы [2]: получение данных, предварительная обработка данных, принятие решения о классификации. Последняя из трех фаз выполняет наиважнейшую, решающую функцию, поскольку на данном этапе происходит представление образов и приближение их к машинному распознаванию.

Далее перейдем к анализу методов, которые применяются в распознавании структурированных символов текстовой информации. Отметим, что технологии распознавания символов реализуются, в основном, тремя традиционными методами [3-5]: структурными, признаковыми, шаблонными. Рассматривая каждый из этих методов, можно сказать, что они ориентированы на свои условия применения, для которых являются эффективными. Так же как и у любых других существующих методов в целом, этим методам присущи свои недостатки. В наибольшей степени это - низкая устойчивость к изменениям масштаба, смещениям, поворотам, смене ракурса и другим искажениям.

Эти недостатки особенно существенно проявились при масштабной эксплуатации программно-технологических систем, использующих в своей основе эти методы, в частности практически у всех систем распознавания структурированных символов точностные характеристики резко падают и становятся ниже технологически приемлемых при искажении аффинными и проекционными преобразованиями. Вместе с тем технологические условия получения информации о маркировке не позволяют полностью устранить эти искажения [6].

Для *шаблонных методов* характерно то, что происходит сравнение изображения символа со всеми имеющимися в базе системы шаблонами [5, с. 83]. Наиболее подходящим шаблоном считается тот, у которого будет наименьшее количество точек, отличных от исследуемого изображения. Шаблонные методы хорошо распознают дефектные символы (разорванные, склеенные), но основной недостаток шаблонных методов – невозможность распознать шрифт, хоть немного отличающийся от заложенного в систему (размером, наклоном или начертанием).

Признаковые методы [5, с. 85] наиболее распространены. В их основу положено предположение, что можно анализировать не все изображение символа, а только набор признаков, вычисленных по изображению. Подразумевается, что значения признаков несут достаточно информации о символе. Недостатком признакового подхода является то, что распознаванию подвергается не сам символ, а некоторый набор признаков, что может привести к неправильному распознаванию символов.

Структурные методы [4, с. 9-13; 5, с. 83] хранят информацию не о поточечном написании символа, а о его топологии (эталон содержит информацию о взаимном расположении структурных элементов символа). При этом становится неважным размер распознаваемой буквы-образа и шрифт, которым она напечатана. Но главным недостатком в данном случае являются большие ресурсные затраты, требующиеся для реализации данного метода, поскольку при структурном подходе в изображении символов ведется построение скелета, вычисление определенных форм округлостей, угловых и линейных соотношений, пропорций между продольными и поперечными линиями, а также определение пробелов и др.

Из исследования подходов к распознаванию символов описанными выше методами можно сделать выводы о том, что преимуществом первого метода является использование базы шаблонов символов, которые сравниваются с искомым символом изображения, а недостатком данного метода является тот факт, что даже небольшие отличия от заложенных в базе шаблонов символов не позволяют правильно распознать необходимый шрифт. Пре-

имуществом признакового метода является использование вектора признаков изображения, по которым ведется распознавание, недостатком является то, что набор признаков также не дает гарантию точного распознавания изображения. Преимущество структурного метода распознавания заключается в построении скелета символов изображения, который несет информацию о расположении структурных элементов символа, путем вычисления определенных форм, а недостатками являются большие ресурсные затраты.

Рассмотрим более подробно шаблонный метод распознавания структурированных символов, в котором изображения символов представляются в бинарном виде. Точки, принадлежащие данному символу, имеют черный цвет, а точки, имеющие отношения к фону, имеют белый цвет. В обсуждаемом методе шаблон для каждого класса обычно получают, усредняя изображения символов обучающей выборки. Мерой подобия в данном методе выбран коэффициент подобия изображения символа с обобщенным образом S -го класса, выражаемый следующей формулой [5, с. 83]:

$$R_S = \sum_{j=1}^n \left(\frac{\ln P_{js}}{1 - P_{js}} \right) x_j + \sum_{j=1}^n \ln(1 - P_{js}), \quad (1)$$

где R_S - коэффициент подобия эталонного изображения S -го класса символов к опознаваемому символу; P_{js} - вероятность появления черного цвета в j -м элементе эталонного изображения S -го класса; x_j - значение интенсивности, соответствующее j -му элементу распознаваемого символа.

Для черных элементов изображения символа принимает значение $x_j=1$, для белых элементов - $x_j=0$. Изображение символа отождествляется с эталонным классом, давшим максимальный коэффициент подобия R среди всех R_S .

Морфологические методы распознавания структурированных символов. Отметим, что одними из наиболее важных источников информации являются каналы зрительного (визуального) восприятия. Под каналами зрительного восприятия, которые фиксируют необходимые данные и в нужное время, в нужный момент дают возможность к доступу информации, подразумеваются цифровые видеодатчики, видеонаблюдатели или видеокамеры, которые, в свою очередь, под своей функциональностью скрывают сложные, многоуровневые операции и математические методы. Поэтому проблема создания эффективных алгоритмов автоматического анализа изображений, обеспечивающих качественную обработку больших объемов данных, является актуальной. Особенностью разработки таких автоматизированных систем распознавания изображений является создание соответствующего математического описания изображений, которые отражают весь смысл и его содержание. Иначе говоря, данное описание должно показывать только существенные особенности изображения, а не быть зависимым от несуществующих мелочей и деталей.

В рассмотренных традиционных методах распознавания структурированных символов есть свои особенности, а также некоторая ограниченность в условиях их применения. По этой причине также следует рассмотреть методы, которые базируются на применении признаков, инвариантных к аффинным и проективным преобразованиям, которые составляют основу методов морфологического анализа изображений. Морфологический анализ формы изображений, основывающийся на теории множеств, интегральной геометрии, анализе выпуклых функций, стереологии и геометрической теории вероятностей, был разработан J. Serra и Ю.П. Пытьевым [6]. Он позволяет дать количественное описание особенностей геометрической структуры.

Анализируя методы морфологического анализа формы изображений, можно выделить

ключевые моменты, шаги применения и выполнения самих методов: представление сигналов; преобразование сигнала; применение к анализу изображений; улучшение и обнаружение контуров линий; обнаружение пиков, холмов и долин; морфологическое преобразование изображений.

Входными данными для операций морфологии являются бинарное изображение и структурный элемент либо примитив, который относительно друг друга представляется наиболее меньшим элементом. Основными операциями морфологического преобразования являются: параллельный перенос, центральное отражение, дилатация, эрозия, открытие и закрытие. Ниже приведено краткое описание вышеперечисленных операций.

Параллельный перенос предназначен для сдвига всех элементов основного бинарного изображения на заданное расстояние. Центральное отражение основного множества представляет собой поворот основного множества на 180 градусов относительно начала координат. Выполнение дилатации состоит из нескольких шагов:

- осуществление центрального отражения примитива;
- перенос примитива в заданную точку;
- оценка выходного значения.

При эрозии элементу выходного массива присваивается значение 1, если элементы входного изображения и структурного элемента совпадают. Эрозия приводит к сжатию изображения и применяется в основном для удаления и уменьшения некоторых областей, размеры которых меньше структурного элемента.

Открытие (размыкание) представляет собой последовательно выполненные операции эрозии и дилатации. Данная операция к уменьшению размера объекта не приводит, позволяет избавиться от маленьких фрагментов, выступающих во внешнюю границу области.

Операция закрытия (замыкания) представляет собой противоречие операции открытия, т. е. вначале выполняется операция дилатации, затем эрозии. Операция замыкания позволяет замкнуть отверстия области и устранить заливы области без изменения ее внешних границ.

Таким образом, применяемые морфологические методы предполагают знания конкретных размеров обрабатываемого объекта, кроме того, они являются достаточно чувствительными к зашумленным изображениям.

Отметим, что для каждого рассмотренного метода распознавания структурированных символов присущи свои достоинства и недостатки, и использование этих методов зависит от постановки задачи и оценки их применимости в той или иной ситуации.

Список литературы

1. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 401 с.
2. Sing-Tze Bow «Pattern Recognition and Image Preprocessing, Second Edition, Revised and Expanded», Dekker, 1992.
3. Ковалевский В.А. О корреляционном методе распознавания // Читающие автоматы. – Киев, 1965. – С. 46–61.
4. Фу К. Структурные методы в распознавании образов / Под ред. М.А. Азейрмана; Пер. с англ. Н.В. Завалишина, С.В. Петрова, Р.Л. Шейнина. – М.: Мир, 1977. – 320 с.
5. Афонасенко А.В. Обзор методов распознавания структурированных символов / А.В. Афонасенко, А.И. Елизаров // Докл. Томского гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – Вып. 2 (18). – 2008. – Ч. 1. – С.83–88.
6. Пытьев Ю.П. Морфологический анализ изображений // Докл. АН СССР. – 1983. – Т. 269. – № 5. – С. 1061–1064.

Получено 7.09.2016

ҚҰТТЫҚТАЙМЫЗ! ПОЗДРАВЛЯЕМ!



60 жас
лет



МАКЕНОВ
АЛТАЙ АБЫЛАЕВИЧ
кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры машиностроения



Родился 26 августа 1956 года в селе Алтай Катон-Карагайского района ВКО. В 1978 г. окончил Усть-Каменогорский строительно-дорожный институт по специальности «Автомобильный транспорт» и был принят на должность ассистента кафедры «Автомобили и двигатели». С 1980 по 1983 гг. обучался в аспирантуре при кафедре «Организация и безопасность движения» Московского автомобильно-дорожного института.

Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, посвященную вопросам совершенствования оперативной организации движения на регулируемых перекрестках, защитил в специализированном Совете К 016.45.05 при Институте кибернетики им. В.М. Глушкова АН Украины (г. Киев) по специальности 05.13.16 «Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях» в 1991 году.

С сентября 1996 года по настоящее время работает в Восточно-Казахстанском государственном техническом университете им. Д. Серикбаева. За время работы им опубликовано более 50 учебно-методических работ, в том числе 10 учебных пособий, 3 электронных учебных пособия и 40 методических указаний. Активно занимается научно-исследовательской работой. Основное направление научных исследований связано с вопросами использования информационных технологий и моделей интегрированного управления в сфере обеспечения безопасности дорожного движения. В 2006 г. окончил докторантуру Института проблем информатики и управления (г. Алматы) по научной специальности 05.13.01 «Системный анализ, обработка информации и управление». По результатам НИР им в соавторстве и лично опубликовано более 250 научных работ в республиканских и зарубежных научных изданиях, в том числе и 6 монографий. Он был членом объединенного диссертационного совета К 14.29.15 при ВКГТУ им. Д. Серикбаева. В 2009 г. избран действительным членом Международной академии информатизации (Алматы).

Постоянно оказывает практическую помощь органам административной полиции ДВД ВКО, в том числе и в решении вопросов организации движения на улично-дорожной сети города Усть-Каменогорска. Был научным консультантом межведомственной комиссии по обеспечению безопасности дорожного движения при акимате города Усть-Каменогорска, принимал активное участие в подготовке замечаний и предложений в Проект Закона Республики Казахстан «О дорожном движении».

По результатам своей учебной, учебно-методической и научно-исследовательской работы он стал обладателем государственного гранта «Лучший преподаватель вуза» Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2007 г. В 2007 г. он прошел обучение по полному курсу учебной программы Международного общества инженерной педагогики и является обладателем звания «International Engineering Educator» «ING-PAED IGIP».



**ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР! ЖЕЛАЕМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ,
ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ УСПЕХОВ И ИСПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАМЫСЛОВ.**

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫҚТЫ ДЕНСАУЛЫҚ, ТАУСЫЛМАС БАҚЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫҚ ТАБЫС, БАРЛЫҚ ТҮІПКІ ОЙЛАРЫҢЫЗДЫҢ
ОРЫНДАЛУЫН ТІЛЕЙМІЗ!**

ҚҰТТЫҚТАЙМЫЗ! ПОЗДРАВЛЯЕМ!



50 жас
лет



ТУРГАНБАЕВ ЕРКЕН МУКСУНОВИЧ

доктор PhD,
кандидат физико-математических наук



Родился 20 августа 1966 г. в г. Усть-Каменогорске. С отличием окончил Новосибирский государственный университет по специальности «Механика, прикладная математика». Обучался в аспирантуре при Институте гидродинамики им. М.А. Лаврентьева (г. Новосибирск, Россия) по специальности «Дифференциальные уравнения» и успешно защитил в 1994 г. диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Пройдя обучение в Университете Роберта Гордона (Великобритания) и защитив диссертацию в области математического моделирования в экономике, получил в 2013 г. степень доктора PhD.

В 2015-2016 гг. проводил научные исследования в Гарвардском университете в качестве приглашенного ученого по программе Fulbright. В течение этого года он подготовил несколько научных статей, участвовал в научных семинарах, выступал с лекциями в ведущих университетах США.

Е.М. Турганбаев дважды являлся обладателем гранта «Лучший преподаватель вуза» (2007 и 2013 гг.). Помимо руководящей и педагогической деятельности осуществляет руководство аспирантами, докторантами PhD. Под его руководством защищена одна кандидатская диссертация, две диссертации PhD и более 20 магистерских диссертаций по специальности информационные системы.

Автор 96 публикаций, в том числе 3 монографий (в соавторстве), 2 учебных пособий, 6 статей, индексируемых в базах Scopus и Thompson, 3 авторских свидетельств. Является руководителем научных и прикладных исследований по темам: «Разработка информационно-аналитической системы мониторинга запасов и качества подземных вод Республики Казахстан», «Разработка информационной технологии моделирования загрязнения атмосферы и локализации источников примеси по данным измерений с использованием вариационного алгоритма», и др.

Имеет огромный опыт международной работы: Fulbright Visiting Scholar Award, Полный член GEDC (Global Engineering Deans Council, Washington, USA, 2010-2011), участник и страновой координатор международных проектов ТЕМПУС, региональный координатор международного проекта ПРООН «Центры обучения компьютерным знаниям».



**ДОРОГОЙ ЮБИЛЯР! ЖЕЛАЕМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, СЧАСТЬЯ,
ДАЛЬНЕЙШИХ ТВОРЧЕСКИХ УСПЕХОВ И ИСПОЛНЕНИЯ ВСЕХ ЗАМЫСЛОВ.**

**МЕРЕЙТОЙ ИЕСІНЕ МЫҚТЫ ДЕНСАУЛЫҚ, ТАУСЫЛМАС БАҚЫТ,
ТВОРЧЕСТВОЛЫҚ ТАБЫС, БАРЛЫҚ ТҮПКІ ОЙЛАРЫҢЫЗДЫҢ
ОРЫНДАЛУЫН ТІЛЕЙМІЗ!**

РЕЗЮМЕ

Абдеев Борис Масгутович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.

Муслиманова Гульнар Ерсайновна – ВКГТУ, канд. техн. наук

Шестакова Елена Борисовна – ВКГТУ, ст. преподаватель

ТОНКСТЕННЫЙ КОНИЧЕСКИЙ РЕЗЕРВУАР-ВОРОНКА НАИБОЛЬШЕГО ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА И МИНИМАЛЬНОЙ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ ЗАПАСОМ ПРОЧНОСТИ

На основе модели безмоментного плоского напряженного состояния решена в замкнутом виде многофункциональная экстремальная задача прикладной механики по определению четырех оптимальных геометрических параметров, обеспечивающих наибольшую вместимость резервуара и минимальный расход материала тонкостенной конической оболочки. В качестве уравнения связи, характеризующего несущую способность конструкции, использована классическая гипотеза пластичности Кулона-Сен-Венана (третья теория прочности).

Жұқа қабырғалы конустық қабықшаның минималды материал шығынымен және резервуардың ең үлкен сыйымдылығы қамтамасыз ететін төрт оңтайлы геометриялық параметрлерін анықтауға моментсіз жазық кернеулік күйдегі модельдер негізінде қолданбалы механиканың жабық түріндегі көпфункционалды экстремалды есебінің шешімі. Байланыс теңдеулері ретінде конструкциялардың көтергіш қабілетін сипаттайтын Кулон-Сен-Венан классикалық пластикалық гипотезасы (үшінші беріктік теориясы) пайдаланылды.

On the basis of the model without the moment flat condition, in closed form multipurpose optimization task solved. This is the engineering mechanics task to determine the four best geometrical parameters, providing the highest capacity of a tank and the minimum amount of expenditure material of thin-walled conical shell. As the equation of coupling, characterizing the carrier construction ability used the classic hypothesis of plasticity Kulon-Sen-Venant (third strength theory).

Бельдебубаева Жанар Толеубаевна – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, докторант

Рахметуллина Сауле Жадыгеровна – ВКГТУ, канд. техн. наук

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В данной статье рассматриваются процессы и средства, входящие в структурный состав информационно-аналитической системы мониторинга качества и запасов подземных вод. Выполнен анализ процессов сбора, хранения, оперативного и интеллектуального анализа данных. В статье представлены этапы разработки ИАС, описание всех процессов преобразования данных в ИАС и средства реализации этих процессов.

Бұл мақалада жерасты суларының сапасы мен қорын мониторингілеуге арналған ақпараттық-аналитикалық жүйенің құрамына кіретін процестер мен құралдар қарастырылады. Деректерді жинау, сақтау, оперативті және интеллектуалды талдау процестері талқыланды. Мақалада ақпараттық-аналитикалық жүйені әзірлеу кезіндегі, деректерді өңдеудің барлық процестерінің және оларды іске асыру құралдарының сипаттамасы көрсетілген.

The article is about processes and facilities, which are included in structural composition of the information-analytical quality monitoring and groundwater resources. There are also analysis of collection and storage processes, operational and intellectual analysis. This article shows stages of development of IAS, describing of processes data processing in IAS and facilities for realization it.

Богатырев Михаил Федорович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.

Богатырев Андрей Михайлович – РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск, с.н.с.

ТЕХНИКА УЛАВЛИВАНИЯ ГАЗООБРАЗНЫХ КОМПОНЕНТОВ: СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ

Рассмотрены современные способы улавливания из пылегазовых потоков производств различных газообразных компонентов, их достоинства, недостатки и направления решения проблем, вызванных этими недостатками.

Өндірістің шаңгазды ағындарынан әртүрлі газ тәрізді құрауыштарды ұстаудың қазіргі заманға сай тәсілдері, олардың қасиеттері, кемшіліктері және осы кемшіліктерден туындаған мәселелерді шешу бағыты қарастырылды.

Modern ways of collection gaseous components from coalgas operation flow; its advantages, disadvantages and ways of problem solutions caused by these disadvantaged were analyzed.

Богатырев Михаил Федорович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.
Богатырев Андрей Михайлович – РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск, с.н.с.
Горлова Елена Ивановна – РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», зав. лабораторией
Даниленко Татьяна Михайловна – РГП «НЦ КПМС РК» «ВНИИцветмет», с.н.с.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЫ

Рассмотрены порядок и особенности проведения исследований состояния почвы в зоне влияния производственной деятельности предприятия.

Кәсіпорынның өндірістік қызметі әсер ететін аймақтағы топырақтың жай-күйіне зерттеу жүргізудің тәртібі мен ерекшеліктері қарастырылды.

Procedure and features of soil condition research in affected area of operating production facility were analyzed.

Гурьянов Георгий Александрович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.
Дудкин Михаил Васильевич – ВКГТУ, д-р техн. наук, проф.
Вавилов Андрей Владимирович – ВКГТУ, канд. техн. наук, доцент
Васильева Ольга Юрьевна – ВКГТУ, ст. преподаватель
Ким Алина Игоревна – ВКГТУ, докторант PhD

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ И СПОСОБОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДРОБИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В статье кратко изложены результаты изучения и анализа современного состояния процессов дробления и современного дробильного оборудования. На этом основании определены пути повышения эффективности процессов дробления и способы совершенствования дробильного оборудования, которые могут служить основой для создания новых конструкций конкурентоспособных отечественных дробильных машин и определения направления дальнейших исследований в этой области.

Мақалада қазіргі заманғы үгіту құрылғысы мен үгіту үрдістерінің қазіргі заманғы жағдайын сараптаудың және зерттеудің нәтижелері қысқа ғана көрсетілген. Осы облыста ары қарай зерттеулер бағытын анықтауға және отандық үгіту машиналарының бәсекеге сай жана құрылымдарын жасауға негіз болатын, үгіту үрдістерінің тиімділігін жоғарылату жолдары және үгіту құрылғысын жетілдіру әдістері анықталған.

The article summarizes the results of research and analysis of current state of modern processes of crushing and modern crushing equipment. On this basis, we identify ways to improve the crushing processes efficiency and ways of crushing equipment improving, which can serve as a basis to create new designs of competitive domestic crushers and identify areas for further research in this area.

Гурьянов Георгий Александрович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.
Дудкин Михаил Васильевич – ВКГТУ, д-р техн. наук, проф.
Вавилов Андрей Владимирович – ВКГТУ, канд. техн. наук, доцент
Васильева Ольга Юрьевна – ВКГТУ, ст. преподаватель
Ким Алина Игоревна – ВКГТУ, докторант PhD

РАЗРАБОТКА НОВОЙ РАЦИОНАЛЬНОЙ ФОРМЫ ВАЛКОВ ВАЛКОВЫХ ДРОБИЛОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Кратко представлены результаты анализа существующих валковых дробилок и их рабочих органов и результаты разработки и предварительного обоснования путем компьютерного моделирования новой нецилиндрической формы валков дробилки, которые позволят создать валковые дробилки, имеющие меньшие размеры, большую степень измельчения и производительность, чем у традиционных дробилок.

Қолданыстағы білікті уатқышты және оның жұмыс органдарын талдау нәтижелері мен өңдеулеріне сүйеніп, жана цилиндрлік емес білікті уатқыштың компьютерлік моделін құрастыру және көлемі жағынан кіші, ұсату деңгейі және өнімділігі жоғары жана уатқышты құрастыруға мүмкіндік береді.

Analysis results of existing roller crushers and their working elements and results of creation and preliminary substantiation with computer simulation of new non-cylindrical crusher rollers are summarized. New rollers' form will give a possibility to create roller crushers with smaller sizes, more crushing degree and more productivity than traditional crushers.

Ержанова Мира Едгеевна – ТГУ им. М.Х. Дулати, г. Тараз, канд. техн. наук

Адилбаев Андас Аманбаевич – ТГУ им. М.Х. Дулати, и.о. доцента, ст. преподаватель

Тлешова Акмарал Стамбековна – ТГУ им. М.Х. Дулати, и.о. доцента, ст. преподаватель

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЫНИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОКОВ

В данной статье изучаются физико-механические свойства дыни при получении соков. При определении физико-механических свойств рассматривается методика определения удельного усилия резания.

Бұл мақалада қауыннан жана өнімдер алу, оның ішінде шырын өндіруде оның физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу қарастырылған. Физикалық-механикалық қасиеттерді зерттеуде кесудің нақты күшін анықтау әдістері қарастырылады.

In this paper we study the physical and mechanical properties of melon in the preparation of juice. In determining the physical and mechanical properties of the technique of determining the specific cutting force.

Колосова Светлана Федоровна – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. с.-хоз. наук

Валитова Наталья Владимировна – ВКГТУ, канд. вет. наук

Кашкарова Ирина Владимировна – ККК «Квансон», г. Усть-Каменогорск, магистр техники и технологии

НОВЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИЧИНОК БОЛЬШОЙ ВОСКОВОЙ МОЛИ ПРИ СОЗДАНИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК

Приведены результаты по применению нетрадиционных продуктов пчеловодства (личинок восковой моли) в приготовлении биологически активных добавок, дано теоретическое обоснование подбора компонентов биологически активной добавки (БАД) «Супермед».

Ара шаруашылығының дәстүрлі емес өнімдерін пайдаланып биологиялық белсенді қоспаларды алу нәтижелері, «Супермед» биологиялық белсенді қоспасын тандаудың теориялық негіздері келтірілген.

The results on the use of non-traditional apiculture products in the preparations of biologically active additions and the preparations are presented in the paper. Theoretical grounds of the selection of the components of biologically active addition «Supermed» are given.

Копбалина Гульжанат Бағдатқызы – КарГТУ, г. Караганда, магистрант

Жуманбаева Маржан Мұқтарқызы – КарГТУ

Достаева Ардак Мухамедьяевна – КарГТУ, доктор PhD

Смагулов Даулетхан Уялович – КазНИТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, д-р техн. наук, проф.

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ И ПРОЧНЕНИЕ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ AL–ZR–SI

В данной работе изучено влияние отжига в интервале до 550 °C на удельное электросопротивление и твердость низколегированных сплавов системы Al–Zr–Si, приготовленных на алюминии высокой чистоты (А99). Также с использованием расчетных и экспериментальных методов проведен количественный анализ фазового состава сплавов этой системы при температурах от 300 до 450 °C, включая определение концентрации Zr и Si в алюминии в твердом растворе и массовых долей вторичных выделений.

Бұл жұмыста 550 °C-қа дейінгі аралықтағы температурада жұмсартудың тазалығы жоғары алюминийден (А99) дайындалған Al–Zr–Si жүйесінің аз легирленген қорытпаларының меншікті кедергісіне және қаттылығына әсері зерттелген. Бұған қоса есептеулер мен тәжірибелік әдістерді пайдаланып 300 °C-тан 450 °C дейінгі температурада осы жүйенің қорытпасының фазалық құрамына сандық талдау жасалып, онымен бірге алюминийлік қатты ерітіндідегі Zr–Si шоғырлануын және екінші реттік бөлінуінің массалық үлестері анықталды.

In this work are studied the influence of annealing in an interval to 550 °C on specific hardness of low-alloy alloys of the system Al–Zr–Si prepared on the aluminium of high-purity (A99). Also with using of calculation and experimental methods the quantitative analysis of phase composition of alloys of this system is conducted at temperatures from 300 to 450 °C, including determination of concentration of Zr and Si in an aluminium solid solution and mass stakes of secondary excretions.

Кумыкова Татьяна Михайловна – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, доцент

Кумыков Валентин Хасанович – ВКГТУ, д-р техн. наук, проф.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ ШАХТНЫХ ВОЗДУХОПРОВОДОВ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТРУБ ПОЛИМЕРНЫМИ

Приведены результаты экспериментальных и натурных исследований факторов, влияющих на потери энергии сжатого воздуха в шахтных

Кеніш пневмозүйелеріндегі сығылған ауаның қуат шығынына әсер ететін факторлардың тәжірибелік және табиғи сынауларының нәтижелері көр-

The article shows the results of experimental and field investigations of the factors influencing the loss of compressed air energy in shaft

пневмосетях. На основе сравнения потерь давления на участках пневмосети из металлических и полимерных труб дана технологическая оценка эффективности замены металлических труб полимерными в системе пневмоэнергокомплекса подземного рудника. Установлена зависимость срока службы полиэтиленовых труб от рабочего давления в шахтной пневмосети.

сетілген. Жерасты кенішінің пневмо-энергожүйесінде металл құбырларды полимер құбырларға ауыстырғанда аудандардағы қысым жоғалтудың айырмашылығын салыстыру негізінде технологиялық бағасы берілген. Кеніштің пневможүйесіндегі полиэтилен құбырларының қызмет ету мерзімінің жұмыс қысымына тәуелділігі көрсетілген.

pneumatic networks. Based on a comparison of loss of pressure in the areas of metal and plastic pipes' pneumatic network, the article offers technological evaluation of the effectiveness of replacing metal pipes by polymer pipes in the system of pneumatic energy complex of underground mine. The dependence of the lifetime of polyethylene pipes on working pressure in the shaft pneumatic network is established.

Лутай Сергей Сергеевич – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, магистр с.-хоз. наук, преподаватель

Лутай Анастасия Олеговна – ВКГТУ, магистр техн. наук

Алипина Куралай Бауржановна – ВКГТУ, магистр с.-хоз. наук, преподаватель

Воробьев Александр Львович – ВКГТУ, д-р биол. наук, проф.

Данилов Михаил Сергеевич – ВКГТУ, канд. вет. наук, доцент

РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КЕДРОВОЙ ШИШКИ В ВКО

В статье приведена разработка безотходной технологии переработки кедровой шишки в Восточно-Казахстанской области. В результате переработки кедровой шишки по предложенной технологической линии возможно получить ядро кедрового ореха, кедровую муку, кедровое масло, шелуху кедрового ореха.

Мақалада Шығыс Қазақстан облысында балқарағай бүршігін өндеуге арналған қалдықсыз технологияны әзірлеу сипаттайды. Балқарағай бүршіктерін ұсынылған технологиялық желі бойынша өндеу нәтижесінде балқарағай жаңғағының дөнін, ұнын, майын және қабығын алуға болады.

The article describes the development of non-waste technology for processing pine cones in the East Kazakhstan region. As a result, processing of pine cones on the proposed production line, it is possible to get the core of cedar nuts, cedar flour, pine nut oil, pine nut husks.

Меньшов Александр Игоревич – КНУ им. Т. Шевченко, УНИ «Институт геологии», г. Киев, канд. геол. наук, докторант

Круглов Александр Викторович – ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского», г. Харьков, канд. геол. наук, с.н.с.

МАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ АГРАРНЫХ ЗЕМЕЛЬ УКРАИНЫ

В статье приведены результаты исследования информативности магнетизма почвенного покрова при решении задач контроля деградации и плодородия аграрных земель на примере Полтавской области Украины. Отмечено, что повышение продуктивности и плодородия почв ведет к возрастанию их магнитной восприимчивости. В процессе развития почвы формируются аутогенные магнитные минералы. Магнитный метод при картировании деструктивных и эрозионных процессов в почвах является дешевой, экспрессной и эффективной технологией.

Мақалада Украинаның Полтава облысы мысалында ауыл шаруашылық жерлерінің құнарлылығы мен тозуын бақылау мәселелерін шешуде магнетизм ақпараттылығын зерттеу нәтижелері көрсетілген. Өнімділік пен топырақ құнарлылығының өсуі олардың магниттік қабылдағыштығының ұлғаюына әкелетіндігі анықталған. Топырақтың дамуы процесінде аутогенді магнитті минералдар қалыптасады. Топырақтағы деструктивтік және тозу процестерін карталауда магнитті әдіс арзан, жедел және тиімді технология.

The paper studies the value and importance of the soil magnetism in soil degradation and fertility study at the agriculture lands on example of Poltava region of Ukraine. High productivity and fertility of soils correlate with high magnetic susceptibility. The autogenic magnetic minerals are generated in soils under the pedogenic processes. Magnetic method for soil destruction and erosion mapping is cheap, rapid and effective approach.

Никитченко Константин Владимирович – КНУ им. Т. Шевченко, УНИ «Институт геологии», г. Киев, аспирант

Дзюба Олег Владимирович – КНУ им. Т. Шевченко, УНИ «Институт геологии», аспирант

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ВЫДЕЛЕНИЮ И МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕГИОНАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛИТОСФЕРЫ. ОБЗОР

Данная статья направлена на обзор доступных и эффективных методов определения магнитного поля литосферы, проблемы его выделения

Бұл мақалада литосфераның магниттік өрісін анықтау үшін қолжетімді және тиімді әдістерге шолу және оны бөлу мен түсіндіру мәселесі қарасты-

This article aims to review the available and effective methods of determining the lithosphere magnetic field, problems of its extraction

и интерпретации. Будут кратко проанализированы методы моделирования региональных магнитных тел (прямоугольный гармонический анализ, цилиндрический гармонический анализ, метод сферических сегментов). Выделены особенности каждой методики, границы применения и перспективы дальнейшего развития.

рылады. Мұнда аумақтық магниттік денелерді модельдеу әдістері қысқаша талданылады (тік бұрышты гармоникалық талдау, цилиндрлік гармоникалық талдау, сфералық сегменттер әдісі). Әр әдістің ерекшеліктері бөлінеді, қолдану шекаралары және одан әрі дамыту перспективалары көрсетіледі.

and interpretation. These methods will be briefly analyzed (rectangular harmonic analysis, harmonic analysis, cylindrical, spherical segments method). The paper emphasizes on the features of each technique, the scope of application and prospects of further development.

Нукешев Саяхат Оразович – Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, д-р техн. наук, проф.

Славов Валентин Райнов – Химико-технологический и металлургический университет, г. София, д-р инженерии, доцент

Карайванов Дмитрий Петков – Химико-технологический и металлургический университет, д-р инженерии, доцент

Романюк Николай Николаевич – Белорусский государственный технический университет, г. Минск, канд. техн. наук, доцент

Какабаев Нурбол Аязбаевич – Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, докторант PhD

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

Данная работа посвящена решению проблемы повышения качества распределения семян для подпочвенно-разбросного посева. Предложена оригинальная конструкция сошника. Рассмотрена кинематическая модель сошника зернотуковой сеялки в 3D пространстве, составлен алгоритм расчета матричным методом. В результате получена траектория движения произвольных точек механической системы маятникового распределителя, а также зависимости линейной и угловой скоростей от времени.

Бұл жұмыс топырақасты-шашыранқы тәсілімен тұқым тарату сапасын жоғарылату мәселесін шешуге арналған. Сіңіргіштің бірегей конструкциясы ұсынылған. 3D кеңістігінде дөңтыңайтқыш сепкіші сіңіргішінің кинематикалық моделі қарастырылған және матрицалық әдісімен есептеу алгоритмі жасалған. Нәтижесінде маятникті таратқыштың механикалық жүйесінің кездейсоқ нүктелерінің қозғалыс ізі және уақытқа байланысты сызықтық және бұрыштық жылдамдықтары алынған.

This work is devoted to solving the problem of the quality of distribution of the subsoil scattered seeding. There is designed the original construction of the coulter. There is considered the kinematic model of the grain and fertilizer seeder coulter in 3D space and the algorithm of the calculation by the matrix method. In the results a movement trajectory of the arbitrary points of the pendulum as well as the effect of time on the linear and angular velocities are obtained.

Озгелдинова Жанар Озгелдиновна – ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, д-р PhD

Мукаев Жандос Толеубекович – Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, д-р PhD

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ЖЕЗКАЗГАНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

В работе представлены результаты исследования пространственного изменения валового содержания тяжелых металлов в растительности. Установлено, что химический состав растений зависит от состава и свойств почв, на которых они произрастают, но не повторяют его, так как растения избирательно поглощают необходимые им элементы в соответствии с физиологическими и биохимическими потребностями. Распределение повышенных концентраций ТМ соответствует скорости и частоте преобладающих воздушных потоков – розе ветров. По периметру от источников загрязнения наблюдается закономерное уменьшение количества ТМ в растительности. Установлено существенное увеличение концентраций Zn и Cu в растениях по мере приближения к источнику выбросов.

Бұл жұмыста өсімдіктердегі ауыр металдардың кеңістіктік өзгерісінің зерттеу нәтижелері көрсетілген. Өсімдіктердің химиялық құрамы олардың өсіп-өнетін топырақ құрамына байланыстылығы анықталды, бірақ топырақтың химиялық құрамын қайталамайды, олар өзіне қажетті мөлшерде физиологиялық және биохимиялық қажеттіліктерін қамтамасыз ететін элементтерді сіңіреді. Ауыр металдардың жоғары мөлшерде таралуы басым ауа ағымдарының жиілігі мен жылдамдығына және жел розасына сәйкес келеді. Ластану көзінің периметр бойымен өсімдік құрамындағы ауыр металдар мөлшерінің тұрақты төмендеуі бақыланады. Өсімдік құрамындағы Zn және Cu мөлшерінің елеулі түрде артуы олардың ластанушы көзге жақындауына байланысты екені анықталған.

The results of the research of the spatial variation of total content of heavy metals in the vegetation are represented in the article. It is found that the chemical composition of the plant depends on the composition and properties of the soils on which they are grown, but it is not repeated them because the plants absorb elements required for the biochemical and physiological needs selectively. Distribution elevated concentrations TM corresponds to the speed and frequency of prevailing air currents - wind rose. The regular decrease in the amount of TM in vegetation is observed around the perimeter of the source of pollution. A significant increase in the concentrations of Zn and Cu is found in plants as they approach the source of emissions.

Озгелдинова Жанар Озгелдиновна – ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, д-р PhD

Мукаев Жандос Толеубекович – Государственный университет им. Шакарима, г. Семей, д-р PhD

ПРИРОДНО-ЛАНДШАФТНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ БАССЕЙНА РЕКИ САРЫСУ

Рассмотрены методические вопросы и некоторые результаты ландшафтного картографирования бассейна Сарысу в масштабе 1:500 000. Приведен фрагмент карты геосистем, описана ландшафтная структура территории.

Сарысу өзені алабының 1:500 000 масштабындағы ландшафтық картографиялаудың нәтижелері мен әдістемелік мәселелері қарастырылған. Геожүйелер картасының фрагменті келтіріліп, аумақтың ландшафтық құрылымына сипаттама берілген.

We examine the methodological issues and some results of landscape mapping of the Sarysu basin at a scale of 1:500 000. A fragment of the map of the geosystems is provided, and the territory's landscape structure is described.

Омирсериков Мурат Шукеевич – Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, д-р геол.-мин. наук, проф.

Исаева Людмила Джандуйсеновна – КазННТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, д-р геол.-мин. наук, проф.

Дюсембаева Куляш Шарановна – КазННТУ им. К.И. Сатпаева, канд. геол.-мин. наук, доцент

Кембаев Максат Кенжебекулы – КазННТУ им. К.И. Сатпаева, докторант PhD

Асубаева Салтанат Калыкбаевна – КазННТУ им. К.И. Сатпаева, канд. геол.-мин. наук

РЕДКИЕ ЗЕМЛИ В КОРЕ ВЫВЕТРИВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КУНДЫБАЙ (СЕВЕРНЫЙ КАЗАХСТАН)

Кундыбайское собственно редкоземельное месторождение относится к числу перспективных для дальнейшего промышленного освоения. Изучена редкоземельная минерализация в исходных материнских породах и в коре выветривания. Определены концентрации редкоземельных элементов и показано их распространение в корах выветривания метаморфитов. Определены главные минералы-концентраторы, куда редкоземельные элементы могут входить изоморфно и попутно извлекаться.

Құндыбай сирекжер кенорны алдағы уақытта өндірісті игерудегі перспективті нысандарының біріне жатады. Бастапқы және мору қыртысындағы тау жыныстарының сирекжерлі минералдануы зерттелді. Сирекжерлі элементтерінің шоғырлану аймағы анықталып, метоморфиттердің мору қыртысындағы таралымы көрсетілді. Негізгі шоғырлаушы минералдары анықталып, сирекжерлі элементтердің қайда изоморфты кетуі және қайда тоқтауы мүмкін екендігі зерттелді.

Kundybay rare earth deposit is one of the perspective for further industrial development. Rare earth mineralization in the original source rocks in the weathering crust was studied. The concentrations of rare earth elements are identified and their distribution in weathering crusts metamorphites was shown. The main minerals-concentrators, where the rare earth elements may include isomorphically and where they may stop are determined.

Парамзин Александр Петрович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук, проф.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МАЛОГО ПАРАМЕТРА НА УСТОЙЧИВОСТЬ И КАЧЕСТВО ОБЪЕДИНЁННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В статье исследовано влияние неустойчивости параметров на устойчивость и качество объединённой линейной автоматической системы, состоящей из силовой и корректирующей систем.

Мақалада күштік және түзетуші жүйеден тұратын бірыңғай сызықты автоматты жүйенің сапасы мен орнықтылығына тұрақсыз параметрлердің әсері зерттелген.

In this article investigates the influence of instability parameters on the stability and quality of the joint automatic system, composed of power and corrective systems.

Плотников Сергей Викторович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, д-р физ.-мат. наук, проф.

Ескермесов Дидар Кайратович – ВКГТУ, докторант PhD

Ердыбаева Назгуль Кадырбековна – ВКГТУ, д-р физ.-мат. наук, проф.

Погребняк Александр Дмитриевич – Сумский государственный университет, г. Сумы, д-р физ.-мат. наук, проф.

СТРУКТУРА, МОРФОЛОГИЯ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОКОМПОНЕТНОГО ПОКРЫТИЯ (Ti-Zr-Nb)N, ПОЛУЧЕННОГО ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ

Целью данной работы является проведение комплексного исследования структуры, морфологии поверхности и физико-механических характеристик покрытий на основе (Ti, Zr, Nb)N, полученных в условиях ка-

Осы жұмыстың басты мақсаты катодты вакуумды-доғалық бүрку шарттарында алынған (Ti, Zr, Nb)N негізінде түзілген жабындардың құрылымын, физикалық-механикалық сипаттамасын және беттің морфоло-

The goal of this paper is to conduct a comprehensive study of the structure, surface morphology and the physical and mechanical characteristics of coatings on the basis of (Ti, Zr, Nb) N, obtained under con-

тодного вакуумно-дугового распыления. Методом вакуумно-дугового распыления из катодов системы Ti-Zr-Nb в среде реакционного газа азота получены многокомпонентные покрытия. Покрытия были получены на вакуумно-дуговой установке «Булат-6» при испарении цельнолитых мишеней из сплава. При максимальном давлении азотной атмосферы $P_N=4 \cdot 10^{-3}$ Топр в покрытиях достигается наибольшая твердость 44,6 ГПа и адгезионная прочность 66,8 ГПа. Коэффициент трения системы «покрытие- Al_2O_3 » составляет 1,1.

гиясын кешенді зерттеу болып табылады. Азотты газдың реакциялы ортасында Ti-Zr-Nb жүйесінің катодынан вакуумды-доғалық бүрку әдісімен көп-компонентті жабын алынды. Қоспадан толыққұйылымды нысан булану арқылы «Булат-6» вакуумды-доғалық кондырғысы арқылы алынды. Азотты атмосфераның максималды қысымы $P_N=4 \cdot 10^{-3}$ Топр кезінде жабында ең көп қаттылық 44,6 ГПа және беріктік 66,8 ГПа болады. «Жабын- Al_2O_3 » жүйесінің үйкелу коэффициенті 1,1 құрайды.

ditions of cathodic vacuum arc spraying. The method of vacuum-arc sputtering cathodes of Ti-Zr-Nb in the reaction medium obtained nitrogen gas multicomponent coating. The coatings were obtained on vacuum-arc setting «Bulat-6» with the evaporation-cast alloy target. At the maximum pressure nitrogen atmosphere $P_N = 4 \cdot 10^{-3}$ Topp coatings achieved the highest hardness of 44.6 GPa and 66.8 GPa, adhesion strength. The coefficient of friction of the «cover- Al_2O_3 » is 1.1.

Плотников Сергей Викторович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, д-р физ.-мат. наук, проф.

Тлеукунов Ер-Таргын Оралханович – ВКГТУ, докторант PhD

Ердыбаева Назгуль Кадырбековна – ВКГТУ, д-р физ.-мат. наук, проф.

Погребняк Александр Дмитриевич – Сумский государственный университет, г. Сумы, д-р физ.-мат. наук, проф.

СТРУКТУРА И НАНОТВЕРДОСТЬ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО НАНОКОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N, ПОЛУЧЕННОГО ВАКУУМНО-ДУГОВЫМ ОСАЖДЕНИЕМ

Целью данной работы является проведение комплексного исследования структуры, морфологии поверхности и физико-механических характеристик покрытий на основе (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta)N, полученных в условиях катодного вакуумно-дугового испарения. Покрытия были получены на вакуумно-дуговой установке «Булат-6» при испарении мишени из высокоэнтروпийного сплава. Измерение микротвердости проводилось на автоматизированном приборе «Durascan-20», а нанотвердость и модуль упругости исследовались в динамическом режиме на «Triboindenter». Для исследования поверхности многокомпонентных покрытий, их элементного состава и распределения элементов по поверхности покрытий использовался растровый электронный микроскоп с энергодисперсионным спектрометром.

Осы жұмыстың мақсаты катод вакуумды-доғалық булану шарттарындағы алынған (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta) негізде жабындардың құрылымын, физикалық-механикалық сипаттамасын, беттің морфологиясын кешенді зерттеу болып табылады. «Булат-6» вакуумды-доғалық кондырғыда жоғарыэнтропиялық нысананың булану салдарынан жабындар алынған. Микроқаттылықтың өлшеуі «Durascan-20» автоматталған құрылғыда жүргізілді, ал нанокаттылық және серпімділік модулі «Triboindenter» динамикалық режимде зерттелді. Энергодисперсионды спектрометрі бар растрлық электрондық микроскоп көп компонентті жабындардың бетін, олардың құрамы және жабынның бетінде элементтер таралуын зерттеу үшін қолданылған.

The goal of this paper is to conduct a comprehensive study of the structure, surface morphology and the physical and mechanical characteristics of coatings on the basis of (Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta) N, obtained under conditions of cathodic vacuum arc evaporation. Coatings were obtained by the vacuum arc device «Bulat-6» by evaporation of the target made from hightentropy alloy. Microhardness measurements were performed on an automated instrument Durascan- 20, nanohardness and elastic modulus were studies in dynamic mode at Triboindenter. Scanning electron microscope with energy dispersive spectrometry was used in order to study the surface of the multi-component coatings and their elemental composition and distribution of elements on the surface coating.

Рахадиллов Бауыржан Корабаевич – ВКГТУ, НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», г. Усть-Каменогорск, д-р PhD, ст. преподаватель

Кызырхан Есбол – ВКГТУ, НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», магистр техн. физики

Журерова Лайла Гылыммеденовна – ВКГТУ, НИИ «Нанотехнологии и новые материалы», д-р PhD

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ АВТОСЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАКАЛКОЙ

В данной работе предложен способ электролитно-плазменной поверхностной закалки (ЭППЗ) для повышения износостойкости деталей автосцепного устройства. Показано, что применение ЭППЗ позволяет получить мелкозернистую, мартенситную структуру поверхности, которая способствует повышению износо-

Бұл жұмыста автоматты тіркеу құрылғы тетіктерінің қажалуға төзімділігін жоғарылату үшін электролитті-плазмалық беттік шынықтыру әдісі ұсынылған. Электролитті плазмалық беттік шынықтыруды қолданудың қажалуға төзімділікті арттыратын ұсақ түйірлі, мартенситті беттік құрылым алуға мүмкіндік беретіндігі

The method for electrolytic-plasma surface hardening to improve the wear resistance of automatic railway coupler parts was proposed in this work. It was shown that the use of electrolytic plasma surface hardening allows to obtain a fine-grained, martensitic surface structure, which improves wear resis-

стойкости. Определено, что микротвердость стали 20ГТЛ после ЭППЗ увеличивается в 2 раза по сравнению с исходным образцом. Экспериментально установлено, что ЭППЗ является перспективным методом повышения износостойкости поверхности автосцепного устройства.

көрсетілген. Электrolитті-плазмалық беттік шынықтырудан кейін 20ГТЛ болатының микротаттылығы бастапқы үлгімен салыстырғанда 2 есеге артқаны байқалды. Электrolитті-плазмалық беттік шынықтыру автосцепті құрылғы бетінің қажалуға төзімділігін жоғарылатуда болашағы мол әдіс болып табылатындығы эксперимент жүзінде анықталды.

tance. It was determined that the microhardness of the steel 20GTL after electrolytic plasma surface hardening was increased 2 times more than the microhardness of initial sample. It was established experimentally that the electrolytic-plasma surface hardening is considered to be a method for increasing the wear resistance of the automatic coupler's surface.

Рахадиллов Бауыржан Корабаевич – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, д-р PhD, ст. преподаватель

Уазырханова Гулжаз Кенесханқызы – ВКГТУ, д-р PhD, доцент

Советханова Асель Аскарқызы – ВКГТУ, студентка

Уазырханова Жулдыз Кенесханқызы – ВКГТУ, преподаватель

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ АМЦ И АМГ6 ПОСЛЕ ВСЕСТОРОННЕЙ КОВКИ

Настоящая работа посвящена исследованию влияния всестороннейковки на микроструктуру и механические свойства алюминиевых сплавов. Результаты экспериментальных исследований и механических испытаний показали, что применение всестороннейковки для алюминиевых сплавов позволяет сформировать в сплавах микроструктуру, которой соответствуют повышенные прочностные свойства. Установлено, что в результате всестороннейковки микротвердость алюминиевого сплава АМГ6 возрастает почти в 5 раз, сплава АМЦ возрастает почти в 4 раза по сравнению с исходным состоянием. Определено, что в среднем объем изнашивания деформированных образцов алюминиевых сплавов АМГ6 и АМЦ снижается в 2 раза, что указывает на значительное повышение износостойкости алюминиевых сплавов после интенсивной пластической деформации методом всестороннейковки.

Аталған жұмыс жан-жақты прес-теуден кейінгі АМГ6 және АМЦ алюминий қорытпаларының микроқұрылымы мен механикалық қасиеттерінің өзгеруін зерттеуге арналған. Эксперименттік зерттеулер мен механикалық сынау нәтижелері алюминий қорытпаларында жан-жақты прес-теуден кейін пайда болған микроқұрылымының олардың беріктілік қасиеттеріне әсер ететінін көрсетті. Жан-жақты прес-теуден кейін АМГ6 алюминий қорытпасының микротаттылығы бастапқы күйдегімен салыстырғанда 5 есеге, ал АМЦ алюминий қорытпасында 4 есеге артатынын көрсетті. Деформацияланған АМГ6 және АМЦ алюминий қорытпаларының тозу көлемі 2 есеге кемітіні көрсетілген. Ол жан-жақты прес-теу әдісімен жасалған қарқынды пластикалық деформацияның алюминий қорытпаларының тозуға төзімділігінің артуына әкеп соғатынын көрсетті.

The real work is sanctified to research of influence of the all-round forging on a microstructure and mechanical properties of aluminium alloys. Results of experimental researches and mechanical tests showed that application of the all-round forging for aluminium alloys to allow to form in alloys a microstructure corresponds that enhanceable mechanical properties. It is set that as a result of the all-round forging the microhardness of aluminium alloy of AMG6 increases almost in 5 time, alloy of AMC increases almost in 4 times as compared to initial the state. It is certain that on the average the volume of wear of the deformed standards of aluminium alloys of AMG6 and AMC goes down in 2 times and accordingly, that specifies on a considerable increase to wearproofness of aluminium alloys after an intensive flowage by the method of the all-round forging.

Садуакасова Айгуль Талгатовна – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, докторант

Самойлов Валерий Иванович – ВКГТУ, д-р техн. наук РФ, д-р PhD, доцент

Әділканова Меруерт Әділканқызы – ВКГТУ, д-р PhD

Кокаева Гульнара Айткеновна – ВКГТУ, канд. техн. наук

Абдулина Сауле Амангельдыевна – ВКГТУ, д-р PhD

Зеленин Валерий Иванович – Уральский Федеральный университет им. Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, д-р техн. наук, проф.

СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА ИЗ ПОДЗЕМНОЙ ВОДЫ

В данной работе приведены результаты исследований по сорбции урана из подземной воды (Восточно-Казахстанская область), содержащей 246 мкг/дм³. В качестве сорбентов использован природный цеолит Тайжугенского месторождения (Восточно-Казахстанская область) и

Бұл мақалада құрамы 246 мкг/дм³ болатын жерасты суынан (Шығыс Қазақстан облысының) уранды сіңірудің зерттеу қорытындылары көрсетілген. Сіңіргіштер ретінде Тайжүзген кенорының (Шығыс Қазақстан облысының) табиғи цеолиті және оны түрлендіру өнімі қолданылды. Цеолитті түр-

Paper represents results of uranium sorption from the groundwater (East Kazakhstan region) containing 246 mkg/L of uranium. As sorbents natural zeolite of Taizhuzgen deposit (East Kazakhstan region) and product of its modification were used. Modification conditions of zeo-

продукт его модификации. Установлены условия модификации цеолита и режим сорбции урана.

Экспериментальными исследованиями показано, что природный цеолит позволяет извлечь из опробованной воды в статических условиях сорбции 14,96 % урана, а продукт его модификации в аналогичном режиме – 93,03 % урана.

лендіру жағдайы және уранды сіңіру ережесі белгіленді.

Тәжірибе зерттеулері негізінде табиғи цеолит сынау суынан сіңірудің статистикалық жағдайында уранның 14,96% және осы тәртіпте оның түрлену өнімі уранның 93,03% бөлініп алынуы көрсетілді.

lite and uranium sorption conditions were determined.

By means of experimental research it is shown that natural zeolite recoveries in static sorption condition 14,96 per cent of uranium from the tested water and product of its modification – 93,03 per cent of uranium in the same conditions.

Самойлов Валерий Иванович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, д-р техн. наук РФ, д-р PhD, доцент

Садуакасова Айгуль Талгатовна – ВКГТУ, докторант

Әділканова Меруерт Әділканқызы – ВКГТУ, д-р PhD

Кокаева Гульнара Айткеновна – ВКГТУ, канд. техн. наук

Абдулина Сауле Амангельдыевна – ВКГТУ, д-р PhD

Дрючкова Олеся Александровна – филиал РГП «НЦ КП МС РК» «ВНИИцветмет», г. Усть-Каменогорск

ГИДРОМИНЕРАЛЬНОЕ УРАНСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЁ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО КОНЦЕНТРАТА УРАНА

В данной работе представлена краткая характеристика источников гидроминерального сырья Монголии, США, Таджикистана, Китая и России. Указанные источники гидроминерального сырья характеризуются повышенным содержанием урана. В работе показаны возможные способы сорбционного извлечения урана из гидроминерального сырья.

Осы жұмыста Монғолияның, АҚШ-тың, Тәжікстанның, Қытай және Ресейдің гидроминералды шикізат көздерінің қысқаша сипаттамасы келтірілген. Аталмыш гидроминералды шикізат көздерінде уранның мөлшері жоғары. Жұмыста уранды гидроминералды шикізаттан сорбциялық бөліп алудың мүмкін болатын тәсілдері көрсетілген.

The paper presents a brief description of the hydro-mineral raw materials sources of Mongolia, USA, Tajikistan, China and Russia. These sources are characterized by increased uranium grade. The paper shows the possible methods for the sorption recovery of uranium from the hydro-mineral raw materials.

Тлебалинова Айжан Солтанғалиевна – ВКГУ им. С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск, д-р PhD

Карменова Мархаба Ахметуллиновна – ВКГУ им. С. Аманжолова

Увалиева Индира Махмутовна – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, д-р PhD

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ СИМВОЛОВ

В данной статье приводится сравнительный анализ методов распознавания структурированных символов. Рассматриваются преимущества и недостатки предлагаемых методов. Анализируется эффективность каждого из методов в рамках задачи распознавания структурированных символов.

Бұл мақалада құрылымданған символдарды айырып тану әдістеріне салыстырмалы түрде талдау жасалған. Аталған әдістердің артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылған. Құрылымданған символдарды айырып тану есебі шеңберінде әдістердің әрқайсысының тиімділігіне талдау жасалған.

This article provides a comparative analysis of the structured character recognition techniques. Consider the advantages and disadvantages of the proposed methods. We analyze the performance of each of the methods in the framework of the structured character recognition tasks.

Шеров Карибек Тагаевич – Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, д-р техн. наук, проф.

Шеров Айбек Карибекович – Карагандинский государственный технический университет, докторант

Маздубай Асылхан Владимирович – Карагандинский государственный технический университет, докторант

Ракишев Асет Кариғулович – Карагандинский государственный технический университет, магистрант

Курманғалиев Тимур Болатович – ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск, канд. техн. наук

ОБРАБОТКА ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ СПОСОБОМ ФРЕЗОТОЧЕНИЯ

В данной статье рассмотрены способы фрезоточения и фрезерования заготовок типа тел вращения.

Аталған мақалада айналу денелері типтес тетіктерді фрезалап-жону және фрезалау тәсілдері қарастырылған. Бұл

This article describes methods of turn-milling and milling workpieces such as bodies of

Эти способы осуществляются преимущественно с принудительным вращением инструмента на несложном приспособлении к токарному станку. Эффективность от внедрения способов определяется надежным стружкодроблением вязких коррозионностойких и жаростойких сталей, повышением стойкости режущих зубьев вследствие оптимального времени контакта с заготовкой, увеличением производительности в среднем в 1,5-1,8 раза. А также рассмотрен комбинированный способ фрезоточения с использованием специального режущего инструмента - фрикционной фрезы. Одним из основных отличий способа является использование специальной фрикционной фрезы не из инструментального материала.

тәсілдер жону білдегіне арнайыландырылған қарапайым айлабұйымда айналатын құралдың көмегімен жүзеге асырылады. Тәсілдерді өндіріске енгізу тиімділігі тотбаспайтын және ыстыққа берік болаттарды өңдеу кезіндегі жоңқаның қолайлы үгітілуінде, дайындамамен құрал тістерінің тиімді түйісуі нәтижесінде кесуші тістердің шыдамдылығының артуында және өнімділіктің орташа 1,5-1,8 есеге артуында болып табылады. Сонымен қатар, арнайы кесуші құрал – фрикциялық жоңғышты қолдану арқылы фрезалап-жонудың қиыстырылған тәсілі қарастырылған. тәсілдің негізгі ерекшеліктерінің бірі құралдық емес болаттан жасалған арнайы фрикциялық жоңғыштың қолданылуы болып табылады.

rotation. These methods are carried out mainly with the forced rotation of the tool to the uncomplicated adjustment to the lathe. The efficiency of the implementation methods defined by reliable chip control viscous corrosion-resistant and heat-resistant steel, increase the resistance of the cutting teeth as a result of the optimal time of contact with the workpiece, increasing productivity on the average in 1,5-1,8 times. Also considered a combined method of turn-milling with a special cutting tool - friction mill. One major difference is the use of a special method of friction of not milling tool material.

Шомантаев Асылхан Ашимович – Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, г. Кызылорда, д-р с.-хоз. наук, проф.

Байтасов Камал Байтасович – Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, канд. техн. наук, доцент

Абдикерова Улия Бактыбаевна – Кызылординский государственный университет им. Коркыт Ата, магистр с.-хоз. наук, докторант PhD

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Последние годы новые технологические разработки по применению нефтебитуминозных пород (НБП) побудили использовать их в составах гидроизоляционных мастик для гидротехнического строительства, имеющих высокую водонепроницаемость, водоустойчивость, теплоустойчивость, пластичность и химическую стойкость.

Чтобы получить оптимальный состав мастики, были определены структурно-механические характеристики органической части НБП, изучены реологические свойства мастики.

Соңғы жылдары мұнайбитумды жыныстарды (МБЖ) пайдалану жаңа технологиялық әзірлемелерді қолдану бойынша гидротехникалық құрылыста жоғары су өткізбеушілігі, суға төзімділігі, жылуға төзімділігі, созылғыштығы және химиялық төзімділігі бар құрамдары гидроқашаулағыш мастика үшін іске асырылды.

Оңтайлы мастика құрамын алу үшін мұнайбитумдық жыныстардың органикалық бөлігінің құрылымдық-механикалық сипаттамалары анықталды, мастикалардың реологиялық қасиеттері зерттелді.

Last years new technological developments on application of oil with a bitumen breeds (OBB) impelled to use them in compositions of waterproofings mastics for hydro-technical building, having a high watertightness, vodoustoychivost', thermostableness, plasticity and chemical firmness.

To get optimum composition of mastic structural-mechanical descriptions of organic part oil with a bitumen breeds were certain, reologicheskie properties of mastic are studied.

МАЗМҰНЫ

ЖЕР ТУРАЛЫ ҒЫЛЫМДАР

<i>Копбалина Г.Б., Жұманбаева М.М., Достоева А.М., Смагулов Д.У.</i> Жұмсартудың аз легирленген AL–ZR–SI жүйесіндегі қорытпалардың электр кедергісіне және беріктігіне әсері	3
<i>Колосова С.Ф., Валитова Н.В., Кашикарова И.В.</i> Биологиялық белсенді қоспаларды жасау кезінде дернәсілдері үлкен балауыз күйе көбелектерді пайдалануың жаңа аспектілері	9
<i>Меньшов А.И., Круглов А.В.</i> Украина аграрлық жер деградацияларын зерделеудегі магниттік әдістер	13
<i>Никитченко К.В., Дзюба О.В.</i> Литосфераның аумақтық магниттік өрісінің бөлу және модельдеу заманауи әдістері. Шолу	19
<i>Өзгелдинова Ж.О., Мұқаев Ж.Т.</i> Сарысу өзені бассейнінің табиғи-ландшафтылық дифференциациясы	24
<i>Өзгелдинова Ж.О., Мұқаев Ж.Т.</i> Жезқазған өндірістік торабында өсетін өсімдіктердегі ауыр металдардың құрамы	30
<i>Өмірсеріков М.Ш., Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Асубаева С.К.</i> Құндыбай кенорнының мору кыртысын-дағы сирекжерлер (Солтүстік Қазақстан)	36
<i>Садуақасова А.Т., Самойлов В.И., Зеленин В.И., Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Абдулина С.А.</i> Жерасты суынан уран алу тәсілі	45
<i>Самойлов В.И., Садуақасова А.Т., Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Абдулина С.А., Дрючкова О.А.</i> Құрамында ураны бар гидроминералды шикізат – уранның химиялық концентратын алудың болашақ көзі	49

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

<i>Абдеев Б.М., Муслиманова Г.Е., Шестакова Е.Б.</i> Материал сыйымдылығы аз, беріктік қоры реттелетін және барынша пайдалы көлемді жұқа қабырғалы конустық резервуар-шұңқыр	57
<i>Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Вавилов А.В., Васильева О.Ю., Ким А.И.</i> Үгіту құрылғысын жетілдіру әдістері мен жолдарын анықтау және жағдайын сараптау	63
<i>Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Вавилов А.В., Васильева О.Ю., Ким А.И.</i> Білікті уатқыштың жұмыс органдарын талдау негізінде жаңа ұтымды нысанын жетілдіру	67

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

<i>Копбалина Г.Б., Жұманбаева М.М., Достоева А.М., Смагулов Д.У.</i> Влияние отжига на электросопротивление и прочтение низколегированных сплавов системы AL–ZR–SI	3
<i>Колосова С.Ф., Валитова Н.В., Кашикарова И.В.</i> Новые аспекты использования личинок большой восковой моли при создании биологически активных добавок	9
<i>Меньшов А.И., Круглов А.В.</i> Магнитные методы при изучении деградации аграрных земель Украины	13
<i>Никитченко К.В., Дзюба О.В.</i> Современные подходы к выделению и моделированию регионального магнитного поля литосферы. Обзор	19
<i>Өзгелдинова Ж.О., Мұқаев Ж.Т.</i> Природно-ландшафтная дифференциация бассейна реки Сарысу	24
<i>Өзгелдинова Ж.О., Мұқаев Ж.Т.</i> Содержание тяжелых металлов в растениях Жезказганского промышленного узла	30
<i>Омирсериков М.Ш., Исаева Л.Д., Дюсембаева К.Ш., Кембаев М.К., Асубаева С.К.</i> Редкие земли в коре выветривания месторождения Кундыбай (Северный Казахстан)	36
<i>Садуақасова А.Т., Самойлов В.И., Зеленин В.И., Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Абдулина С.А.</i> Способ извлечения урана из подземной воды	45
<i>Самойлов В.И., Садуақасова А.Т., Әділқанова М.Ә., Кокаева Г.А., Абдулина С.А., Дрючкова О.А.</i> Гидроминеральное ураносодержащее сырьё - перспективный источник для получения химического концентрата урана	49

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Абдеев Б.М., Муслиманова Г.Е., Шестакова Е.Б.</i> Тонкостенный конический резервуар-воронка наибольшего полезного объема и минимальной материалоемкости с регулируемым запасом прочности	57
<i>Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Вавилов А.В., Васильева О.Ю., Ким А.И.</i> Анализ состояния и определение путей и способов совершенствования дробильного оборудования	63
<i>Гурьянов Г.А., Дудкин М.В., Вавилов А.В., Васильева О.Ю., Ким А.И.</i> Разработка новой рациональной формы валков валковых дробилок на основе анализа их рабочих органов	67

Ержанова М.Е., Әділбаев А.А., Тлешова А.С. Шырын өндірудегі қауынның физикалық-механикалық қасиеттерін зерттеу	75
Кумыкова Т.М., Кумыков В.Х. Кеніштің металл ауа құбырларын полимер құбырларға ауыстырудың тиімділігі	80
Нукешев С.О., Славов В.Р., Карайванов Д.П., Романюк Н.Н., Қақабасев Н.А. Дән-тыңайтқыш сепкіш сіңіргішінің маятникті таратқышының қозғалысын зерттеу	86
Парамзин А.П. Біріккен автоматтандырылған жүйелердің сапасы мен тұрақтылығына кіші шаманың әсер етуін бағалау	91
Плотников С.В., Ескермесов Д.К., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д. Вакуумды-доғалық бүрку әдісімен алынған көпкомпонентті (Ti-Zr-Nb)N жабынның құрылымы, морфологиясы және физика-механикалық қасиеттері	96
Плотников С.В., Тлеукенов Е.О., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д. Вакуумды-доғалық шөгу арқылы алынған (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N жоғарыэнтропиялық нанокөміршілік жабынның құрылымы мен наноқаттылығы	105
Рахадиллов Б.К., Уазырханова Г.К., Советханова А.А., Уазырханова Ж.К. Жан-жақты престоуден кейінгі АМГ6 және АМЦ алюминий қорытпаларының микр құрылымы мен механикалық қасиеттерінің өзгеруі	110
Рахадиллов Б.К., Қызырхан Е., Жүрерова Л.Г. Электрлікті плазмалық беттік шынықтыру көмегімен автоматты тіркеу қондырғы бөлшектерінің тозуға төзімділігін арттыру	116
Шеров К.Т., Шеров А.К., Маздубай А.В., Ракишев А.К., Курманғалиев Т.Б. Қиын өңделетін материалдарды фрезалап-жону әдісімен өндеу	120

ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ СӘУЛЕТ

Шомантаев А.А., Байтасов К.Б., Абдикерова У.Б. Гидротехникалық құрылыстағы гидроқашаулағыш материалдар	127
---	-----

ЭКОЛОГИЯ

Богатырев М.Ф., Богатырев А.М. Газ тәрізді құрауыштарды ұстау техникасы: күйі мен проблемалары	132
Богатырев М.Ф., Богатырев А.М., Горлова Е.И., Кольцова О.И. Топырақты зерттеу	139
Лутай С.С., Лутай А.О., Алипина К.Б., Воробьев А.Л., Данилов М.С. ШҚО балқарағай бүршігін өндеуге арналған қалдықсыз технологияны әзірлеу	143

Ержанова М.Е., Адилбаев А.А., Тлешова А.С. Изучение физико-механических свойств дыни при производстве соков	75
Кумыкова Т.М., Кумыков В.Х. Эффективность замены шахтных воздухопроводов из металлических труб полимерными	80
Нукешев С.О., Славов В.Р., Карайванов Д.П., Романюк Н.Н., Какабаев Н.А. Исследование движения маятникового распределителя сошника зернотуковой сеялки	86
Парамзин А.П. Оценка влияния малого параметра на устойчивость и качество объединённой автоматической системы	91
Плотников С.В., Ескермесов Д.К., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д. Структура, морфология и физико-механические свойства многокомпонентного покрытия (Ti-Zr-Nb)N, полученного вакуумно-дуговым распылением	96
Плотников С.В., Тлеукенов Е.О., Ердыбаева Н.К., Погребняк А.Д. Структура и нанотвёрдость высокоэнтропийного нанокөміршілік покрытия (Ti-Zr-Hf-V-Nb-Ta)N, полученного вакуумно-дуговым осаждением	105
Рахадиллов Б.К., Уазырханова Г.К., Советханова А.А., Уазырханова Ж.К. Изменение микроструктуры и механических свойств алюминиевых сплавов АМЦ и АМГ6 после всестороннейковки	110
Рахадиллов Б.К., Қызырхан Е., Жүрерова Л.Г. Повышение износостойкости деталей автосцепного устройства электролитно-плазменной поверхностной закалкой	116
Шеров К.Т., Шеров А.К., Маздубай А.В., Ракишев А.К., Курманғалиев Т.Б. Обработка труднообрабатываемых материалов способом фрезоточения	120

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Шомантаев А.А., Байтасов К.Б., Абдикерова У.Б. Гидроизоляционные материалы в гидротехническом строительстве	127
--	-----

ЭКОЛОГИЯ

Богатырев М.Ф., Богатырев А.М. Техника улавливания газообразных компонентов: состояние и проблемы	132
Богатырев М.Ф., Богатырев А.М., Горлова Е.И., Даниленко Т.М. Исследования почвы	139
Лутай С.С., Лутай А.О., Алипина К.Б., Воробьев А.Л., Данилов М.С. Разработка безотходной технологии переработки кедровой шишки в ВКО	143

МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА		МАТЕМАТИКА, ФИЗИКА, ХИМИЯ, ИНФОРМАТИКА	
<i>Бельдеубаева Ж.Т., Рахметуллина С.Ж.</i> Жерасты суларының мониторингісінің ақпараттық-аналитикалық жүйесін әзір- леу	147	<i>Бельдеубаева Ж.Т., Рахметуллина С.Ж.</i> Разработка информационно-аналитичес- кой системы мониторинга состояния под- земных вод	147
<i>Тлебалдинова А.С., Карменова М.А., Ува- лиева И.М.</i> Құрылымданған символдарды айырып тану әдістеріне салыстырмалы талдау жасау	152	<i>Тлебалдинова А.С., Карменова М.А., Ува- лиева И.М.</i> Сравнительный анализ методов распознавания структурированных сим- волов	152
МЕРЕЙТОЙ ИЕЛЕРІ	156	НАШИ ЮБИЛЯРЫ	156

**Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университетінің ХАБАРШЫСЫ**

Ғылыми журнал
1998 жылы шыға бастады.
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық келісім министрлігінде тіркеліп,
1998 ж. 27 ақпанында № 145-ж куәлігі берілген.

**ВЕСТНИК Восточно-Казахстанского государственного
технического университета имени Д. Серикбаева**

Научный журнал
Издается с 1998 г.
Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия
Республики Казахстан. Свидетельство № 145-ж от 27 февраля 1998 г.

Редакторы - Редактор
С.Е. Волкова, Г.Т. Жантасова
Корректорлар - Корректор
С.Е. Волкова, Г.Т. Жантасова
Руководитель редакционно-издательского центра О.Н. Николаенко

М а т е р и а л д а р д ы к о м п ь ю т е р д е т е р г е н
ж әне б е т т е г е н

Набор, верстка,
изготовление оригинал-макета
Е.И. Богатырева

Басуға 26.09.2016 қол қойылды.
Форматы 84×108/16. Офсет қағазы.
Көлемі: 15,46 есептік баспа табағы, 17,98 шартты баспа табағы
Таралымы 350 дана. № 1511-2016 тапсырыс.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано в печать 26.09.2016.
Формат 84×108/16. Бумага офсетная.
Объем: 15,46 уч.-изд. л., 17,98 усл. печ. л.
Тираж 350 экз. Заказ № 1511-2016.
Цена договорная.

Шығыс Қазақстан мемлекеттік
техникалық университеті
070004, Өскемен қаласы, Протозанов көшесі, 69

Восточно-Казахстанский государственный
технический университет
070004, г. Усть-Каменогорск, ул. Протозанова, 69