

provye. The modern level of radiological loading on territory of this region has been estimated and the possible ways of the further ecological-safe development of uranium ore production in the region have been determined with poorly-acid and water lixiviation application in the first place.

УДК 662.418+413.4 (088.8)

В.И. Муравейник¹, канд. техн. наук, проф.,
И.А. Шайхлисламова², канд. техн. наук

Keywords: *production of uranium ores, lixiviation, ecological safety*

Рекомендовано до публікації докт. геол.-мін. наук К.Ф. Тяпкіним. Дата надходження рукопису 28.01.11

1 – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина,
2 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“ г. Днепропетровск, Украина, e-mail: shaix@ukr.net

ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РУДНИЧНОЙ АЭРОЛОГИИ

V.I. Muraveynik¹, Cand. Sci. (Tech.), Professor,
I.A. Shaykhlislamova², Cand. Sci. (Tech.)

1 – National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine,
2 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: shaix@ukr.net

GRAPH-ANALYTIC METHOD OF SOLUTION OF THERMODYNAMICS PROBLEMS OF MINE AEROLOGY

Предложен графо-аналитический метод определения термодинамических параметров и расчета процессов тепловлажностной обработки рудничного воздуха в шахтных кондиционерах при переменном барометрическом давлении. Метод основан на исключении тройных зависимостей отдельных переменных вводом дополнительных функций, имеющих функциональные связи только с двумя независимыми переменными, что дает возможность обеспечить наглядное графическое изображение всех основных термодинамических процессов влажного воздуха при переменном барометрическом давлении.

Ключевые слова: *термодинамические параметры, барометрическое давление, относительная влажность, температура, влагосодержание, энтальпия, термодинамические процессы рудничного воздуха*

Углубление шахт Донбасса до 1000 – 1700 м привело к необходимости искусственного охлаждения рудничного воздуха, поскольку температура горного массива достигла 50°C и более. В связи с этим возникла необходимость расчета тепло- и массообмена рудничного воздуха при движении его по горным выработкам, а также в воздухоохладителях и водоохладителях. Задача усложняется тем, что барометрическое давление воздуха изменяется по длине выработки, например в стволах перепад давления воздуха составляет 100 – 150 мм рт.ст. Применение для термодинамических расчетов известной *I-d* диаграммы в этом случае становится неприемлемым. Поэтому, в Национальном горном университете была поставлена и решена задача термодинамических расчетов рудничного воздуха и шахтных систем кондиционирования воздуха при переменном барометрическом давлении (рис. 1).

При разработке метода было использовано свойство влажного воздуха, заключающееся в том, что при сохранении постоянного значения отношения $\frac{\varphi}{B}$ (φ – относительная влажность, B – барометрическое давление) влагосодержание и энтальпия воздуха остаются постоянными для заданной температуры воздуха t , независимо от текущего значения переменных φ и B . Это позволило

заменить в известных выражениях две переменные φ и B одной переменной δ , равной отношению $\frac{\varphi}{B}$, а также, графически связать основную систему координат $t-d$ со вспомогательной системой $B-\varphi$. Влагосодержание в этом случае определяется выражением

$$d = 622 \frac{\delta P_H}{100 - \delta P_H}.$$

Таким образом, δ представляет собой характеристику влажного воздуха, однозначно определяющую его термодинамические параметры при заданной температуре.

Порядок построения номограммы следующий (рис. 2).

В произвольном масштабе строим прямоугольную систему линейных координат: парциальное давление водяных паров P (ось ординат) – влагосодержание d (ось абсцисс); числовой диапазон шкал определяем по значению P и d насыщенного воздуха в заданном интервале температур, для которого строится номограмма. Затем на оси ординат дополнительно строим шкалу температуры воздуха t' , для чего на шкале P откладываем от начала системы координат отрезки, соответствующие значению давления насыщения при конкретных температурах в заданном интервале. Линии постоянных температур t' (например линия $a-n'$) проходят параллельно оси абсцисс.

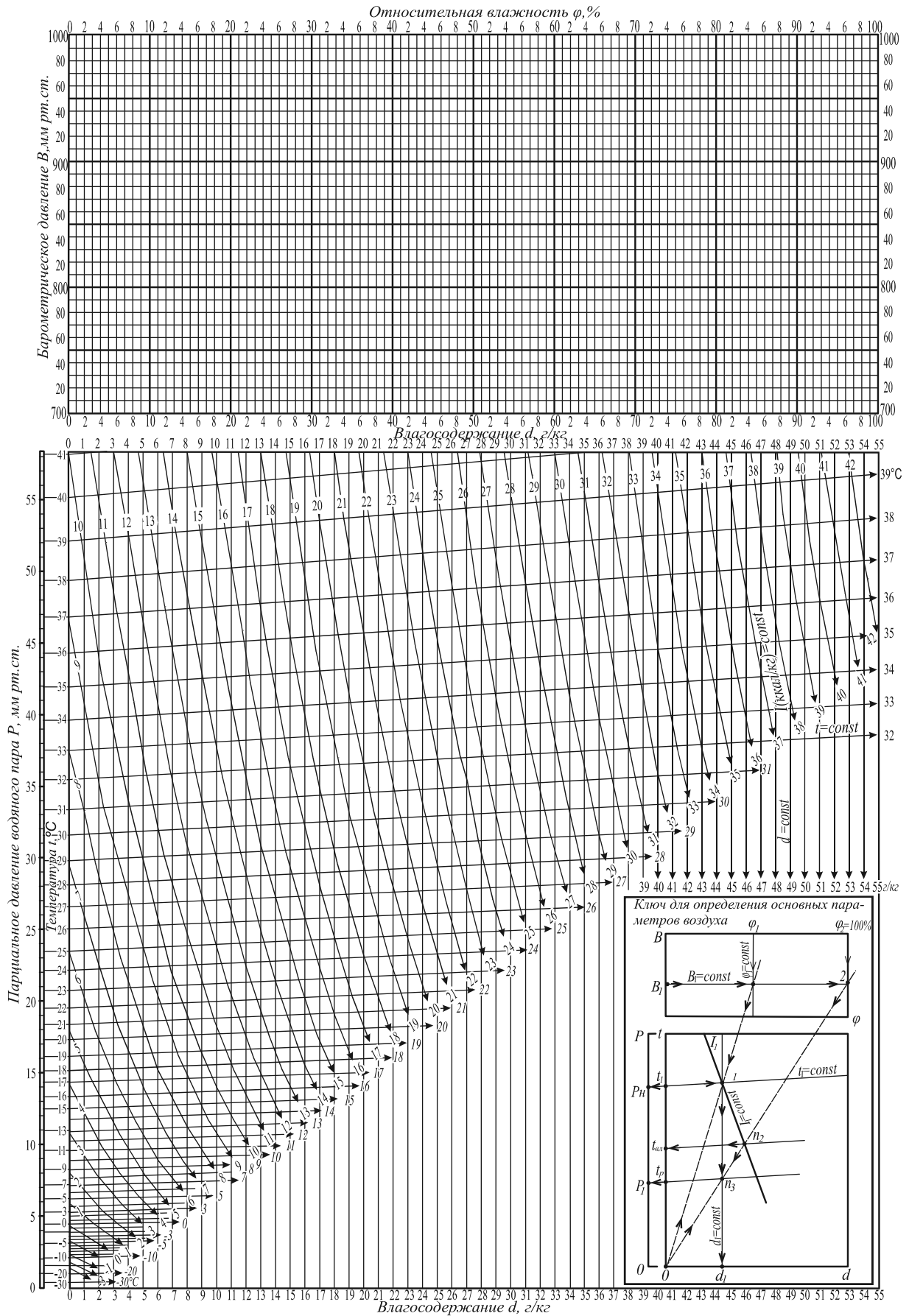


Рис. 1. t, d, B – номограмма влажного воздуха для барометрического давления 700 – 1000 мм рт. ст.

Таким образом, получаем систему прямоугольных координат $t' - d$ с логарифмической шкалой температуры воздуха t' и линейной шкалой влагосодержания d . Для удобства пользования номограммой, шкалу P выносим на некоторое расстояние от оси ординат. После этого в системе координат $t' - d$ проводим линии δ' , соответствующие постоянным значениям отношений φ/B . Линии $\delta' = \text{const}$, выходя из начала координат точки 0 , располагаются веером, причем линия, соответствующая нулевому значению отношения φ/B , совпадает с осью ординат и является прямой. С возрастанием отношения φ/B линии δ' приближаются к оси абсцисс, а их кривизна увеличивается.

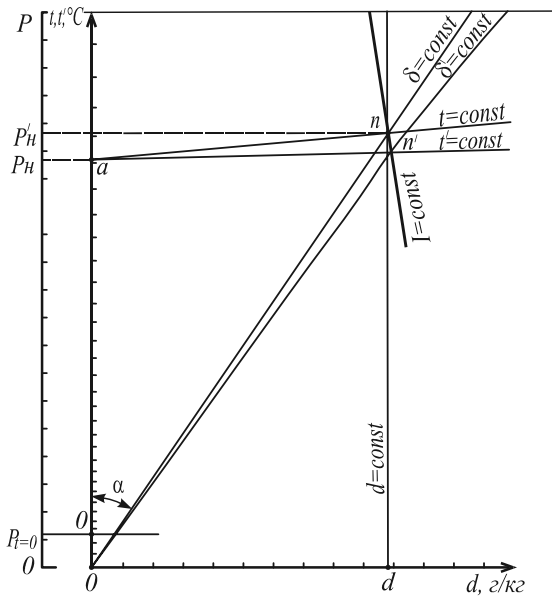


Рис. 2. Схема построения системы координат $t - \delta - d$

Следующая операция заключается в спрямлении (выравнивании) линий постоянных отношений φ/B . Для этого из начала координат проводим касательные к линиям δ' , в результате в системе прямоугольных координат $t' - d$ получаем веер прямых линий δ , исходящих из точки 0 . Однако, спрямление линий δ' требует введения поправки в исходную систему координат $t' - d$, т. е. взаимной привязки. Для этого корректируем положение линий постоянной температуры, в связи с чем они приобретают наклон в сторону оси ординат, возрастающий с увеличением температуры воздуха. Таким образом, получаем комплексную систему координат $t - \delta - d$, состоящую из косоугольной системы $t - d$ и полярной системы $\delta - \alpha$ (δ - полярный радиус, α - угол наклона полярного радиуса к оси ординат - азимут полярного радиуса).

$$\text{tg} \alpha = \frac{\varphi}{B}$$

Здесь φ , %; B , мм рт. ст.

Значение $\text{tg} \alpha$ присваиваем полярному радиусу δ . Например, если $\text{tg} \alpha = 0,1$, то считаем, что $\delta = 0,1$.

Затем в скорректированной системе координат $t - \delta - d$ проводим линии постоянного значения энтальпии I , пользуясь для этого общеизвестной формулой энтальпии влажного воздуха. В результате получаем сетку координат $t - \delta - I - d$.

Вспомогательную систему координат $B - \varphi$ строим следующим образом (рис. 3). На оси ординат системы координат $t - \delta - d$ строим шкалу барометрического давления B , а на оси абсцисс - шкалу относительной влажности воздуха φ . Для выбора масштаба указанных шкал в верхней части номограммы проводим произвольно линию, соответствующую линии постоянного барометрического давления 1000 мм рт.ст. Из точки 0 проводим полярные радиусы $\delta = 0 \div 0,2$ с интервалом $\Delta\delta = 0,01$. При этом линия постоянной относительной влажности $\varphi = 0\%$ совпадает с осью ординат и полярным радиусом $\delta = 0$. Через точку A , лежащую на пересечении линий $\delta = 0,1$ и $B = 1000$ мм рт.ст., пройдет параллельно оси ординат линия постоянной относительной влажности $\varphi = 100\%$. Через точку B , лежащую на пересечении линий $\delta = 0,09$ и $B = 1000$ мм рт.ст., пройдет, соответственно, линия $\varphi = 90\%$. Аналогично находим положение остальных линий $\varphi = \text{const}$.

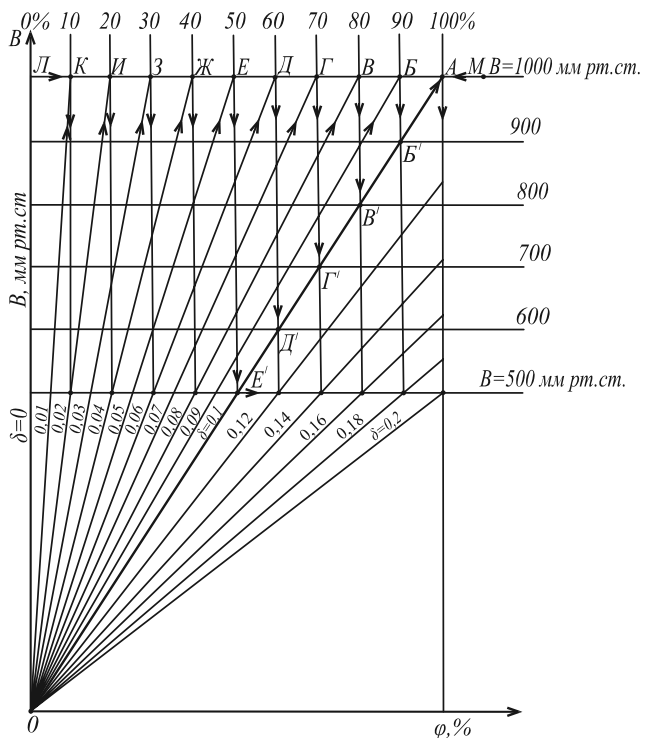


Рис. 3. Схема построения системы координат $B - \varphi$

Точка B' , лежащая на пересечении полярного радиуса $\delta = 0,1$ с линией постоянной относительной влажности $\varphi = 90\%$, указывает положение горизонтальной линии, соответствующей постоянному давлению

нию 900 мм рт.ст., так как $B = \frac{\varphi}{\delta} = \frac{90}{0,1} = 900$ мм рт.ст.

Аналогично этому, через точки B', G', D', E' пройдут линии $B = \text{const}$ соответственно для 800, 700, 600 и 500 мм рт. ст.

Вспомогательная система координат $B - \varphi$ позволяет провести линии постоянного отношения $\frac{\varphi}{B} = \delta$ для любого сочетания B и φ , поэтому на рабочей номограмме (рис. 1) линии δ отсутствуют. Рабочая номограмма имеет на оси ординат и параллельно ей три шкалы: температуры воздуха t в диапазоне $-30 \div +41$ °С, барометрического давления $B = 700 \div 1000$ мм рт.ст., парциального давления водяного пара $P = 0 \div 60$ мм рт.ст. На оси абсцисс и параллельно ей построено две шкалы: влагосодержания воздуха $d = 0 \div 55$ г/кг и относительной влажности $\varphi = 0 \div 100$ %. Значение энтальпии воздуха указано на кривых $I = \text{const}$, проведенных на поле основной системы координат $t - I - d$.

Свойства номограммы. Конкретное термодинамическое состояние воздуха характеризуется на номограмме двумя точками (ключ к номограмме на рис. 1): точкой l , лежащей на пересечении линий φ_1 и B_1 ; и точкой n_l – на пересечении линий t_l, d_l, I_l . Связь основной системы координат $t - I - d$ со вспомогательной $B - \varphi$ осуществляется с помощью полярного радиуса δ_l , положение которого определяется началом координат 0 и точками l и n_l . Эти точки на номограмме характеризуют одно и то же термодинамическое состояние воздуха в том случае, если они лежат на общем полярном радиусе. Иными словами, для того, чтобы найти обе точки, характеризующие данное состояние воздуха, необходимо с помощью линейки провести (можно условно) полярный радиус $0 - n_l - l$, что осуществимо, если известно положение точки l или n_l , т. е. задано конкретное значение величин B_l и φ_l или даны два параметра из трех – t_l, d_l, I_l .

Положение полярного радиуса на номограмме для конкретного случая можно также найти, если известны значения температуры и влагосодержания воздуха, т.е. отношение

$$\frac{P'_H}{d} = \omega, \tag{1}$$

где $P'_H = f(t, \delta)$.

Показатель ω , так же как и величины φ и B , позволяет находить конкретное положение полярного радиуса δ , причем

$$\begin{aligned} \delta\omega &= \text{const} = 0,161, \tag{2} \\ \text{т. е. } \frac{\varphi}{B} \cdot \frac{P'_H}{d} &= \text{const} = 0,161. \end{aligned}$$

Параметром P'_H обозначают эквивалентное давление насыщенных паров – такое парциальное давление водяных паров, которое обеспечивает неизменной исходную относительную влажность воздуха, если уве-

личить его барометрическое давление на величину исходного парциального давления водяного пара.

Параметр P'_H (рис. 2) определяется на номограмме графически по заданным значениям t и δ или d . Связь между ними характеризуется следующими выражениями

$$P'_H = P_H \left(1 + \frac{d}{622} \right);$$

$$P'_H = \frac{1}{\frac{1}{P_H} - 0,01\delta}.$$

Физическую сущность параметра P'_H в определенной степени можно установить из соотношения

$$\frac{P'_H}{B} = \frac{P_H}{P_B},$$

где P_B – парциальное давление сухого воздуха.

С учетом выражений (1) и (2), влагосодержание воздуха может быть представлено как функция параметра P'_H

$$d = 6,22\delta P'_H;$$

$$d = 622 \left(\frac{P'_H}{P_H} - 1 \right).$$

Таким образом, предложенный метод позволяет определять термодинамические параметры рудничного воздуха и рассчитывать процессы в шахтных кондиционерах при переменном барометрическом давлении. Данный метод может найти широкое применение в системах вентиляции и кондиционирования метрополитенов, подземных сооружениях специального назначения, высотных зданий и др.

Список литературы / References

1. Щербань А.Н. Свойства влажного воздуха при давлении 500 – 1000 мм рт.ст. Таблицы и диаграммы. Издание второе. / Щербань А.Н., Кремнев О.А., Титова Н.М. – Москва: Госгортехиздат, 1963.– 132 с.
 Shchepban A.N. Behavior of moist air under pressure 500–1000 mm Hg. Tables and charts. Second edition. / Shchepban A.N., Kremnev O.A., Titova N.M. – Moskva: Gosgortekhizdat, 1963. – 132 p.

Запропоновано графо-аналітичний метод визначення термодинамічних параметрів і розрахунку процесів тепловологісної обробки рудничного повітря в шахтних кондиціонерах при змінному барометричному тиску. Метод заснований на виключенні потрійних залежностей окремих змінних введенням додаткових функцій, що мають функціональні зв'язки тільки з двома незалежними змінними, що дає можливість забезпечити наочне графічне зображення всіх основних термодинамічних процесів вологого повітря при змінному барометричному тиску.

Ключові слова: *термодинамічні параметри, барометричний тиск, відносна вологість, температура, вологовміст, ентальпія, термодинамічні процеси рудникового повітря*

It is offered a graph-analytic method of determination of thermodynamic parameters and calculation of processes of hygrothermal treatment of mine air in mine conditioners under variable barometric pressure. The method is based on the exception of triple dependences of separate variables by means of input of additional functions having perfect rela-

tionships only with two independent variables. This enables to provide a visual graphic image of all basic thermodynamic processes in moist air under variable barometric pressure.

Keywords: *thermodynamic parameters, barometric pressure, relative humidity, temperature, moisture content, enthalpy, thermodynamic processes in mine air*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голіньком. Дата надходження рукопису 26.01.11

УДК 622.273:622.349.5.001.5

**В.П. Стус¹, д-р. мед. наук, доц.,
В.І. Ляшенко², канд. техн. наук,
старший наук. співробітник**

1 – Дніпропетровська державна медична академія, м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: viktor.stus@gmail.com
2 – Державне підприємство Український науково-дослідний та проектно-розвідувальний інститут промислової технології, м. Жовті Води, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ В ПРОМИСЛОВОМУ РЕГІОНІ

**V.P. Stus¹, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor,
V.I. Liashenko², Cand. Sci. (Tech.),
Senior Research Fellow**

1 – Dnipropetrovsk State Medical Academy, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: viktor.stus@gmail.com
2 – State Enterprise “Ukrainian R & D Institute for Industrial Technology”, Zhovti Vody

IMPROVEMENT OF THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF THE POPULATION IN AN INDUSTRIAL REGION

Наведено основні наукові та практичні результати щодо підвищення екологічної безпеки населення в промисловому регіоні. Дано санітарно-гігієнічну оцінку вмісту важких металів (ВМ) та радіонуклідів у навколишньому середовищі (грунті, воді та харчових продуктах) промислових регіонів. Вивчено особливості накопичення та розподілу ВМ і природних радіонуклідів у біосубстратах та тканинах сечостатевої системи жителів промислових регіонів, а також їхній вплив на морфологічні зміни в нирках. Впроваджена пектинопрофілактика для прискорення елімінації ВМ, радіонуклідів та інших контамінантів з організму людини.

Ключові слова: *важкі метали, радіонукліди, радіаційні фактори, промислові міста, сечостатева система, пектинопрофілактика*

Автори зазначеної статті впродовж 15 років спільно опрацьовували проблеми щодо підвищення екологічної безпеки та життєдіяльності населення в промисловому регіоні в межах „Державної програми заходів щодо радіаційного і соціального захисту населення м. Жовті Води Дніпропетровської області”, розрахованої на період 1996–2005 років (постанови Кабінету Міністрів України від 20 березня 1995 р. № 184; від 8 червня 1995 року № 400; від 21 січня 1997р. № 39 та розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 травня 1996р. № 330-Р), „Державної програми приведення небезпечних об’єктів виробничого об’єднання „Придніпровський хімічний завод“ в екологічно безпечний стан і забезпечення захисту населення від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на 2005–2014 роки“ (постанова Кабінету Міністрів України від 26 листопада 2003р. № 1846), які найбільш повно висвітлені в наукових роботах [1–16].

Актуальність проблеми. У галузі профілактичної медицини особливо гостро стоїть проблема сумісної дії факторів радіаційної і хімічної природи, оскільки в реальних умовах не тільки сучасної промисловості, але й населених територій розповсюджено поєднаний вплив цих факторів на організм людини. У свою чергу серед хімічних забруднюючих речовин провідне місце посідають важкі метали (ВМ) та їх сполуки, які за прогнозами та оцінками ряду дослідників у майбутньому можуть стати більш небезпечними, ніж відходи атомних електростанцій. Для України особливе значення мають медико-гігієнічні наслідки Чорнобильської катастрофи, коли значна кількість населення зазнала поєднаної дії радіації та ВМ, а захворюваність на хвороби сечостатевої системи постійно зростає. Збільшений радіаційний фон техногенного походження в багатьох промислових містах України, на думку фахівців, зумовлює ризик зростання імунодефіцитних станів, патології репродукції та онкологічної захворюваності населення. Однак, незважаючи на велике значення й актуальність, біологічні ефекти та механізми впливу поєднаної дії ВМ і радіо-