

ОБ ОДНОЙ ОЦЕНКЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кажикенова С.Ш., д.т.н., профессор;
Рахимбекова А.А., магистрант; Реттих К.О., магистрант
Карагандинский государственный университет им. академика Е.А. Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

Ключевые слова: производственные процессы, технологические схемы, информационная энтропия, формула Шеннона.

При разработке химико-металлургических процессов и их практической реализации широко используются открытые в XIX в. всеобщие законы сохранения. Так, закон сохранения и превращения энергии воплощен в началах термодинамики и применяется на практике для составления тепловых балансов процессов. Закон сохранения массы обязательно учитывается в кинетике химических реакций и в материальных балансах процессов. Мы ставим задачу на основе информационной энтропии Шеннона разработать метод объединения показателей по извлечению ценных компонентов и их содержанию в промпродуктах по переделам и в целом по технологической схеме с последующим применением этого метода для анализа и сравнительной оценки химико-металлургических производств.

С целью проведения сравнительного анализа конкурирующих схем или отдельно усовершенствуемых операций по единому обобщенному критерию комплексной завершенности, а также неопределенности, рассмотрим применение формулы Шеннона для определения информационного баланса производственных процессов с помощью показателей извлечения и содержания меди [1]:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность обнаружения какого-либо однородного элемента системы в их множестве

$$N; \sum_{i=1}^N p_i = 1, p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, N.$$

В основу информационного анализа положено сопоставление структуры самоорганизующейся абстрактной иерархической системы по ее детерминированной, т.е. информационной составляющей, с практической детерминацией технологических переделов по содержанию и извлечению целевого компонента в промежуточных и конечных продуктах по мере перехода целевого компонента из сырья в товарный вид. Для конкретного выражения степени детерминации и стохастичности рассмотрим формулу Р.Хартли, которая применительно к уровневой имеет вид:

$$H_{n(\max)} = k^n \log N_0. \quad (2)$$

Рассмотрим технологическую схему с длиной кода $k = 2$, то есть k в данном случае это выборка из множества – элемент и не элемент, содержащихся в продукте. Технологический смысл этого ограничения сводится к тому, что детерминация системы в первом приближении оценивается по одному какому-то элементу, главному и целевому, например, по меди, а остальные принимаются в каждом переделе как единый остаток, то есть не элемент (или не медь). Тогда (2) примет вид:

$$H_{n(\max)} = 2^n \log N_0 = 2^n \log_2 2 = 2^n.$$

Следовательно, технологическую неопределенность различных операций в пределах единой технологической схемы можно выразить системным показателем неопределенности:

$$H_{\sum n(\max)} = \sum_{i=0}^n H_i = \sum_{i=0}^n 2^i \text{ бит/эл.},$$

Формулы для определения уровневой $I_n(d)$ и системной $I_{\sum n}(d)$ детерминированных составляющих и степеней детерминации и неустранимой стохастичности и их значения, полученные

на основании закона сохранения суммы информации и энтропии при $k = 2$, $N_0 = 2$, для n от 0 до 10 представлены в таблице 1[2].

Таблица 1 – Расчетные оптимальные информационно-энтропийные характеристики в абстрактной иерархической системе для случая $k = 2$, $N_0 = 2$

n	$I_n(d)$ бит/эл.	$H_{n(\max)}$ бит/эл.	$d_n = \frac{I_n(d)}{H_{n(\max)}}$	$I_{\sum_n}(d)$ бит/эл.	$H_{\sum_n(\max)}$ бит/эл.	$d_{\sum_n} = \frac{I_{\sum_n}(d)}{H_{\sum_n(\max)}}$
	$2^n \left[1 - \frac{1}{(n+1)!} \right]$	2^n	$\left[1 - \frac{1}{(n+1)!} \right]$	$\sum_{i=0}^n 2^i \left[1 - \frac{1}{(i+1)!} \right]$	$\sum_{i=0}^n 2^i$	$\frac{\sum_{i=0}^n 2^i \left[1 - \frac{1}{(i+1)!} \right]}{\sum_{i=0}^n 2^i}$
0	0	1,0	0	0	1,0	0
1	1,00	2,0	0,50	1,00	3,0	0,33
2	3,33	4,0	0,83	4,33	7,0	0,62
3	7,67	8,0	0,96	12,0	15,0	0,80
4	15,9	16,0	0,99	27,9	31,0	0,90
5	32,0	32,0	1,0	59,8	63,0	0,95
6	64,0	64,0	1,0	124,0	127,0	0,98
7	128,0	128,0	1,0	252,0	255,0	0,99
8	256,0	256,0	1,0	508,0	511,0	0,99
9	512,0	512,0	1,0	1020,0	1023,0	0,998
10	1024,0	1024,0	1,0	2044,0	2047,0	0,999

В качестве характеристики вероятности обнаружения главного элемента системы можно принять его содержание, выраженное в долях единицы. Например, это содержание извлекаемого химического элемента (меди) в соответствующих продуктах. То же самое относится и к процессу извлечения элемента в тот или иной продукт, так как в этом случае показатель извлечения тождествен вероятности перехода данного элемента из одного состояния системы в другое. Оба этих показателя – содержание и извлечение, могут быть в равной степени использованы для оценки неопределенности качества продукта или технологической операции.

Тогда применительно к единственному контролируемому элементу системы эта неопределенность выразится следующей формулой [3-6]:

$$H = \log_2 \frac{1}{p} = -\log_2 p = -\frac{\ln p}{\ln 2}. \quad (3)$$

В данной формуле, как принято в теории информации, используется двоичный логарифм для выражения альтернативного исхода любого события (извлечь – не извлечь), а также для получения результата, равного одному биту при равной вероятности как обнаружить, так и не обнаружить элемент системы. Этот результат получается как по общей формуле (1), так и по предлагаемой для частного случая (3). Для простоты расчета двоичный логарифм переводится в натуральный по тождественной процедуре, тем самым размерность результата сохраняется в битах на элемент системы. Получив характеристику комплексной неопределенности технологической схемы H_k путем суммирования неопределенности по операциям, можно с помощью обращенной формулы (3) найти соответствующую ей характеристику комплексной определенности:

$$p_k = \exp(-H_k \ln 2) = 2^{-H_k}, \text{ доли единицы (д.е.).} \quad (4)$$

Представляется принципиально важным определение показателя извлечения на нулевом уровне, то есть в руду. Поскольку извлечение любого компонента пропорционально его содержанию в исходном веществе и обратно пропорционально содержанию в продукте, то в первом приближении переход (извлечение) компонента из земной коры в рудное месторождение можно оценить по соотношению:

$$\beta_0 \cong \frac{\alpha_{з.к.}}{\alpha_{р.м.}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

где β_0 – показатель извлечения на нулевом уровне технологической схемы, $\alpha_{з.к.}$ – показатель содержания в земной коре, $\alpha_{р.м.}$ – показатель содержания в рудном месторождении.

Так как для меди $\alpha_{з.к.} = 0,010\%$ [4], а в балансовой руде $\alpha_{р.м.} \cong 1,0\%$, то:

$$\beta_0 \cong \frac{\alpha_{з.к.}}{\alpha_{р.м.}} \cdot 100\% = \frac{0,010}{1,0} \cdot 100\% = 1,0\%.$$

Проведем информационный анализ качества технологических продуктов, а вместе с тем и технологических операций, приводящих к получению этих продуктов, по результатам технологических переделов производства меди [5,6] в зависимости от способа плавки (таблицы 2-9).

Таблица 2 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов отражательной плавки производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,1900	2,3959	0,8250	0,2776	2,6735	0,1568
2	Плавка	0,2750	1,8625	0,9490	0,0755	1,9380	0,2610
3	Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9280	0,1078	0,1443	0,9048
4	Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9830	0,0247	0,0363	0,9751
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	10,9505	-	7,1296	18,0801	-

Таблица 3 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов медно-серной плавки производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,1050	3,2515	0,8270	0,2740	3,5255	0,0868
2	Плавка	0,2300	2,1203	0,9225	0,1164	2,2367	0,2122
3	Конвертирование	0,8000	0,3219	0,9250	0,1125	0,4344	0,7400
4	Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9570	0,0634	0,0750	0,9493
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	12,3493	-	7,2103	19,5596	-

Таблица 4 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов электроплавки производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001

1	Обогащение	0,2050	2,2863	0,9500	0,0740	2,3603	0,1948
2	Плавка	0,3750	1,4150	0,9660	0,0499	1,4649	0,3623
3	Конвертирование	0,9850	0,0218	0,9435	0,0839	0,1057	0,9294
4	Огневое рафинирование	0,9920	0,0116	0,9870	0,0189	0,0305	0,9791
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	10,3787	-	6,8707	17,2494	-

Таблица 5 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов процесса «УОРКРА» производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,2150	2,2176	0,9270	0,1094	2,3270	0,1993
2	Плавка	0,5900	0,7612	0,9715	0,0417	0,8029	0,5732
3	Конвертирование	0,9885	0,0167	0,9285	0,1070	0,1237	0,9178
4	Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9860	0,0203	0,0304	0,9791
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	9,6496	-	6,9224	16,5720	-

Таблица 6 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов плавки в жидкой ванне производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,2400	2,0589	0,9610	0,0574	2,1163	0,2306
2	Плавка	0,5950	0,7490	0,9730	0,0395	0,7885	0,5789
3	Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9470	0,0786	0,1151	0,9233
4	Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9810	0,0277	0,0378	0,9741
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	9,4985	-	6,8472	16,3457	-

Таблица 7 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов плавки во взвешенном состоянии производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,2650	1,9159	0,9215	0,1179	2,0338	0,2442
2	Плавка	0,5700	0,8110	0,9625	0,0551	0,8661	0,5486
3	Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9385	0,0916	0,1281	0,9150
4	Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9825	0,0255	0,0356	0,9756
5	Электролитическое	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998

	рафинирование						
	H_k , бит	-	9,4175	-	6,9341	16,3516	-

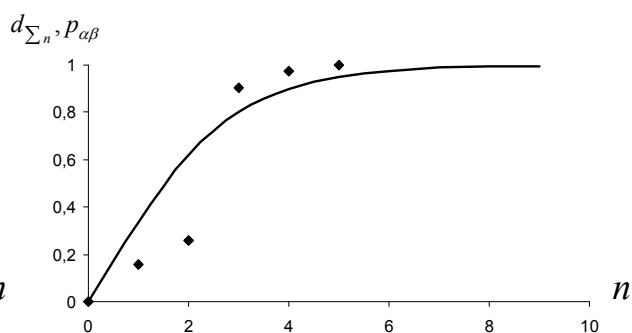
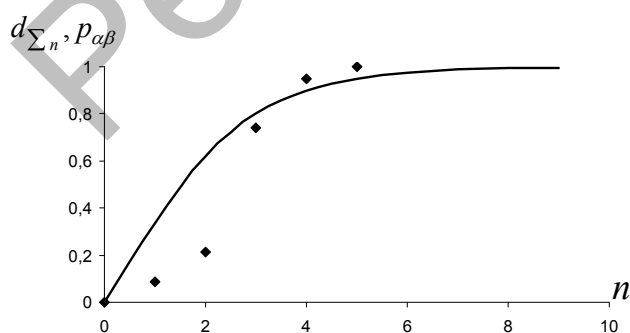
Таблица 8 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов кислородно-взвешенной циклонно-электротермической плавки производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,2500	2,0000	0,9650	0,0514	2,0514	0,2413
2	Плавка	0,6000	0,7370	0,9810	0,0277	0,7647	0,5886
3	Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9215	0,1179	0,1544	0,8984
4	Огневое рафинирование	0,9950	0,0072	0,9870	0,0189	0,0261	0,9821
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	9,4247	-	6,8599	16,2846	-

Таблица 9 – Информационная оценка по извлечению и содержанию технологических переделов процесса «Оутокумпу» производства меди

Уровень передела n	Технологические переделы	Показатели содержания α		Показатели извлечения β		$H_{\alpha\beta}$	$P_{\alpha\beta}$
		α	H_{α} , бит	β	H_{β} , бит		
0	Добыча	0,0100	6,6439	0,0100	6,6439	13,2878	0,0001
1	Обогащение	0,3050	1,7131	0,9770	0,0336	1,7467	0,2980
2	Плавка	0,6200	0,6897	0,9870	0,0189	0,7086	0,6119
3	Конвертирование	0,9750	0,0365	0,9320	0,1016	0,1381	0,9087
4	Огневое рафинирование	0,9930	0,0101	0,9840	0,0233	0,0334	0,9771
5	Электролитическое рафинирование	0,9999	0,0001	0,9999	0,0001	0,0002	0,9998
	H_k , бит	-	9,0934	-	6,8214	15,9148	-

Сопоставление расчетных данных по информационной модели с практическими данными технологии производства цветных металлов на примере меди проиллюстрируем графически в координатах n, d в соответствии с рисунком 1, расположив графики по мере возрастания их корреляционной зависимости. Тесноту связи справочных и рассчитанных по новой модели данных оценим с помощью коэффициента нелинейной множественной корреляции и представим в таблице 10.



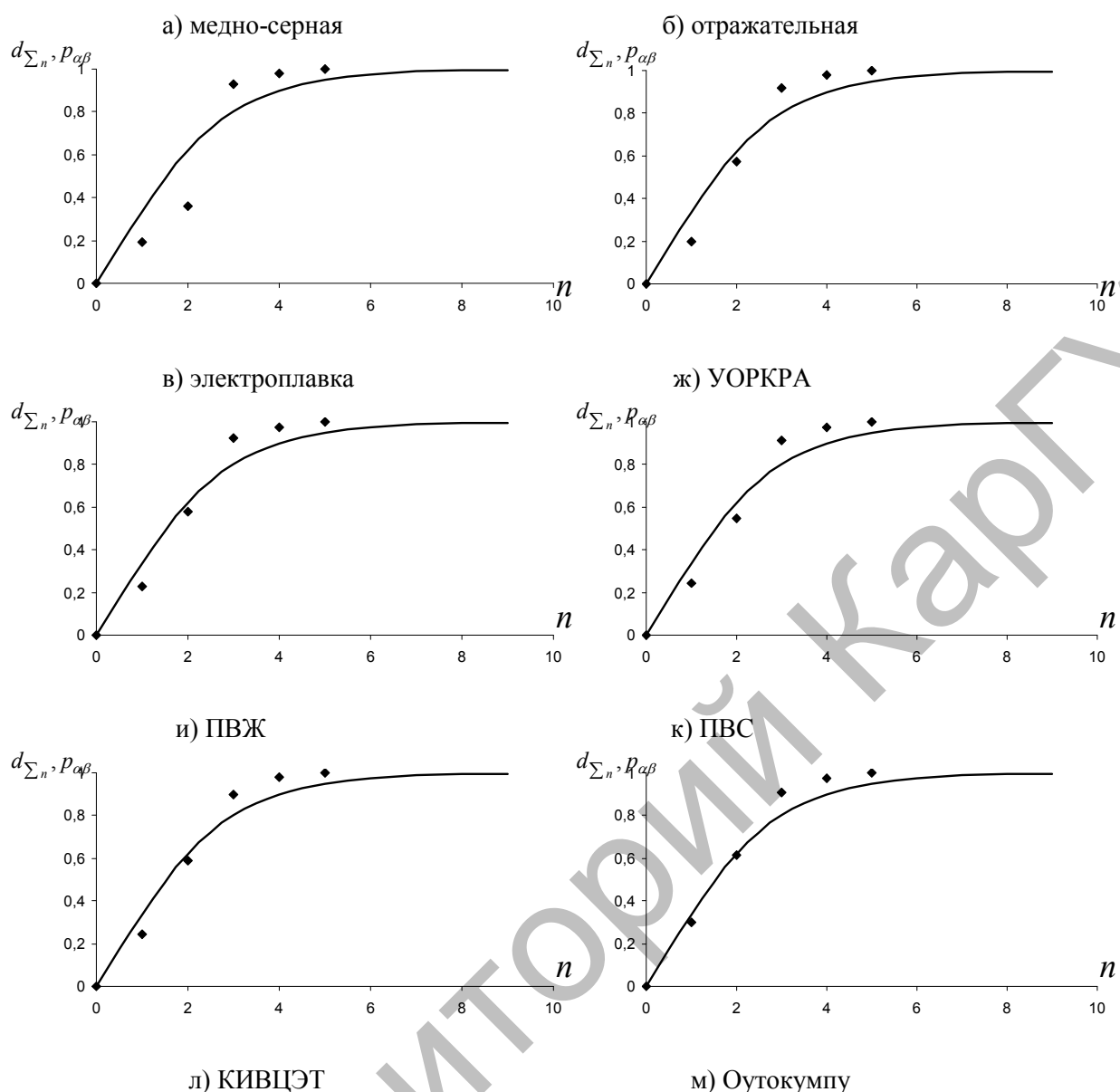


Рисунок 1 – Сравнительная оценка по идеальной модели и по фактическим показателям различных технологий производства меди

Таблица 10 – Сравнительная оценка по идеальной модели и по фактическим показателям различных технологий производства меди

Технология плавки	Коэффициент корреляции
Медно-серная плавка	$R = 0,895577$ $t_R = 9,048923$
Отражательная плавка	$R = 0,914406$ $t_R = 11,16073$
Электроплавка	$R = 0,942072$ $t_R = 16,74784$
Процесс УОРКРА	$R = 0,975132$ $t_R = 39,70605$
Плавка в жидкой ванне	$R = 0,978691$ $t_R = 46,42313$
Плавка во взвешенном состоянии	$R = 0,979230$ $t_R = 47,64067$
КИВЦЭТ	$R = 0,982618$ $t_R = 57,01578$
Процесс «Оутокумпу»	$R = 0,985876$ $t_R = 70,29849$

Как показывает опыт развития металлургического производства, технология переработки руд цветных металлов совершенствуется на базе автогенных процессов взамен устаревших. Данный факт подтверждается приведенными в данной работе расчетами, полученными на основе информационной энтропии Шеннона. Наименьшей корреляционной зависимостью с информационной моделью связаны шахтная и отражательная плавки, что в действительности указывает на то, что эти способы плавки далеко не удовлетворяют чисто технологическим требованиям к современному металлургическому процессу. Основным направлением развития технологии переработки сульфидного сырья является освоение промышленностью новых, более технологичных схем, построенных на базе автогенных процессов.

Литература:

1. Шеннон К.Э. Математическая теория связи // Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. – С. 243-332.
2. Малышев В. П., Кажикенова С. Ш. Информационные оценки технологических переделов в цветной металлургии // Вестник Национальной инженерной академии наук. – 2009. -№2(32). – С. 126-131.
3. Малышев В. П., Кажикенова С. Ш., Турдукожаева А. М. Обобщенная трактовка информационной энтропии Шеннона // Энциклопедия инженера-химика. – М., 2009. - №9. – С. 2-8.
4. Kazhikenova S.Sh., V. P. Malyshev, A. Turdukozhaeva A Qualitative and Quantitative Evaluation of the Technological Processes in the Metallurgy of Nonferrous Metals // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. -No. 4. – pp. 335–337.
5. Малышев В. П., Кажикенова С. Ш., Турдукожаева А. М. Энтропийно-информационный анализ технологических переделов по динамике повышения содержания и извлечения целевого компонента // Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2010. №4. –С.74-82.
6. Малышев В. П., Кажикенова С. Ш., Турдукожаева А. М Информационный анализ совершенства химико-металлургических процессов и технологических схем // XIX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Сб.докладов (25-30 сентября)/ВолГТУ. –Изд-во ВолГТУ, 2011. – С. 307.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОСИСТЕМ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Картбаева Г.Т., к.б.н., доцент;
Абукенова В.С., к.б.н., доцент; Есенгалиева А., доцент
Карагандинский государственный университет им. академика Е.А.Букетова
г. Караганда, Республика Казахстан

В данной статье рассматривается современное состояние биоты, влияние антропогенных факторов на популяций мелких млекопитающих и их динамика численности. Проанализировано изменения морфофизиологических показателей хомячков на нарушенных территориях в разных природно-климатических условиях: Карагайлы и национальный парк Каркаралы. Изучен видовой состав мелких млекопитающих.

Ключевые слова: экосистема, мониторинг, динамика численности, популяция, мелкие млекопитающие.

Современная антропогенная нагрузка на геосистемы Центрального Казахстана создает напряженную экологическую ситуацию в регионе, где устанавливаются критические состояния ландшафтов, приводящие к нарушению их устойчивости и структуры.

Центральный Казахстан – промышленно-индустриальный регион. Эта особенность нашла выражение в формировании антропогенного рельефа. Экологическая дестабилизация затронула не только отдельные природные компоненты, но и в целом оказала воздействие на развитие и состояние природных комплексов рассматриваемой территории.

Многие районы Центрального Казахстана подвергаются различному, а в некоторых случаях значительному, антропогенному воздействию. На трансформированных территориях за последние 50 лет произошли глубокие экологические преобразования, связанные с распашкой земель, вырубкой лесов, промышленными загрязнениями, чрезмерным выпасом сельскохозяйственных животных. Состояние популяций хомячков служит показателем природных нарушений в экосистемах. В связи с этим важно оценить степень влияния антропогенных факторов на изменения, происходящие в популяциях отдельных видов мелких млекопитающих. Экологические механизмы динамики численности в принципе просты и заключаются в изменении соотношения рождаемости и