



УДК 621.775.2

Л.А. Горбачев, А.Р. Кабышева

ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
СПЛАВА ИЧХ15Г4НТ**

Известны различные режимы термической обработки износостойких чугунов хромистых (ИЧХ) для получения комплекса физико-механических свойств целевого назначения, но в целом эти сплавы относятся к сплавам относительно новым, возможности и свойства которых изучены недостаточно. Так, например, АО «Востокмашзавод» г. Усть-Каменогорска по рекомендации Запорожского машиностроительного института, занимающегося эксплуатационными свойствами сплава ИЧХ15Г4НТ, производил мелющие литые шары из этого сплава, обработанные по режиму: $920^{\circ}\text{C} \times 5 \text{ ч} + 400^{\circ}\text{C} \times 3 \text{ ч}$, общей длительностью процесса до 24 часов. Необходимая ударная стойкость должна определяться количеством ударов на специальном ударном копре. Годными считались шары, выдержавшие 15 ударов. Если это условие не выполнялось, проводилась вторая, а зачастую и третья термическая обработка по 24-часовому режиму.

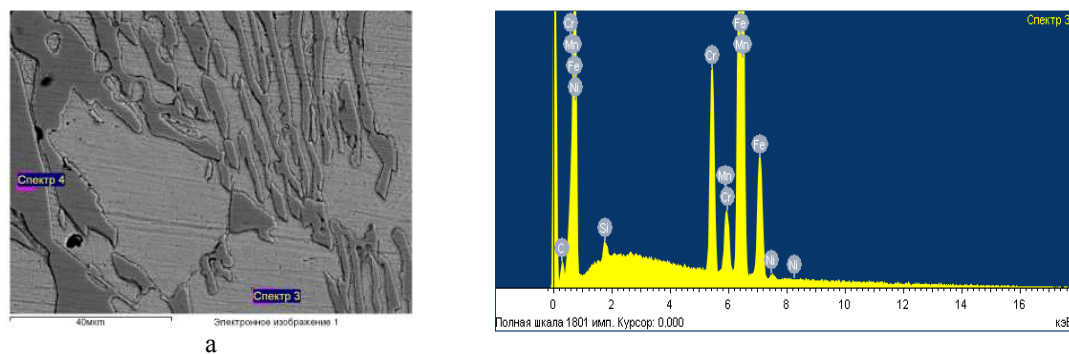
Шары предназначены для использования в качестве мелющих тел шаровых мельниц. Диаметры шаров в зависимости от назначения – 80, 100 и 125 мм. Для их успешной эксплуатации необходимо соблюдение следующих требований:

1. Твердость сплава по Роквеллу на поверхности шаров не должна быть менее HRC 50.
2. Шары должны иметь свойство притягиваться магнитной шайбой для возможности загрузки их в шаровую мельницу.

В данной работе рассматривается возможность получения более рациональной технологии. Был исследован режим термической обработки со снижением температуры с 920°C до 650°C по схеме: нагрев печи вместе с образцами до 650°C – выдержка 6 часов – охлаждение вместе с печью (рис. 1, 2).

Для исследования структуры и свойств образцов в инженерной лаборатории «ИРГЕТАС» (ВКГТУ) выполнен энергодисперсионный анализ на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV производства компании «JEOL Ltd.» (Япония) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy компании «OXFORD Instruments Analytical Limited» (Великобритания) и рентгенодифракционный анализ на дифрактометре X'Pert PRO производства компании «PANalitical» (Голландия).

Установлен структурный состав сплава ИЧХ15Г4НТ после литья – аустенитная матрица с карбидной эвтектикой. Аустенит кроме железа содержит примерно 10 % Cr; 3 % Mn; 0,5 % Si; 0,58 % Ni; карбидная эвтектика содержит 43 % Cr; 3,6 Mn % и около 40 % Fe, что характерно для карбидного типа Me_7C_3 (до настоящих исследований ошибочно считалось, что матрица этого сплава после литья представляет собой цементит).

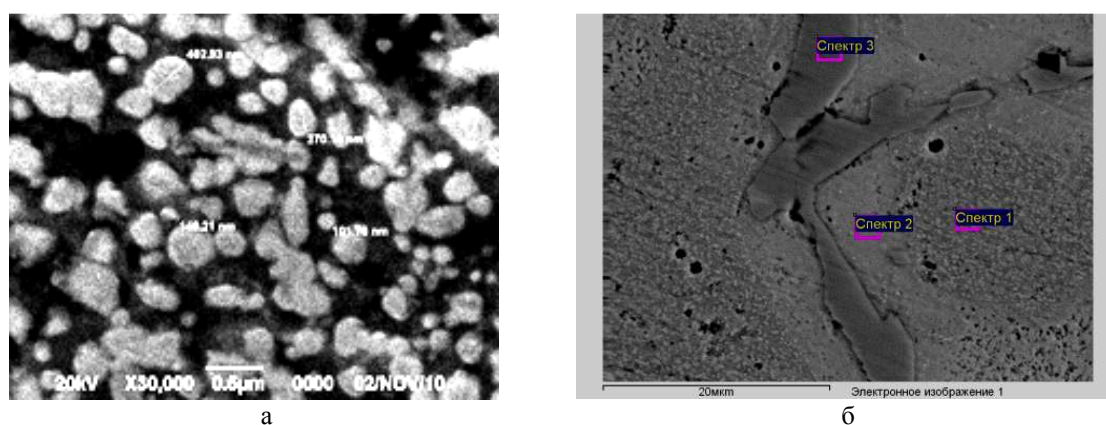


а

Спектр	В сч.	C	O	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Игор
Спектр 3	Да	4.31	0.52	10.63	2.99	80.98	0.58	100.00	
Спектр 4	Да	11.27	2.54	0.07	42.94	3.60	39.58	100.00	
Макс.		11.27	2.54	0.52	42.94	3.60	80.98	0.58	
Мин.		4.31	2.54	0.07	10.63	2.99	39.58	0.58	

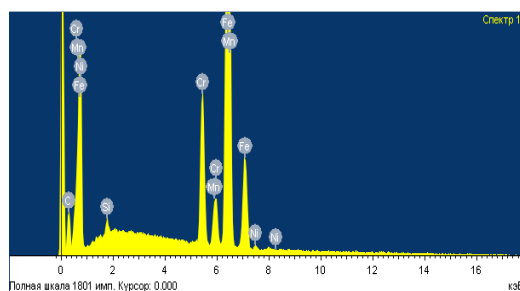
б

Рисунок 1 - Растровая электронная микроскопия сплава ИЧХ15Г4НТ без термообработки: а - электронная фотография; б - элементный состав карбидной эвтектики (и интенсивность)



а

б



Спектр	В сч.	O	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Игор
Спектр 1	Да		0.65	10.99	3.61	83.90	0.86	100.00
Спектр 2	Да		0.66	8.50	4.12	86.04	0.69	100.00
Спектр 3	Да	1.87		42.22	4.20	51.71		100.00
Макс.		1.87	0.66	42.22	4.20	86.04	0.86	
Мин.		1.87	0.65	8.50	3.61	51.71	0.69	

в

Рисунок 2 - Растровая электронная микроскопия сплава ИЧХ15Г4НТ после термической обработки 650 °C × 6 ч: а - мелкодисперсные карбиды распада аустенита (спектр 1); б - электронная фотография; в - элементный состав распада аустенита (и интенсивность)

Анализ магнитности показал, что эти свойства термически обработанных образцов

The XRD pattern shows several characteristic peaks. The most prominent peak is at approximately 44.7° 2θ, which corresponds to Fe-Ni; Fe; Cr; Fe₂C; Fe S₂. Other significant peaks include Fe N_{0.0760}; Fe N_{0.0499} at ~48.5°, Fe N_{0.0760}; Fe₂C at ~50.5°, Fe S₂ at ~54.5°, Fe-C; Fe S₂ at ~58.5°, Cr; Fe S₂ at ~66.5°, Fe N_{0.0760}; Fe N_{0.0499} at ~74.5°, Cr at ~81.5°, and Fe N_{0.0760}; Fe S₂ at ~89.5°. A broad amorphous-like hump is visible between 10° and 20° 2θ.

6

После термической обработки структура сплава превращается в один большой домен и происходит образование новых соединений-фаз (рис. 3, б) с повышенной магнитностью

(FeNi, FeTiO₃, Fe₂Si, FeCr, FeC).

Таким образом, в результате исследований установлен элементный состав аустенитной матрицы, а также состав и формула карбидной эвтектики. Установлен также вид мелкодисперсных карбидов, образовавшихся в результате распада аустенита матрицы. Показано, что причиной повышения магнитных свойств сплава после термической обработки является образование ферромагнитных доменов (FeNi, FeTiO₃, Fe₂Si, FeCr, FeC).

Сплав после такой термической обработки имеет стабильную твердость HRC 53...55; шары из него выдерживают при испытаниях на ударном копре свыше 100 ударов без видимых следов разрушения, их износостойкость при работе в шаровых мельницах десятикратно превышает износостойкость шаров из стали 65 [6].

Список литературы

1. Владимиров А.А. Применение высокохромистых чугунов для изготовления мелющих шаров / А.А. Владимиров, В.И. Удовинов // Литейное производство. – 1991. – № 8. – С. 31–32.
2. Горбачев Л.А. Оптимизация эксплуатационных свойств сплава ИЧХ15Г4НТ / Л.А. Горбачев, Ю.Г. Русин // Вестник ВКТУ. – 2000. – № 3. – С. 102–112.
3. Алимов В.И. Влияние легирующих элементов на износостойкость белых чугунов / В.И. Алимов, С.Т. Громов // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1997. – № 10. – С. 117.
4. Горбачев Л.А. Влияние термической обработки на структуру дефектов сплава ИЧХ15Г4НТ / Л.А. Горбачев, Н.А. Гусева, Л.И. Парфенов, Ю.Г. Русин // Реферативный журнал. 15. Металлургия. – М., 1992. – № 11–12.
5. Горбачев Л.А. Износостойкий чугун / Л.А. Горбачев, Ю.Г. Русин. – Патент РК № 11737 с приоритетом от 30.01.2001 г.
6. Горбачев Л.А. Повышение эксплуатационных свойств помольных шаров из сплава ИЧХ15Г4НТ / Л.А. Горбачев, Ю.Г. Русин, А.Р. Кабышева: Материалы Междунар. интернет-конф. «Альянс наук: ученый – ученому» (25–26 февраля 2011 г.) / Л.А. Горбачев, Ю.Г. Русин, А.Р. Кабышева. – Днепропетровск, 2011. – С. 62–72.

Получено 18.02.11

УДК 622.281(574.32)

В.Ф. Демин, А.С. Смагулова, Т.В. Демина, Ю.Ю. Стефлюк

КарГТУ, г. Караганда

Ю.Н. Шапошник

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЛАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВЫРАБОТОК

Для управления проявлениями горного давления необходимо проведение инженерных мероприятий и применение приемов горной технологии по прогнозированию и активному регулированию в целях преодоления негативных проявлений для обеспечения эффективной эксплуатации горных выработок и производства горных работ.

Количественные и качественные характеристики этих явлений исследовались теоретически на основе эмпирических данных и методом конечных элементов в различных горно-геологических и горно-технологических условиях эксплуатации.

Для исследования влияния горно-технологических факторов на устойчивость выработок на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» проведены наблюдения за 55 горными выработками на предмет их дефектности. Целью наблюдений явилось установле-

ние влияния различных горно-технических факторов на устойчивость эксплуатационных выработок. В качестве влияющих факторов выбраны: мощность (m) [м] и угол падения пласта α ($^\circ$); глубина разработки H (м); размер площади поперечного сечения в свету s (m^2); угол проведения ψ ($^\circ$), форма сечения и вид крепления выработки.

Результативными факторами являются главные напряжения σ_1 и σ_2 (МПа).

Из множества наклонных площадок, которые можно мысленно провести через обследуемую точку тела, будем считать для этой точки ту площадку главной, на которой касательное напряжение отсутствует, т. е. $\tau = 0$, и поэтому полное и нормальное напряжения для главной площадки совпадают по величине и по направлению.

Из этого условия определяются главные напряжения и положения площадок, на которых они действуют. Обозначая искомое главное напряжение σ и проектируя его на оси x , y , z , имеем

$$\begin{aligned}\sigma l &= \sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n, \\ \sigma m &= \tau_{yx} l + \sigma_y m + \tau_{yz} n, \\ \sigma n &= \tau_{zx} l + \tau_{zy} m + \sigma_z n.\end{aligned}\quad (1)$$

Приравняв к нулю определитель полученной системы уравнений

$$\begin{vmatrix} (\sigma_x - \sigma) & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & (\sigma_y - \sigma) & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & (\sigma_z - \sigma) \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

и раскрывая его, получим кубическое уравнение

$$\sigma \cdot l - \sigma_x \cdot l - \tau_{yx} \cdot m - \tau_{zx} \cdot n = 0, \quad (3)$$

три корня которого и будут значениями трех главных напряжений в рассматриваемой точке. Одно из них будет алгебраически наибольшим для точки - обозначим его через σ_1 , наименьшее напряжение - через σ_3 , а промежуточное - σ_2 , то есть $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.

При переходе к главным напряжениям тензор напряжений получает вид

$$\begin{pmatrix} \sigma_1 & & \\ & \sigma_2 & \\ & & \sigma_3 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Коэффициенты уравнения 3 можно найти по формуле 5. Промежуточные значения в формуле 5 можно найти с помощью формулы 6.

$$\begin{aligned}I_1 &= \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z; \\ I_2 &= \sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z - \tau_{yx}^2 - \tau_{zx}^2 - \tau_{zy}^2; \\ I_3 &= \sigma_x \sigma_y \sigma_z - \sigma_x \tau_{zy}^2 - \sigma_y \tau_{zx}^2 - \sigma_z \tau_{yx}^2 + 2\tau_{yx} \tau_{zx} \tau_{zy},\end{aligned}\quad (5)$$

где I_1 , I_2 , I_3 - инвариантные соотношения, иначе называемые первым, вторым и третьим инвариантами тензора:

$$\begin{aligned}I_1 &= \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = const, \\ I_2 &= \sigma_x \sigma_y + \sigma_y \sigma_z + \sigma_z \sigma_x - \tau_{xy}^2 - \tau_{yz}^2 - \tau_{zx}^2 = const, \\ I_3 &= \sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2\tau_{xy} \tau_{yz} \tau_{zx} - \sigma_x \tau_{yz}^2 - \sigma_y \tau_{zx}^2 - \sigma_z \tau_{xy}^2 = const.\end{aligned}\quad (6)$$

Заметим, что первый (линейный) инвариант представляет собой сумму элементов,

расположенных на главной диагонали в тензоре напряжений, которая, как будет показано далее, пропорциональна относительной объемной деформации у рассматриваемой точки, т. е.

$$I_1 = E_0 \theta. \quad (7)$$

Объемная деформация θ , т.е. относительное изменение объема вокруг данной точки как явление физического порядка, конечно, не зависит от способа ее вычисления. Контролем правильности решения кубического уравнения (5) может служить равенство

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3. \quad (8)$$

Второй (квадратичный) инвариант представляет сумму миноров определителя, составленного из компонентов тензора напряжений, если произвести разложение его по главной диагонали, т. е.

$$I_2 = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} \\ \tau_{yx} & \sigma_y \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_z & \tau_{zx} \\ \tau_{xz} & \sigma_x \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \sigma_1 & 0 \\ 0 & \sigma_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_2 & 0 \\ 0 & \sigma_3 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} \sigma_3 & 0 \\ 0 & \sigma_1 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

Контролем правильности решения уравнения может, очевидно, служить равенство

$$I_2 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2 \sigma_3 + \sigma_3 \sigma_1. \quad (10)$$

Третий (кубический) инвариант представляет собой развернутый в строку определитель, составленный из компонентов тензора напряжений

$$I_3 = \begin{vmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{vmatrix}. \quad (11)$$

Сравнить поведение выработок, проведенных в целике или в присечку, не удалось, так как из 51-й обследованной выработки лишь одна пройдена в присечку. В настоящее время на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» эксплуатируются всего 4 выработки, пройденные в присечку. В связи с незначительным количеством и протяженностью данных выработок объем статистических данных является недостаточным для получения достоверных выводов.

Для анализа формы сечения и вида крепления взяты данные по металлоарочному креплению и анкерному креплению при прямоугольном сечении, так как на шахтах УД преобладают данные формы сечения и виды крепления [1].

Для установления зависимостей использовался метод наименьших квадратов, программным средством корреляционного анализа является Mathcad 2001 Professional.

Исследованы зависимости напряжений от мощности пласта. При металлоарочном креплении зависимость напряжений от мощности пласта характеризуется формулами (12), (13), а при анкерном креплении – (14) и (15). Зависимости приведены для Саранского участка. Коэффициенты корреляции обозначены как r :

$$\sigma_1^M(m) = 0,1 \cdot e^{0,76 \cdot m} + 81, \quad r=0,86; \quad (12)$$

$$\sigma_3^M(m) = -0,4 \cdot m^3 + 5,2 \cdot m^2 - 19,3 \cdot m + 41,1, \quad r=0,92; \quad (13)$$

$$\sigma_1^A(m) = 0,208 \cdot e^{0,69m} + 65, \quad r=0,9; \quad (14)$$

$$\sigma_3^A(m) = 1,8 \cdot e^{0,162m} + 7,4, \quad r=0,8, \quad (15)$$

где δ_1^M и δ_3^M - напряжения σ_1 и σ_3 для металлоарочного крепления;

δ_1^A и δ_3^A - напряжения σ_1 и σ_3 для анкерного крепления.

Значения мощности варьировались: для металлоарочного - в пределах от 2 до 5,5 м, а для анкерного – от 1,5 до 5,5 м. Выходные значения δ_1^M изменяются в промежутке от 81,6 до 87,1 МПа, δ_3^M - от 19,5 до 25,5 МПа. А значения δ_1^a изменяются в диапазоне от 65,6 до 74,2 МПа, δ_3^a - от 9,7 до 11,8 МПа (рис. 1). Таким образом, значение напряжения δ_1^M больше, чем δ_3^M в 3,86 раза. А значения напряжения δ_3^a при анкерном креплении почти не меняются.

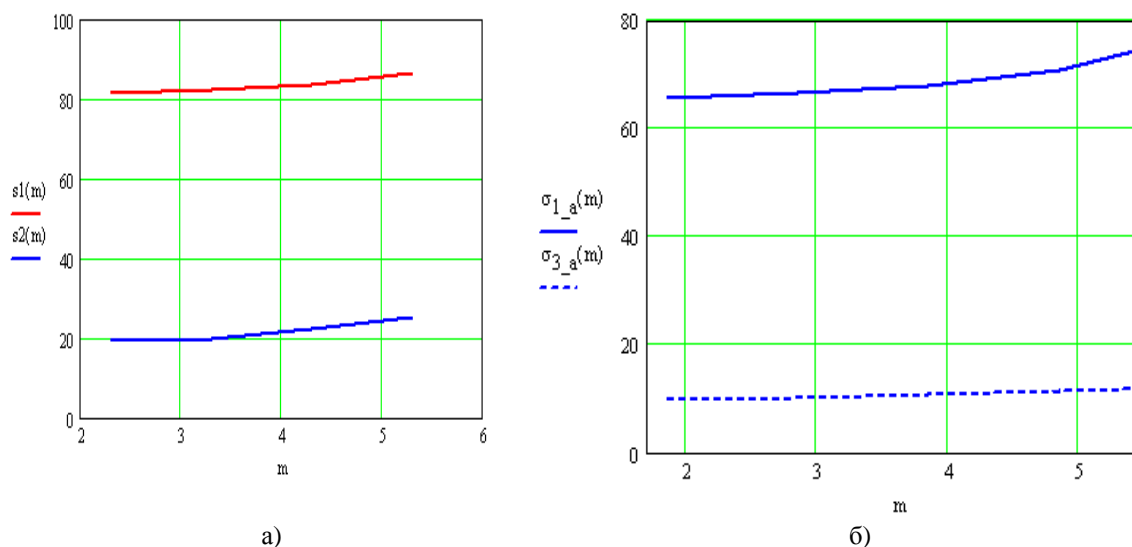


Рисунок 1 – Влияние мощности пласта на величину напряжений σ_1 и σ_3 , возникающих вокруг контура выработки, закрепленной металлоарочной (а) и анкерной (б) крепью

Исследованы зависимости напряжений от угла падения пласта. При металлоарочном креплении зависимость напряжений от угла падения пласта характеризуется формулами (16), (17), а при анкерном креплении – (18) и (19) (рис. 2).

$$\sigma_1^M(\alpha) = 0,65 \cdot \alpha^3 - 26,5 \cdot \alpha^2 + 360,5 \cdot \alpha - 1518, \quad r=0,98; \quad (16)$$

$$\sigma_3^M(\alpha) = 0,028 \cdot \alpha^3 - 1,2 \cdot \alpha^2 + 16,5 \cdot \alpha - 69,8, \quad r=0,98; \quad (17)$$

$$\sigma_1^a(\alpha) = 1,169 \cdot e^{0,253\alpha} + 51,638, \quad r=0,98; \quad (18)$$

$$\sigma_3^a(\alpha) = 0,191 \cdot \alpha^3 - 5,392 \cdot \alpha^2 + 47,401 \cdot \alpha - 137,489, \quad r=0,98. \quad (19)$$

Функции $\delta_1^{мет}(\alpha)$, $\delta_2^{мет}(\alpha)$, $\delta_2^{анк}(\alpha)$ характеризуются кубическими полиномами, а функция $\delta_1^{анк}(\alpha)$ описывается экспоненциальной функцией. Значения угла падения пласта для металлоарочного крепления варьировались в пределах $\alpha=9...19,1^\circ$, а для выработок с анкерным креплением – $\alpha=7...14^\circ$. Функция $\delta_1^{мет}(\alpha)$ - возрастающая.

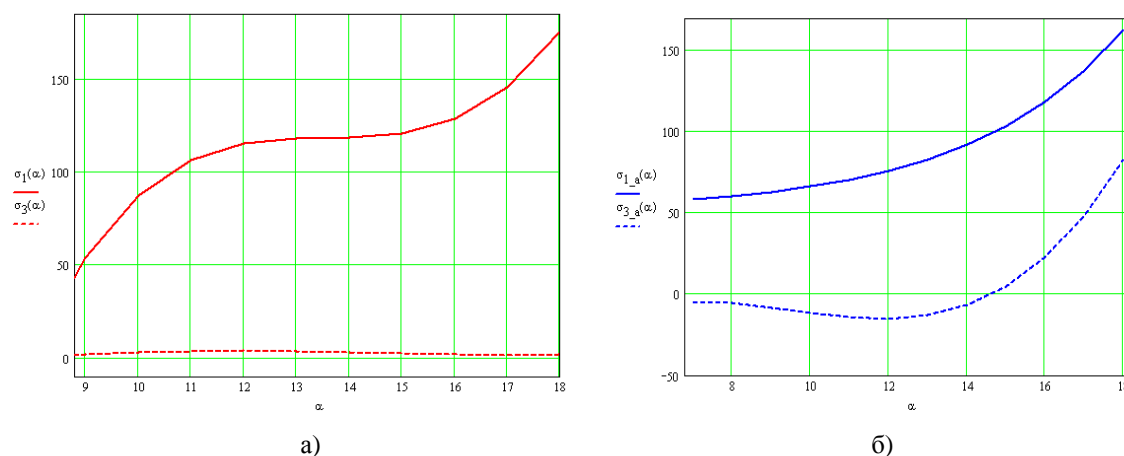


Рисунок 2 – Влияние угла падения пласта на величину напряжений σ_1 и σ_3 , возникающих вокруг контура выработки, закрепленной металлоарочной (а) и анкерной (б) крепью

Исследование зависимости напряжений от глубины разработки. При металлоарочном креплении зависимость напряжений от глубины разработки пласта характеризуется формулами (20), (21), а при анкерном креплении – (22) и (23) (рис. 3).

$$\sigma_1^M(H) = 9,9 + 0,2 \cdot H, \quad r=0,8; \quad (20)$$

$$\sigma_3^M(H) = 1,2 + 0,04 \cdot H, \quad r=0,8; \quad (21)$$

$$\sigma_1^a(H) = 19,886 + 0,104 \cdot H, \quad r=0,8; \quad (22)$$

$$\sigma_3^a(H) = -30,349 + 0,038 \cdot H, \quad r=0,8. \quad (23)$$

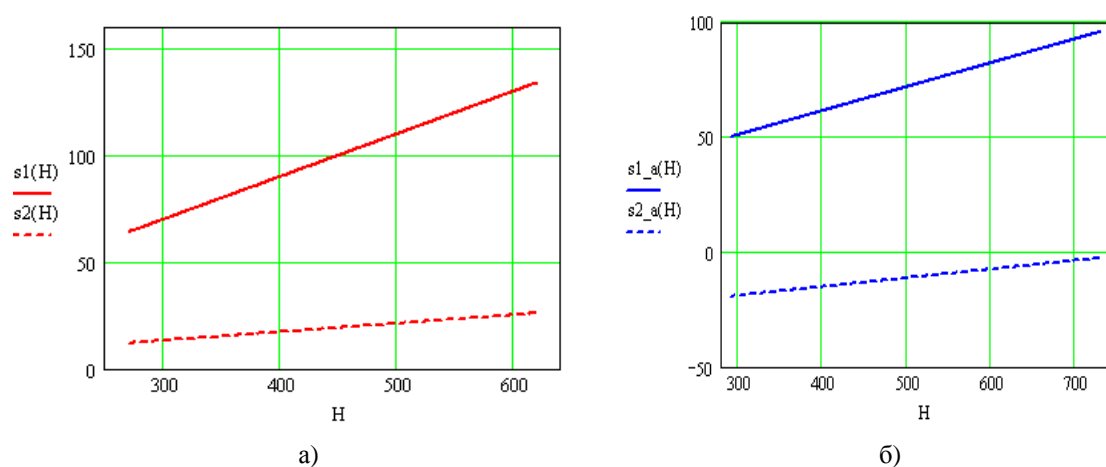


Рисунок 3 – Влияние глубины разработки на величину напряжений σ_1 и σ_3 , возникающих вокруг контура выработки, закрепленной металлоарочной (а) и анкерной (б) крепью

Значения глубины разработки H варьировались: для металлоарочного крепления от 270 до 620 м; для анкерного крепления - от 290 до 730 м.

Напряжение σ_1 при металлоарочном креплении возрастает от 64 МПа до 134 МПа или

в 2 раза, а при анкерном креплении - от 48 МПа до 84,5 МПа или в 1,8 раза. Как видно из графика (рис. 3), σ_3 при металлоарочном креплении возрастает от 12 МПа до 26 МПа или в 2,2 раза.

Анализ результатов наблюдений в диапазоне от 300 до 600 м показывает, что значение напряжения σ_1 при металлоарочном креплении в 1,5 раза больше, чем при анкерном креплении, что свидетельствует об устойчивости выработок [2] при анкерном креплении, чем металлоарочном с ростом глубины.

Список литературы

1. Презент Г.М. Проблемы реструктуризации и интенсификации угледобычи в Карагандинском бассейне / Г.М. Презент, С.К. Баймухаметов, С.С. Квон. – Астана: Министерство культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан. – 280 с.
2. Демин В.Ф. Исследование влияния главных максимальных горизонтальных напряжений на горные выработки / В.Ф. Демин, А.С. Смагулова // Международный научный журнал «Актуальные проблемы современности». – Серия «Технические науки». – 2010. – № 6(56). – Караганды: Болашак-Баспа, 2010. – С. 43-46.
3. Судариков А.Е. Исследование напряженно-деформированного состояния горных пород в приконтурной зоне выемочных выработок / А.Е. Судариков, Т.В. Демина, М.М. Ваймульдин. – IX Междунар. конф. «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные природоохранные технологии освоения недр. – Котону (Бенин); Москва (Россия), 2010. – С. 235-237.

Получено 09.02.11

УДК 622.281(574.32)

В.Ф. Демин, А.С. Смагулова, В.В. Демин, Б. Толовхан

КарГТУ, г. Караганда

Ю.Н. Шапошник

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНВЕРГЕНЦИИ ОТ УГЛА ЗАЛОЖЕНИЯ ВЫРАБОТОК ОТНОСИТЕЛЬНО ДЕЙСТВУЮЩИХ ГЛАВНЫХ МАКСИМАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Повышенное внимание к полям напряжений на горнодобывающих предприятиях объясняется необходимостью решения проблемы повышения устойчивости горных выработок. Многочисленные публикации результатов исследований, проведенных в последние 15-20 лет на шахтах США, Австралии и других стран, доказывают, что взаимная ориентация главных горизонтальных напряжений и подготовительных горных выработок часто является основным фактором, определяющим устойчивость подготовительных выработок на угольных и рудных шахтах [1].

Достаточно надежными способами определения значений и направления горизонтальных напряжений на шахтах считаются методы разгрузки, гидроразрыва и другие способы. Но все эти методы трудноосуществимы, так как требуют больших затрат времени и опыта проведения подобных работ.

Достаточно доступен и в то же время надежен метод оценки напряженного состояния, основанный на анализе визуально наблюдаемых трещин в кровле и стенках горных выработок. На этом принципе основан применяемый в США метод картирования, который позволяет установить наличие и направление горизонтальных напряжений и дать относительную оценку их значений.

В бывшем СССР метод изучения палеотектонических полей напряжений впервые применил А.С. Забродин (ВНИМИ) в 1950 г., который был основан на определении пространственного положения тектонических трещин (на примере шахт Кузбасса) и решения обратной задачи теории предельного равновесия [2].

Выявлено, что выработка, расположенная параллельно оси север-юг более устойчива, чем выработка, расположенная перпендикулярно. Значения максимальных главных напряжений в 2-3 раза больше при перпендикулярном расположении [3], чем при параллельном расположении, то есть устойчивость выработок зависит от направления их ориентации при проходке относительно направления действия в массиве максимальных напряжений.

В Карагандинском угольном бассейне с целью изучения влияния направления заложения выработок относительно направления максимальных горизонтальных напряжений на их устойчивость на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» были проведены наблюдения 55 выработок на предмет их дефектности. При этом все выработки были разбиты на две группы: проведенные параллельно направлению максимальных горизонтальных напряжений (север-юг) и перпендикулярно им.

Анализ результатов производился с учетом следующих факторов [4]:

- расположение выработки: в целике, в присечку, в зоне влияния очистных работ, вне ее;
- вид крепления: металлическое рамное, смешанное (металлоарочное-анкерное) и анкерное.

При расположении выработок вне зоны влияния очистных работ направление их заложения не играет существенной роли на их устойчивость. В зоне влияния очистных работ выработки, пройденные параллельно направлению север-юг, более устойчивы. Так, в них конвергенция со стороны кровли-почвы на 37 %, а со стороны боков на 34 % меньше, чем в перпендикулярных выработках. Анализ работы приведен на диаграмме (рис. 1).

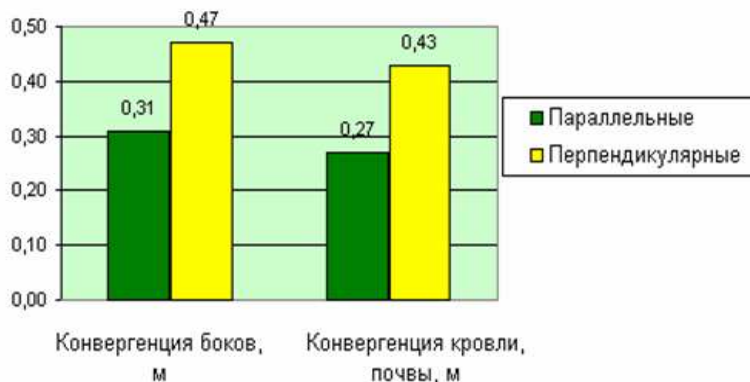


Рисунок 1 - Конвергенция выработок, находящихся в зоне влияния очистных работ

На основании этих наблюдений был сделан вывод о том, что заложение выработок параллельно направлениям максимальных горизонтальных напряжений благоприятно сказывается на их устойчивости.

Недостатком проделанной работы явилось: во-первых, то, что распределение наблюдаемых выработок на группы производилось с учетом некоторых допущений. Так, к вы-

работкам, расположенным параллельно относительно направления север-юг, были отнесены выработки, заложенные в диапазоне углов $0^\circ \pm 45^\circ$ и $180^\circ \pm 45^\circ$; выработки, попадающие в остальные диапазоны, отнесены к перпендикулярным (за 0° принимался север). Это обстоятельство сказывается на погрешности измерений. Во-вторых, отсутствие эмпирических зависимостей.

Для устранения этих недостатков было исследовано поведение горных выработок на шахтах УД АО «АрселорМиттал Темиртау» и установлены эмпирические зависимости, характеризующие влияние угла расположения выработок относительно главных горизонтальных напряжений.

На основании вывода о том, что при расположении выработок вне зоны влияния очистных работ направление их заложения не играет существенной роли, выберем только те выработки, которые находятся в зоне влияния очистных работ и в целике. Вид крепления не учитывается.

Исходными данными являются экспериментальные величины, выявленные во время наблюдений. В качестве исходных данных будем иметь:

- переменный фактор (угол расположения выработки относительно главных напряжений);
- постоянные факторы (расположение выработки: в целике, в зоне влияния очистных работ);
- результативные факторы (1 - конвергенция кровли и почвы выработок, 2 - конвергенция боков).

Для обработки данных использованы методы корреляции. Определенный коэффициент корреляции не приближен к единице: место имеет нелинейная регрессия [5]. По имеющимся значениям для определения вида связи была построена корреляционная решетка, анализ значений свидетельствует о параболической зависимости. Для расчета зависимости был использован метод наименьших квадратов. Общее уравнение параболы имеет вид

$$y = ax^2 + bx + c. \quad (1)$$

Обобщая вычисления получим систему трех уравнений с тремя неизвестными (коэффициенты перед неизвестными выражены через смешанные начальные моменты)

$$\begin{aligned} a \cdot m_{40} + b \cdot m_{30} + c \cdot m_{20} &= m_{21}; \\ a \cdot m_{30} + b \cdot m_{20} + c \cdot m_{10} &= m_{11}; \\ a \cdot m_{20} + b \cdot m_{10} + c &= m_{01}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для того чтобы найти коэффициенты a , b , c в уравнении параболы (1), нужно вычислить все компоненты, входящие в систему (2), и решить ее. Следовательно, уравнение аппроксимирующей параболы имеет вид (график зависимости приведен на рис. 2):

$$y(x) = -0,0001073 \cdot x^2 + 0,016 \cdot x + 0,04. \quad (3)$$

Сравнение фактических y_i и теоретических y_T значений конвергенций, рассчитанных по уравнению параболы, свидетельствуют об удовлетворительном их совпадении [6].

Определим дисперсии: случайных отклонений $\sigma_{\epsilon}^2 = 0,001$, исходных значений $\sigma_y^2 = 0,026$, учтенные параболической зависимостью $\sigma_{\text{зак}}^2 = 0,025$. Корреляционное отношение составит $\eta = 0,98$, индекс детерминации $d = 0,96$, доля вариации Y за счет X .

Найдем стационарные точки функции $y(x)$ (3). Для этого составим уравнение, продифференцировав $y(x)$ по аргументу x :

$$y'(x) = -0,000215 \cdot x + 0,016 = 0.$$

Решая функцию $y(x)$ получим стационарную точку $x_0 = 74,557 \approx 75^\circ$. Найдем вторую производную заданной функции $y(x)$: $y''(x) = -0,000215$. Так как $y'' < 0$, то в точке x_0 имеет место максимум (согласно достаточному условию экстремума). График уравнения изображен на рис. 2.

Исследуем влияние направления заложения выработок относительно главных горизонтальных напряжений на конвергенцию боков. Данная зависимость также определяется параболическим уравнением значения параметров которой были найдены методом наименьших квадратов (график зависимости приведен на рис. 2) [7]:

$$z(x) = -0,00011 \cdot x^2 + 0,016 \cdot x - 0,075. \quad (4)$$

Определим дисперсии: случайных отклонений $\bar{\sigma}_6^2 = 0,0038$, исходных значений $\bar{\sigma}_y^2 = 0,0447$, учтенные параболической зависимостью $\bar{\sigma}_{\text{зак}}^2 = 0,0409$. Корреляционное отношение $\eta = 0,96$, индекс детерминации $d = 0,92$, доля вариации Z за счет X .

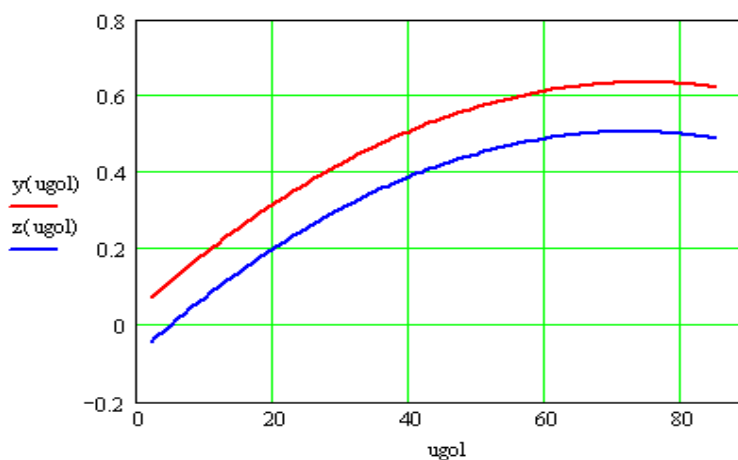


Рисунок 2 - Зависимость конвергенции кровли и почвы $y(\text{угл})$, а также конвергенции боков $z(\text{угл})$ от угла заложения выработок относительно главных горизонтальных напряжений

Стационарной точкой функции $z(x)$ (4) является $x_0 = 72,7 \approx 73^\circ$. Также найдем вторую производную заданной функции $z(x)$: $z''(x) = -0,00022$. Так как $z'' < 0$, то в точке x_0 имеет место максимум (рис. 2).

Произведем определение напряжений по найденным из эксперимента перемещениям. Можно, используя уравнения теории упругости, перейти от перемещений к напряжениям. Формулы (5) дают возможность вычислить деформации

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x}; \quad \epsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y}; \quad \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}; \quad (5)$$

и далее по закону Гука (6) определены напряжения σ_x , σ_y и τ_{xy} .

$$\begin{aligned}\sigma_x &= \frac{E}{1-\mu^2}(\epsilon_x + \mu\epsilon_y); \\ \sigma_y &= \frac{E}{1-\mu^2}(\epsilon_y + \mu\epsilon_x); \\ \tau_{xy} &= G\gamma_{xy} = \frac{E}{2(1+\mu)}\gamma_{xy}.\end{aligned}\tag{6}$$

Таким образом, установлены зависимости напряжений σ_y , σ_x , τ_{xy} от угла заложения выработки, которые приведены в формулах (7)-(9). Напряжения заданы в [МПа].

$$\sigma_y(ugol) = -2,393 \cdot 10^{-2} \cdot ugol^2 + 3,376 \cdot ugol + 1,922.\tag{7}$$

$$\sigma_x(ugol) = -1,91 \cdot 10^{-2} \cdot ugol^2 + 2,661 \cdot ugol - 6,198.\tag{8}$$

$$\tau_{xy}(ugol) = -1,169 \cdot 10^{-2} \cdot ugol^2 + 1,629 \cdot ugol - 3,105.\tag{9}$$

Коэффициенты корреляции составляют $r=0,9$.

Графики зависимостей напряжений от угла заложения выработки представлены на рис. 3.

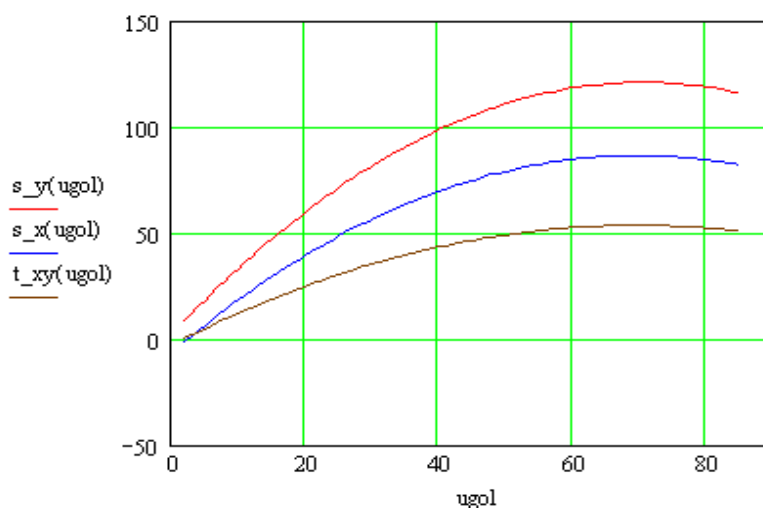


Рисунок 3 - Графики зависимостей напряжений σ_y , σ_x , τ_{xy} от угла заложения выработок

Как видно из графиков (рис. 3), наибольшее влияние угол заложения выработки оказывает на σ_y . Максимального значения 121,0 МПа напряжение σ_y достигает при значении угла заложения 71° . Для σ_x и τ_{xy} имеет место максимум при значении угла 70° , значения в точке максимума составляют 86,5 МПа и 53,7 МПа соответственно. Таким образом, максимальное значение напряжения σ_y в 1,4 раза больше, чем максимальное значение σ_x , и в 2,3 раза больше, чем максимальное значение τ_{xy} . В зоне от 0° до 70° - функция возрастает, далее идет на убывание (используется шкала от 0° до 90°) [8].

Для уменьшения времени расчетов при определении напряжений в зависимости от угла заложения выработки и значения модуля упругости окрестности выработок разработано программное обеспечение [9]. Интерфейс основного окна программы представлен на рис. 4.

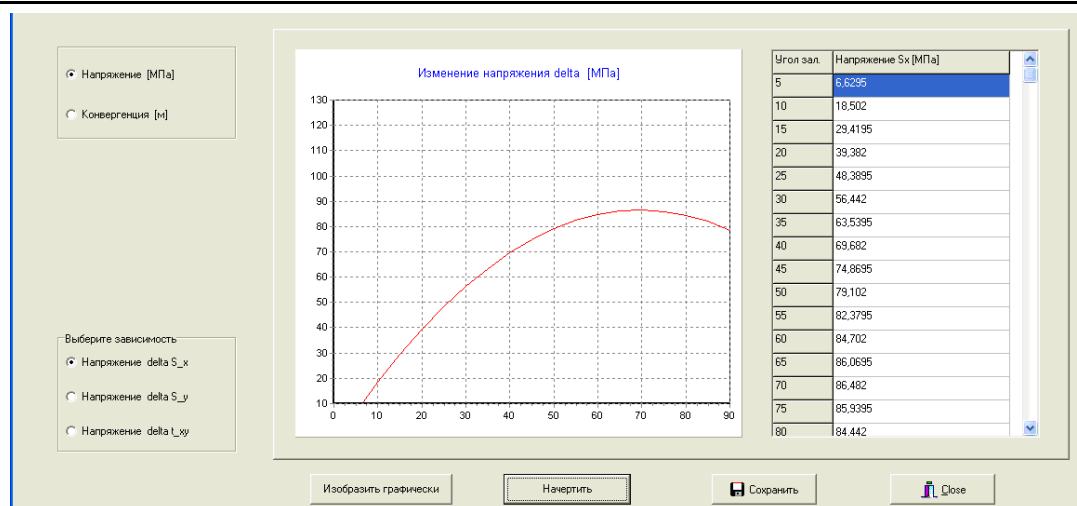


Рисунок 4 - Основная форма программы

Основная форма программы позволяет вычислить напряжения и конвергенции в зависимости от угла заложения выработки. Результаты выводятся в табличной форме и в виде графика, также можно их сохранить в отдельном файле и просмотреть в наглядном виде на дополнительной форме (рис. 5).

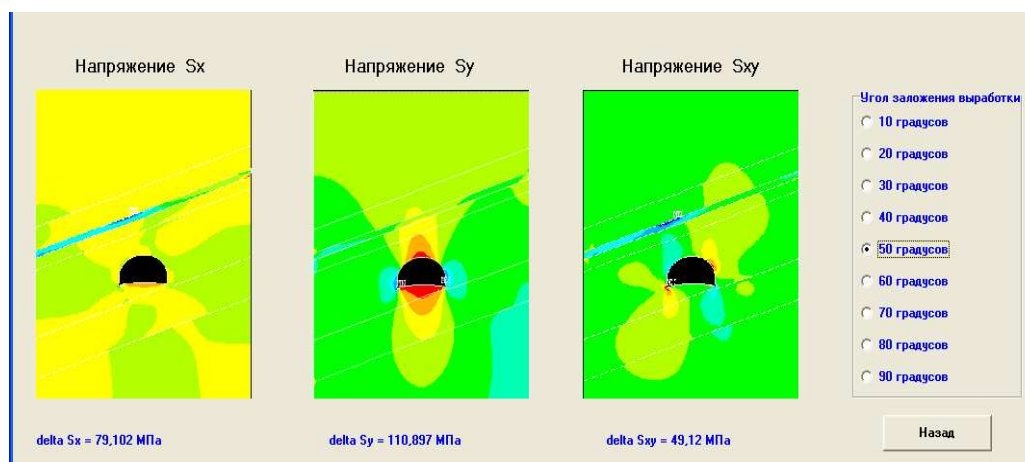


Рисунок 5 - Форма для вывода значений напряжений

На дополнительной форме для вывода значений напряжений используется метод конечных элементов.

Список литературы

1. Петухов И.М. Предотвращение горных ударов на рудниках / И.М. Петухов, П.В. Егоров, Б.Ш. Винокур. - М.: Недра, 1984. - 230 с.
2. Макаров Л.В. Практическая геомеханика: Пособие для горных инженеров. - М.: Изд-во «Горная книга», 2006. - 391 с.
3. Артемьев В.Б. Охрана подготовительных выработок целиками на угольных шахтах / В.Б. Артемьев, Г.И. Коршунов, А.К. Логинов, Е.П. Ютяев, В.М. Шик. - СПб.: Наука, 2009. - 231 с.

4. Баженова С.Г. Математико-статистические методы в горной промышленности: Учеб. пособие. – 2-е изд., исправл. – М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2001. – 99 с.
5. Демин В.Ф. Разработка программного обеспечения для расчета параметров крепления горных выработок в зависимости от влияющих факторов / В.Ф. Демин, А.С. Смагулова // Междунар. науч. журнал «Актуальные проблемы современности». Серия «Технические науки». – Караганды: Изд-во Болашақ-Баспа, 2010. – № 7(57). – С. 25–28.
6. Смагулова А.С. Математическое моделирование параметров горных выработок // Труды Междунар. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030» (Сагиновские чтения № 2). – Караганды: Изд-во КарГТУ, 2010. – Ч. IV. – С. 238–239.
7. Демин В.Ф. Исследование влияния главных максимальных горизонтальных напряжений на горные выработки / В.Ф. Демин, А.С. Смагулова // Междунар. науч. журнал «Актуальные проблемы современности». Серия «Технические науки». – Караганды: Изд-во Болашақ-Баспа, 2010. – № 6(56). – С. 43–46.
8. Яворский В.В. Интеллектуальные информационные системы в горном деле /В.В. Яворский, В.Ф. Демин, А.С. Смагулова, Р.Р. Мифтахов: Учеб. пособие. – Караганды: КарГТУ, 2008. – 145 с.
9. Яворский В.В. Методы моделирования базовых параметров и выбора схем реализации горных выработок / В.В. Яворский, В.Ф. Демин, А.С. Смагулова, К.А. Сагинов // Монография. – Караганды: КарГТУ, 2007. – 157 с.

Получено 16.02.11

УДК 551.1/4: 338.48(574)

Н.Ж. Женсикбаева

ВКГУ им С. Аманжолова, г. Усть-Каменогорск

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОГО АЛТАЯ КАК ФАКТОРА РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

Горы обладают самыми разнообразными возможностями для проведения туристских походов (как оздоровительных, так и спортивных) различных категорий сложности, связанных с преодолением перевалов – осыпных, скальных, снежных, ледяных. Изучение рельефа Южного Алтая является актуальным для развития туризма в Восточном Казахстане.

Современный горный рельеф Южного (Казахстанского) Алтая тесно связан с геологической историей его развития. С конца палеозоя и в течение всего мезозоя, вплоть до неогена, весь Алтай находился в периоде континентального развития. На месте гор образовалась обширная денудационная равнина. В результате последних неоген-нижне-четвертичных вертикальных перемещений по древним швам на фоне сводовых поднятий сформировался современный горный рельеф Алтая. Неотектонические движения не закончились до сих пор. Складчатый фундамент герницид, «пропитанный» интрузивными породами палеозоя, при напряженных поднятиях и прогибах растрескивался, чаще всего по древним швам разломов, на отдельные полосы и глыбы. Одни из этих глыб испытали поднятия, другие остались на месте либо опустились.

Первые в современном рельефе образуют горные цепи, измененные ветром, текущими водами, ледниками, физическим выветриванием, вторые – современные продольные долины и межгорные впадины. Рассмотренные процессы обусловили в рельефе Южного Алтая преобладание пологих склонов (крутизной от 3-5 до 10-15°) и выровненных участков пенеппена, поднятых на различные гипсометрические уровни. Крутые склоны и ущельеобразные долины приурочены к зонам разломов (растрескивания). В плейстоцене

горы подверглись значительному оледенению [1].

Геологическое строение Южного Алтая описано В.П. Нехорошевым [2]. Для геологического строения Южного Алтая характерно развитие мощных толщ палеозойских отложений, особенно нижнепалеозойские. Метаморфизованные отложения, условно относимые к ордовику, на основании находок в них кембрийских акретарх лейосфириды достоверно были отнесены к кембрийской системе. Песчано-сланцевая толща Кабинской свиты на основании находок члеников морской лилии (Г.М. Стукалинова, Е.Д. Васильевская), акретарх лейосфириды (Т.С. Гришина, Н.И. Михайлова) отнесена к ордовикской системе.

На Кабинских отложениях согласно залегают обломочные и карбонатные толщи, содержащие *Multisalenia tortuosa* Frits, которые были отнесены к силурийской системе (Г.Л. Бельговский, Е.Д. Васильевская, 1955).

Они представлены мало измененными алевролитами, песчаниками, флишеподобными переслоенными аргиллитами и песчаниками. В эти отложения включены редкие линзы кислого состава.

На основании находок фауны: брахиопод, многочисленных кораллов, криноидей и микрофитофоссилий, возраст этих отложений определен как девонский (Д.П. Авров., В.П. Нехорошев., Г.Н. Падалко., Т.С. Гришина., Н.И. Михайлова и др.) (рис. 1) [2].

Нижнекаменноугольные отложения с базальными конгломератами в основании залегают на девонских отложениях и имеют пестрый литологический состав. Осадочные горные породы переслаиваются кислыми средними вулканитами на основании многочисленных находок брахиопод, мшанок, кораллов, которые отнесены к нижнему карбону (А.П. Ротай, В.П. Нехорошев).

Верхнепалеозойские отложения представлены также пестрыми толщами литологически разнообразных осадочных пород, которые сформировались в континентальных озерно-болотных условиях с многочисленными остатками ископаемой флоры, сопоставленной с буконьской свитой Калбы-Нарымской зоны (Д.П. Авров., Г.П. Радниченко и др.). Эти отложения включают углесодержащую голубовскую свиту, угли которой местные жители используют для топлива.

Мезозойские отложения в Южном Алтае отсутствуют, за исключением коры выветривания условно доолигоценового возраста. Она представлена пластичными каолинизированными глинами пестрой расцветки.

Кайнозой представлен преимущественно пестроцветными каолиноподобными глинами на водоразделах, низких впадинах, урочищах и аллювиальными образованиями – в речных долинах.

Главнейшей особенностью рельефа Южного Алтая является четкое субширотное расположение его хребтов и разделяющих их межгорных впадин, слегка виргирующих в юго-западном направлении. Характерны также широкое развитие и довольно хорошая сохранность разнообразных по рельефу поверхностей выравнивания, занимающих более половины рассматриваемой территории, чрезвычайная крутосклонность форм и четкая ярусность рельефа. Общей особенностью хребтов Южного Алтая является, прежде всего, их асимметричность, выраженная в наличии коротких и крутых (за редчайшим исключением) северных склонов и сравнительно пологих и длинных – южных.

В связи с этим различается и рельеф разных склонов хребтов. Кроме того, отмечается сильная извилистость водораздельных линий в вертикальном профиле, а отсюда и появление на водоразделах то плоских поверхностей выравнивания, то расчлененного альпийского рельефа [2].

Система				Характеристика пород		Мощность, м
Камменноугольная	Девонская	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	
Отдел	Нижний	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	Индекс
Ярус	Нижний	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	Индекс
Камменноугольная	Девонская	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	Балгынская свита
						Мелкозернистые песчаники табачного цвета, поросчатые алевролиты и кремни. Черные сланцы с линзами известняков с фауной криноидей <i>Rotegastrius</i> sp, туфы кварцевых порфиров, дацитовых и андезитовых порфиров
						Песчаники и алевролиты Тонкие прослои известняков с фауной мшанок <i>Fenestella</i> ex. <i>multispina</i> Ulrich, <i>Hemitrypa</i> cf. <i>burulica</i> Nikif; брахиопод <i>Aulacella</i> sp, <i>Ambovella</i> sp, <i>Productella</i> (?), <i>Chonetes</i> sp, пелеципод и криноидей <i>Platystrophia</i> sp, <i>Pentagostocyclis</i> <i>altaicus</i> sp nov и др. Серые песчаники и алевролиты. Грубозернистые полимиктовые песчаники и туфы. Линзы среднезернистых какаломератов. Для свиты характерно ритмичное переслаивание прослоев различной крупности зерен
						Черные и темно-серые глинистые сланцы. Поросчатые и каскастые алевролиты. Мелкозернистые песчаники с фауной криноидей. <i>Cyclocyclis</i> <i>biatriculaus</i> sp nov, <i>Pentagostocyclis</i> <i>radialis</i> sp nov
Девонская	Средний	Средний	Живетский	Живетский	Турнейский	Култабарская свита, верхняя подсвита
						Верхняя толща. Кварцевые порфиры, полимиктовые и известковистые песчаники темно-серые и серые слоистые известняки с фауной кораллов <i>Thalporora</i> <i>alta</i> (Tchern), <i>Striatopora</i> cf. <i>Schandiensis</i> Dubat, <i>Stenophyllum</i> <i>altum</i> Soshk, криноидей, гастропод и наутиллоидей
						Средняя толща. Туфы, туфовые конгломераты, кварцевые порфиры, дацитовые порфиры, полимиктовые песчаники и алевролиты. Линзы известняков с фауной кораллов <i>Favosites</i> aff. <i>eifeliensis</i> Pen., <i>Pseudotriplex</i> sp
						Нижняя толща. Плитчатые коричневатые-серые известняки, известковистые песчаники и сланцы. Линзы массивных светло-серых известняков с фауной кораллов <i>Favosites</i> ex. <i>placenta</i> Kaminger, <i>Trypanasma</i> <i>devoniense</i> Soshk и др.; криноидей <i>Cyprinoscrinus</i> <i>crassus</i> Coldf. С. cf. <i>elongatus</i> Quensl. строматопор и брахиопод
Девонская	Средний	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	Култабарская свита, нижняя подсвита
						Кварцевые и дацитовые порфиры и их туфы
						Массивные светло-серые известняки и плитчатые темно-серые известняки с фауной кораллов <i>Thalporora</i> cf. <i>javorskyi</i> Dubat, <i>Parastriatopora</i> (?) sp, <i>Pseudotriplex</i> <i>javorskyi</i> Soshk, криноидей <i>Hadrocrinus</i> cf. <i>hospitatus</i> Schmidt. Зеленые известковистые песчаники и алевролиты
						Кабинская свита, верхняя подсвита
Девонская	Средний	Средний	Верхний	Живетский	Турнейский	Кабинская свита, средняя подсвита
						Зеленоватые-серые песчаники и алевролиты. Линзы конгломератов известковистых сланцев и известняков с фауной кораллов: <i>Prohelictes</i> sp nov, <i>Lichenaria</i> (?), <i>Calapocella</i> (?), мшанок <i>Mischalsapella</i> sp, <i>Constellaria</i> sp; криноидей <i>Cyclocyclis</i> <i>bifurcatus</i> sp nov и др
						Ритмичное переслаивание зеленоватых-серых и фиолетовых глинистых, кремнисто-глинистых сланцев, алевролитов и тонкопосчатых каскастых песчаников

Рисунок 1 - Сводная стратиграфическая колонка (хребты Сарым-Сакты и Курчумский),
по Д.П. Аврову [2]

Ярусность рельефа территории выражается в определенном расположении разновозрастных и морфологически различных «типов» и форм рельефа. Самое верхнее положение занимают либо остатки древнего рельефа, при разрушении которого возник весь остальной рельеф, либо наиболее молодой альпийский рельеф, связанный с интенсивными проявлениями неотектонических процессов.

В истории формирования структур Южного Алтая намечаются три этапа: додевонский, нижнепалеозойский и среднепалеозойский, в соответствии с которыми в дальнейшем и дается характеристика тектоники этой территории.

Додевонские складчатые сооружения, сложенные кристаллическими сланцами, гнейсами и амфиболитами, обнажаются в сводовой части Курчумского горстантиклинального поднятия. Внутренняя структура додевонских образований в общем - антиклинорная. В ядре ее выходят кордиеритовые, гиперстеновые и роговообманковые гнейсы и амфиболиты, прорванные интрузиями додевонского, нижнекаменноугольного и кальбинского комплексов.

Нижнепалеозойские (каледонские) складчатые сооружения выступают на востоке рассматриваемой территории. В строении нижнепалеозойских складчатых сооружений принимают участие песчано-сланцевые отложения среднего и верхнего ордовика суммарной мощностью около 5 км.

Формирование герцинских складчатых сооружений на территории Южного Алтая начинается с раннедевонского времени, которое характеризуется неравномерными крупными опусканиями фундамента по глубинным разломам [2].

Изучением историко-геологических памятников Южного Алтая для целей туристической деятельности никто не занимался, в связи с этим актуальна и нова проблема научно-популярного описания природных и культурно-исторических памятников для обеспечения содержательности объектов.

Далее коротко охарактеризованы особенности наиболее значимых геолого-палеонтологических и геолого-палеоботанических памятников природы на территории Восточного Казахстана.

Памятник природы «Киин-Кериш» находится в Курчумском районе на площади 2 га. Создан для сохранения палеонтологических объектов, характерных для начала кайназоы, и своеобразных форм рельефа, имеющих облик эрозионных башен, разделенных обширными полями глинистых и глинисто-песчаных такыров. В отложениях Киин-Кериша обнаружены 3 костеностных горизонта и 5 разновозрастных флор. В костеностных горизонтах найдены остатки представителей фауны позвоночных эоцена и олигоцена: носорогов, энтелодонтов, крокодилов, черепах-триониксов, саламандр и других обитателей субтропических лесов. По насыщенности костными остатками и разнообразию континентальных отложений Киин-Кериш превосходит подобные памятники всей Евразии и имеет большое значение для геологической науки.

Другой памятник природы «Ашутас» площадью 2 га территориально относится Маркакольскому (ныне Курчумскому) району. Памятник природы создан для сохранения отложений с уникальным захоронением тургайской (средневерхнепалеогеновой) широколиственной флоры. Отложения горы Ашутас содержат 79 видов растений субтропической, теплоумеренной и засухоустойчивой листопадной флоры, 45 из которых нигде более не найдены. В отложениях выделяются 7 древних фитоценозов, содержащих отпечатки платана, бамбука, грецкого ореха, дуба, бука, липы, лавра, магнолии, метасеквойи, ивы, тополя, оль-

хи. Среди отложений среднего олигоцена (25 млн лет назад) найдены остатки представителей индрикотериевого (носорогового) комплекса фауны – бронтотерия, энтелодонта.

Природные и историко-культурные объекты Южного Алтая могут стать мощным фактором развития туризма в области. Причем они ценны не только как объекты коммерческой деятельности и имеют выдающуюся ценность с точки зрения науки, но также бесценны как наглядный материал воспитания у граждан любви к родине, познания ее природы и истории. Поэтому существует необходимость систематизации научной информации и создания онтологии природных и культурно-исторических объектов для целей развития туристической и краеведческой деятельности.

Прекрасные природные условия и разнообразие типов ландшафтов Южного Алтая позволяют развивать следующие виды туризма: альпинизм и горный туризм, конный, вело-, мото- и автотуризм, сплав-рафтинг, а также научные виды (геологический, зоологический, ботанический, исторический), сафари-туры (охотничий, рыболовный), паломнический, экологический и др.

Подводя итог, подчеркнем, что Южный Алтай располагает богатейшими возможностями для развития туризма. Уникальный спектр ландшафтно-климатических зон: от степей до тайги, высокогорных альпийских лугов и ледников, хорошая сохранность природы (в силу географических и политических особенностей территория Южного Алтая оставалась малодоступной для человека и вследствие этого избежала губительной урбанизации), наличие ярких природных объектов неофициальных памятников культуры и истории, большое количество рек, пригодных для сплава, отличная рыбалка на высокогорных озерах, охота на зверя и боровую дичь, наличие прекрасных горных зон с продолжительным снежным сезоном, курортов (радоновые источники и пантолечение) - все это позволяет создать мощную туристскую индустрию, приносящую солидный доход.

Список литературы

1. Ивановский Л.Н. Формы ледникового рельефа и их палеогеографическое значение на Алтае. – Л.: Наука, 1967.
2. Нехорошев В.П. Геология СССР. – М.: Изд-во «Недра», 1967.

Получено 9.02.11

УДК 553. 981/. 982(574.14)

К.А. Кожамет

КГУ технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау

ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СЕВЕРО-УСТЬЮРТ-БУЗАЧИНСКОЙ ОБЛАСТИ

В пределах Северо-Устьюрт-Бузачинской нефтегазоносной области в зависимости от приуроченности месторождений нефти и газа к тем или иным частям крупных структурных элементов устанавливается определенная закономерность распределения нефтегазоносных горизонтов.

Верхнедевоськие (фаменский ярус) отложения представлены преимущественно плотными аргиллитами с прослоями конгломератов и реже алевролитов, песчаников. Отмечаются также туфоалевролиты и туфобрекчии. В верхней части вскрытого разреза (Северный Мынсуалмас, скв. 1-2) встречаются прослои песчаников мощностью 2-4 м, имеющие низкие коллекторские свойства. В разрезе указанных отложений потенциальных коллекторов пока не установлено [1, 2].

Пермо-триасовые отложения имеют повсеместное распространение, большую мощность и слагают полностью доюрский разрез. Верхнепермские отложения, вскрытые на Шомышты (скв. 1), Тышканды (скв. Т-1), представлены средне- и мелкозернистыми песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Они отличаются уплотненностью и отсортированностью. Выделяемые пласты-коллекторы мощностью 2-5 м имеют невысокие емкостные свойства. Однако следует не игнорировать возможность наличия потенциальных пластов-коллекторов в разрезе пермских отложений исследуемой территории.

Во всех вскрытых разрезах триаса выделяются коллекторы различной мощности и изменчивого литологического состава, которые в определенной степени прослаиваются в пределах исследуемых площадей. В триасовых отложениях Северного Устюрта присутствуют лишь терригенные коллекторы, представленные песчаниками и песчанистыми алевролитами. Очень мало данных о емкостно-фильтрационных свойствах пород-коллекторов. Большинство лабораторных данных имеют низкие значения [3].

В нижнем триасе (Оленекский ярус) коллекторы выделяются в нижней половине разреза и представлены преимущественно мелко-, средне- и разнозернистыми песчаниками с прослоями мелкозернистых алевролитов. Мощность коллекторов от 0,5-1 до 3-5 м, открытая пористость этих коллекторов не превышает 4 %. Аналогичные породы – коллекторы отмечаются в разрезах Арыстан, Западный Аманжол, Шаршикудук, Шомышты, Харлык, Николаевская, Култун, Комсомольская и др. [3].

Среднетриасовые отложения характеризуются заметной фациальной изменчивостью и имеют три типа разрезов. Жейылгано-Арыстановский тип соответствует лагунно-континентальному осадконакоплению, Шомыштинский – континентальному и Калам-каский – прибрежно-морской. В разрезе выделяются коллекторы различной мощности и соответствующие покрывки. Наиболее мощные алевролито-песчаные коллекторы отмечаются в Шомыштинском и Каламкаском типах разрезов и характеризуются высокими емкостными свойствами. Выдержанные по мощности и литологическому составу пласты песчаников, залегающие в средней и нижней части разреза, имеют открытую пористость – 22 %. Коллекторы, выделенные в разрезе среднего триаса, в большинстве случаев обладают благоприятными емкостными свойствами. В образцах пород из этих отложений открытая пористость составляет в среднем 10 %. Присутствующие в разрезе мощные аргиллито-глинистые разности пород могут служить надежными покрывками для залежей. В приконтактной части разреза среднего триаса и юры (площади Николаевская) установлены признаки нефтегазоносности. Выделяются и другие фациальные типы разреза, которые имеют сравнительно низкие емкостно-фильтрационные свойства. В пределах Косбулакской депрессии среднетриасовые отложения обладают благоприятными литолого-фациальными условиями [1, 3].

Верхнетриасовые отложения, имеющие широкое распространение, максимальной мощности достигают в центральных частях впадин. К бортовым впадинам они выклиниваются. Эти отложения (Ащитайпак, Астауой и др.) сложены песчаниками, аргиллитами и алевролитами. Алевролито-песчаные породы распространены по всему разрезу и имеют различную мощность. Судя по промыслово-геофизическому комплексу, мощность пластов-коллекторов варьирует от 1-2 до 10-15 м. Присутствуют также мощные пласты-покрышки, особенно сосредоточенные в верхней половине разреза. По результатам исследований образцов пород, выделенные коллекторы имеют низкие емкостно-фильтрационные свойства (пористость до 2-4 %). Однако результаты опробования и данные промыслово-геофизических исследований скважин подтверждают наличие мощных песчаных пластов с высокими коллекторскими свойствами [3].

Следует отметить, что ряд исследователей, наряду с выделенными в разрезе триаса пластами-коллекторами, особое внимание уделяют возможности обнаружения благоприятных неантиклинальных ловушек в пределах Северного Устьюрта. В этом плане с учетом характера распределения верхнетриасовых отложений предполагается изучение их в прибортовых частях впадин с целью выявления крупных ловушек неантиклинального типа. Для ниже- и среднеюрских отложений заслуживают внимание зоны стратиграфического несогласия (региональное выклинивание средне- и нижнетриасовых пород под предверхнетриасовую и предьюрскую поверхности размыва).

Приведенные конкретные данные еще раз подтверждают широкое развитие доюрских, особенно триасовых отложений в пределах Северного Устьюрта и наличие в разрезе мощных потенциальных коллекторов с соответствующими покрышками. Причем в разрезах триаса Северного Устьюрта встречаются лишь терригенные коллекторы.

Несмотря на ограниченность керновых данных (включая и данных ГИС) и неравнозначную их распространенность по разрезу и площади, анализ изменения емкостно-фильтрационных свойств триасовых отложений с глубиной залегания до 4000-4500 м показывает сохранение их значительных величин независимо от типа встречающихся коллекторов.

Нефтегазоносность Северного Устьюрта связана в основном с юрскими отложениями, в составе которых установлены месторождения Арыстановское, Каракудук, Комсомольское, Колтык и многочисленные нефтегазопрооявления (Николаевское, Чикудук, Чагырлы-Шомышты, Астауой, Каменное, Жайылган, Тасурпа) и отчасти с триасовыми и нижнемеловыми (рис. 2). На Бузачинском своде в отложениях юрско-нижнемелового комплекса разведаны месторождения Каражанбас, Северные Бузачи, Каламкас, Жалгызтобе, Арман, Северный Каражанбас, Восточный Каратурун, Каратурун, где наблюдались многочисленные нефтегазопрооявления (рис. 1) [3, 4].

В доюрских осадочных образованиях на Северном Устьюрте и Бузачах большей частью отмечались только нефтегазопрооявления, связанные или с поздне-триасовыми измененными породами, образовавшимися на поверхности нижнесреднетриасовых пестроцветных пород, или с мощными пачками аллювиальных песчаников ретского века, сходных по составу и условиям формирования с аналогичными юрскими породами. В соседнем Южно-Эмбинском районе с рэтскими отложениями, так же как и с

юрскими, связаны некоторые месторождения нефти и газа Прорвинской группы и обильные нефтегазопроявления (Боранколь и др.) [2, 4].

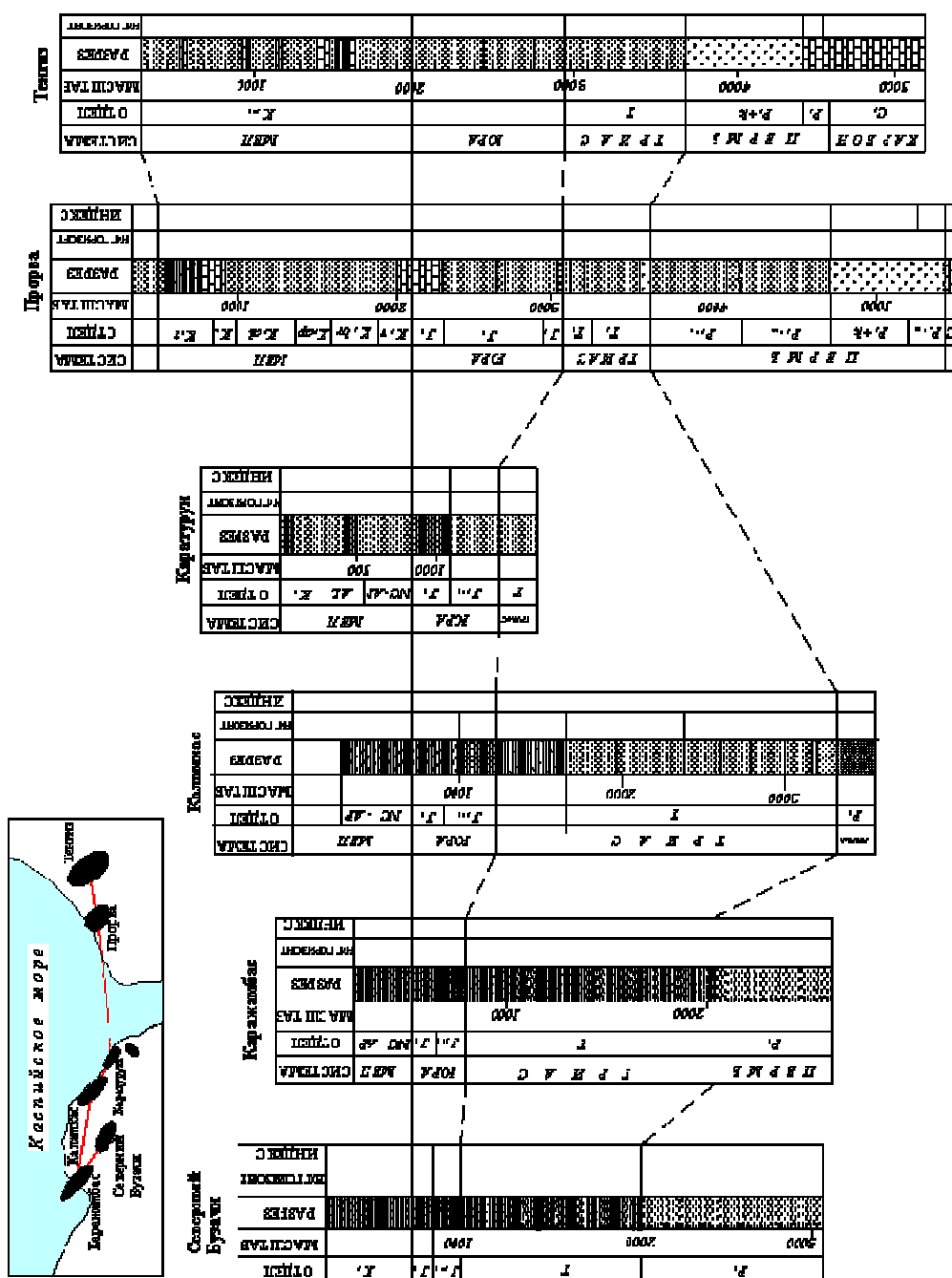


Рисунок 1 - Схема сопоставления нефтегазоносности отложений палеозоя и мезозоя по линии Тенгиз - Северный Бузачи

С севера Северо-Устьюртская нефтегазоносная область граничит с глубокой Прикаспийской палеозойской впадиной через Южно-Эмбинскую зону дислокаций и региональное глубинное нарушение, сопровождаемое карбонатным уступом (артинский ярус перми). К северу от карбонатного уступа располагается Прикаспийская впадина с кунгурским солевым заполнением. Здесь в подсолевых трещиноватых известняках артинского возраста известны крупнейшие месторождения Тенгиз, Елемес, Прорва и др. (рис. 1) [2]. Кунгурская солевая толща мощностью 400-1000 м - надежное перекрытие, обеспечивающее полную изоляцию и АВПД. Несмотря на большие мощности, в надсолевой части разреза притоки углеводородов из юрских и меловых отложений не получены.

Зона структур Овражное, Пионерская, Восточный Арман, Жинишкекебир и другие тектонически приурочены к карбонатному уступу. Здесь пермские соли отсутствуют, а нефтегазоносность связана в основном с юрскими отложениями (Ю-1-ХІІІ) и частично, в восточной части, с нижнемеловыми отложениями (горизонт Е). К югу от этой зоны располагается широкая Колтык-Мынсуалмасская моноклираль Северо-Устьюртской системы прогибов. К ней приурочены такие месторождения, как: Колтык, Николаевская, Гагарина, Куаныш и др. (рис. 2). Здесь нефтегазоносны юрские (Ю-1-11, Ю-У) и триасовый (Т₁-І) горизонты. Причем, если в восточной части (Николаевская, Гагарина и др.) в основном нефтегазоносны единичные нижние горизонты юры и триаса, то в направлении к западу (Куйлик, Арман и др.) вся верхняя половина разреза юры и триаса становится нефтегазоносной. В пределах Северо-Устьюртской системы прогибов нефтегазоносными являются в основном среднеюрские (Каракудук, Арыстан, Астауой и др.) и среднетриасовые отложения (Т₂-11). Особое внимание заслуживает Чагырли-Шомыштынская группа структур, где нефтегазовые притоки получены на пл. Чагырли, Шомышты (верхняя юра), Западной Шомышты (средний триас, верхний мел) и др. Здесь на пл. Базай, Кызылой притоки газа получены из отложений палеогена [4].

На северном погружении Центрально-Мангышлакской зоны дислокаций, выделяемом как Кискудук-Ирдалинская моноклираль, небольшие притоки получены в основном из верхней части юрских отложений. Совершенно изменяется нефтегазоносность в западном направлении как к Бузачинскому сводовому поднятию, так и к Тюбкараганской антиклинали. Во-первых, в основном независимо от глубин залегания промышленно-нефтегазоносными становятся верхнеюрские отложения (Ю-І) на пл. Каратурун, Восточный Каратурун, Северный Бузачи, Каражанбас. Исключение – месторождение Каламкас, где почти весь юрский терригенно-глинистый комплекс является нефтеносным.

Заслуживает внимания тот факт, что на месторождениях Бузачинского сводового поднятия нефтегазоносными являются и нижнемеловые отложения.

Таким образом, устанавливается общая закономерность для нефтегазоносных районов Северо-Устьюртской нефтегазоносной области.

1. В солевом ареале Прикаспийской впадины, граничащей с Северным Устьюртом, нефтеносными являются подсолевые карбонатные породы артинского яруса перми. Вышележащие породы мезозоя здесь не содержат залежей нефти и газа.

2. В погруженных зонах с уровнем залегания юрских отложений около 2000 м и более, куда относятся Северо-Устьюртская система прогибов, Колтык-Мынсуалмасская и Кискудук-Ирдалинская моноклинали, уровень нефтегазоносности поднимается до триасовых и

юрских отложений. При этом в западном направлении к Бузачинскому своду, где поверхность юрских отложений поднимается до 1000 м, нефтегазоносными становятся ааленские (Тасым и др.), еще западнее - келловейские отложения (Восточный Каратурун, Северное Прибрежное и др.).

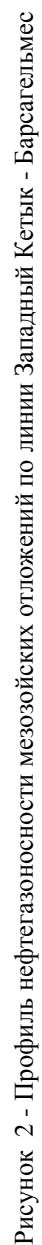


Рисунок 2 - Профиль нефтегазоносности мезозойских отложений по линии Западный Кетык - Барсагельмес

3. На Бузачинском своде и Южно-Эмбинском поднятии с палеозойским основанием, где поверхность юрских отложений поднята выше 1000 м, нефтегазоносными являются келловейские (горизонт Ю-I), меловые отложения (горизонты А - Е).

Список литературы

1. Карцева О. А. Пестроцветные доюрские отложения Северного Устьюрта и п-ва Бузачи: Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол. / О.А. Карцева, Л.Г. Кирюхин и др. - Т. 51, 1976, 2.
2. Калугин А.К. Корреляция разрезов палеозойско-триасовых отложений и их литолого-фациальная изменчивость как основа поисков нефти и газа на западе Туранской плиты: Тезисы докладов Межведомственной стратиграфической конференции / А.К. Калугин, В.В. Грибков. - Ашхабад, 24-29 окт. 1983. - С. 17-19.
3. Ибрагимов З.С. Коллекторы нефти и газа юрских отложений Устьюрта / З.С. Ибрагимов, К.С. Саманов и др. - Ташкент: Фан, 1973.
4. Димаков А.И. Оценка перспектив запада Туранской плиты и направления поисковоразведочных работ / А.И. Димаков, В.В. Космодемьянский, Г.В. Кручинин и др. - Л.: ВНИГНИ, 1986.

Получено 14.02.11

УДК 551.761.(574.1)

К.А. Кожамет

КГУ технологии и инжиниринга им. Ш. Есенова, г. Актау

СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ДОЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО МАНГЫШЛАКА

Территория Мангышлака [1, 2] по особенностям строения нижнего мезозоя разделяется на три области. Северная и южная области характеризуются неглубоким залеганием пород ниже мезозойского комплекса. Наиболее глубокое залегание пород комплекса (свыше 3,0 км) фиксируется в центральной области Мангышлака.

В свою очередь центральная область поднятий состоит из Каратауского и Беке-Башкудукского мегавалов, Чакырганского прогиба, Восточно-Мангышлакской зоны дислокаций, Жетыбай-Узенской и Кукумбайской ступеней.

Южнее располагается Южно-Мангышлакский прогиб, включающий Сегендинскую и Жазгурлинскую депрессии, разделенные Каракиинской седловиной и Песчаномыско-Ракушечный свод.

На крайнем юге выделяется Карабогазский свод, который по северному борту Аксу-Кендырлинской ступенью отделяется от Южно-Мангышлакского прогиба.

Наиболее погруженной структурной зоной Мангышлака является Южно-Мангышлакский прогиб северо-западного простирания, в восточной части которого обособляется Жазгурлинская депрессия (с изогипсой – 3800 м), а на западе – Сегендинская депрессия, разделенные Каракиинской седловиной.

Большая часть Сегендинской депрессии скрыта под водами Каспийского моря, только восточная часть (по изогипсе – 3400 м) находится в пределах суши. С юга она ограничивается Песчаномыско-Ракушечными сводами, с востока – Каракиинской седловиной. В структурно-тектоническом плане триасового комплекса зона максимального прогиба (до 5,5 км) приурочена к оси Южно-Мангышлакского прогиба (рис.1).

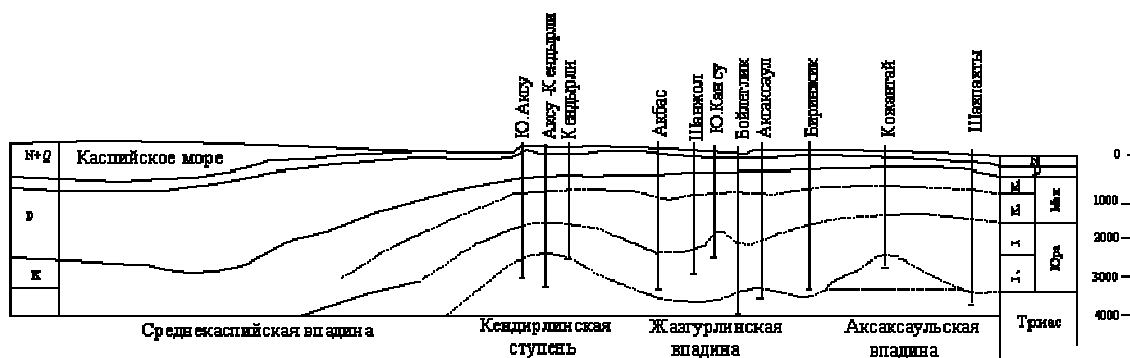


Рисунок 1 - Профили нефтегазоносности мезозойских отложений по линии Аксу - Шахматы

Авторами работы [1, 2] в центральной погруженной зоне триасовых отложений, в ее западной части, выделяется Восточно-Сегендинская мульда (размеры которой в изученной части 40×40 км). Отметка отражающего горизонта V_2^1 соответствует кровле карбонатной толщи среднетриасовых отложений, глубина залегания доходит в центре – 5100 м; на бортах: южном – 4100 м, севером – 2700 м. На западе мульда открывается в море.

Палеозой (PZ). В пределах Южного Мангышлака палеозойские отложения вскрыты многочисленными скважинами (рис. 2).

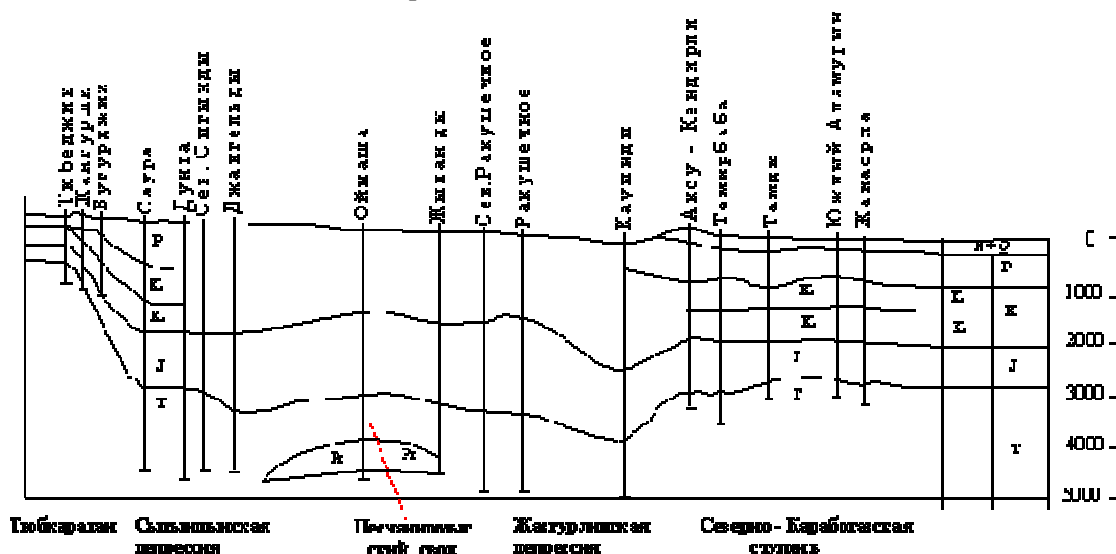


Рисунок 2 - Профили мезозойских отложений по линии Тюбеджик – Жанаорпа

Гранитно-метаморфические породы фундамента, вскрытые на Оймаша, Жиланды, Букбаше, Тамды, Бирбасе и Юж. Аламурыне представлены преимущественно кварцевослюдистыми, серецито-кварцевыми сланцами. Метаморфазы прорваны интрузиями гранитоидов, вскрытых на Южном Аламурыне, Тамды и Оймаша. По возрасту граниты относятся к среднему девону и позднему карбонату ранней Перми. Вскрытые ниже триаса-палеозойские отложения характеризуются различными литолого-фациальными особенностями. На Северо-Ракушечной площади (скв. 15,8,12 и др.) под отложениями триаса

вскрыты сильно метаморфизованные песчаники, аргиллиты и алевролиты. Близкие по составу отложения палеозоя имеются в разрезах Южного Жетыбая (скв. 4, 1487- 4470 м), Жетыбая (скв. 25, 3720- 4480 м), Бектурлы (скв. 100, 3487- 3570 м). Преимущественно аргиллитами с прослоями алевролитов представлены разрезы площадей Саура, Саура-Сегенды и др. Переслаивание сланцев и метаморфизованных песчаников отмечается на пл. Сев. Каракие. На западном Тасбулате (скв. 2, 4060- 4200) наряду с плотно цементированными разностями песчаниками встречаются микро- и разномеристые доломитизированные известняки. Разрез палеозоя пл. Темирбаба (скв. 6, 3650- 4050 м) представлен туфоловами и туфами. Выделяемые в верхней части вскрытого разреза палеозоя алевролитовая, алевролит-аргиллитовая и аргиллитовая пачки не на всех площадях прослеживаются однозначно. Палеозойские отложения с угловым несогласием перекрываются отложениями триаса.

Триасовая система (Т). На территории Южного Мангышлака триасовые отложения имеют повсеместное распространение. Они имеют трехчленное строение: нижняя и верхняя преимущественно терригенные, средняя – терригенно-карбонатная.

Стратиграфии, литолого-стратиграфическому расчленению и корреляции разрезов триасовых отложений Южного Мангышлака посвящены многочисленные труды производственных, научно-исследовательских организаций и отдельных авторов.

Наиболее распространенными схемами стратиграфии являются схемы, предложенные М.Н. Алиевым (1977 г., 1983 г.) [3, 5, 6] и В.В. Липатовой и др. (1981 г., 1984 г.) [2, 4].

В схеме стратиграфии, принятой в работе В.В. Липатовой (1981 г.) [1, 2], триасовая система включает следующие подразделения: в нижнем триасе выделена долнапинская свита (индский ярус), шетпинская и тюрурпинская свиты (оленекский ярус). Средний триас – Южно-Жетыбайская свита. К верхнему отделу триаса – Темирбабинская серия, состоящая из двух свит: Северо-Ракушечной и Жазгурлинской. В работе говорится, что трем отделам триаса соответствуют отдельные литолого-стратиграфические комплексы, каждый из которых представляет собой единый седиментационный цикл второго порядка. В соответствии с сейсмогеологическим районированием выделены зоны, каждой из которых характерен свой тип разреза триасовых отложений: I - Жетыбай-Узеньско-Кокумбайская с двумя подзонами – юго-западной и северо-восточной; II - Сегендынско-Жазгурлинская; III – Песчаномыско-Ракушечная; IV – Аксу-Кендырлинская.

Цикличность в осадконакоплении литолого-стратиграфических комплексов позволила выделить в нижнетриасовых отложениях Жетыбай-Узеньско-Кокумбайской зоне три свиты. Образования нижнего цикла были выделены в долнапинскую свиту, трансгрессивная часть верхнего цикла – в шетпинскую, а остальная часть, начиная с карбонатов, – в тюрурпинскую.

В работе В.В. Липатовой (1981 г.) [1, 2] дана полная литологическая характеристика свит и характерный комплекс фауны всех трех зон распространения нижнетриасового комплекса, кроме Сегендынско-Жазгурлинской, и отмечается:

- наибольшие стратиграфическая полнота и мощность наблюдаются в Северной зоне (Узень-Карамандыбасская линия). В пределах Жетыбайской и Тенге-Тасбулатской антиклинальных линий отмечается смена фаций, сокращение мощностей, а в некоторых случаях – выпадение из разреза отдельных его частей;

- максимально сокращенный в стратиграфическом отношении разрез нижнего триаса (оленекский ярус) характерен для южной приподнятой зоны блоковых структур. Минимальная мощность оленекского яруса наблюдается в пределах Песчаномыско-Ракушечного сводового поднятия. Состав слагающих оленекский ярус пород более грубый.

Среднетриасовый литолого-стратиграфический комплекс представляет собой трансгрессивную часть триасового цикла. В.В. Липатовой (1981 г.) в отложениях среднего триаса выделена Южно-Жетыбайская свита с двумя подсвитами. В составе нижней выделяются две пачки: нижняя (карбонатная) и верхняя (аргиллитово-карбонатная). В верхней подсвите – нижняя пачка (карбонатно-терригенная) и верхняя пачка (глинистая). В Песчаномысско-Ракушечной зоне рассматриваемый комплекс отличается от вышеописанного появлением грубозернистых пород и сокращением мощности стратиграфических подразделений. В Аксу-Кендырлинской зоне изучены в скв. 1, 5, 6 пл. Темир-баба – имеет двучленное строение: в нижней части (скв.1, 3555- 3730 м) преобладают известняки, в верхней (скв. 1, инт. 3400-3555 м) – карбонатно-терригенные породы. Полная мощность свиты в этой зоне меньше, чем в вышеописанных, и составляет 330 м.

Верхнетриасовый литолого-стратиграфический комплекс залегает со следами размыва на породах среднего триаса и перекрывается отложениями нижней юры. Комплекс представляет собой седиментационный цикл второго порядка и сложен преимущественно терригенными сероцветными, реже красноцветными породами.

Отложения вскрыты на площадях: Северо-Западный Жетыбай (скв. 9), Южный Жетыбай (скв. 4), Зап. Тасбулат (скв. 2), Тенге (скв. 52), Оймаша (скв. 12), Северо-Ракушечная (скв. 15) и др. Комплекс представлен чередованием грубозернистых песчаников, гравелитов, алевролитов и аргиллитов с прослоями туфогенных пород, которые не выдержаны по мощности и литологическому составу. В нижней половине разреза развиты туфопесчаники, туфоалевролиты, туфоаргиллиты с прослоями гравелитов. Выше следует чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов. На значительной территории Южного Мангышлака отложения верхнего триаса отсутствуют. Мощность их варьируется в широких по сейсмическим данным пределах от 100- 300 м (пл. Сев.-Ракушечная, скв. 15) до 1129-912 м (Саура-Сегенды, Боканды) и более.

Список литературы

1. Волож Ю.А. Триас Южного Мангышлака / Ю.А. Волож, В.В. Липатова, В.Б. Арбузов и др. – Тр. ВНИГРИ. – М., 1981. – Вып. 224.
2. Липатова В.В. Корреляция среднетриасовых отложений Юж. Мангышлака / В.В. Липатова, В.П. Акаева, С.Н. Жидовинов и др. // Бюл. МОИП. Отд. Геол. – 1984. – Т. 59. – Вып. 5. – С. 71-76.
3. Алиев М.М. и др. Стратиграфия триасовых отложений Южного Мангышлака // Пробл. геол. нефти. – 1977. – № 11. – М.: Недра, 1977.
4. Липатова В.В. Информативность методов и критерии расчленения триасовых отложений Мангышлака / В.В. Липатова, С.Н. Жидовинов, Н.Н. Старожилова и др. // Сов. Геология. – 1984. – № 9. – С. 49-55.
5. Липатова В.В. О стратиграфическом расчленении газоносной толщи триаса Южного Мангышлака / В.В. Липатова, А.А. Демидов, К.В. Виноградова. // Геол. нефти и газа. – 1974. – С. 23-25.
6. Липатова В.В. Некоторые проблемы корреляции продуктивных горизонтов триаса Южного Мангышлака / В.В. Липатова, В.И. Самадуров // Геология нефти и газа. – 1978. – № 6.

Получено 20.01.11

УДК 669.721.

Г.С. Пестова

ВКГТУ, г. Усть-Каменогорск

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФТОРИДА БЕРИЛЛИЯ МАГНИЕМ.
ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ШИХТЫ ИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДИССОЦИАЦИИ СВЯЗЕЙ МОЛЕКУЛ.
ДИФФУЗИЯ РЕАГЕНТОВ
Часть I**

В металлургии термических реакций одна из экономически эффективных и экологически безопасных технологий, как известно, – это применение гранулированной шихты в восстановительной плавке. Основным показателем качества восстановительной реакции является степень восстановления металла g , которая, в свою очередь, зависит от продолжительности реакции t , когда металл может загрязняться примесями, вступать в реакцию с окислителем. В зависимости от состава шихты, температурного режима, объема плавки, длительности реакции возможен ряд вариантов проведения реакции восстановления. Оценить качество варианта и выбрать оптимальный позволяет оптимизация процесса.

Условие оптимальности варианта достигается при минимуме выбранной целевой функции $f(-g) = \min$ [1], которую в данном процессе составляет максимальная степень восстановления металла g . Показатель g зависит от параметров процесса восстановления: температуры, фракционного состава шихты, которые связаны закономерностями процесса восстановления, и формализовать его можно через размер гранулы как управляющий процессом параметр. В итоге задача оптимизации сводится к нахождению минимума целевой функции $f[t_1, \dots, t_m] = \min$, так как продолжительность реакции t непосредственно зависит от параметра d , который проще определить расчетом, чем значение g . То есть общую цель оптимизации – оптимальность процесса – решаем через локальную оптимизацию – находим оптимальный размерный интервал гранул.

Рассматривая закономерности термического восстановления фторида бериллия (ФБ) магнием: диссоциацию связей, диффузионный рост слоя шлака, можно составить целевую функцию параметра качества и оценить размерный интервал гранул ФБ и оптимальный вариант состава шихты. Кинетические параметры диффузии магния в гранулу, а фтора из гранулы ФБ можно оценить по имеющимся литературным данным – определить коэффициент зернограничной диффузии DD_b процесса, затем оценить продолжительность реакции и интервал оптимальных размеров гранул шихты.

Диссоциация связей. Постановка задачи. В технологии производства бериллия применяют в основном недозированную и неоднородную по грансоставу шихту – это куски ФБ и слитки магния. Выход бериллия порядка 55 – 58 %. По сравнению с этим результаты экспериментов по восстановлению гранулированного ФБ гранулированным магнием показывают выход бериллия 70,84 % в слиток [2]. Шихту в этих опытах составляли куски размером 100 мм и ниже, и она скорее измельченная, чем гранулированная. Производство гранулированной шихты для получения бериллия не составляет проблемы: задача грануляции расплава ФБ в принципе была решена с выполнением технического проекта [3]. Магний, гранулированный из расплава, производится в промышленности и широко применяется. Однако в производстве бериллия к магнию предъявляются высокие требования по чистоте. Это условие можно выполнить, если выбирать магний определенной чистоты

в слитках и гранулировать слиток резанием [4].

Процесс восстановления происходит при большой разнице температур плавления магния и ФБ: $\Delta T = 147$, поэтому взаимодействие происходит между твердым ФБ и жидким магнием при относительно низких температурах 723-873 К с образованием продуктов реакции в твердой фазе, разделение металлического бериллия и шлака происходит в жидких фазах при высоких температурах 1373-1573 К. Это позволяет определить крупность шихты из закономерностей механизма восстановления, когда ФБ представляет твердое тело. Для аналитического исследования оптимизации состава шихты имеются следующие основные данные: реакция начинается на границе двух твердых фаз при 450 °С и при 700 °С восстановление практически завершается; степень восстановления бериллия при этом может составлять порядка 95-96 %; в шлаке преобладают корольки металла размером от 10 до 0,5 мм [5].

ФБ как вещество с сетчатой структурой быстро диссоциирует при нагревании [6], на шихту действует практически только температурная нагрузка, и закономерность изменения долговечности τ (с) гранулы ФБ как твердого тела от температуры T будет описываться формулой (1), как любых других твердых тел [7]:

$$\tau = \tau_0 \exp(U_0 / kT), \quad (1)$$

где $\tau_0 \approx 10^{-13}$ с – предэкспоненциальный множитель; U_0 – энергия активации разрыва межатомных связей в твердой грануле.

В результате теплового движения атомов с энергией kT (1) в грануле происходит разрыв связей [8]. Известно [7], что среднее время $\tau_{\phi л}$ между двумя последовательными кратковременными, порядка $\tau_0 \approx 10^{-13}$ с, флуктуациями энергии $E_{\phi л}$ на данном атоме составляет:

$$\tau_{\phi л} \approx \tau_a \exp(E_{\phi л} / kT), \quad (2)$$

где τ_a – период тепловых колебаний атома, порядка 10^{-13} с, сохраняется практически для всех твердых тел и жидкостей в широком диапазоне температур. Выполнение условия $E_{\phi л} \geq U_0$ в уравнениях (1) и (2) приводит к разрыву связи.

Рассматриваем диссоциацию связей на цепочке атомов конечной длины, равной радиусу гранулы, с граничными условиями в виде $\partial u / \partial n = 0$ при $n = 0$ и $n = N$, где u – смещение атома, N – число атомов в цепочке. Скорость распространения тепловой волны в обычном кристалле составляет порядка 10^3 м/с [8]. Благодаря дискретной поверхности твердой гранулы тепловые колебания должны распространяться каждой частичкой поверхности по направлению к центру гранулы со скоростью звука. За время порядка

$t = \sum_0^N \tau_{\phi л}$ практически через все N атомов цепочки, равной радиусу гранулы, пройдут

разрывные флуктуации. Гранула как твердое тело разрушится за время $t \approx \tau_{\phi л} \cdot N$, где параметр t непосредственно связан с размером d гранулы через количество атомов N .

Определение оптимального размерного интервала гранул шихты из условий диссоциации связей и зернограницной диффузии магния и фтора в грануле ФБ при переходе вещества из твердого состояния в расплавленное, определение длительности реакции восстановления, образование целевой функции процесса металлотермического восстановления и из нахождения ее минимума определение размерного интервала гранул – все это составляет задачу данной работы.

Методика исследования. Объектом исследования выбираем частичку-гранулу ФБ в

виде кубика объемом V и ребром в интервале от 1 до 29 мм. Число примитивных ячеек N_V в частице-грануле ФБ объемом в один моль соответствует числу N_A ; число связей из строения молекулы составляет $N_{CB} = 2 \cdot N_V$; энергия разрыва одной связи в молекуле BeF_2 может составить $U_0 = 2,123 \cdot 10^{-18}$ Дж [9]. На длине цепочки, равной радиусу гранулы, рассчитываем время диссоциации связей в зависимости от температуры нагревания. Из уравнений (1) и (2) показатель экспоненты можно записать как отношение периодов:

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \frac{\tau_{\phi Л}}{\tau_0} = \exp(X) = e^X. \quad (3)$$

Для энергии разрывной флуктуации U_0 на одной ячейке, например при $T = 723$ К, показатель экспоненты X в уравнении (3) равен:

$$X = \left(\frac{U_0}{kT} \right) = 212,67, \quad e^X = 5,362, \quad (4)$$

и время диссоциации (1) на одном атоме составит

$$\tau = \tau_0 \cdot 5,362 = 5,362 \cdot 10^{-13} \text{ с}. \quad (4a)$$

Расчетное время τ разрыва связи на одной ячейке в интервале температур 723-1073 по (4) приводится в табл. 1, для гранулы время t равно сумме разрывных флуктуаций $t \approx \tau_{\phi Л} \cdot N$ (табл. 2).

Таблица 1

Время τ разрыва связи на одной ячейке

Т, К	723	773	873	973	1073
$\tau \cdot 10^{13}, \text{ с}$	5,362	5,297	5,175	5,067	4,966

Таблица 2

Время t диссоциации гранулы BeF_2

d, мм	1	3	5	10	14	18	29
$N = d/2a$ ($a = 4,72 \text{ \AA}$ [10])	$105 \cdot 10^4$	$318 \cdot 10^4$	$530 \cdot 10^4$	$1050 \cdot 10^4$	$1480 \cdot 10^4$	$1910 \cdot 10^4$	$3072 \cdot 10^4$
Т, К	$t \cdot 10^7, \text{ с}$						
723	5,63	17,1	28,4	56,3	79,4	102,5	164,8
773	5,56	16,84	28,1	55,6	78,4	101,2	162,7
873	5,43	16,46	27,43	54,3	76,6	98,8	158,98
973	5,32	16,1	26,86	53,2	75,0	96,8	155,7
1073	5,21	15,8	26,3	52,1	73,5	94,9	152,6

Ряд металлов получают термическим восстановлением их солей и оксидов. Сравним разрыв связей ФБ, оксида хрома и тетрафторида урана.

В оксиде хрома исследуемый температурный интервал диссоциации 933, 1033, 1133, 1233, 1370 К выбран из [11, 12]; фракционный состав оксида хрома: $d = 0,1 - 2,0$ мм – из источника [11, табл. 17]. Энергия разрыва одной связи составляет $75,8 \cdot 10^{-20}$ Дж [9]. В табл. 3 – расчетное время τ разрыва связи на одной ячейке Cr_2O_3 .

Таблица 3

Время $\tau(r)$ разрыва связи на одной ячейке Cr_2O_3

T, K	933	1033	1133	1233	1370
$\tau \cdot 10^{13}$, с	5,175	5,071	4,982	4,896	4,791

Для UF_4 выбираем состав $d=0,1 \div 3,0$ мм в интервале температур 673–1273 К, физико-химические данные реагентов – из источников [9, 12-14]. В табл. 4 – расчетное время τ разрыва связи на одной ячейке UF_4 .

Таблица 4

Время $\tau(r)$ разрыва связи на одной ячейке UF_4

T, K	723	823	923	1123	1273
$\tau \cdot 10^{13}$, с	5,517	5,258	5,145	4,838	4,424

Результаты исследований. Скорость распространения тепловых колебаний в кристаллической решетке сравнима со скоростью звука в твердом теле [8], с такой же скоростью, возможно, происходит диссоциация связей с образованием фтора как дефекта структуры. Разрыв связей ФБ происходит до 600 – 700 °С с изменением вида образца [5]. Изменения образца после 700 °С связаны уже с формированием королька металлического бериллия. Влияние размера гранулы на скорость диссоциации проявляется в том, что время диссоциации увеличивается на два порядка при увеличении размера гранулы на один порядок – от 1 до 29 мм (табл. 2). Исходя из этого, оптимальный размер может быть ограничен значением 14 мм, так как для следующего размера гранулы следует понижение скорости диссоциации на порядок. Качественная оценка размера гранулы ФБ, исходя из максимально присутствующего в шлаке королька бериллия диаметром 5 мм, дает размер исходной гранулы ФБ также порядка 14 мм. Первоначально в расчетах принимаем размер гранул-частиц фиксированным и одинаковым для ФБ и магния.

Минимальный размер гранулы ФБ лимитируется стадией разделения продуктов реакции. При восстановлении брикетированного образца из порошков ФБ и магния размером менее 1 мм продукты реакции образуют агломерат в твердой фазе, как отмечают в экспериментах: трехмерная решетка из шлака и примесей с вкраплениями металлического бериллия в ячейках решетки, отделить который было практически невозможно. ФБ имеет сеточную структуру, которая проявляется для гранулы менее 1 мм образованием агломерата. Размер частицы шихты, соответственно, должен быть выбран с учетом физико-химических свойств вещества.

Температурный интервал разрыва связей в соединениях BeF_2 , Cr_2O_3 и UF_4 различный, поэтому сравниваем время $\tau(r)$ разрыва связи на одной ячейке UF_4 и Cr_2O_3 при температуре, близкой к температуре разрыва связей на ячейке ФБ. Как видно из табл. 5, время $\tau(r)$ на ячейках отличается незначительно от соединения к соединению, увеличивается порядка на 0,02 от времени разрыва на ячейке ФБ. Значительная разница по времени разрушения гранулы обусловлена различием объемов моля и примитивной ячейки, т.е. порядковым номером восстанавливаемого металла в Периодической системе (ПС) (рис. 1).

Таблица 5

Время $\tau(r)$ разрыва связи на одной ячейке BeF_2 , Cr_2O_3 и UF_4

	$\tau(r) \cdot 10^{13}$, с				
T, K	723	773	873	973	1073
BeF_2	5,362	5,297	5,175	5,067	4,966
Cr_2O_3				5,175	5,071

UF ₄	5,517	5,258	5,145	
-----------------	-------	-------	-------	--

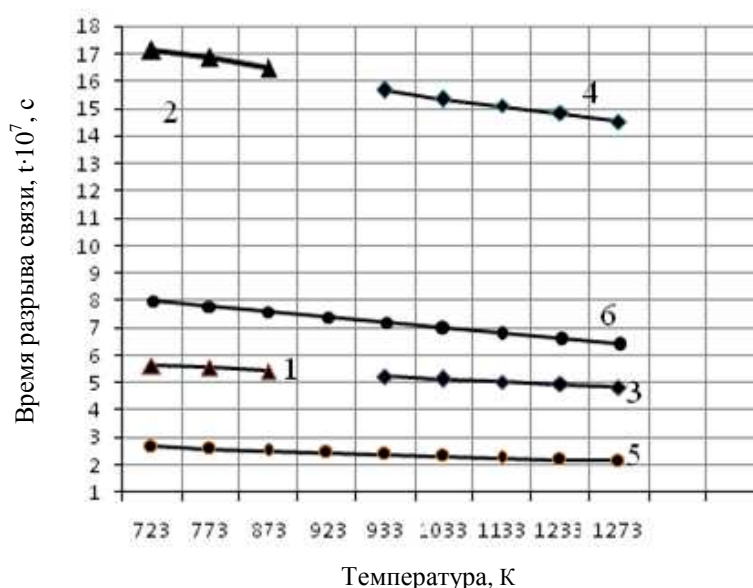


Рисунок 1 - Время разрушения соединений BeF₂, Cr₂O₃ и UF₄ нагреванием гранул: 1, 2 – гранулы BeF₂; 3 и 4 – гранулы Cr₂O₃; 5 и 6 – гранулы UF₄; 1, 3, 5 – для гранул d = 1 мм; 2, 4, 6 – для d = 3 мм

Бериллий практически первый в ПС металл, который получают термическим восстановлением с образованием продуктов реакции в твердой фазе, хотя возможно восстановление оксида лития магнием [5]. Принимая ФБ за точку отсчета в сравнении размеров гранул соединений термически восстанавливаемых металлов можно получить закономерность размерного ряда гранулированной шихты при условии разрыва связей. Воспользуемся записью энтропии в виде $S = kN \ln(V/N)$, где вместо объема системы стоит удельный объем [15]. Рассмотрим систему из двух гранул – восстановитель и соединение, которые находятся в изотермическом равновесии: гранула с параметрами V_1 и N_1 для Mg, вторая – V_2 и N_2 для BeF₂. Энтропия системы равна сумме $S(V, N) = S(V_1, N_1) + S(V_2, N_2)$ из свойства аддитивности. Продифференцируем уравнение минимума свободной энергии такой системы $F = U - TS$ в равновесном состоянии при условии $N_1 + N_2 = \text{const}$. При равновесии равно нулю производной дает условие равенства плотностей частиц в объемах двух гранул:

$$\ln(V_1 / N_1) = \ln(V_2 / N_2). \quad (5)$$

Удельный объем гранулы $V_{ГР} / N_{ГР}$ можно записать через его определение:

$$\frac{V_{ГР}}{N_{ГР}} = \frac{V_{ГР}}{V_{ГР} / (M / N_A \cdot \rho)} = \frac{V_{ГР}}{V_{ГР} / \left[\frac{1}{N_A} \frac{M}{\rho} \right]} = \frac{1}{N_A} \frac{M}{\rho}, \quad (6)$$

где количество частиц $N_{ГР}$ в объеме гранулы $V_{ГР}$ определяется через вес одного моля M , число N_A и плотность ρ . Условие (5) выполняется с учетом множителя X по объему, за точку сравнения выбираем плотность частиц в объеме гранулы восстановителя:

$$\ln_{Mg} \left[\frac{1}{N_A} \frac{M_{Mg}}{\rho_{Mg}} \right] = \ln_{BeF_2} \left[X \cdot \frac{1}{N_A} \frac{M_{BeF_2}}{\rho_{BeF_2}} \right],$$

откуда $\lg X = -0,2251$, $X = 0,6$. То есть плотность частиц в грануле ФБ будет соответствовать плотности гранулы Mg при объеме гранулы ФБ, равном $0,6 \cdot V_{\text{моль BeF}_2}$. Отсюда следует максимальный размер гранулы ФБ – $d_{\text{MAX}} = 20,3$ мм. Так как с увеличением порядкового номера восстанавливаемого металла в ПС увеличивается молярная масса соединения и объем элементарной частички, уменьшается количество частичек в объеме, сравнимом с объемом гранулы восстановителя (Mg, также Al), размер гранулы соединения должен уменьшаться. На практике размер гранул таких соединений, кроме ФБ, составляет порядка 0,2 мм и ниже.

Диффузия реагентов. Для поликристалла характерен диффузионный режим A, когда $(Dt)^{1/2} \gg \delta$, где δ – расстояние между границами зерна (ГЗ) [16]. В неметаллах зернограничная диффузия, отмечают [17], не очень отличается от зернограничной диффузии в металлических веществах. Режим A характеризуют большим временем отжига, малыми размерами зерна и коэффициентом объемной диффузии не слишком малым по сравнению с коэффициентом зернограничной диффузии. С макроскопической точки зрения в поликристалле выполняется закон Фика для однородной системы с эффективным коэффициентом диффузии D , который больше объемного коэффициента диффузии. Если размер зерна мал, то эффективный коэффициент диффузии равен коэффициенту зернограничной диффузии δD_b . Считаем, что в нашей задаче один коэффициент – δD_b .

Методика исследования. Для описания зернограничной диффузии в грануле ФБ выбираем аналитическую модель изолированной границы, которую применяют в большинстве математических моделей описания зернограничной диффузии. В модели предполагается, что граница зерна представляет собой полубесконечный слой одинаковой толщины с высоким коэффициентом диффузии, перпендикулярна к поверхности, на которую нанесен диффузانت – магний в виде пара, затем расплава на поверхности гранулы. Существует приближенное решение этой задачи для случая с источником диффузии постоянной концентрации на $z = 0$: ось z – направлена по границе зерна (рис. 2) [17]. Решение представляет формулы для коэффициента зернограничной диффузии, при помощи которых выражают экспериментальную величину δD_b . Экспериментальные значения диффузии в реакции восстановления ФБ магнием отсутствуют, однако для грубой оценки коэффициентов зернограничной диффузии можно воспользоваться соотношениями Аррениуса: коэффициенты диффузии всех металлов с одинаковой кристаллической структурой описываются общей прямой Аррениуса, и диффузия в металлах с близкой структурой происходит по одному и тому же механизму. Такие данные для зернограничной самодиффузии в виде графиков и соотношений Аррениуса существуют для различных кристаллических структур. Для зернограничной диффузии в ГПУ-металлах, каковым является магний, а фторид бериллия – соль с гексагональной плотно упакованной структурой, соотношение Аррениуса для коэффициента δD_b ($\text{м}^3/\text{с}$) следующее [17]:

$$\delta D_b = 1,5 \cdot 10^{-14} \exp(-10,3T_{\text{пл}} / T), \quad (7)$$

где $T_{\text{пл}}$ – температура плавления соединения. Значения расчетных возможных коэффициентов зернограничной диффузии в интервале температур 723-1073 К приводятся в табл. 6.

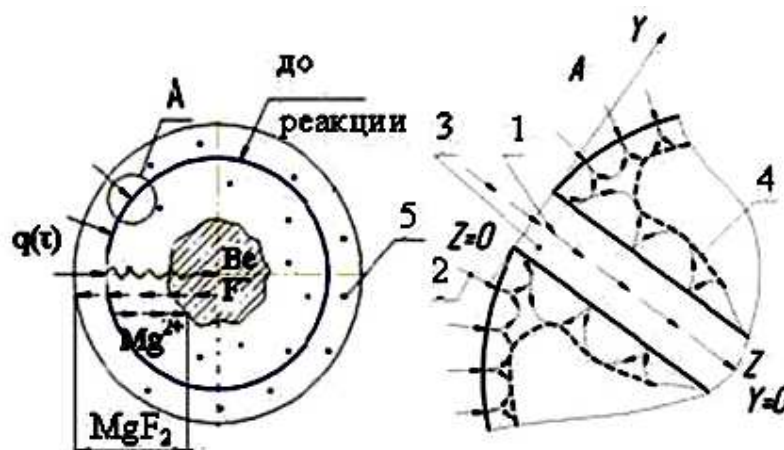


Рисунок 2 - Схематическая диаграмма процесса диффузии магния и фтора в грануле фторида бериллия: $q(\tau)$ – тепловые колебания решетки в зависимости от времени процесса; Mg^{2+} – диффузия магния; F^1 – диффузия фтора; $Mg(T, 0K)$ – расплав магния; Be – королек бериллия; MgF_2 – шлаковая фаза; 1 – потоки магния по границе зерен; 2 – потоки магния по дислокациям около границы зерен и свободной поверхности гранулы; 3 – граница зерна; 4 – возможное положение реакционной поверхности; 5 – частичка бериллия

Таблица 6

Коэффициенты зернограницной диффузии δD_b фтора и магния
в грануле фторида бериллия в расчете на один моль

T, K	723	773	873	973	1073
Фтор – $T_{пл} = 1073K (797^{\circ}C)$					
$\delta D_b, 10^{14}, m^3/c$	0,55	0,564	0,591	0,617	0,644
Магний – $T_{пл} = 924K (651^{\circ}C)$					
$\delta D_b, 10^{14}, m^3/c$	0,668	0,70	0,735	0,774	0,816

Результаты исследований. Термодинамика процесса определила температурный интервал исследования: начало реакции совпадает с началом испарения-конденсации магния – $723^{\circ}K (450^{\circ}C)$, окончание реакции – это температура плавления фторида бериллия – $1073^{\circ}K (800^{\circ}C)$, по [10] – $797^{\circ}C$). Сопоставление расчетных коэффициентов диффузии для фтора и магния (табл. 6) показывает, что скорость диффузии фтора из гранулы к свободной поверхности несколько ниже скорости диффузии магния. Однако скорость образования дефектов – фтора, соответствует скорости распространения тепловых колебаний со скоростью звука в твердой грануле (табл. 2). Реакция восстановления закончится, когда фтор будет полностью связан магнием. За счет разницы скоростей образования фтора и диффузии фтора и магния, в середине гранулы, по мере стока фтора, свободные от фтора молекулы бериллия возможно коалесцируют уже в период реакции на поверхности между магнием и фтором.

Из весового соотношения компонентов в формулах для фторида магния m_{Mg} : $m_F = (39,01:61,0) \%$ и ФБ m_{Be} : $m_F = (19,17:80,83) \%$, объемов одного моля магния и ФБ следует соответствие размеров гранул магния и ФБ и размер теоретически возможного королка бериллия (табл. 7).

Таблица 7

Соответствие размеров гранул фторида бериллия и магния

d_{BeF_2} , мм	1	3	5	10	14	18	29
d_{Be} , мм	0,57	1,7	2,9	5,7	8,1	10,4	16,5
d_{Mg} , мм	1	2,5	4	8	12	15	25

Изменение внешнего вида брикетированного образца шихты ($BeF_2 + Mg$) в процессе восстановления [2] подтверждает подобные рассуждения: до температуры 600 °С брикет увеличивается в объеме за счет образования и стока свободного фтора на поверхность, и диффузии магния внутрь брикета. При 700-800 °С реакционная масса уплотняется, и брикет уменьшается в объеме: процесс диффузии практически завершился, фтор связан магнием, металлический бериллий коалесцирует. Данные рассуждения схематически показаны на рис. 2. Граница зерна 3 – геометрическая поверхность раздела смежных зерен, будет изменяться с изменением температуры. Граничная диффузия магния, в начальный момент процесса, возможно, происходит с образованием дислокаций 2 в приграничной зоне, дислокации, отрывая ячейки сетки, разрывают связи. Тонкодисперсные частички бериллия 5 оказываются в оболочке образующегося соединения MgF_2 , запутываясь в шлаке. Реакционная поверхность 4 отличается от идеальной сферы и по мере диффузии реагентов перемещается к центру гранулы.

На основании вышеизложенного можно сделать соответствующие выводы. Из анализа закономерностей диссоциации связей гранулы фторида бериллия в твердой фазе определено время разрушения гранулы. Время диссоциации увеличивается на два порядка при увеличении размера гранулы фторида бериллия на один порядок. Оптимальный размер может быть ограничен значением 14 мм.

Из условия изотермического равновесия двух гранул – ФБ и Mg , определен максимальный размер гранулы – 20 мм. Минимальный размер гранулы определяется возможностью разделения шихты и составляет не менее 1 мм. Из соединений, для которых характерна стадия низкотемпературного восстановления с образованием твердых фаз, фторид бериллия имеет самую крупную гранулу шихты – порядка одного моля, и максимальный объем шлаковой фазы.

Из закономерностей зернограничной диффузии оценена скорость диффузии реагентов – коэффициенты зернограничной диффузии. Найденные коэффициенты применяются в последующем расчете роста шлакового слоя с целью определения размерного интервала гранул шихты из продолжительности реакции. Скорость диффузии магния выше, чем фтора, однако скорость образования фтора как дефекта в решетке сопоставима со скоростью распространения звука в твердой грануле, и фтор уже будет присутствовать на реакционной поверхности.

Восстановительная реакция с применением гранулированной шихты сопровождается более или менее равномерным распределением частичек и королек металлического бериллия в шлаковой фазе, а индукционное перемешивание такого подготовленного расплава должно приводить к максимальной коагуляции металлических частичек и королек. Разделение отстаиванием крупных слитков происходит за более короткое время.

Степень восстановления металла является основным показателем качества процесса. Математическое описание зависимости степени восстановления от закономерностей металлотермического восстановления фторида бериллия магнием позволит формализовать этот показатель через размер гранулы, оценить размерный интервал состава шихты. Это

выполнено в продолжение работы.

Список литературы

1. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 1873. – 832 с.
2. Кулешов Н.В. Исследование и разработка промышленного магнийтермического процесса получения бериллия с использованием гранулированной шихты: Отчет по НИР, Инв. № 4354 / Н.В. Кулешов, А.М. Козлов, В.Т. Дзугцев, В.К. Кениг. – ВНИИХТ; ПО «УМЗ». – 1985. – 100 с.
3. Пестова Г.С. Грануляция расплава фторида бериллия (монография) / Г.С. Пестова, Г.С. Рычков. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2007. – 200 с.
4. Инновационный пат. 21787 РК, МКИ B22F9/06. Способ резки слитков металла на гранулы и устройство для его осуществления / Г.С. Пестова; заявитель и патентообладатель – Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева. – № 2008/0555.1; Заявл. 12.05.2008; Опубл. 15.10.2009, Бюл. № 10. – 4 с.: ил.
5. Козлов Л.В. Совершенствование и участие во внедрении промышленного процесса восстановления бериллия из гранулированной шихты в механизированных печах закрытого типа: Отчет по НИР, Инв. № 4445 / Л.В. Козлов, Ю.И. Зарембо, В.К. Кениг. – ПО «УМЗ»; ВНИИХТ. – 1986. – 115 с.
6. Уббелодде А.Р. Расплавленное состояние вещества. – Пер. с англ. – М.: Металлургия, 1982. – 376 с.
7. Регель В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский – М.: Наука, 1974. – 560 с.
8. Гуревич А.Г. Физика твердого тела: Учеб. пособие для вузов / А.Г. Гуревич. – ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. – СПб.: Невский Диалект; БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.
9. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин. – Л.: Химия, Ленинградское отделение, 1977. – 376 с.
10. Герасимов Я.И. Химическая термодинамика в цветной металлургии: Справочное руководство / Я.И. Герасимов, А.Н. Крестовников, С.И. Горбов. – Т. V. – М.: «Металлургия», 1973. – 296 с.
11. Лякишев Н.П. Аллюминотермия (монография) / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плинер, Г.Ф. Игнатенко, С.И. Лаппо. – М.: Металлургия, 1978. – 424 с.
12. Герасимов Я.И. Химическая термодинамика в цветной металлургии: Справочное руководство: Термодинамика алюминия, сурьмы, магния, никеля, висмута, кадмия и их важнейших соединений / Я.И. Герасимов, А.Н. Крестовников, А.С. Шахо. – М.: «Металлургия», 1966. – Т. IV. – 427 с.
13. Харпер Дж. Факторы, влияющие на восстановление тетрафторида урана магнием / Дж. Харпер, А.Е. Вильямс // Извлечение и очистка редких металлов. – М.: Атомиздат, 1960. – С. 180-202.
14. Самсонов Г.П. Магнитоотермия / Г.П. Самсонов, В.П. Перминов – М.: Металлургия, 1971. – 176 с.
15. Гельфер Я.М. Парадокс Гиббса и тождественность частиц в квантовой механике / Я.М. Гельфер, В.Л. Любошиц, М.И. Подгорецкий. – М.: Наука, 1975. – 272 с.
16. Бокштейн В.С. Структура и свойства внутренних поверхностей раздела в металлах (монография): Физика, химия и механика поверхности / В.С. Бокштейн, Ч.В. Копецкий, Л.С. Швиндлерман и др. – М.: Наука, 1988. – 272 с.
17. Каур И. Диффузия по границам зерен и фаз / И. Каур, В. Густ / Пер. с англ. Б.В. Страумала; Под ред. Л.С. Швиндлермана. – М.: Машиностроение, 1991. – 448 с.

Получено 28.03.11

ОЭД 622

М.М. Тогузова, А.М. Мамышева

Д. Серикбаев атындағы ШҚМТУ, Өскемен қ.

ШҚО АЙМАҒЫНДА ҚАР КӨШКІНІН ЗЕРТТЕУДЕ ҒАЖ -ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНУ

Қар көшкіні – тау беткейлерінен сырғып, төмен қарай өте жылдам құлайтын қар массалары. Қар көшкінінің құлау себебі беткейдің қарға аса толып кетуінен, беткейде жатқан қар алаңының температуралық қысылуынан және қар қайтадан кристалданғанда, қар қабатының ішінде қиыршық кеңістіктің пайда болуынан туады. Жекелеген қар көшкінінің көлемі 2 млн м³-ге жетеді. Ұру күші 1 м²-ге 60-100 тонна. Қар көшкіні

кұлағанда пайда болатын ауа толқыны қауіпті.

2008-2010 жылдар аралығындағы Шығыс Қазақстан облысының аудандары бойынша алынған қар көшкінін статистикалық нәтижелерін бағалау мен талдауды қолайлы және неғұрлым тиімді пайдалану үшін электронды геоақпараттық жүйе атласы түрінде қарастыруға болады. Себебі кеңістіктік талдау геоинформатикада қолданылатын мәліметтерді түсіндірудің негізгі әдістерінің бірі болып саналады.

MapInfo 7,5 бағдарламасы арқылы Шығыс Қазақстан облысының картасы сандық түрге келтірілген, облыстағы әр аудан бойынша қабаттар және 2008-2010 жылдар аралығындағы статистикалық деректер бойынша мәліметтер қоймасы құрылды. Бұл мәліметтер қоймасы негізінде тақырыптық карталар істеліп, диаграммалар тұрғызылып, салыстыру жұмыстары жүргізілді.

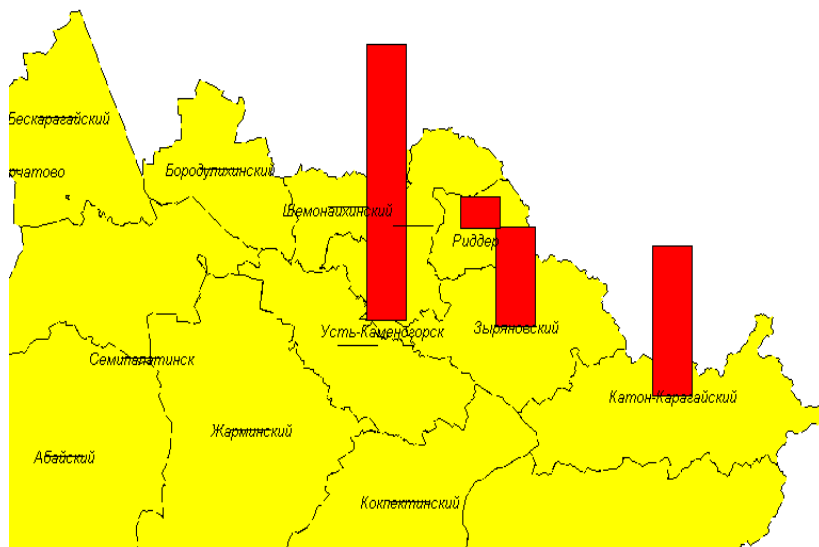
2008-2010 жылдардағы статистикалық мәліметтерге сүйене отырып, облыстың қар көшкінінің қауіпті учаскелерінің алдын ала есептелген қар көлемінің тақырыптық карталары жасалды.

1 - кесте

2010 жылғы 1 қаңтардан бастап қар көшкіндерін алдын ала құлату бойынша жүргізілген жұмыстардың кестесі

Облыс атауы	Объект атауы	Күні	Қар жамылғысының түсу көлемі	Келтірілген зардаптар
ШҚО				
Өскемен қ.	Өскемен–Тарғын–Самар	Қаңтар, ақпан, наурыз	145 700	автожолдарын жауып тастады
Риддер қ.	Чекмарь тауы, Ивановский блок	Ақпан, наурыз	17 045	Беткейде тоқтап қалды
Курчатов қ.	-			
Семей қ.	-			
Абай ауданы	-			
Аягөз ауданы	-			
Бескарағай ауданы	-			
Бородулиха ауданы	-			
Глубокое ауданы	-			
Жарма ауданы	-			
Зайсан ауданы	-			
Зырян ауданы	Өскемен–Зырян	Қаңтар, ақпан наурыз	52 870	Жолды жартылай жапты
Катон-Қарағай ауданы	Согорное – Печи, Берель Рахманов–ский	Қаңтар, наурыз	79 370	Жолға дейін жеткен жоқ
Көкпекті ауданы	-			
Күршім ауданы	-			
Тарбағатай ауданы	-			
Ұлан ауданы	-			

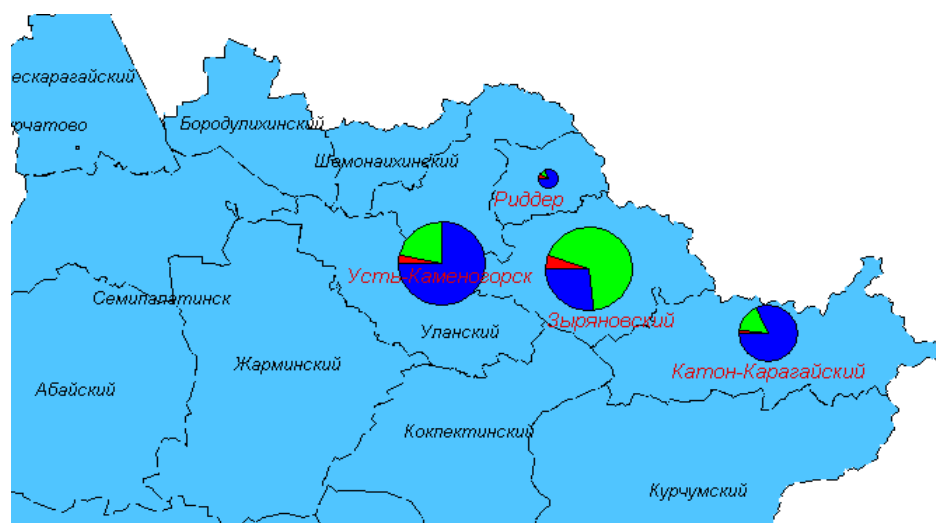
Үржар ауданы	-			
Шемонаиха ауданы		-		



1 – сурет - 2010 жылғы 1 қаңтарға облыс бойынша қар көшкінінің түсу көлемі

Осы сияқты 2008 және 2009 жылдардағы кестелерді пайдаланып, тақырыптық карта құрамыз.

Тақырыптық карта көмегімен үш жыл аралығында (2008-2010 ж.ж.) қар көшкінінің түсуі қарастырылды және бір тақырыптық картада салыстырылды.



2 – сурет - 2008-2010 жылдардағы қар көшкінінің салыстырмалы түсу көлемі дөңгелек диаграмма түрінде көрсетілген



3 – сурет - 2008 - 2010 жылдардағы қар көшкінінің салыстырмалы түсу көлемінің дөңгелек диаграмма түріндегі аңызы көрсетілген

Қар көшкінінің алдын ала құлатылған және өз бетімен түскен қар көлемін Шығыс Қазақстан облысының Зырян, Катон-Қарағай аудандарында және Риддер қаласы маңында көруге болады.

Қолданылу аясы Шығыс Қазақстан облысының қар көшкіні туралы нақты және толық ақпарат алғысы келетін жоғары лауазымды басшыларға, ШҚО төтенше жағдайлар қызметі мен басқару органдарының қызметкерлеріне, жол және МАИ қызметкерлеріне арналған.

Жобаның ерекшелігі – MapInfo Professional бағдарламасында жасалғандықтан статистика саласында қандай да бір жаңа өзгерістер болып жатса электронды кестеге енгізіп, жаңартулар жасауға және картаға да жаңа кеңістіктік объектілерді қосуға болады.

Әдебиеттер тізімі

1. Информация по лавино-опасным участкам Восточный Казахстан Области за 2008 г.
2. Информация по лавино-опасным участкам Восточный Казахстан Области за 2009 г.
3. Информация по лавино-опасным участкам Восточный Казахстан Области за 2010 г.
4. Кошкарев А.В. Региональные геоинформационные системы / А.В. Кошкарев, В.П. Каракин. – М.: Наука, 1987. – 125 с.
5. Кошкарев А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов. – М.: Картгеоцентр. – Геоиздат, 1993. – 213 с.
6. MapInfo Professional. Руководство пользователя. Русск. Версия. Москва ООО «ЭСТИМАР», 2000.
7. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
8. Капралов Е.Г. Введение в ГИС / Е.Г. Капралов, Н.В. Коновалова. – Учеб. пос. – Изд. 2-е испр. и доп. – М.: ООО «Библион», 1997. – 160 с.

Получено 2.03.11