

глинистої фракції. Порівняно з іншими зразками найчутливішими до стискання і температурних змін при цьому є глини монтморилонітового складу, у той час як глинисті ґрунти з каолінітовою та хлоритовою складовими мають менші значення коефіцієнтів стисливості. У загальному випадку величина відносної деформації повзучості збільшується зі збільшенням температури. Однак зі зменшенням вологості водонасичених глинистих ґрунтів швидкість приросту відносної деформації повзучості за рахунок температурного впливу зменшується. Коли вологість стає меншою від нижньої границі

пластичності, температура зразків практично не впливає на повзучість глинистих ґрунтів. Подальші експерименти у вказаному напрямку вимагають вдосконалення методики, планування експериментів і розробки нетрадиційних видів лабораторного устаткування.

1. Злочевская Р.И., Королев В.А. Электроповерхностные явления в глинистых породах. — М., 1988. 2. Королев В.А., Злочевская Р.И., Смирнов О.Е. Изменение свойств глинистых грунтов при техногенных воздействиях // Геоэкология. — 2001. — № 6. 3. Поверхностные пленки воды в дисперсных структурах / Под ред. Е.Д. Щукина. — М., 1988.

Надійшла до редколегії 10.09.06

УДК 555.491.5(571.121)

Д. Чомко, канд. геол. наук, Ф. Чомко, доц.

ВИКОРИСТАННЯ ФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

Запропоновано новий спосіб визначення залежності формування хімічного складу підземних вод від різних природних (атмосферні опади, річки та ін.) і техногенних (будівництво, смітники тощо) факторів. Спосіб базується на використанні факторного аналізу. Застосування цього методу дозволяє не лише викривати джерела забруднення підземних вод, а й прогнозувати його розповсюдження. Метод випробувано за даними водозабору м. Новий Уренгой.

The proposed new method is the determination of the dependence on the chemical composition's formation of the underground water from the different natural factors (atmospheric precipitation, rivers and others) and the technogen ones (building, rubbish-heaps and so on). The method is based on the employment of the factor analysis. The employment of that method makes it possible to determine the sources of the underground water pollution. It is tested by the water intake in Novyi Urengoi.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Для прогнозу техногенного забруднення водозабору на сьогодні використовуються різні аналітичні методи, методи побудови міграційних схем, а також математичне моделювання. У гідрогеології найбільш вживаним виявився ймовірно-статистичний підхід та відповідні йому моделі, що спираються на широке використання методів багатовимірного статистичного аналізу. Цей метод є основою для формування признакового простору, обґрунтовування самої моделі та критичного аналізу результатів, що ми отримуємо.

Хімічний склад підземних вод є кінцевим продуктом дії не одного, а цілої сукупності природних і техногенних процесів (умов живлення й розвантаження, іонного обміну, антропогенного забруднення і т. д.). Вплив цих процесів на підземні води позначається на взаємопов'язаній зміні вмісту компонентів і на характері зв'язків між ними. Проте ці зв'язки в досліджуваних компонентах підземних вод у "чистому вигляді" не зберігаються. Кореляційна залежність між досліджуваними значеннями змінних фактично є кінцевим результатом дії всієї сукупності процесів. Тому, щоб встановити, які процеси дійсно є визначаючими в забрудненні підземних вод, ми і застосували методи багатовимірного статистичного аналізу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор. Статистичні методи є одними з найефективніших засобів виявлення закономірностей, прихованих у масивах даних, оскільки в гідрогеології, як правило, відсутня можливість безпосереднього нагляду і вимірювання процесів-чинників. Про них можна судити лише по кінцевих результатах прояву процесів, що відображаються у значеннях різних характеристик [6].

Важливе місце серед методів багатовимірного аналізу займають факторний і компонентний аналізи. Вони є вельми ефективним засобом стискування інформації шляхом переходу від початкових даних до нових змінних — факторів (компонентів). Вивчення структури факторів дозволяє перевірити існуючі та висунути нові гіпотези про причини, що породжують взаємозв'язки між досліджуваними змінними, і тим самим дати причинно-наслідкову інтерпретацію отриманих результатів [2].

Метод головних компонент використовується як самостійний, так і у вигляді елементу у всіх сучасних схемах аналізу фактора. Фундаментальна відмінність між компонентним і факторним аналізами полягає у способі знаходження факторів і припущеннях, що стосуються природи залишків. У компонентному аналізі фактори визначаються відповідно до критерію максимізації їх внеску в сумарну дисперсію всіх змінних. У компонентному аналізі фактори визначаються за принципом максимізації зв'язків між змінними. Можна сказати, що компонентний аналіз полягає в дослідженні дисперсій, а власне факторний аналіз — у вивченні кореляцій між змінними. У компонентному аналізі передбачається, що залишкові члени її малі, а в факторному аналізі цього припущення не робиться. Отже, у компонентному аналізі вважається, що основна частина дисперсії змінної важлива для дослідження і пов'язана з іншими спостережуваними змінними. У факторному аналізі навпаки, припускають, що початковим даним властива значна частка "специфічності" і використовують тільки ту складову змінної, яка корелюється з іншими змінними. В обох методах вважається, що залишки не корелюють з факторами. Проте в компонентному аналізі ніяких припущень про кореляцію між залишками не робиться, тоді як у факторному аналізі ґрунтуються на тому, що вони не корелюють між собою.

Факторний аналіз дозволяє отримати мінімальну кількість нових змінних, які є лінійними комбінаціями початкових, причому ці нові змінні містять ту саму кількість інформації.

Методи аналізу фактора поділяються на два великі класи: R-модифікація та Q-модифікація. Перший пов'язаний з дослідженням співвідношень між змінними і заснований на виділенні власних значень і власних векторів з коваріаційної або кореляційної матриць, другий — із вивченням співвідношень між об'єктами і часто використовується для дослідження їх внутрішньої структури для уявлення в багатовимірному просторі.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується дана стаття. Аналіз починається з обчислення кореляції між даним числом N заміряних змінних. Матриця коефіцієнтів кореляції обробляється за методом головних компонент (R-

модифікація) факторного аналізу. У результаті цього виходить деяке число значущих факторів, якими можна "пояснити" всю мінливість вибірки в термінах нових змінних або факторів. Факторні навантаження виражають "склад" факторів через початкові змінні. Оскільки ці фактори важко інтерпретувати, то для посилення ролі змінних, що істотно впливають на фактор, і зменшення ролі змінних із незначним внеском прийнято використовувати обертання отриманих на першому етапі осей (використовується метод варімакс).

Кожне з чисел, розташованих у фіксованому стовпці матриці навантажень факторів означає внесок певної змінної до складу даного фактора. Тобто фактично можна вважати, що кожний стовпець є рівнянням фактора, де навантаження є коефіцієнтами при відповідних початкових змінних.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). За допомогою пакету програм факторного аналізу було оброблено дані хімічного складу підземних вод водозабору м. Новий Уренгой.

Водозабір м. Новий Уренгой розташований у долині річок Седе-Яха та Томчару-Яха і експлуатує Некрасовський міжмерзлотний водоносний горизонт палеогену.

За хімічним складом підземні води цього водоносного горизонту гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, ультрапрісні з мінералізацією 0,024–0,08 г/дм³. Живлення горизонту відбувається внаслідок інфільтрації атмосферних опадів на ділянках, де відсутні багаторічномерзлі породи, а також за рахунок вод підруслових і підозерних таліків, які мають гідравлічний зв'язок з поверхневими водами річок та озер [1].

Максимальна продуктивність водозабору становить 95–100 тис м³/доб. Водозабірні свердловини розташовані у вигляді п'яти паралельних променів. На кожному промені експлуатується від 12 до 18 свердловин. Відстань між променями 0,5 км, а між свердловинами – 0,25 км.

На території водозабору діє профілакторій, що використовує мінералізовані води (75 г/дм³) нижнього гідрогеологічного поверху для лікування, скидаючи відпрацьовані води в р. Седе-Яха. У центрі водозабору міститься кар'єр з видобутку піску, який перетворений на звалище [5].

За час експлуатації водозабору (з 1980) відбулася зміна хімічного складу підземних вод, де виявлено підвищені концентрації (вище ГДК) бромі, цинку, кадмію, мш'яку, свинцю, розчинених нафтопродуктів і фенолів.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Початкова матриця даних містить інформацію про

хімічний склад підземних вод по 23 свердловинах. Для кожної свердловини було визначено значення 18 наступних змінних: K, Na, Ca, Mg, HCO₃, Cl, SO₄, F, Fe, Cu, Br, Cd, Cr, Zn, t (°C), феноли, нафтопродукти, формальдегід. Ці основні компоненти описують стан підземних вод. Аналіз їх сукупності, характеру зв'язків має встановити природу процесів, що визначають забруднення підземних вод, і скласти прогноз забруднення [8].

Для оцінки сили зв'язку між окремими показниками хімічного складу води з урахуванням впливу решти змінних нами проведений кореляційний аналіз. Найбільш повна інформація була отримана за допомогою методу головних компонент, або R-модифікації аналізу фактора, результати якого наведено в табл. 1. Аналізуючи дані цієї таблиці, можна встановити таке:

1. Існує ряд чинників, на частку яких припадає 100 % сумарної дії на показники хімічного складу підземних вод, що вивчаються. Істотний внесок при цьому вносять п'ять чинників, вага яких більше 10 % після обертання матриці. Вони відображають внесок кожного з чинників у сумарну дисперсію досліджуваної вибірки.

2. Перший фактор (вага 20,640 %) містить мідь (сила зв'язку 0,842). Силу зв'язку більше 0,2 мають Fe (0,221), Cr (-0,291), формальдегід (0,208), t (°C) (0,272), F (0,234), Na (0,243), K (-0,204) і Cd (0,216). Решта елементів по силі зв'язку якогось помітного внеску в цей фактор не вносять. Характерним елементом першого фактора є мідь.

3. У другий фактор (вага 19,418 %) входить бром (сила зв'язку 0,921) і залізо (-0,767). Силу зв'язку більше 0,2 мають Cl (0,238), Na (0,387) і Cd (-0,318). Решта елементів істотної ролі у другому факторі не грає. Основними елементами цього фактора є бром і залізо.

4. До третього фактора (вага 12,224 %) належать феноли (-0,886) і нафтопродукти (-0,841). Сила зв'язку в них негативна. Сила зв'язку Fe (-0,448), Cu (-0,256), SO₄ (0,208), Na (-0,246) і Cd (0,200) більше 0,2. Основними елементами, що характеризують третій фактор, є феноли та нафтопродукти.

5. До четвертого фактора (вага 12,182 %) входить цинк з позитивною силою зв'язку (0,599). Сила зв'язку K (0,397) і F (-0,201) більше 0,2. Характерний елемент четвертого фактора – цинк.

6. П'ятий фактор (вага 11,515 %) включає SO₄ (-0,803) і Cr (-0,650) з негативною силою зв'язку. Сила зв'язку Na (0,448), K (0,288) і Zn (-0,455) більше 0,2. Решта елементів помітного внеску в цей фактор не вносять. Характерними елементами цього фактора є SO₄ і Cr.

Таблиця 1. Факторні навантаження після обертання (R-модифікація)

Елементи	Фактори								
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
Fe	0,221	-0,767	-0,448	0,017	0,017	-0,078	-0,250	0,091	-0,092
Cu	0,842	-0,177	-0,256	0,014	-0,118	0,015	-0,209	-0,001	-0,107
Cl	-0,124	0,238	-0,045	0,167	0,099	-0,204	0,112	0,716	-0,076
SO ₄	0,111	-0,024	0,208	0,066	-0,803	-0,023	0,169	-0,118	-0,086
Cr	-0,291	-0,271	0,004	-0,154	-0,650	0,242	-0,209	0,223	-0,095
Феноли	-0,187	0,130	-0,886	0,028	0,096	0,007	0,101	0,103	0,118
Формальд.	0,208	0,063	-0,010	-0,031	0,037	-0,002	-0,854	-0,099	0,059
Нафтопрод.	0,194	-0,113	-0,841	-0,040	0,056	0,054	-0,153	-0,170	-0,071
t°C	0,272	0,079	-0,079	-0,016	-0,003	0,769	0,061	-0,178	-0,020
F	0,234	-0,028	0,111	-0,201	0,112	-0,152	-0,350	-0,093	0,618
Na	0,243	0,387	-0,246	-0,109	0,448	-0,346	-0,166	-0,291	-0,264
K	-0,204	0,042	-0,028	0,397	0,286	0,248	-0,301	-0,276	-0,467
Br	0,108	0,921	-0,102	0,005	0,025	-0,026	-0,156	0,108	-0,002
Cd	0,216	-0,318	0,209	0,080	-0,163	-0,193	-0,070	0,071	-0,691
Zn	-0,99	-0,001	-0,053	0,599	-0,455	-0,170	-0,004	-0,010	-0,182
Кільк. свердл.	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Вага факторів, %	20,640	19,41	12,22	12,18	11,52	9,461	6,857	4,677	3,025

Для аналізу розповсюдження забруднюючих елементів на території водозабору визначалися навантажен-

ня кожного фактора по всіх свердловинах за допомогою

Q-модифікації аналізу фактора, результати якого наведено в табл. 2.
Таблиця 2. Навантаження факторів після обертання (Q-модифікація)

Номер свердлов.	Фактори				
	F1	F2	F3	F4	F5
1/2	0,392	-0,157	-0,114	-0,644	0,584
1/4	0,278	-0,067	-0,215	-0,629	0,632
1/7	0,433	-0,079	-0,149	-0,622	0,594
1/11	0,335	0,016	-0,932	-0,020	0,090
1/12	0,218	-0,913	-0,260	-0,038	0,215
1/13	0,433	0,030	-0,792	-0,196	0,370
2/4	0,482	-0,106	-0,645	-0,353	0,451
2/7	0,142	-0,143	-0,483	-0,173	0,784
9a	0,141	-0,969	0,006	-0,046	0,170
3/1	-0,100	0,075	-0,252	-0,923	0,156
3/5	0,133	-0,974	0,063	-0,156	-0,023
3/8	0,045	-0,966	-0,017	-0,237	0,063
3/10	0,385	-0,338	-0,014	-0,838	0,157
3/13	0,014	-0,991	0,003	-0,111	0,043
3/18	0,077	-0,289	-0,474	-0,809	0,109
4/2	0,262	-0,076	-0,713	-0,562	-0,083
4/9	0,059	-0,320	-0,147	-0,924	0,128
4/16	0,850	0,030	0,311	-0,328	-0,157
5/1	0,168	-0,353	-0,165	-0,777	0,432
5/4	0,851	0,038	0,268	-0,396	-0,084
5/8	-0,183	-0,210	0,032	-0,243	0,659
5/11	0,052	-0,984	-0,011	-0,162	0,051
5/15	0,163	-0,134	-0,140	-0,891	0,247
Вара факторів, %	52,691	22,120	11,350	7,974	5,865

По розподілу цих факторів на території водозабору можна зробити такі висновки:

1. Перший фактор має негативне навантаження і локально виділяється в центрі водозабору; мінімальні значення зафіксовані в районі свердловин 3/12 і між свердловинами 3/8 і 4/5.

2. Значення другого фактора зменшуються від р. Седе-Яха до центру водозабору і локально виявляються в районі свердловин 4/16, 2/4, 5/3. Цей фактор має позитивне навантаження.

3. Третій фактор також характеризується негативними значеннями. Збільшення фактора йде з північного заходу до центру водозабору, максимальні значення зафіксовано в районі свердловин 4/2.

4. Четвертий фактор має також негативні значення. Збільшення фактора відбувається з південного заходу та північного сходу до центру водозабору. Максимальні значення виявлено в районі свердловин 4/9 і 3/10.

5. П'ятий фактор має позитивні навантаження і зменшується з півночі до центру водозабору, мінімальні значення зафіксовано в районі свердловин 3/10.

Із наведеного вище аналізу можна зробити висновок, що при виявленні будь-якого забруднення в одній зі свердловин за картою розподілу факторних навантажень можна буде дати прогноз можливого забруднення інших свердловин водозабору.

1. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской газоносной провинции / Отв. ред. С.Е. Гречищева. — Новосибирск, 1985.
2. Искенрог К.Г., Клован Д.И., Реймент Р.А. Геологический факторный анализ. — Л., 1980.
3. Влияние промышленных предприятий на режим и качество подземных вод / Решетов И.К., Чомко Ф.В., Сухов В.В. и др. — К., 1993. — Деп. в УкрНИИТИ 15.03.93, № 511.
4. Чесалов С.М., Шмагин Б.А. Статистические методы решения гидрогеологических задач на ЭВМ. — М., 1989.
5. Макаров В.Н. Геохимическая оценка техногенного загрязнения урбанизированной территории в криогенной области // Использование геохимических методов при изучении загрязнения окружающей среды: Сб. науч. трудов. — М., 1984.
6. Пилипенко И.М. Оценка естественной защищенности подземных вод по гидрохимическим критериям // Вісн. Харк. ун-ту. Геологія — географія — екологія. — 1998. — № 402.
7. Чомко Ф.В. О возможности применения факторного анализа для выявления закономерностей карстообразования в меломергельных породах Харьковской области // Вестн. Харьк. ун-та Геология и народное хоз-во. — 1994. — № 380.
8. Чомко Д.Ф., Решетов И.К., Чомко Ф.В., Чомко Р.Ф. Многомерный статистический анализ при исследовании техногенного загрязнения подземных вод // Геол. журн. — 2002. — № 1.

Надійшла до редколегії 11.09.06

УДК 624.131.4

М. Костюченко, канд. геол.-мінералог. наук

ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА МАЙДАНЧИКАХ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЦИВІЛЬНИХ СПОРУД

Проаналізовано проблеми, будівельні норми та особливості інженерно-геологічних вишукувань для реконструкції будівель і споруд. Розглянуто фактори, що впливають на стан ґрунтової основи й експлуатаційну надійність будівель. Рекомендовано вдосконалити нормативи, проводячи додаткові дослідження та використовуючи світовий досвід, оскільки ці проблеми мають практичний, науковий і психологічний аспекти.

The problems of building specifications and features of engineering geological surveying researches for the reconstruction of buildings and properties are analyzed. The factors influencing a status of an earth basis and operational reliability of buildings are considered. It is recommended to improve the ongoing specifications by additional studying and using of international experience, because these problems of important practical, scientific and psychological aspects.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Проблеми, пов'язані з реконструкцією

будівель і споруд в Україні протягом останнього десятиріччя набувають значної актуальності. Змінюється співвідношення об'ємів капітального будівництва та