

УДК 621.7:658.5

## ЧЕМОДАНОВСКИЙ ПОЛИГОН ХРАНЕНИЯ ОТХОДОВ КАК ЗАГРЯЗНИТЕЛЬ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

*А.Г. ВЕТОШКИН<sup>1</sup>, А.И. КЛИМОВА<sup>2</sup>, Г.К. КЛИМОВ<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Пензенский государственный технологический университет  
440039, Россия, г. Пенза, ул. Гагарина, 11; e-mail: ag-vet@yandex.ru,*

*<sup>2</sup>Московский государственный областной технологический университет  
141070, Россия, Московская область, г. Королёв, ул. Гагарина, 42; e-mail: aiklimova@list.ru,*

*<sup>3</sup>Пензенский государственный университет  
440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, д. 40; e-mail: gkklimov@list.ru*

Полигоны и свалки хранения отходов стали сопоставимы с зонами экологического бедствия. Чемодановский полигон хранения отходов в Пензенской области оказывает негативное воздействие на окружающую среду. По оценке воздействия на подземные воды и почвы полигон отнесён к категории «опасная», а категория защищённости грунтовых вод на его территории определена как минимальная. Ситуацию, сложившуюся на территории Чемодановского полигона, следует признать критической.

Ключевые слова: отходы; оценка воздействия на окружающую среду; Пензенская область; Чемодановский полигон; фильтрат; санитарно-гигиенические требования.

## CHEMODANOVSKY WASTE STORAGE LANDFILL AS ENVIRONMENTAL POLLUTANTS (PENZA REGION)

*A.G. VETOSHKIN<sup>1</sup>, A.I. KLIMOVA<sup>2</sup>, G.K. KLIMOV<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Penza State Technological University  
440039, Russia, Penza, Gagarin street, 11; e-mail: ag-vet@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Moscow State Regional Technological University  
141070, Moscow region, Korolev, Gagarin street, 42; e-mail: aiklimova@list.ru*

*<sup>3</sup>Penza State University  
440026, Russia, Penza, Krasnaja str., 40; e-mail: gkklimov@list.ru*

Landfills and dumps of waste storage have become comparable to the zones of ecological disaster. Chemodanovsky landfill waste storage in the Penza region has a negative impact on the environment. In assessing the impact on groundwater and soil the polygon classified as “dangerous”, and the category of groundwater protection at its territory is defined as the minimum. The situation in the territory of Chemodanovsky landfill should recognize critical.

Key words: waste; environmental impact assessment; Penza region; Chemodanovsky landfill; filtrate; hygiene requirements.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) — это процедура учёта экологических требований природоохранного законодательства РФ при подготовке и принятии решений о социально-экономическом развитии общества. ОВОС осуществляется с целью выявления и принятия необходимых и достаточных мер по предупреждению возможных и неприемлемых для общества экологических и связанных с ними социальных, экономических и других последствий реализации хозяйственной или иной деятельности.

Одна из причин, по которой ухудшается качество окружающей среды (ОС), является нерациональное, экологически опасное и не всегда организованное обращение с отходами. На территории Российской Федерации в отвалах, свалках, полигонах, хранилищах накоплено порядка 80 млрд. т твёрдых отходов, в том числе более 1,1 млрд. т токсичных промышленных отходов. Ежегодно их количество возрастает примерно на 120 млн. т [1].

В настоящее время способ простого захоронения отходов на полигонах и свалках наиболее рас-

пространён как не требующий больших финансовых затрат. Но дешевизна этого способа весьма условна и оказывается таковой только на поверхностный взгляд. Реальные потери, связанные с этим способом, на самом деле огромны, хотя их никто не считает. Из тех, что поддаются количественной оценке, можно назвать потери земли и загрязнение подземных и поверхностных вод. Из тех, что не поддаются оценке — ухудшение качества жизни и статуса данной территории, снижение себестоимости земли и инвестиционной привлекательности.

В Пензенской области существует порядка 100 городских, районных и поселковых свалок, которые не обустроены согласно предъявляемым к полигонам требованиям. В 1958 г. спецавтобазе в г. Пензе по очистке города выделен участок под свалку площадью 150 га, который в настоящее время превратился в высоконагруженный полигон твердых коммунальных отходов (ТКО), принимающий отходы от г. Пензы и двух граничащих районов. Полигон расположен в 10 км от г. Пензы, в 2,5 км западнее с. Чемодановка, и в 400 м от автодороги Москва—Челябинск. С западной стороны от полигона размещено 23 шламонакопителя предприятий г. Пензы. С восточной и южной сторон в 50 м от полигона находятся дачные участки (рисунок).

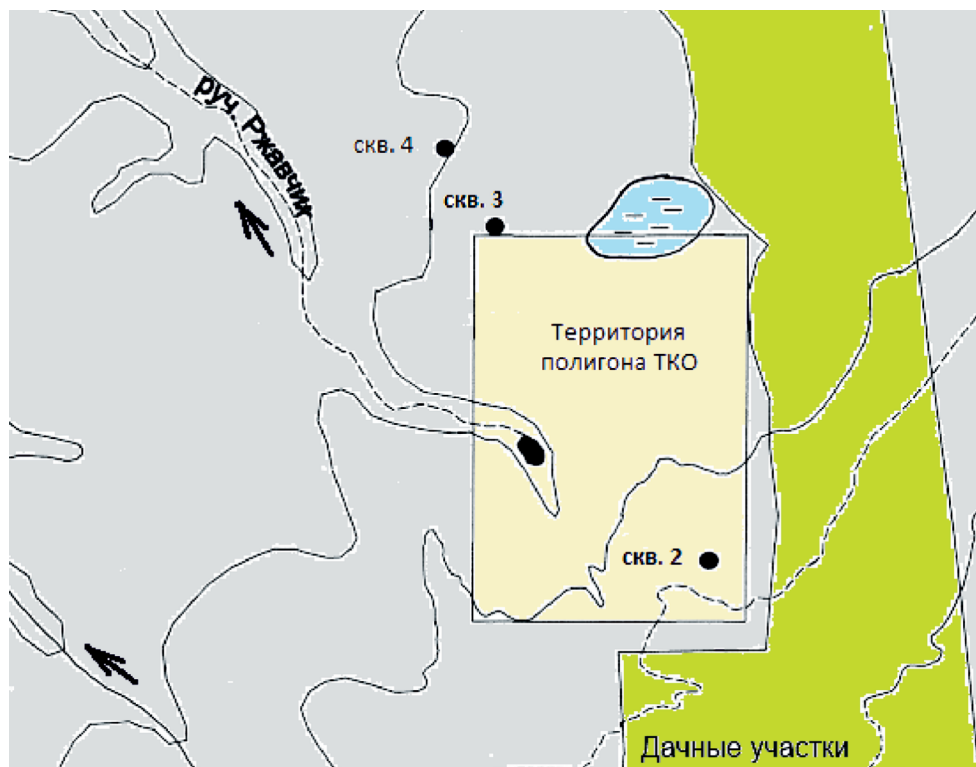
Подземные воды в районе расположения Чемодановского полигона представлены безнапорными водами четвертичных отложений, образуют единый

водоносный массив и широко, почти повсеместно распространены. Они приурочены к рыхлым отложениям и формируются на междуречных массивах, а также на отдельных участках водоразделов и их склонов. Все воды являются безнапорными [2].

Совместное складирование промышленных и бытовых отходов создаёт здесь серьёзные технические препятствия при утилизации накопленных отходов и делает процесс загрязнения окружающей среды (ОС) опасным и непредсказуемым. Отходы складываются на грунт с несоблюдением условий, обеспечивающих защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующих распространению болезнетворных микроорганизмов. На полигоне производится уплотнение отходов, позволяющее увеличить их нагрузку на единицу площади, что обеспечивает экономное использование территории.

**Воздействие Чемодановского полигона ТКО на поверхностные воды.** Поверхностные воды в пределах полигона приурочены в основном к искусственным выемкам. Все воды носят временный характер, являясь ливневыми и тальми. В юго-восточной части полигона находится небольшая долина временного стока глубиной 0,5—2,0 м, являющаяся истоком руч. Ржавчик. Поверхностные воды не исследованы. Характер глубины врезов поверхностных вод в русло временного стока свидетельствует, что только четверть вод стекает с полигона.

Полагают, что поверхность полигона увеличивает время нахождения талых и ливневых вод на



Карта-схема Чемодановского полигона хранения отходов

его территории, препятствует стоку поверхностных вод. При этом увеличивается фильтрация вод в грунты и возрастает доля питания подземных вод.

**Воздействие Чемодановского полигона ТКО на подземные воды.** Грунтовые воды вскрыты на глубинах 0,5–2,5 м. Водовмещающими породами являются среднечетвертичные аллювиальные песчано-глинистые отложения мощностью 30–40 м. Коэффициент фильтрации водоносной толщи 0,5–0,7 м/сут. Водоупором служат глины мелового возраста. Общий поток грунтовых вод четвертичного горизонта направлен на север и северо-запад. Грунтовые воды в районе мусорного тела образуют «купол» и растекаются в разные стороны. Образование «купола» грунтовых вод связано с изменением температурно-влажностного режима в пределах тела ТКО. Питание подземных вод в его пределах происходит за счёт поступления поверхностных вод и инфильтрации атмосферных осадков. На площадке ТКО не создано водонепроницаемое основание, отсутствует система дренирования фильтра ТКО, воды которого по мере образования испаряются или переходят в грунтовые. При инфильтрации атмосферных осадков в подземные воды проникают разнообразные загрязняющие вещества, продукты разложения, растворения, выщелачивания складированных на нем отходов. Величина инфильтрации для суглинистых и супесчаных грунтов территории очень низкая и равна 0,0037 м/сут.

В фильтрате особую опасность представляют химические вещества, которые не подвергаются окислению и не разрушаются, не сорбируются (фенолы, пестициды и др.) и могут мигрировать на большие расстояния. Основная роль химических процессов, протекающих при инфильтрации загрязнённых вод, принадлежит ионообменной сорбции. Она ограничивает распространение загрязнений по водоносному слою, тогда как десорбция и комплексобразование способствуют миграции загрязняющих веществ. Глинистые минералы, широко распространённые в водоносных отложениях на данной территории, способствуют этим процессам. В свою очередь сорбция во многом зависит от химического состава грунтовых вод, их минерализации и величины рН. Увеличение минерализации и низкие значения рН приводят к снижению сорбционной способности отложений. Катионообменная способность рыхлых пород возрастает с увеличением содержания в них глинистых и пылеватых частиц. Процессы рассеяния, смешения и диффузии, как широко распространённые в подземных водах с низкими скоростями фильтрации, не вызывают отрицательных последствий. К снижению пористости и проницаемости водовмещающих грунтов приводит также проникновение в грунтовые воды нефтепродуктов, взвесей и нерастворимых солей.

Интенсивность поступления загрязняющих веществ в водоносный горизонт зависит от степени его защищённости. Существуют количественные критерии приблизительной оценки естественной защищённости подземных вод, учитывающие глубину их залегания, наличие и мощность перекрывающих слабопроницаемых отложений, литологический состав и фильтрационные свойства вышележащих и водоносных пород, их сорбционные свойства, соотношение уровней воды водоносных горизонтов, а также техногенные факторы, среди которых главнейшие — свойства загрязняющих веществ (например, монтмориллонитовые глины фильтруют хлоридные воды и непроницаемы для пресных). В связи с недостаточной изученностью влияния в совокупности естественных и искусственных факторов на защищённость грунтовых вод, совместный их учёт представляет большие трудности. Категории же естественной защищённости грунтовых вод [3] определяют по сумме баллов, складывающейся из оценок глубины залегания грунтовых вод, мощности и литологического состава перекрывающих слабопроницаемых (коэффициент фильтрации менее 0,1 м/сут.) отложений (табл. 1).

Таблица 1

**Оценка в баллах защищённости грунтовых вод по глубине залегания**

Глубина залегания уровня грунтовых вод, м	< 10	11–20	21–30	31–40	> 40
Баллы	1	2	3	4	5

В пределах исследуемого полигона грунтовые воды залегают на глубине менее 10 м, не имеют слабопроницаемого экрана, грунты зоны аэрации достаточно водопроницаемы. Таким образом, оценка их защищённости составляет 2 балла (табл. 2), поэтому приходим к выводу, что защищённость грунтовых вод Чемодановского полигона минимальная и относится к I категории (табл. 3).

Контроль за загрязнением грунтовых вод производился в четырёх наблюдательных скважинах. Анализ воды показал, что в скважине № 1 имеются превышения культурно-бытовых норм [4] по взвешенным веществам в 2,3 раза, по фенолам в 4 раза (рисунок). В скважине № 2 превышений по загрязняющим веществам не обнаружено, что объясняется нахождением данной скважины в самом высоком месте «купола» подземных вод, а значит выносом загрязняющих веществ в пониженные участки залегания подземных вод. В скважине № 3 превышения культурно-бытовых норм составили по органическим веществам (БПК — биохимическая потребность кислорода) в 8 раз, по хлоридам в 3,9 раза, по нефтепродуктам в 21, по фенолам в 126 раз, по ацетону в 4,8 раза, по бутилацетату в 6 раз,

Таблица 2

Оценка защищённости грунтовых вод по мощности и литологическому составу (фильтрационным свойствам) перекрывающих слабопроницаемых пород

Мощность слабопроницаемых отложений, м	< 2			2–4			4–6			6–8			8–10			10–12		
Литологический состав	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B
Баллы	1	1	2	2	3	4	3	4	6	4	6	8	5	7	10	6	9	12

Мощность слабопроницаемых отложений, м	12–14			14–16			16–18			18–20			> 20		
Литологический состав	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B	A	B	B
Баллы	7	10	14	8	12	12	9	13	18	10	15	20	12	18	21

Примечание. А — супеси ( $k = 0,1–0,01$  м/сут.); Б — суглинки ( $k = 0,01–0,001$  м/сут.); В — глины ( $k < 0,001$  м/сут.).

Таблица 3

Категория защищённости грунтовых вод по сумме баллов

Сумма баллов	< 5	6–10	11–15	16–20	20–25	> 25
Категории защищённости	I	II	III	IV	V	VI

Таблица 4

Влияние Чемодановского полигона на химический состав грунтовых вод

Показатель, мг/л	ПДК	Грунтовые воды в пределах г. Пенза	Грунтовые воды в пределах Чемодановского полигона
Взвешенные вещества	20		6,9–7,4
Сухой остаток	1000	632–1152,5	0–20
БПК <sub>5</sub> *	6		48,0
Нефтепродукты	0,3		6,48
Нитраты	45	3,0–3,9	
Сульфаты	500	89,2–245	
Хлориды	350	30–54	1365
Цинк	1,0		3,8
Фенолы	0,001		0,004–0,126
Железо	0,3	0,1	0,6–6,06
Марганец	0,1		0,35–1,0
Ацетон	2,2		10,56
Свинец	0,03		0,129
Кадмий	0,001		0,005

\* БПК — биологическая потребность кислорода в течение 5 дней.

по марганцу в 3,5, а по железу в 2 раза. В скважине № 4 — по взвешенным веществам в 2 раза, по фенолам в 4, по железу в 20,3, а по цинку в 3,8 раза.

Имеющиеся аналитические данные позволяют оценить степень влияния полигона ТКО на изменение химического состава грунтовых вод и сравнить её с обобщенными показателями химического состава грунтовых вод на территории г. Пензы. Результаты анализа влияния полигона на химический состав грунтовых вод представлены в табл. 4.

**Влияние Чемодановского полигона ТКО на почвы.** Химическое загрязнение почвы в результате несоблюдения и нарушения правил складирования и за-

хоронения промышленных и бытовых отходов наносит невосполнимый ущерб флоре и фауне, вызывает отравление всего живого в местах захоронения, существенным образом влияет на природные процессы и динамическое состояние биосферы. При оценке опасности загрязнения почв химическими веществами (ХВ) следует учитывать следующее:

1. Опасность загрязнения тем больше, чем больше фактические уровни содержания контролируемых ХВ в почве (С) превышают ПДК, т. е. опасность загрязнения тем выше, чем больше значения коэффициента опасности ( $K_0$ ) превышают 1:

$$K_0 = \frac{C}{ПДК}$$

2. Опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности контролируемых ХВ.

3. Оценка опасности загрязнения любым токси-кантом должна проводиться с учётом буферности почвы, влияющей на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды и доступность растениям.

Чем меньшими буферными свойствами обладает почва, тем большую опасность представляет её загрязнение химическими веществами. Следовательно, при одной и той же величине коэффициента опасности ( $K_0$ ) опасность загрязнения будет больше для почв ( $pH < 7$ ) с меньшим содержанием гумуса и более легким механическим составом (табл. 5) [4, 5].

Почвы территории Чемодановского полигона (светло-серая лесная, грунтово-глеевая супесчаная и светло-серая песчаная) загрязнены следующими ХВ:

мышьяком, содержание которого в материнской породе составляет в первой 2,5 мг/кг и во второй 3,2 мг/кг. Загрязнённые почвы должны быть отнесены к категории «высокоопасные», так как уровни содержания мышьяка превышают ПДК (2 мг/кг) при лимитирующем транслокационном показателе вредности [4, 5];

цинком, содержание которого в материнской породе для первого типа почвы 36 мг/кг и для вто-



Таблица 5

Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного назначения, загрязнённых химическими веществами (ХВ)

Категория загрязненности почв	Характеристика загрязненности	Возможное использование территории	Предлагаемые мероприятия
I. Допустимая	Содержание ХВ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений
II. Умеренно опасная	Содержание ХВ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельско-хозяйственных культур	Мероприятия аналогичные категории I
III. Высоко-опасная	Содержание ХВ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры. Использование под сельско-хозяйственные культуры ограничено с учётом растений-концентраторов	Кроме мероприятий, аналогичных для I категории, обязателен контроль за содержанием токсикантов в растениях, продуктах питания. При необходимости выращивания растительных продуктов питания рекомендуется их перемешивание с выращенными на чистой почве продуктами
IV. Чрезвычайно опасная	Содержание ХВ в почве превышает по всем показателям вредности	Использование под техническими культурами или исключение из сельско-хозяйственного использования	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве

рого — 26 мг/кг. Должны быть отнесены к категории «чрезвычайно опасные», так как уровень содержания цинка превышает ПДК (23 мг/кг) [4, 5];

никелем, содержание которого в материнской породе для первого типа почвы 11,6 мг/кг и для второго 4,2 мг/кг. Почва первого типа отнесена к категории «чрезвычайно опасная», так как уровень содержания никеля превышает ПДК (4 мг/кг) по всем показателям. Почва второго типа отнесена к категории «умеренно опасная», так как уровень содержания никеля в данной почве превышает ПДК при лимитирующем общесанитарном показателе вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю [4, 5].

Коэффициент концентрации ХВ ( $K_C$ ) показывает отношение реального значения концентрации оцениваемого вещества в почве по отношению к фоновому ( $C_\phi$ ):

$$K_C = \frac{C}{C_\phi}$$

Суммарный показатель загрязнения ( $Z_C$ ) соответствует сумме коэффициентов концентраций химических элементов:

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_{C_i} = 7,4 + 12,2 + 1,6 + 6,2 + 43,4 + 3,6 + 2,4 + 1,4 + 6,2 = 84,4,$$

где  $n$  — число суммируемых элементов.

Пользуясь табл. 6 определяем категорию загрязнения почв Чемодановского полигона как «опасная».

Таблица 6

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_C$ )

Категория загрязнения почв	$Z_C$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения [5]
Допустимая	<16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16–32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32–128	Увеличение общей заболеваемости числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	>128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

Ситуация, сложившаяся на Чемодановском полигоне, критическая. Она объясняется тем, что заложение полигона осуществлялось без соблюдения санитарных правил [6]. На полигоне отсутствует экранирование основания и бортов, не производится отвод поверхностных вод, сбор и удаление загрязненных подземных вод. Поверхность уплотняется бульдозерами нерегулярно. Но при этом осуществляется

бесперебойная разгрузка мусоровозов у рабочей карты. В находящемся рядом с объектом с. Чемодановка почти отсутствуют здоровые дети, в связи с чем местная средняя школа находится на особом попечительстве государства (бесплатное питание, несколько

медицинских кабинетов, плавательный бассейн, компьютеризация школы проведена раньше компьютеризации всех школ области). Из всего вышеизложенного следует вывод, что Чемодановский полигон необходимо закрыть.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебн. М.: ЮНИТИ, 1999. 455 с.
2. Ветошкин А.Г., Климова А.И., Климов Г.К. К оценке воздействия Чемодановского полигона хранения отходов на окружающую среду территории Пензенской области // Актуальные проблемы гидролитосферы (диагностика, прогноз, управление, оптимизация и автоматизация) // 3-й Национальный научный форум «Нарзан-2015» (23.09—25.09.2015 г., Кисловодск). Сб. докл. Пятигорск: РИА-КМВ, 2015. С. 73—91.
3. Макляк В.Ф., Панасенко Г.П., Хованский А.Д. / Справочник по охране геологической среды. Т. 2. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996. 512 с.
4. Методические указания 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест» (утв. главным государственным санитарным врачом РФ 7 февраля 1999 г.). URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/MU\\_21773099\\_Gigienicheskaya\\_oc.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/MU_21773099_Gigienicheskaya_oc.html) — дата обращения 14.01.2015.
5. СанПиН 4266-87 Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293852/4293852444.htm> — дата обращения 14.01.2015.
6. Санитарные правила 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов». Зарегистрировано в Минюсте РФ 26 июня 2001 г. Регистрационный № 2826. URL: [http://ohranat-ruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/9/9069/](http://ohranat-ruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/9/9069/) — дата обращения 14.01.2015.

УДК 28,50, 519.876.5

## ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ГЕОФИЛЬТРАЦИИ И ГЕОМИГРАЦИИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ МИНЕРАЛЬНЫХ ВОД IV ГРУППЫ СЛОЖНОСТИ (КИСЛОВОДСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ)

*А.В. МАЛКОВ, И.С. ПОМЕЛЯЙКО, В.Ф. ДУБОГРЕЙ, В.В. ХМЕЛЬ*

*ООО «Нарзан-гидроресурсы»  
357700, Россия, г. Кисловодск, ул. Кирова, д. 43, e-mail: irinapomelyayko@rambler.ru*

Рассмотрена проблема построения математической модели Кисловодского месторождения минеральных вод. Гидродинамический и гидрогеохимический режимы водоносных горизонтов характеризуются высокой динамичностью и зависят как от природных, так и техногенных факторов. Математическая модель месторождения описывается уравнениями в частных производных, отражающих плоско-пространственный процесс фильтрации и массопереноса. Исходя из особенностей геолого-гидрогеологического строения, приводится трехслойная плоско-пространственная модель геофильтрации, включающая верхний — напорно-безнапорный верхневаланжинский водоносный подгоризонт, и два напорных: нижневаланжинский подгоризонт и титонский горизонт. Ёмкостные и фильтрационные свойства водоносных горизонтов определялись по результатам опытно-фильтрационных работ. Приведены результаты моделирования и сопоставление с динамическими уровнями в наблюдательных скважинах.

Ключевые слова: математическая модель; гидрогеологические параметры; месторождение минеральных вод; верификация.

## APPLICATION OF THE MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF GEOFILTRATION AND GEOMIGRATION AT THE DEPOSITS OF MINERAL WATERS OF IV GROUP OF COMPLEXITY (KISLOVODSK DEPOSITS OF MINERAL WATERS)

*A.V. MALKOV, I.S. POMELYAYKO, V.F. DUBOGREY, V.V. KHMEL*

*Limited Liability Company «Narzan-hydroresources»  
357700, Russia, Kislovodsk, Kirov Street, 43, e-mail: irinapomelyayko@rambler.ru*

The important issue of constructing a mathematical model of the Kislovodsk mineral water deposit is considered. The hydrodynamic and hydrogeochemical regimes of the aquifers are characterized by highly dynamics, and depend both on the natural and technogenic factors. A mathematical model of the deposit is described by partial differential equations, reflecting flat-spatial filtering process and mass transfer. On the basis of geological and hydrogeological