

көрсеткіштерін пайдалана отырып есептеулер жүргізілді. Осы кезде барлық төрт түрлі есептеулік жағдайларда да, қарастырып отырған элементтің атомы мен ионы радиустарының бір-біріне толықтама сәйкес бірдей мәндері алынды. Бұл нәтиже жүргізілген ізденістердің жаңалығы мен қатар жоғары ілімдік ғылыми құндылығы мен маңыздылығы дәлелі бола алады.

Сонымен, жүргізілген зерттеулер нәтижелерін ғылыми химиясаласында иондық бөлшектердің және олардың материалдық негізі болып табылатын атомдардың радиустарының шынайылығы жоғары мәндерін есептік жолмен анықтауға болатын жана шешім деп қарастыруға болады.

Жұмыста қолданылған әдістеме Д. Менделеевтың периодтық жүйесіндегі барлық химиялық элементтердің атомдары және иондары радиустарының мәндерін есептеп анықтауға мүмкіншілік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Киселев А.П., Крашенинников А.А. Основы общей химии: учебник. - Л: 2012. -340с.
2. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия: учебник.-М.: Высшая школа 2000. – 529с.
3. Чупахин А.П. Общая химия. Химическая связь и строение вещества: учеб.пос.-Новосибирск. 2003. – 166с.

УДК 519.67  
МРНТИ 19.31

### ПОСТРОЕНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ АТМОСФЕРЫ С НЕЗАКРЕПЛЕННОЙ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕЙ ВОЗДУШНОЙ МАССЫ

А. АЙДОСОВ<sup>1</sup>, Н.С. ЗАУРБЕКОВ<sup>1</sup>, Н.Д. ЗАУРБЕКОВА<sup>2</sup>, Ж.Т. АППАКОВ<sup>1</sup>, А.А. АППАКОВА<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

(<sup>2</sup>Казахский государственный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан)

E-mail: agu\_nurgali@mail.ru

*При математическом моделировании переноса и распространения вредных примесей в атмосфере важную роль играет возможность воспроизведения метеополей. Предлагаемая нами гидродинамическая модель позволяет воспроизводить суточный режим метеополей и соответственно с ним рассчитать распределение концентраций вредных примесей. Рассмотрено несколько вариантов расчета, проведенных по гидродинамической модели рассеивания примесей в приземно-пограничном слое атмосферы. Во всех проведенных вариантах расчетов предполагалось, что примесь является однокомпонентной и пассивной. Расчеты были проведены для наиболее аномальных метеоситуаций.*

4. Тиноко И., Зауэр К., Вэнг Дж., Паглиси Дж. Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках– М.: Техносфера, 2005.- 744с.

5. Сережкин В.Н., Пушкин Д.В. Кристаллохимические радиусы и координационные числа атомов- Самара: Издательство «Универс групп», 2005. -64с.

6. Пат. 2359248 РФ. Способ измерения радиуса и энергии связи атомов и ионов // А.А. Потапов; опубл. 2009, бюл. № 17. – стр. 14.

7. Балданова Д.М., Танганов Б.Б. Плазменно-гидродинамическая концепция состояния ионов в растворах электролитов в оценке некоторых свойств- Л:-2012.-450с.

8. Пат. 2273058 РФ. Способ оценки радиусов атомов химических элементов в различном энергетическом состоянии /М.Б. Родченко, Б.Л. Александров; опубл. 2006, бюл. № 9. – стр. 19.

9. Балданов М.М., Балданов Д.М. и др. Константа экранирования Слейтора-Зинера и радиусы одноатомных ионов // Известия вузов-Физика, 2006.-Т.49, №3.-С. 59-67.

10. Балданов М.М., Балданова Д.М. и др. К проблеме радиусов гидратированных ионов //Доклады АН ВШ РФ.-2006.- №2 (7).-С.32-38.

11. Балданов М.М., Танганов Б.Б. Дисперсионное уравнение Власова и радиусы сольватированных ионов в метаноле //Журнал общей химии.-2004-Т.64., №1.- С.32-34.

12. Равдель А., Пономарева А.М. Краткий справочник физико-химических величин. Издание 8-е- Л.: Химия, 1983 – 232с.

**Ключевые слова:** распространение вредных примесей в атмосфере, математическое моделирование распространения примесей, пограничный слой атмосферы, метеополя.

**АУА МАССАСЫНЫҢ ЖОҒАРЫ ШЕГІ БЕКІТІЛМЕГЕН АТМОСФЕРА  
МОДЕЛІН ПАЙДАЛАНЫП ҚОСПАЛАРДЫҢ ТАРАЛУЫНЫҢ  
ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ КАРТАСЫН ҚҰРУ**

*А. АЙДОСОВ<sup>1</sup>, Н.С. ЗАУРБЕКОВ<sup>1</sup>, Н.Д. ЗАУРБЕКОВА<sup>2</sup>, Ж.Т. АППАКОВ<sup>1</sup>, А.А. АППАКОВА<sup>1</sup>*

*(<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*

*(<sup>2</sup>Қазақ мемлекеттік қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан)*

*E-mail: agu\_nurgali@mail.ru*

*Зиянды қоспалардың атмосферада таралуын математикалық модельдеу кезінде метеорологиялық өрістерді қайта қалпына келтіру мүмкіндігі ерекше міндет атқарады. Біз ұсынып отырған гидродинамикалық модель метеорологиялық өрістердің тәуліктік тәртібін қалпына келтіруге және тиісінше зиянды қоспалардың таралуын есептеуге мүмкіндік береді. Атмосфераның жербеті – шектік қабатында қоспалардың таралуын гидродинамикалық модель арқылы есептеудің бірнеше нұсқаларының нәтижелерін талдап ұсындық. Барлық есептеу нұсқаларында қоспа бір компонентті және белсенді емес деп алынды. Есептеулер ерекше аномальды метеорологиялық жағдайларда жүргізілді.*

**Негізгі сөздер:** зиянды қоспалардың атмосферада таралуы, қоспалардың таралуын математикалық модельдеу, атмосфераның шектік қабаты, метеорологиялық өріс.

**BUILDING A GEO-ECOLOGICAL MAP OF POLLUTANT USING THE MODEL  
ATMOSPHERE WITH A LOOSE UPPER BOUNDARY OF THE AIR MASS**

*A. AIDOSSOV<sup>1</sup>, N.S. ZAURBEKOV<sup>1</sup>, N.D. ZAURBEKOVA<sup>2</sup>, Z.T. APPAKOV<sup>1</sup>, A.A. APPAKOVA<sup>1</sup>*

*(<sup>1</sup>Almaty technological University, Almaty, Kazakhstan)*

*(<sup>2</sup>Kazakh state women's pedagogical University, Almaty, Kazakhstan)*

*E-mail: agu\_nurgali@mail.ru*

*In mathematical modeling of transport and propagation of harmful impurities in the atmosphere plays an important role the possibility of reproduction of meteorological fields. The proposed hydrodynamic model allows us to reproduce the daily regime of meteorological fields and, accordingly, to calculate the distribution of concentrations of harmful impurities. Several variants of calculation based on the hydrodynamic model of dispersion of impurities in the surface - boundary layer of the atmosphere are considered. In all carried out variants of calculations it was assumed that the impurity is one-component and passive. Calculations were carried out for the most abnormal weather conditions.*

**Keywords:** distribution of harmful impurities in the atmosphere, mathematical modeling of impurity distribution, atmospheric boundary layer, meteorological fields.

**Введение**

В атмосфере часто наблюдаются инверсионные ситуации, когда более теплая воздушная масса находится выше холодной. Эти воздушные массы отделяются свободной поверхностью  $H(x, y, t)$ , которая является искомой величиной. При этом можно предположить, что высота пограничного слоя атмосферы совпадает с нижней границей инверсии.

В отличие от постановки задачи пограничного слоя, где обычно верхняя граница имеет фиксированную высоту, в этом случае функция  $H(x, y, t)$  является одной из искомым характеристик. Поэтому, использование такой модели требует преобразования системы уравнений гидротермодинамики таким образом, чтобы в ходе решения задачи, наряду с другими метеоэлементами, определить функцию  $H(x, y, t)$  и одновре-

менно учитывать структуру рельефа подстилающей поверхности.

Расчеты были проведены для наиболее аномальных метеоситуаций, т.е. когда в атмосфере преобладала конвекция, способствующая рассеиванию примесей, либо сильная инверсия при которых может происходить накопления вредных веществ превышающей предельно-допустимые концентрации (ПДК). Во всех проведенных вариантах расчетов предполагалось, что примесь является однокомпонентной и пассивной.

#### **Объекты и методы исследования**

Объектами исследования являются техногенные загрязнения и выбросы в атмосферный воздух, оказывающие отрицательное воздействие на окружающую природную среду нефтегазовых производств Казахстана.

Основным используемым методом исследования является метод математического моделирования метеорологических процессов и переноса примесей в атмосфере с дальнейшей проверкой качества моделирования путём сопоставления с фактическими данными. В работе использованы методика оценки и прогнозирования экологических последствий от загрязнения атмосферного воздуха, методы расчёта уровней загрязнения и распределения выбросов вредных веществ. Методы исследования включают теоретический анализ и компьютерный эксперимент.

Эффективная высота источников равнялась в среднем 50 м. При этом под высотой понимается сумма геометрической высотой трубы  $H$  и некоторой добавочной высоты. Последняя определяется подъемом облака примеси над срезом трубы, который обусловлен наличием первоначального количества движения в струе выходящих и трубы газов и их перегревом по отношению к атмосферному воздуху. Кроме того, расчеты приводились для двух компонентов выброса – двуокиси азота ( $NO_2$ ) и сернистого газа ( $SO_2$ ), при этом их скорость оседания определялась по формуле Стокса.

Фоновая метеоситуация выбрана, исходя из данных аэрологической станции и срочных наблюдений. Фоновая стратификация атмосферы определялась по среднесуточным градиентом температуры по вертикали до уровня 850 Мб.

Во всех вариантах начало счета соответствует 6<sup>00</sup> часам местного времени. Кроме того, для модели пограничного слоя атмосферы соответствуют следующие параметры:  $\Delta X = \Delta Y = 2000$  м,

$H^0(x,y) = 1500$  м,  $\Delta T = 1/18$ ,  $\lambda = 0,035$  м/(с\*град);  $l = 0,0001$  м<sup>-1</sup>,  $s = 0,003 \div 0,007$  град/м;  $Z_0 = 0,01 \div 0,615$  м,  $A = 0,14 \div 0,4$ ;  $L_w = 536$  кал/г,  $\lambda_s = 0,31 \div 0,94$  кал/(м\*с\*град),  $g = 9,8$  м<sup>2</sup>,  $a_3 = 0,49$ ;  $b_3 = -0,08$ ,  $\chi = 0,35$ ,  $\rho = 1300$  г/м<sup>3</sup>,  $p = 1013$  мб,  $C_p = 0,24$  кал/(г\*град);  $\mu_x = \mu_y = 3000$  м<sup>2</sup>/с,  $\nu_z = 10$  м<sup>2</sup>/с.

#### **Результаты и их обсуждение**

Теперь рассмотрим несколько вариантов выполненных расчетов, проведенных по гидродинамической модели рассеивания примесей в приземно-пограничном слое атмосферы в районе Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения. Для этого была выбрана область размером 48 м<sup>2</sup>, таким образом, чтобы примерно в середине расположились источники, и в последующем этот район был покрыт сеткой шагом 2000 м.

Таким образом, расчеты выполнялись на сетке 24\*24\*18. Во всех случаях режим работы источников предполагался стационарным, т.е.  $Q(t) = Q_0 = \text{const}$ . Шаг интегрирования по времени  $\Delta t = 10$  мин. Для разного варианта вычислений затрачивались разное количество времени.

Вариант 1. В этом случае рассматривается распределение концентрации двуокиси азота ( $NO_2$ ) при фоновом ветре (юго-западного направления)  $U_q = -2,8$ ;  $V_q = 0,74$  м/с для летного времени года, основные параметры атмосферы были такие:  $T_{B03} = 298$  К,  $P = 748$  мб,  $e = 13$  мб.

В силу отсутствия информации о точном ходе ветра, он предполагался не зависящим от времени.

На рис. 1 показаны изолинии распределения концентрации двуокиси азота в районе месторождения на уровне  $Z = 2$  м в момент времени  $t = 16^{00}$  ч. Отсюда видно, что наибольшие значения концентрации ограничиваются изолинией с номером 5, которой соответствует значение концентрации 0,075 мг/м<sup>2</sup>.

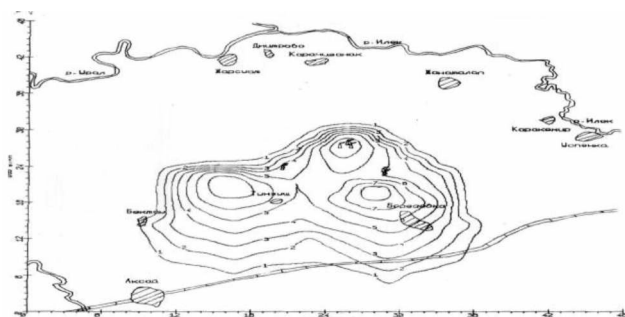


Рисунок 1 – Изолинии концентрации сернистого газа на уровне  $Z=2$  м в момент времени  $t=16$  ч 00 мин

Из результатов расчета следует, что максимум концентрации  $NO_2$  находится приблизительно вблизи источников, где ее значение достигает  $0,23 \text{ мг/м}^3$ . При таких метеоситуациях, в опасные зоны попадают районы с.Тунгуш и с.Березовка и частично охватывается с малой дозой, превышающий ПДК, с.Бестау.

Рис. 2 соответствует моменту времени, когда инверсия, образованная вследствие рационального выхолаживания, начинает постепенно подниматься и имеет приподнятый вид (запрещающая инверсия). В этом случае в приземном слое наблюдаются наибольшие значения концентрации примеси, которая по прежнему выпадает вблизи источников. А район, где ожидается превышения ПДК ограничивается изолинией с номером 4, которому соответствует значение кон-

центрации  $0,14 \text{ мг/м}^3$ . Отсюда можно сделать вывод, что при приподнятых инверсиях опасность загрязнения намного возрастает, а область превышения ПДК, сужается. Это можно объяснить ослаблением турбулентного перемещения в атмосфере.

Вариант 2. В данном случае рассматривается результат численного моделирования рассеяния сернистого газа в условиях зимы. Фоновые характеристики для модели заимствованы из результатов реальных наблюдений. В качестве фонового потока считать ветер на уровне 850 мб со значением  $U_q=5,1 \text{ м/с}$ ;  $V_q=3,1 \text{ м/с}$ . На рис. 3 показаны изолинии распределения концентрации сернистого газа ( $SO_2$ ) на уровне  $Z=2$  м в момент времени  $t=16^{00}$  ч.

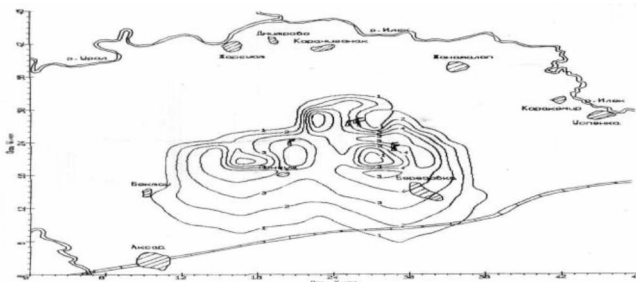


Рисунок 2 – Изолинии концентрации сернистого газа на уровне  $Z=2$  м в момент времени  $t=7$  час. 00 мин

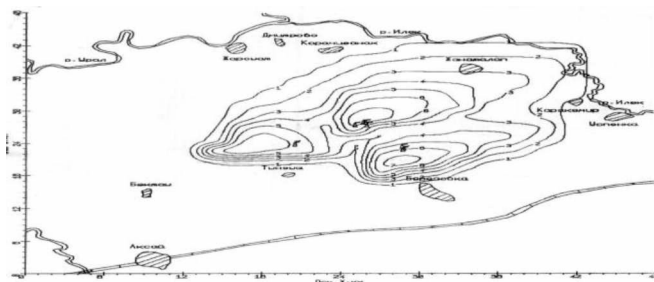


Рисунок 3 – Изолинии концентрации сернистого газа на уровне  $Z=2$  м в момент времени  $t=16$  час. 00 мин

Отсюда следует, что концентрация в основном локализована в окрестности источников. Но в этом случае почти не наблюдается зона, превышающая ПДК. Наибольшее значение, соответствующее изолинии с номером 7 является  $0,0071 \text{ мг/м}^3$ .

А теперь рассмотрим изолинии концентрации на уровне источника. В этом случае происходит накопление концентрации  $\text{NO}_2$  в плоскости  $z=50 \text{ м}$ , где наблюдаются зоны, в которых примесь превышает нескольких десятков ПДК. Этот случай является типичным для высотных источников, когда в приземном слое устанавливается устойчивая инверсия температуры, вследствие радиационного выхолаживания. В данном варианте по модели были рассчитаны следующие характеристики метеозаэлементов: температура почвы  $-27^\circ \text{C}$ , температура воздуха на уровнях  $z=2 \text{ м}$  и  $z=50 \text{ м}$  и соответственно  $-18^\circ \text{C}$  и  $-12^\circ \text{C}$ . Отсюда можно сделать вывод, что при сильных инверсионных ситуациях, в приземном слое атмосферы маловероятно образование зоны с повышенным содержанием концентрации  $\text{SO}_2$ . Зоны, где наблюдается превышения ПДК, ожидаются на уровне эффективной высоты источников.

Вариант 3. Теперь рассмотрим распределения для соединения двуокиси азота  $\text{NO}_2$ .

В этом варианте метеоситуация соответствовала зимнему времени года.  $T_{\text{воз}}=-25^\circ \text{C}$ ,  $m=2,0 \text{ м/с}$ ,  $p=757,2 \text{ мб}$ . Фоновый градиент температуры характеризуется следующим распределением: до  $100 \text{ м}$  стратификация сильно устойчивая, а выше слабоустойчивая. Отсюда видно, что газ в основном локализуется в окрестности трубы, и это распределение в течение дня почти не меняется. А в нижних слоях и около земли наблюдается концентрация его в количестве, не превышающая ПДК. Надо отметить, что на уровне трубы наблюдается концентрация, превышающая ПДК в 300-350 раз. На рис. 4 этому соответствуют изолинии 8, 7, 6.

Вариант 4. В данном случае рассмотрим распределение концентрации  $\text{SO}_2$  в случае приподнятой инверсии, соответствующей зимнему времени года (рис. 5). В этом случае нижняя граница инверсии немного выше, чем высота источника (уходящая инверсия). Естественно, что такое состояние атмосферы в реальных условиях существует только лишь в некоторых отрезках суток (например, ближе к полудню). На рис. 6а и 6б нанесены изолинии концентрации и вектора скорости на двух уровнях  $Z=50 \text{ м}$  и  $Z=2 \text{ м}$  для момента времени  $t=14.00$ .

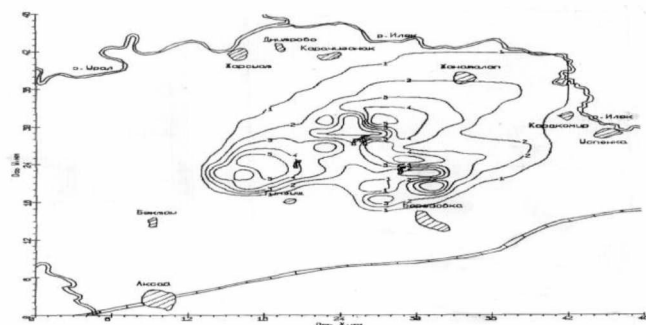


Рисунок 4 – Изолинии концентрации сернистого газа на уровне  $Z=50 \text{ м}$  в момент времени  $t=16 \text{ час. } 00 \text{ мин}$

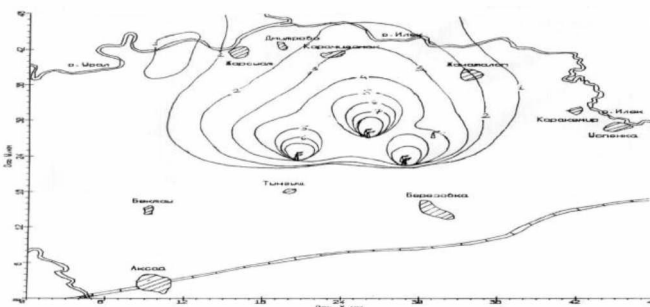


Рисунок 5 – Изолинии концентрации сернистого газа на уровне  $Z=2 \text{ м}$  в момент времени  $t=14 \text{ час. } 00 \text{ мин}$

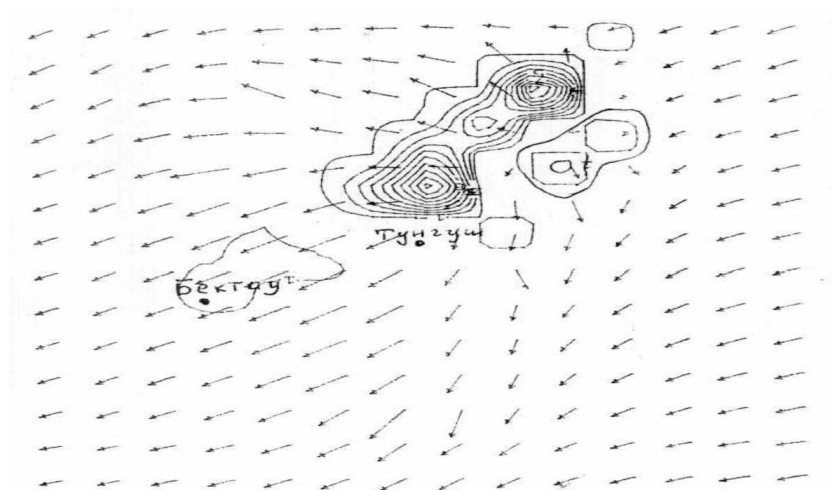


Рисунок 6а – Изолинии концентрации  $\text{NO}_2\text{b}$  поле вектора скорости на уровне  $Z=50$  м в момент времени  $t=14$  час. 00 мин

Видно, что, как и в варианте 2, происходит эффект “задымления” приземного слоя атмосферы. В этом случае выбросы имеют вид подинверсионный, т.е. распределение концентрации на обоих уровнях почти одинаково. Например, на уровне  $z=50$  м максимальное значение (изолиния 8) равно  $6,3 \text{ мг/м}^3$ , а на

уровне  $z=2$  м это значение равно  $2,8 \text{ мг/м}^3$ . А область с превышением ПДК ограничивается изолинией под номером 2. Таким образом, гидродинамическая модель позволяет воспроизводить суточный режим метеополей и соответственно с ним, рассчитать распределение концентраций вредных примесей.

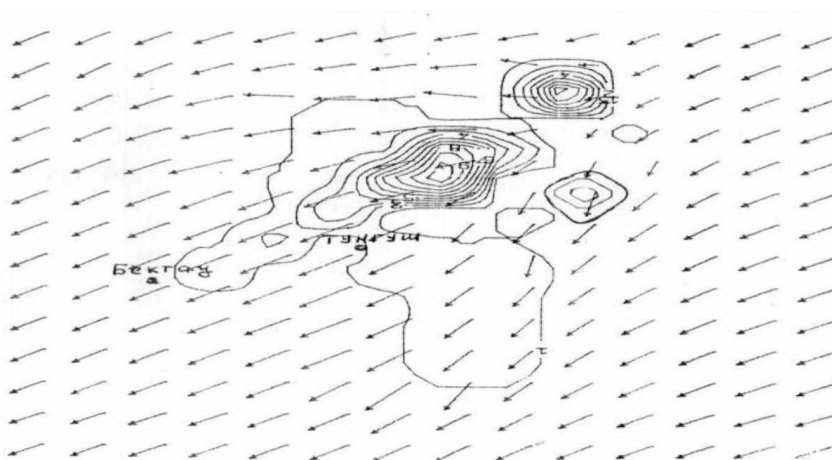


Рисунок 6б – Изолинии концентрации  $\text{NO}_2\text{b}$  поле вектора скорости на уровне  $Z=2$  м в момент времени  $t=14$  час. 00 мин.

### Заклучение

Предлагаемая нами гидродинамическая модель позволяет воспроизводить суточный режим метеополей и соответственно с ним, рассчитать распределение концентраций вредных примесей. Рассмотрено несколько вариантов расчета, проведенных по гидродинамической модели рассеивания примесей в приземно-пограничном слое атмосферы. Во всех проведенных вариантах

расчетов предполагалось, что примесь является однокомпонентной и пассивной. Расчеты были проведены для наиболее аномальных метеоситуаций.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Модели экологической обстановки окружающей среды при реальных атмосферных процессах. – А.: 2010. – 368 с.

2. Айдосов А.А., Заурбеков Н.С. Теоретические основы прогнозирования природных процессов и экологической обстановки окружающей среды. Книга 3. Теоретические основы прогнозирования атмосферных процессов, экологической обстановки окружающей среды и построение геоэкологической карты на примере КНГКМ. – А.: 2000. – 220 с.

3. Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Модельная оценка экологической обстановки компонентов природной среды с учетом атмосферных процессов. - М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2018. – 342 с.

4. Aidosov A., Zaurbekov N., Zaurbekova N., Aidosov G., Zaurbekova G., Zaurbekov I. Emission

spread from mass and energy exchange in the atmospheric surface layer: Two-dimensional simulation // Energy Sources Part A Recovery Utilization and Environmental Effects. - 2018 - Vol. 40, Issue 23. – P.P 2832-2841.

5. Заурбеков Н.С. Модели процессов приземного слоя атмосферы // Вестник МОН РК.- Алматы, 2000. – №6. - С. 41-45.

6. Айдосов А.А., Данаев Н.Т., Айдосова Г.А., Заурбеков Н.С. Математическое моделирование распространения промышленных выбросов в нижнем слое атмосферы // Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия математика, механика, информатика. – Алматы-Новосибирск, 2008. – № 3 (58) Часть 1. - С. 111-119.

ӘОЖ 504.064.36:574  
ГТАМР 64.35.01

## БЫЛҒАРЫ ЗАУЫТТАРЫНЫҢ АҒЫНДЫ СУЛАРЫН ХРОМ ИОНДАРЫНАН ТАЗАРТУ

*М.Қ. ҚҰРМАНАЛИЕВ<sup>1</sup>, А. САРСЕНБАЙҚЫЗЫ<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы)  
E-mail: mkk@mail.ru

*Бұл жұмыста жүргізілген тәжірибелер нәтижесінде былғары зауыттарының ағынды суларынан хром(III) ионын әртүрлі сорбенттермен бөлу мүмкіндіктері қарастырылған. Зерттелген сорбенттердің ішінде топинамбур негізінде алынған табиғи сорбент 1,52 ммоль/г алмасу сыйымдылығын көрсетті. Жаңа синтезделген Cybber КХ-100 катиониті де жоғары сорбциялық қасиет танытты, ал кең тараған КУ-2 катионитінің алмасу сыйымдылығы төмен нәтижеге ие болды.*

**Негізгі сөздер:** ион алмасу, хром ионы, топинамбур, сульфокатионит Cybber КХ-100, статикалық режим, зерттеу.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КОЖЕВЕННЫХ ЗАВОДОВ ОТ ИОНОВ ХРОМА

*М.К. КУРМАНАЛИЕВ<sup>1</sup>, А. САРСЕНБАЙҚЫЗЫ<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>Алматынський технологический университет, Казахстан, Алматы)  
E-mail: mkk@mail.ru

*В данной работе приведены результаты проведенных исследований по очистке сточных вод кожевенных заводов от ионов хрома (III) на различных сорбентах. Показано, что сорбент на основе топинамбура имеет сорбционную емкость 1,52 ммоль/г. Новый катионит Cybber КХ-100 та же имеет высокие сорбционные показатели, а известный катионит КУ-2 показал низкую обменную емкость.*

**Ключевые слова:** ионный обмен, ионы хрома, топинамбур, сульфокатионит Cybber КХ-100, статический режим, исследование.