

ISSN 2224-5278

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

## NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР  
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ

ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES

OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

**5 (413)**

ҚЫРКҮЙЕК – ҚАЗАН 2015 ж.  
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2015 г.  
SEPTEMBER – OCTOBER 2015

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.  
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ  
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД  
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА  
АЛМАТЫ, НАН РК  
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

**Ж. М. Әділов**

ҚазҰЖҒА академигі **М. Ш. Өмірсеріков**

(бас редактордың орынбасары)

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бейсенова А.С.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**; геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ерғалиев Г.Х.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қожахметов С.М.**; геол.-мин. ғ. докторы, академик НАН РК **Курскеев А.К.**; геол.-мин. ғ. докторы, проф., академик НАН РК **Оздоев С.М.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Рақышев Б.Р.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Бүктүков Н.С.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.Р.**; геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сейітмұратова Э.Ю.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Тәткеева Г.Г.**; техн. ғ. докторы **Абаканов Т.Д.**; геол.-мин. ғ. докторы **Абсаметов М.К.**; геол.-мин. ғ. докторы, проф. **Байбатша Ә.Б.**; геол.-мин. ғ. докторы **Беспаев Х.А.**; геол.-мин. ғ. докторы, ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Ж.С.**; геол.-мин. ғ. кандидаты, проф. **Жуков Н.М.**; жауапты хатшы **Толубаева З.В.**

Р е д а к ц и я к е ң е с і:

Әзірбайжан ҰҒА академигі **Алиев Т.** (Әзірбайжан); геол.-мин. ғ. докторы, проф. **Бакиров А.Б.** (Қырғызстан); Украинаның ҰҒА академигі **Булат А.Ф.** (Украина); Тәжікстан ҰҒА академигі **Ганиев И.Н.** (Тәжікстан); доктор Ph.D., проф. **Грэвис Р.М.** (США); Ресей ҰҒА академигі РАН **Конторович А.Э.** (Ресей); геол.-мин. ғ. докторы, проф. **Курчавов А.М.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Постолатий В.** (Молдова); жаратылыстану ғ. докторы, проф. **Степанец В.Г.** (Германия); Ph.D. докторы, проф. **Хамфери Дж.Д.** (АҚШ); доктор, проф. **Штейнер М.** (Германия)

Главный редактор

академик НАН РК

**Ж. М. Адилов**

академик КазНАЕН **М. Ш. Омирсериков**

(заместитель главного редактора)

Редакционная коллегия:

доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **А.С. Бейсенова**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**; доктор геол.-мин. наук, проф., академик НАН РК **Г.Х. Ергалиев**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Кожаметов**; доктор геол.-мин. наук, академик НАН РК **А.К. Курскеев**; доктор геол.-мин. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Оздоев**; доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Б.Р. Ракишев**; доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.С. Буктуков**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Р. Медеу**; доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Э.Ю. Сейтмуратова**; докт. техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор техн. наук **Т.Д. Абаканов**; доктор геол.-мин. наук **М.К. Абсаметов**; докт. геол.-мин. наук, проф. **А.Б. Байбатша**; доктор геол.-мин. наук **Х.А. Беспаяев**; доктор геол.-мин. наук, академик НАН РК **Ж.С. Сыдыков**; кандидат геол.-мин. наук, проф. **Н.М. Жуков**; ответственный секретарь **З.В. Толубаева**

Редакционный совет

академик НАН Азербайджанской Республики **Т. Алиев** (Азербайджан); доктор геол.-мин. наук, проф. **А.Б. Бакиров** (Кыргызстан); академик НАН Украины **А.Ф. Булат** (Украина); академик НАН Республики Таджикистан **И.Н. Ганиев** (Таджикистан); доктор Ph.D., проф. **Р.М. Грэвис** (США); академик РАН **А.Э. Конторович** (Россия); доктор геол.-мин. наук **А.М. Курчавов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **В. Постолатий** (Молдова); доктор естественных наук, проф. **В.Г. Степанец** (Германия); доктор Ph.D., проф. **Дж.Д. Хамфери** (США); доктор, проф. **М. Штейнер** (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук». ISSN 2224-5278

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,  
<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

---

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

**Zh. M. Adilov,**

academician of NAS RK

academician of KazNANS **M. Sh. Omirserikov**

(deputy editor in chief)

Editorial board:

**A.S. Beisenova**, dr. geogr. sc., prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **G.Kh. Yergaliev**, dr. geol-min. sc., prof., academician of NAS RK; **S.M. Kozhakhmetov**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **A.K. Kurskeev**, dr.geol-min.sc., academician of NAS RK; **S.M. Ozdoyev**, dr. geol-min. sc., prof., academician of NAS RK; **B.R. Rakishev**, dr. eng. sc., prof., academician of NAS RK; **I.V. Severskiy**, dr. geogr. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.S. Buktukov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.R. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., academician of NAS RK; **E.Yu. Seytmuratova**, dr. geol-min. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **T.D. Abakanov**, dr.eng.sc., academician of KazNANS; **M.K. Absametov**, dr.geol-min.sc., academician of KazNANS; **A.B. Baibatsha**, dr. geol-min. sc., prof.; **Kh.A. Bespayev**, dr.geol-min.sc., academician of IAMR; **Zh.S. Sydykov**, dr.geol-min.sc., academician of NAS RK; **N.M. Zhukov**, cand.geol-min.sc., prof.; **Z.V.Tolybayeva**, secretary

Editorial staff:

**T. Aliyev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **A.B. Bakirov**, dr.geol-min.sc., prof. (Kyrgyzstan); **A.F. Bulat**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.N. Ganiev**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **R.M. Gravis**, Ph.D., prof. (USA); **A.E. Kontorovich**, RAS academician (Russia); **A.M. Kurchavov**, dr.geol-min.sc. (Russia); **V. Postolatiy**, NAS Moldova academician (Moldova); **V.G. Stepanets**, dr.nat.sc., prof. (Germany); **J.D. Hamferi**, Ph.D, prof. (USA); **M. Steiner**, dr., prof. (Germany).

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences. ISSN 2224-5278**

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

---

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev

69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

## NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 5, Number 413 (2015), 96 – 104

## PREDICTING WATER INFLOWS IN THE MINE WORKINGS OF AKTOGAY COPPER DEPOSIT (EASTERN KAZAKHSTAN)

Zh. Yerikuly, S. Zhaparkhanov

Kazakh national technical university named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

**Keywords:** forecasting hydrogeological conditions, copper ore district mining enterprises, water production, natural resources, the forecast.

**Abstract.** Mining operations play an important strategic role in the economy of Kazakhstan. One of the promising deposits is Aktogay deposit of sulphide ores located in the East Kazakhstan. To estimate ground water inflows to the open pit, together with the earlier work, for the first time we built a mathematical model of hydrogeological conditions at the Aktogay deposit, using the ground water Modeling System (GMS). Based on the calculations, ground water inflows are the following: 2551.6 m<sup>3</sup>/day or 106.3 m<sup>3</sup>/hour given that the pit depth is 100 m, and 6447.3 m<sup>3</sup>/day or 268.6 m<sup>3</sup>/day given that the pit depth is 585 m. The calculations results correspond to the results obtained by the balance method. During water drainage system design it is recommended to use maximum values of water inflows calculated by mathematical modeling.

The research enables us to conclude that it is possible to use methods of mathematical modeling for calculations of ground water inflows to open pits under similar natural and mining conditions. When anisotropy of water-bearing material filtration properties is high in plan and section view, these methods are appeared to be the most efficient.

УДК [556.51:550.855]044

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДОПРИТОКОВ В ГОРНЫЕ ВЫРАБОТКИ АКТОГАЙСКОГО МЕДНОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН)

Ж. Ерікұлы, С. Жапарханов

Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

**Ключевые слова:** гидрогеологическое прогнозирование, меднорудный район, горнодобывающее предприятие, водопритоки, естественные ресурсы, прогноз.

**Анотация.** Рассмотрены гидрогеологические условия Актогайского меднорудного месторождения. С целью проведения прогнозной оценки водопритоков в карьер были проанализированы ранее выполненные работы, ранее рассчитанные методы и впервые создана математическая модель гидрогеологических условий Актогайского месторождения с использованием системы моделирования подземных вод GMS (Groundwater Modeling System).

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о возможности применения методов математического моделирования для расчета водопритоков в карьеры в аналогичных природно-техногенных условиях.

Как показал опыт разведки и эксплуатации рудных месторождений Республики Казахстан, они нередко оказываются обводненными, требующими специальных исследований и выбора оптимального варианта осушения.

Достоверность прогнозов обычно зависит от степени обводненности объекта, геолого-гидрогеологической сложности, горно-геологических условий эксплуатации, правильности выбора методики прогнозирования водопритоков. Общий водоприток в шахту (карьера) оценивается как суммарный приток воды к водопонизительным и водоотливным установкам. Мы стремились к комплексному подходу в решении поставленных задач. Так, в выборе методов прогнозирования, прежде всего учитывались геолого-гидрогеологическая изученность горнорудного объекта и достоверность полученных по ним гидрогеологических параметров с учетом горнотехнических условий их эксплуатации. Сказанное выше рассмотрим на условиях наших исследований по меднорудному месторождению Актогай в Восточном Казахстане в связи с его промышленной эксплуатацией корпорацией Казахмыс.

*Расчет водопритоков в карьер аналитическим методом.*

Расчет водопритоков в карьер выполнен по методу «большого колодца» с учетом граничных условий месторождения (пласт неограниченный) по формуле:

$$Q = \frac{1,36KH^2}{\lg \frac{R_n}{r_a}}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент фильтрации, м/сут;  $H$  – мощность зоны обводненной трещиноватости, м;  $R_n$  – радиус депрессионной воронки карьерного водоотлива, м.

$r_a$  – радиус «большого колодца», определяется по формуле

$$\Gamma_a = \sqrt{\frac{F}{\pi}}, \quad (2)$$

где  $F$  – площадь карьера по поверхности, равная  $4,86 \cdot 10^6$  м<sup>2</sup>.

$$r_a = \sqrt{\frac{4860000}{3,14}} = 1245 \text{ м.}$$

Результаты расчетов водопритоков для глубин карьера 100 и 585 м сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчет водопритоков аналитическим методом

Глубина карьера, м	H, м	K, м/сут	1,36 KH <sup>2</sup>	R <sub>n</sub> , м	r <sub>a</sub> , м	lg = $\frac{R_n}{r_a}$	Водопритоки	
							м <sup>3</sup> /сут	м <sup>3</sup> /ч
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	80	0,17	1480,0	2515	1245	0,3059	4847	202
585	130	0,016	354,9	3600	1245	0,4609	771,5	32,1

Суммарный ожидаемый водоприток в карьер глубиной 585 м, подсчитанный аналитическим методом, составляет 234,1 м<sup>3</sup>/ч.

*Расчет водопритоков в карьер балансовым методом*

Для контроля и сопоставления результатов, полученных аналитическим способом, ожидаемые водопритоки в карьер определены балансовым методом. Баланс подземных вод складывается из естественных ресурсов, формирующихся за счет инфильтрационных атмосферных осадков и расхода подземного потока на участке депрессионной воронки, а также естественных запасов – количества воды в горных породах, развитых в радиусе депрессии:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{е.р.}} + Q_{\text{е.з.}}, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{е.р.}}$  – естественные ресурсы подземных вод;  $Q_{\text{е.з.}}$  – естественные запасы.

Ежегодно возобновляемые естественные ресурсы подземных вод, формирующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков, вычисляются по формуле

$$Q_{\text{е.р.}} = FM, \quad (4)$$

где  $F$  – площадь развития воронки депрессии (балансового контура), которая составляет 19,86 и 96,43 км<sup>2</sup> для глубины карьера 100 и 585 м соответственно;  $M$  – модуль подземного стока, равный 0,29 дм<sup>3</sup>/сек с 1 км<sup>2</sup>.

Результаты расчета водопритоков за счет естественных ресурсов приводятся в таблице 2.

Таблица 2 – Водоприток за счет естественных ресурсов

Н, м	R <sub>n</sub> , км	R <sub>n</sub> <sup>2</sup> , км <sup>2</sup>	F = πR <sub>n</sub> <sup>2</sup> , км <sup>2</sup>	M, дм <sup>3</sup> /с с 1 км <sup>2</sup>	Водопритоки	
					м <sup>3</sup> /сут	м <sup>3</sup> /ч
1	2	3	4	5	6	7
80	2,515	6,325	19,86	0,29	498	20,7
210	5,542	30,71	96,43	0,29	2416	100,7

Водопритоки за счет естественных запасов определяются по формуле

$$Q = \frac{V\mu}{T}, \quad (5)$$

где  $\mu$  – водоотдача пород, равная 0,007; T – время, необходимое для отработки карьера, сут; V – объем депрессионной воронки (усеченного конуса), м<sup>3</sup>, который определяется по следующей формуле:

$$V = \frac{\pi H}{3} (R_n^2 + r_a^2 + R_n r_a), \quad (6)$$

где R<sub>n</sub> – прогнозный радиус депрессии, м; H – высота конуса, вычисленная как разность отметок соответствующих мощностей водоносного горизонта, м; r<sub>a</sub> – радиус «большого колодца», м.

Результаты расчета водопритоков в карьер за счет сработки естественных запасов характеризуются цифрами, приведенными в таблице 3.

Таблице 3 – Водоприток за счет естественных запасов

Глубина карьера, м	M	T, сут.	R <sub>n</sub> , м	r <sub>a</sub> , м	V, м <sup>3</sup>	Водопритоки	
						м <sup>3</sup> /сут	м <sup>3</sup> /ч
1	2	3	4	5	6	7	8
100	0,007	3129	2515	1245	92*10 <sup>7</sup>	2058	85,7
585	0,007	15171	5542	1245	861*10 <sup>7</sup>	3973	165,5

Суммарный водоприток в карьер, определенный балансовым способом, составит:

на глубину 100 м – Q<sub>сум</sub> = 20,7+85,7 = 106,4 м<sup>3</sup>/ч,

на глубину 585 м – Q<sub>сум</sub> = 100,7+165,5 = 266,2 м<sup>3</sup>/ч.

*Расчет водопритоков в карьер методом гидрогеологической аналогии*

Для расчета водопритоков в карьер методом гидрогеологической аналогии в качестве аналога взято меднопорфировое месторождение Коунрад в Северном Прибалхашье, находящееся в сходных с месторождением Актогай геолого-гидрогеологических и климатических условиях.

Расчет водопритоков в проектируемый Актогайский карьер методом гидрогеологической аналогии выполнен по следующей формуле:

$$Q_{\text{прогн.}} = Q_{\text{факт.Коун.}} \sqrt{\frac{S_{\text{пр.Акт.}}}{S_{\text{факт.Коун.}}}}, \quad (7)$$

где Q<sub>факт.Коун.</sub> – фактический максимальный водоприток в Коунрадском карьере, равный 60 м<sup>3</sup>/ч или 1440 м<sup>3</sup>/сут; S<sub>факт.Коун.</sub> – фактическое понижение уровня воды в карьере – аналоге, составляющее 280 м; S<sub>пр.Акт.</sub> – проектное понижение уровня воды в Актогайском карьере, равное 585 м.

Таким образом, можно рассчитать

$$Q_{\text{прогн.}} = 1440 \sqrt{\frac{585}{280}} = 2081 \text{ м}^3/\text{сут или } 86,7 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

*Расчет водопритоков в карьер методом математического моделирования*

*1. Исходные данные для создания математической модели*

Математическая модель гидрогеологических условий территории Актогайского медного месторождения создана для прогнозной оценки водопритоков в карьер средствами GMS 9.0 [6].

В качестве исходных данных для создания модели использованы материалы ранее выполненных геологических и гидрогеологических работ.

Проектом кондиций предусматривается отработка Актогайского медного месторождения карьером, имеющим максимальные длину – 2750 м, ширину – 2500 м, глубину – 585 м. Площадь карьера по дневной поверхности –  $4,86 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ . Срок отработки карьера – 50 лет или 18 300 сут [8].

В гидрогеологическом отношении площадь месторождения представляет собой бассейн подземных вод зоны открытой трещиноватости в жестких палеозойских породах, находящийся в области очагового питания и транзита подземных вод [14].

Верхняя толща массива характеризуется повышенной водообильностью пород и распространена на глубину 90 м [15]. Коэффициенты фильтрации пород колеблются от 0,025 до 0,41 м/сут. Среднее значение коэффициента фильтрации составляет 0,17 м/сут [9].

Трещиноватость пород с глубиной затухает. Зона развития обводненной трещиноватости пород прослежена на глубину 220 м. Водообильность и фильтрационные свойства пород с глубиной уменьшаются. Среднее значение коэффициента фильтрации в интервале от 90 до 585 м равно 0,016 м/сут.

Среднее значение коэффициента водоотдачи пород составляет 0,007 [9].

Формирование подземных вод на месторождении осуществляется, в основном, за счет инфильтрации атмосферных осадков. Многолетняя сумма атмосферных осадков составляет 194 мм. Максимальное количество осадков выпало в 1957 г. – 290 мм. Основную расходную статью водного баланса составляют испарение, подземный сток в прилегающие равнины, в меньшей степени – транспирация растениями [15].

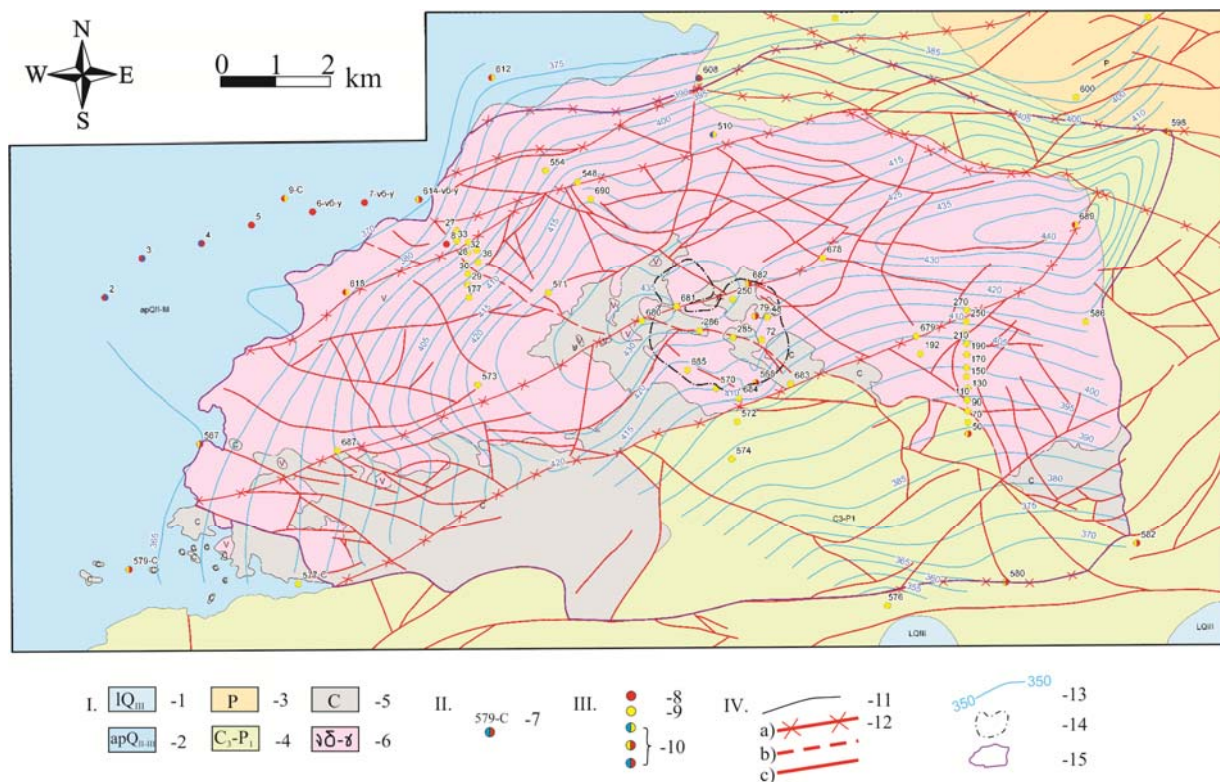


Рисунок 1 – Границы моделируемой области

I. Распространение водоносных горизонтов: 1 - водоносный горизонт верхнечетвертичных озерных отложений, 2 - водоносный горизонт среднечетвертичных-верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, 3 - подземные воды зоны открытой трещиноватости пермских отложений, 4 - подземные воды зоны открытой трещиноватости нерасчлененных верхнекаменноугольных-нижнепермских отложений, 5 - подземные воды зоны открытой трещиноватости каменноугольных отложений, 6 - подземные воды зоны открытой трещиноватости разновозрастных интрузивных пород кислого и среднего состава. II. Водопункты: 7 - скважина. Цифры: сверху - номер и индекс. III. Минерализация и химический состав воды в водопунктах: 8 - воды с преобладанием сульфатного иона, 9 - воды с преобладанием хлоридного иона, 10 - воды смешанные двухкомпонентные. IV. Прочие знаки: 11 - границы водоносных горизонтов, 12 - разломы: а) водоносные; б) безводные; в) гидрогеологические значения которых не выяснено, 13 - гидрозогипсы первого от поверхности водоносного горизонта. Цифры - абсолютные отметки гидрозогипсы, 14 - контур карьера месторождения Актогай, 15 - граница модели.



## 2. Методика моделирования

2.1 Анализ и схематизация природных условий. В качестве границ модели в основном выбраны линии разломов. Внешние границы схематизированы граничными условиями первого рода. Границы модели, проведенные по линиям разломов, и область карьера схематизированы граничными условиями второго рода. В разрезе выделено четыре слоя в соответствии с их обводненностью. Выше на рисунке 1 показана граница моделируемой области.

Для решения задачи прогнозной оценки водопритоков в карьер на Актогайском медном месторождении использовались уравнения фильтрации потока подземных вод в гетерогенной и анизотропной среде.

Для решения уравнений стационарной и нестационарной фильтрации использовался модуль MODFLOW системы моделирования GMS. Для схематизации разломов и области карьера использованы граничные условия *Barrier* и *Drain*, которые являются разновидностями граничных условий второго рода.

2.2 Подготовка исходных данных выполнялась с помощью геоинформационной системы ArcGIS. В ГИС были введены первичные сведения – разломы и скважины, и на их основе проведена граница модели, построена карта коэффициентов фильтрации, заданы границы слоев модели в разрезе. С каждой скважиной связана атрибутивная информация, включающая номер скважины, абсолютную отметку поверхности земли, абсолютные отметки выделенных в разрезе слоев, коэффициенты фильтрации водовмещающих пород, абсолютные отметки уровней подземных вод. На основе этих сведений была проведена граница области моделирования, построены карты коэффициентов фильтрации, карты площадного питания. На рисунке 2 приведена схематическая карта фактического материала.

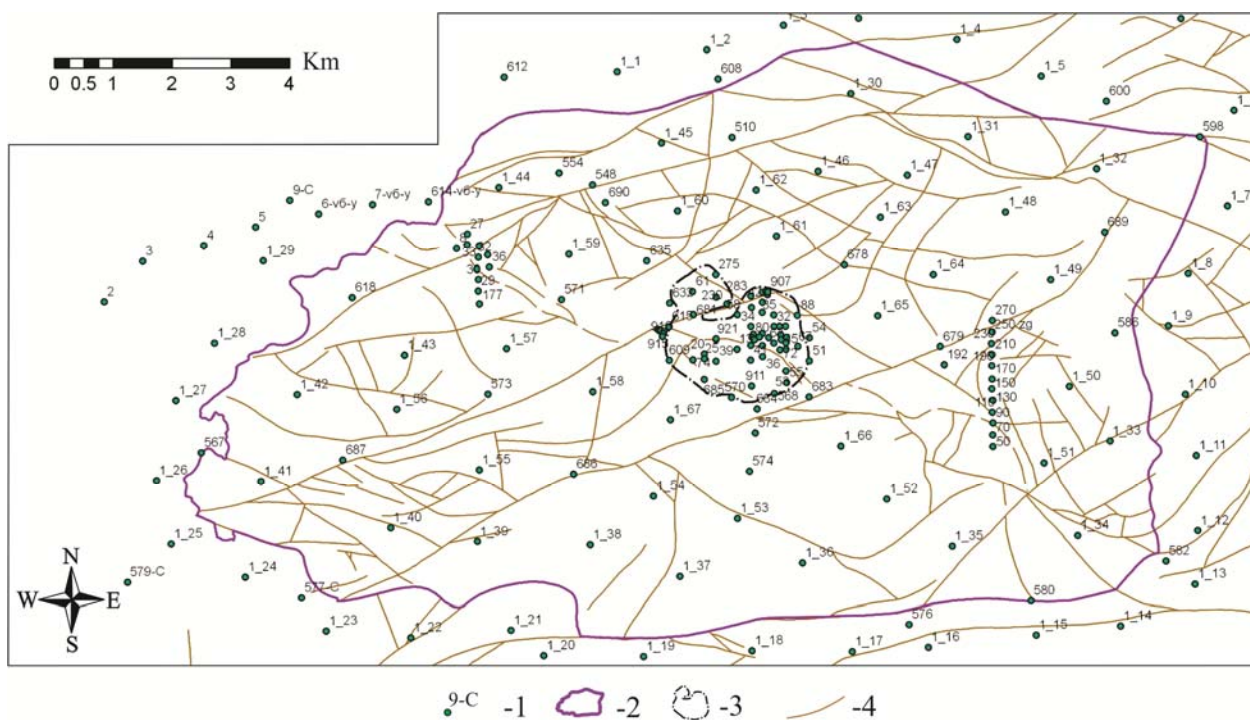


Рисунок 2 – Схематическая карта фактического материала:

1 - скважина, сверху ее номер и индекс; 2 - граница модели; 3 - контур карьера; 4 - разломы

2.3 Создание математической модели осуществлялось средствами системы математического моделирования подземных вод GMS 9.0.

Моделируемая область в разрезе схематизирована в виде 4 слоев. В плане она аппроксимирована равномерной ортогональной сеткой размером 100x100 блоков. Шаг сети по направлению оси  $x$ –192.515 м, по направлению оси  $y$ –110.774 м. Абсолютные отметки поверхности земли и подошв выделенных слоев задавались посредством модуля 2D Scatter Points. Средствами

геоинформационной системы ArcGIS составлялся SQL запрос на выборку данных по отметкам земли и подошв слоев.

Фильтрационные свойства пород меняются по площади крайне неравномерно. Значения коэффициентов фильтрации для первого слоя модели, связанные со скважинами, изменяются от 0,001 до 1,085 м/сут. Среднее значение коэффициента фильтрации составляет 0,17 м/сут. Коэффициент фильтрации для второго и третьего слоев задан 0.016 м/сут [8].

Площадное питание задавалось для верхнего слоя модели. Оно рассчитывалось исходя из значения многолетней суммы атмосферных осадков 194 мм/год или 0.000532 м/сутки. Предполагалось, что на большей площади исследуемой территории в подземные воды попадает от 10 до 30% выпадающих осадков. Кроме того, учитывалось, что каждые несколько лет выпадает значительно большее количество осадков, до 290 мм/год.

2.4 Калибровка математической модели проводилась для доказательства адекватности модели существующим на гидрогеологическом объекте природным условиям. Она заключалась в решении обратной стационарной задачи. Поскольку месторождение не эксплуатировалось и на исследуемой области и прилегающих территориях отсутствуют факторы, оказывающие существенное влияние на изменение гидрогеологических условий во времени, обратная нестационарная (эпигнозная) задача не решалась.

Целью решения обратной стационарной задачи являлось уточнение карт коэффициентов фильтрации и площадного питания. В процессе ее решения на модели воспроизводились гидрогеологические условия на ненарушенный период по состоянию на 1980 г. Граничные условия второго рода *barrier* задавались по линиям крупных разломов. В процессе решения обратной стационарной задачи подбирались значения их гидравлической проводимости.

Для контроля за решением в концептуальной модели было создано покрытие, содержащее точечные объекты с заданными уровнями подземных вод, или обсервационными скважинами.

Рассчитанные на модели уровни подземных вод сравнивались с фактически замеренными уровнями по скважинам. На рисунке 3 приведена копия экрана, сделанная в процессе работы с GMS, отображающая результаты решения обратной стационарной задачи на модели. Изолиниями показаны гидроизогипсы, построенные по результатам моделирования на ненарушенный период. Точечными знаками показаны наблюдательные скважины. Слева у знака скважины – столбчатая диаграмма, величина которой пропорциональна ошибке моделирования, а направление показывает знак ошибки. Зеленый цвет указывает на то, что величина ошибки составляет менее 2,5 м, желтый – от 2,5 до 5 м.

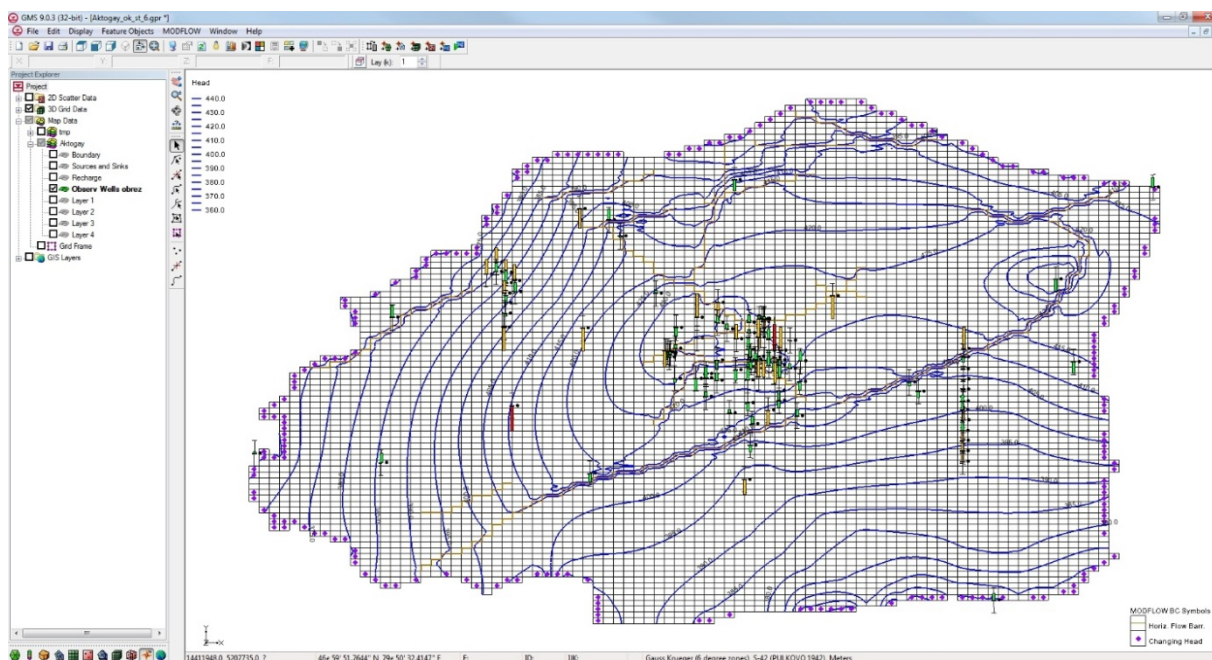


Рисунок 3 – Результаты решения обратной стационарной задачи на модели

Были рассчитаны погрешности решения обратной стационарной задачи: средняя ошибка (*MeanError*) -  $-0,1598$ , средняя ошибка по абсолютной величине (*MeanAbs. Error*) –  $1,9819$  и среднеквадратическая ошибка (*RootMeanSq. Error*) –  $2,4991$ .

По результатам расчетов можно сделать вывод, что для трещиноватых пород с крайне неравномерно распределенными по площади значениями фильтрационных параметров погрешность решения является допустимой. Подобранные по результатам решения обратной стационарной задачи значения коэффициентов фильтрации и площадного питания не противоречат опытным данным. Таким образом, точность решения обратной стационарной задачи соответствует требованиям, предъявляемым к модели.

Как было отмечено выше, калибровка данной модели заключалась только в решении обратной стационарной задачи. Решение эпигнозной задачи не проводилось, поскольку Актогайское месторождение не эксплуатировалось, и исследуемая территория не подвергалась воздействию факторов, влияющих на изменение гидрогеологических условий во времени.

**2.5 Решение на модели прогнозных задач.** Прогнозная оценка водопритоков в карьер выполнялась на период с 01.01.2015 до 01.01.2065. Продолжительность прогнозного периода – 50 лет. Предполагалось, что глубина карьера будет увеличиваться в среднем на 10 м каждый год. Таким образом, проектная глубина карьера 100 м будет достигнута к концу 2025 г., а 585 м – к концу прогнозного периода.

На модели работа карьера имитировалась граничными условиями второго рода *drain(DRN)*.

Весь прогнозный период 01.01.2015 – 01.01.2065 был разделен на стрессовые периоды, в течение которых параметры модели не менялись. Было выделено 50 стрессовых периодов, каждый из которых охватывал один год.

Значения коэффициента упругой водоотдачи задавалось равным  $0.000001$ , гравитационной –  $0.007$ . Начальные распределения уровней подземных вод для каждого слоя модели задавались по результатам расчетов обратной стационарной задачи.

С полигонами типа *drain*, схематизирующими работу карьера, связывались значения проводимости и абсолютных отметок дна карьера, меняющиеся во времени. Площадь аппроксимирующего карьер полигона равна  $4\,798\,272.74\text{ м}^2$ , или  $4.8\text{ км}^2$ , что составляет 225 блоков.

На модели рассчитывались уровни подземных вод на конец каждого прогнозного периода. На рисунке 4 представлены результаты расчетов для глубин карьера 100 и 585 м. Предполагается, что глубина карьера 100 м будет достигнута к концу 2025 г, а 585 м – к концу прогнозного периода (2065 г.).

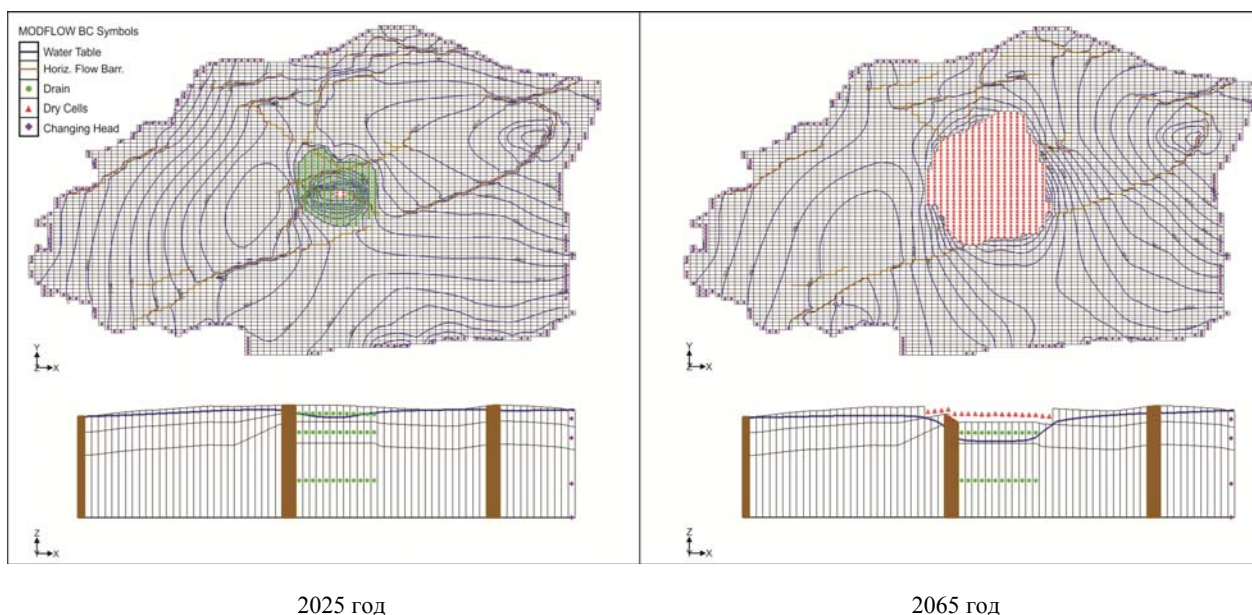


Рисунок 4 – Копии экранов отображающие карту гидроизогипс и разрез на конец 2025 и 2065 гг.

Расчет водопритоков в карьер проводился на основе полученных по результатам решения прогнозной задачи балансовых составляющих потока подземных вод на различные моменты времени. Изменение значений водопритоков в карьер во времени показано на рисунке 5.

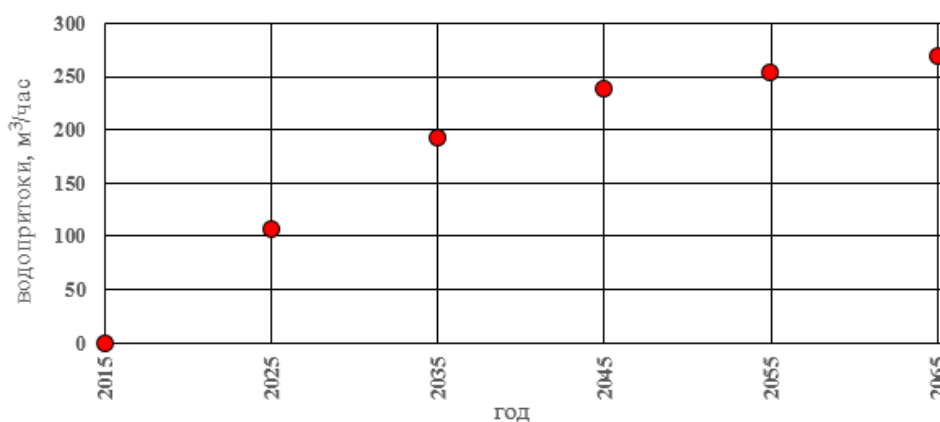


Рисунок 5. График изменения значений водопритоков в карьер во времени

По результатам расчетов значения водопритоков в карьер при глубине карьера 100 м составят  $2551.6 \text{ м}^3/\text{сут} = 106.3 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а при глубине 585 м –  $6447.3 \text{ м}^3/\text{сут} = 268.6 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Таблица 4 – Сравнение результатов водопритока четырьмя методами

Глубина отработки	Аналитическим методом		Балансовым способом		Методом гидрогеологической аналогии		Методом математического моделирования	
	м³/ч	л/с	м³/ч	л/с	м³/ч	л/с	м³/ч	л/с
100	202,0	56,1	106,4	29,6	–	–	106,3	29,5
585	62,0	17,2	266,2	73,9	86,7	24,1	268,6	74,6

Полученные методом математического моделирования результаты хорошо согласуются с результатами, полученными балансовым методом (100 м -  $106,4 \text{ м}^3/\text{ч}$  и 585 м –  $266,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ ). Для проектирования системы водоотлива рекомендуется использовать максимальные величины водопритоков, подсчитанные методом математического моделирования.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о возможности применения методов математического моделирования для расчета водопритоков в карьеры в аналогичных природно-техногенных условиях. При высокой степени анизотропии фильтрационных свойств водовмещающих пород в плане и разрезе эти методы представляются наиболее эффективными.

Анализ гидрогеологических условий месторождения позволяет рекомендовать следующие мероприятия по проектированию водоотливного хозяйства.

Максимальные расчетные водопритоки в карьер в количестве  $268.6 \text{ м}^3/\text{ч}$  формируются за счет инфильтрации атмосферных осадков, которые подземным стоком будет поступать в карьер. Для перехвата поверхностного стока необходимо сооружение сети дренажных канав вокруг карьера, а подземный сток дренировать выработками самого карьера.

На борту карьера необходимо устройство накопителя карьерных вод для их механической очистки и использования для технического водоснабжения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ataei M, Bodaghabadi S. (2008). Comprehensive analysis of slope stability and determination of stable slopes in the Chador-Malu iron ore mine using numerical and limit equilibrium methods. J China Univ Min Technol; 18(4):488–93.
- [2] Абрамов С.К., и др. (1968) Способы, системы и расчеты осушения шахтных и карьерных полей, Москва, Недра
- [3] Бабушкин В.Л., Лебедевская З.П., и др. (1971). Прогноз водопритоков в горные выработки и водозаборы подземных вод в трещиноватых и карстовых породах, Москва, Недра
- [4] Claudia M, Vladimir U. (2010) Use of Numerical Groundwater Modelling for Mine Dewatering Assessment. WIM Santiago, Chile, стр.318-326

- [5] Ерикулы Ж., (2014). Гидрогеологические условия обводнения и прогнозирование водопритоков в горные выработки Актогайского меднорудного месторождения, Proceeding international forum "Engineering education and science in the XXI century: challenges and perspectives" devoted to the 80<sup>th</sup> anniversary of SatpaevKazNTU, vol 1, Almaty, Kazakhstan, стр.317
- [6] Ерикулы Ж., (2012). Гидрогеологические условия Актогайского района, материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе», Алматы, Казахстан, стр.64
- [7] Жапарханов С.Ж., Ерикулы Ж., (2012). Об условиях формирования и режиме подземных вод Актогайского меднорудного района, материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе», Алматы, Казахстан, стр.62
- [8] Кыдырбеков Л.У., Штифанов В.Ф., и др.. (1976). Особенности геологического строения молибденово-медного месторождения Актогай, Изв.АНКазССР, #2, Almaty, Kazakhstan, стр.24
- [9] Скабалановия И.А., Седенко М.В., и др. (1980). Гидрогеология, инженерная геология и осушение месторождений, Москва, Недра

#### REFERENCES

- [1] Ataei M., Bodaghabadi S. (2008). Comprehensive analysis of slope stability and determination of stable slopes in the Chador-Malu iron ore mine using numerical and limit equilibrium methods. J China Univ Min Technol; 18(4):488–93.
- [2] Abramov S.K. i dr. Sposoby, systemy i rashety osusheniya shahtnyh i kar'ernyh poley, Moscow, Nedra
- [3] Babushkyn V.L., Lebedyanskaya Z.P., i dr. (1971) Prognoz vodoprytokov v gornyy vyrabotki i vodozabory podzemnyh vod v treshynovatyh i karstovyh porodah, Moscow, Nedra
- [4] Claudia M, Vladimir U. (2010) Use of Numerical Groundwater Modelling for Mine Dewatering Assessment. WIM Santiago, Chile, стр.318-326
- [5] Yerikuly Zh. (2014). Gydrogeologicheskiye usloviya obvodneniya i prognosirovaniya vodoprytokov v gornyye vyrabotki Aktogayskogo mednorudnogo mestorozhdeniya, Proceeding international forum "Engineering education and science in the XXI century: challenges and perspectives" devoted to the 80<sup>th</sup> anniversary of SatpaevKazNTU, vol 1, Almaty, Kazakhstan, стр.317
- [6] Yerikuly Zh. Gydrogeologicheskiye usloviya Aktogajskogo rajona. Mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferencii. «Aktual'nye problemy gidrogeologii i inzhenernoj geologii na sovremennom etape», A, KazNTU, 2013, - S. 64-68.
- [7] Zharphanov S.Zh. Yerikuly Zh., Ob usloviyah formirovaniya i rezhime podzemnyh vod Aktogajskogo mednorudnogo rajona. Trudy Mezhdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferencii «Aktual'nye problemy gidrogeologii i inzhenernoj geologii na sovremennom etape», A, KazNTU, 2013, - S.62-64.
- [8] Kydyrbekov L.U., Shtyfanov V.F., i dr., (1976) Osobennosti geologicheskogo stroeniya molybdenovo-mednogo mestorozhdeniya Aktogay, IzvANKazSSR, #2, Almaty, Kazakhstan
- [9] Skabalanoviya I.A., Sedenko M.V., i dr. (1980) Gydrogeologiya, inzhenernaya geology i osusheniya mestorozhdeniya, Moscow, Nedra

### АҚТОҒАЙ МЫС КЕНОРНЫНЫҢ АШЫҚ ҚАЗБА ОРНЫНА СУ АҒЫСЫН БОЛЖАУ (ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН)

**Ж. Ерікұлы, С. Жапарханов**

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** гидрогеологиялық срсптама, мыс кен ауданы, тауен зауыты, су ағуы, табиғи ресурстар, болжам.

**Аннотация.** Ақтоғай мыс кенорнының гидрогеологиялық жағдай қарастырылған. Карьерге су ағынын болжамды бағалау үшін бұрын жасалған жұмыстар талданды, бұрын есептелген тәсілдер қарастырылды және бірінші рет GMS (Groundwater Modeling System) математикалық модельдеу жүйесі арқылы Ақтоғай кенорнының гидрогеологиялық жағдай құрылды.

Осы зерттеулердің негізінде осыған ұқсас табиғи және техногендік ортада су ағындарын есептеу математикалық модельдеу қолдануға мүмкін екендігіне қорытынды жасауға болады.

*Поступила 21.07.2015 г.*

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

*Верстка Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 01.10.2015.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

8,2 п.л. Тираж 300. Заказ 5.