

УДК 556. 3. 002 (519.2)

О. Остроух, асп.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

**НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОПРАЦЮВАННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ
З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
(НА ПРИКЛАДІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПІДЗЕМНИХ ВОД
ПІВДЕННО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. О.Є. Кошляковим)

Викладено результати розробки та апробації технологічної схеми опрацювання даних хімічного складу підземних вод алювіальних відкладів південно-західної частини Закарпатської області на базі сучасного геоінформаційного забезпечення з метою аналізу їх просторово-часових змін.

Постановка проблеми. Для забезпечення потреб водопостачання населення, промислових та сільсько-господарських об'єктів південно-західної частини Закарпатської області, де зосереджені найбільші населені пункти (Ужгород, Мукачеве, Берегове, Чоп, Виноградів) широко використовуються підземні води водоносного горизонту алювіальних відкладів минайської світи (al P_{II}, III mп). Вивчення просторово-часової мінливості показників хімічного складу питних підземних вод є актуальним завданням фахівців-гідрогеологів, адже виявлення необхідної характеристики змін якості води на великих водозаборах може вплинути на вирішення питань у сфері питної води та питного водопостачання (технології обробки питної води тощо).

Сьогодні ГІС-технології внесли принципово нові зміни в технологічні схеми обробки гідрогеологічної інформації, чим значно прискорили і оптимізували цей процес. Завдяки сучасним геоінформаційним системам ми маємо змогу моделювати гідрогеологічні процеси і явища, які швидко змінюються в просторі і часі, при цьому здійснюючи автоматизований аналіз просторової мінливості досліджуваного показника.

Стан вивчення проблеми. Моніторингові спостереження за станом підземних вод у межах території

дослідження проводяться починаючи з 1965 р Закарпатською геологорозвідувальною експедицією. Хімічний склад підземних вод водоносного горизонту алювіальних відкладів минайської світи досліджується акредитованою лабораторією Закарпатської геологорозвідувальної експедиції, де у відібраних пробах визначається вміст основних макро- та мікрокомпонентів, загальної мінералізації та твердості, азотистих сполук (нітрати, нітроти, амоній), заліза, марганцю. На площі розвитку алювію минайської світи виділяються ділянки, де поширені підземні води з підвищеними вмістом хлору, мінералізацією та твердістю води. В ряді випадків аномалії пов'язують з природними причинами (с. Батьово, м. Берегове) та з промисловим забрудненням (ряд водозаборів м. Мукачеве) [1].

У наявних режимно-довідникових публікаціях (звітах з вивчення режиму підземних вод, контролем за їх станом на території Закарпатської області) [3], оцінка забруднення підземних вод подається за даними за поточний рік порівняно з показниками за декілька попередніх років. Оцінки тенденцій багатолітніх (30-40 pp) змін хімічного складу підземних вод у межах південно-західної частини Закарпатської області в доступній літературі не виявлено.

Метою дослідження є розробка та апробація технологічної схеми опрацювання вхідних гідрогеологічних даних на базі сучасного геоінформаційного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Апробація методики обробки даних моніторингових досліджень на базі ГІС-технологій виконана для одного з головних елементів режиму підземних вод – хімічного складу, показники якого постійно змінюються в просторі та часі та мають, безсумнівно, важливе значення для здоров'я населення.

Блок-схема алгоритму обробки вхідних даних, що базувалася на програмному забезпеченні ArcGIS Desktop, схематично зображена на рис. 1.

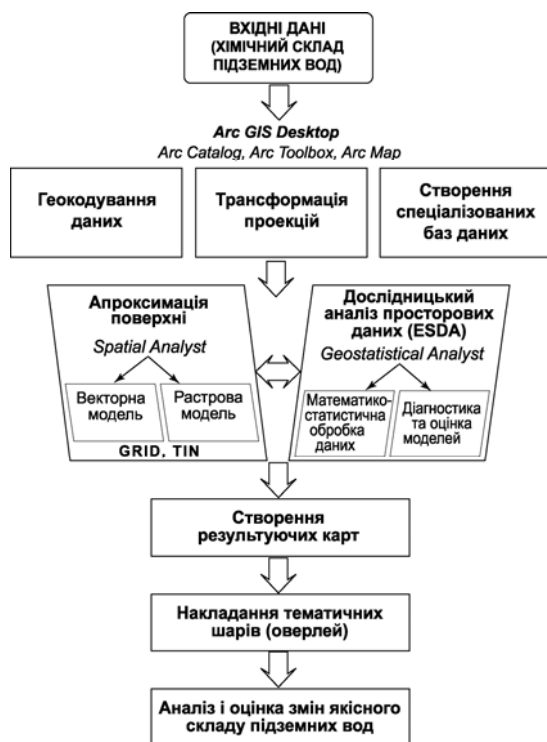


Рис. 1. Блок-схема алгоритму обробки даних хімічного складу

На першому етапі, як бачимо, необхідно створити спеціалізовану (тематичну) базу даних, обрати необхідну картографічну проєкцію та виконати географічну

прив'язку вихідних даних. Функціональні можливості математичної обробки та моделювання ArcGIS повністю задовільняють виконання цих операцій, а отже, не потребують залучення інших програм, і відповідно, конвертації форматів даних, що дозволить уникнути незручностей, які можуть виникнути при конвертуванні даних в обмінні формати (втрата властивостей картографічних шарів, інформації про систему координат і проєкцію відображення тощо) [4].

Усі шари даних, відібрані для аналізу, мають бути в єдиній картографічній проєкції, адже прив'язка до єдинної картографічної проєкції забезпечує точність і відповідність реальним умовам отриманих результатів. Тому обираємо картографічну проєкцію – WGS 1984 UTM зона 34, яка відповідає географічному положенню Закарпатської області.

Невід'ємною складовою частиною ГІС є база даних (БД), яка виступає сховищем структурованих даних. Інформаційною основою для створення спеціалізованої бази даних хімічного складу підземних вод минайської світи південно-західної частини Закарпатської області слугують дані хімічного аналізу проб води централізованих, розосереджених водозаборів та одиночних свердловин – точкові об'єкти. Кожна структурна одиниця новоствореної тематичної бази даних містить порядковий номер, номер самої свердловини, рік відбору проб та їх місцезнаходження – найближчий населений пункт, а також включає основні показники хімічного складу питних підземних вод, такі, як загальна мінералізація, твердість, хлориди, сульфати, азотисті сполуки (нітрати, нітроти, амоній), загальне залізо, марганець на два періоди часу: 1965-1975 рр та 2000-2005 рр. Необхідно зазначити, що картографічною основою дослідження є цифрова карта Закарпатської області масштабу 1:200 000, до складових елементів якої входять: адміністративні межі; об'єкти гідрографії; населені пункти; мережа автошляхів та залізниць; рельєф (горизонталі та абсолютні відмітки). На період часу 1965-1975 рр наповнення бази даних хімічного складу питних підземних вод алювіальних відкладів минайської світи виконане по 118 свердловинах. Нижче наведений фрагмент структури бази даних хімічного складу питних підземних вод алювіальних відкладів минайської світи, наповнення якої станом на 2000-2005 рр здійснене по 87 свердловинах (рис. 2).

Table												
хім.скл_2000-05												
№_п	№_св	Місцезнах_	дата_в	мінер	CL_12_1	SO4_1	NO3_1	NO2	NH4_1	Fe	Mn_1	тверд_1
1	335	м.Ужгород, водоз. Минай	2005	410	67,3	30,03	8	0	0	1,4	0,04	5,4
2	10	м.Ужгород, водоз. Минай	2004	440	219,6	26,33	0	0	0	0,8	0	4,6
3	11	м.Ужгород, водоз. Минай	2006	380	23,7	18,93	10	0	0	0,8	0	4,4
4	1659	м.Ужгород, діп. Ужгород-II, водоз	2004	710	130	41	27	0	0	0	0	8,2
5	2	м.Ужгород, діп. Ужгород-II, водоз	2004	800	117	33	23	0	0	0,025	0,025	4,95
6	3	м.Ужгород, діп. Ужгород-II, водоз	2004	740	60,75	13,7	24,5	0	0	0,2	0,05	8,4
7	4	м.Ужгород, діп. Ужгород-II, водоз	2004	720	52,2	40	19,5	0	0	0,025	0,075	5,6
8	13	м.Ужгород, діп. Ужгород-II, водоз	2004	520	40	37	24	0	0	0,12	0	5,5
9	182	м.Ужгород, вул. Краснодонців, св.	2004	520	24,8	26,74	0	0	0	0	0	0
10	115	с. Минай Ужгородський р-н	2004	610	95,4	68,5	0	0	0	0	0	0
11	1051	с. Минай Ужгородський р-н	2004	700	0	0	0	0	0	0	0	0
12	101	с. Минай Ужгородський р-н ДП Розів	2004	290	21,27	2	5	0,5	0	0,2	0,06	0
13	1099	с. Розівка Ужгородський р-н	2004	460	62	32,51	27,5	0	0	0,8	0	0
14	176	с. Часлівці Ужгородський р-н	2004	280	7,09	1	0	0	0	0	0	0
15	105	с. Холмок Ужгородський р-н	2004	280	0	0	0	0	0	0	0	0
16	758	с. Галоч Ужгородський р-н	2004	400	9,57	8,64	0	0	0	0,9	0	0
17	1	с. Палло Ужгородський р-н	2004	370	0	0	0	0	0	0	0	0
18	668	с. Струмківка Ужгородський р-н	2004	310	6,74	5,76	0	0	0	0	0	0
19	10	с. Соломонове Ужгородський р-н	2004	620	26,5	140,3	0	0	0	1,5	0	0
20	72	с. Соломонове Ужгородський р-н	2004	430	26,59	6,99	4,5	0	0	0	0,47	0
21	156	м. Чоп	2004	440	61,4	32	2,3	0	0	0	0,02	0
22	59	м. Чоп	2004	490	53	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Фрагмент структури бази даних хімічного складу підземних вод алювіальних відкладів минайської світи станом на 2000–2005 рр.

Географічна прив'язка (геокодування) водозабірних свердловин, що занесені до бази даних, є важливою складовою дослідження. При геокодуванні зчитуються атрибутивні дані, які зберігаються в таблицях, що мають адреси, і знаходиться їх розташування на карті. Це дозволяє визначити адресу за умови вказівки координат і навпаки, за адресою визначити координати необхідного об'єкту. Таким чином, у нашому випадку географічна прив'язка точкових об'єктів (свердловин) виконувалась у процесі створення тематичної бази даних, оскільки координати зчитувались з атрибутивних даних у таблиці, які мають адресну інформацію.

Наступним етапом обробки вихідних даних є моделювання поверхні. Створити поверхню – означає заповнити простір між дискретними точками, що містять

дані виміру безперервного явища. Стандартним засобом, що забезпечує виконання цього розрахунку, є апроксимація. В ArcGIS Desktop реалізовані декілька методів апроксимації поверхонь: метод зворотних зважених відстаней, метод поверхні тренда, крігінг, сплайн. Вибір оптимального методу апроксимації наявних даних залежить від кількості вихідних точок даних і рівномірності їх розподілу на ділянці (полігоні) дослідження.

Найчастіше при моделюванні поверхонь в гідрогеології застосовується метод зворотних зважених відстаней (ЗЗВ чи IDW), який і був обраний для виконання даного дослідження. У ГІС поверхня може бути представлена у вигляді растрової або векторної моделі (рис. 3 і рис. 4 відповідно).

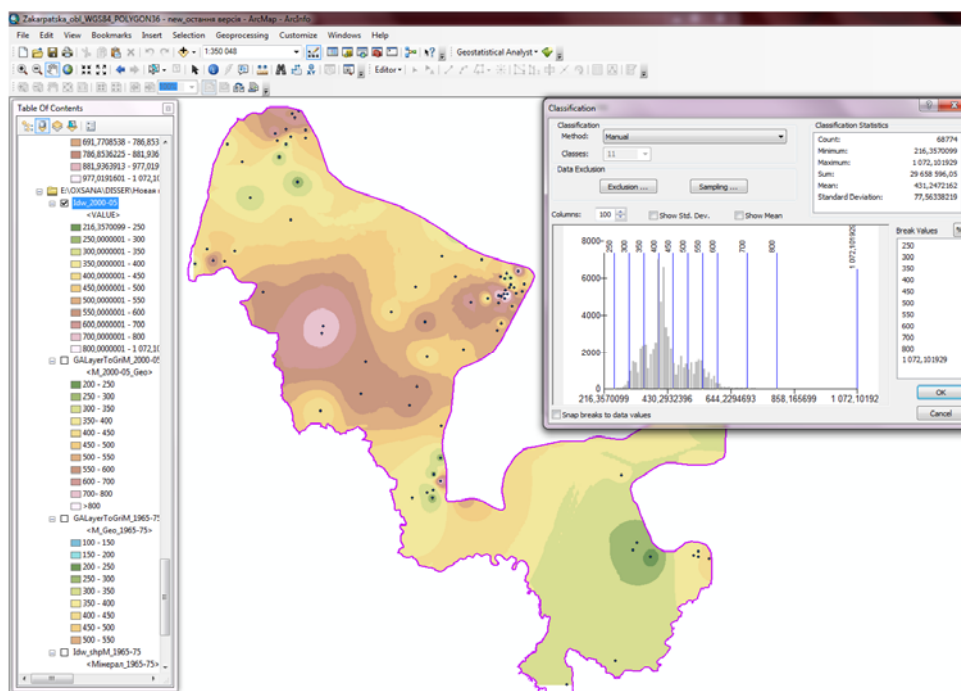


Рис. 3. Растрова модель поверхні поля мінералізації

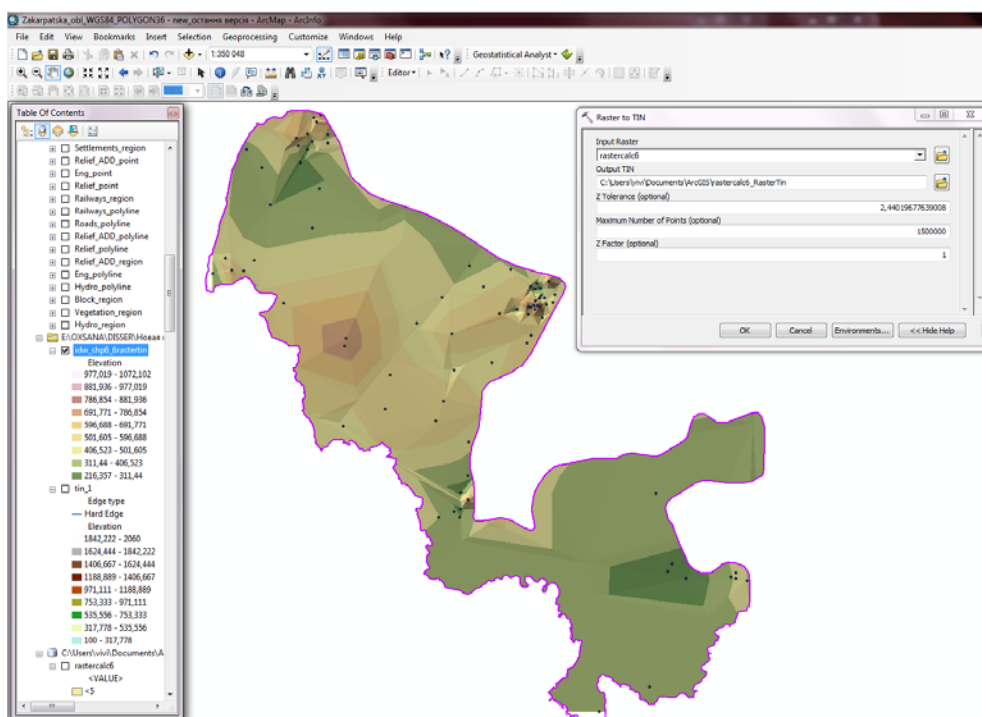


Рис. 4. Векторна модель поверхні поля мінералізації

Для розуміння природи досліджуваного явища чи процесу, не дивлячись на те, буде створена результуюча поверхня чи ні, в ArcGIS Desktop на базі модуля Geostatistical Analyst використовується розширення ESDA (Дослідницький аналіз просторових даних). Завдяки цьому розширенню ми можемо виконати математико-статистичну обробку вихідних даних, продіагностувати модель та надати оцінку відповідності її побудови. Для оцінки статистичних властивостей даних використовуються інструменти: Гістограма, Нормальний графік КК, Аналіз тренду, Загальний графік КК, Варіограма/коваріація.

Зважаючи на складність гідрогеологічних процесів і явищ, побудова математико-картографічних моделей потребує перевірки їх адекватності, істинності отриманих результатів. Обґрунтування достовірності отриманих результатів моделювання на базі Arc GIS Desktop виконується за допомогою *Geostatistical Analyst*, при цьому використовується інструмент Майстер операцій геостатистики (Перехресна перевірка). Перехресна перевірка надає уяву про те, наскільки "добре" модель інтерполює невідомі значення. Суть Перехресної перевірки полягає в тому, що для всіх точок виконується

така операція: відібрані точки послідовно виключаються із вибірки, потім розраховуються значення в цій точці з використанням решти даних, далі виміряне і обчислене значення порівнюються.

Для оцінки змін показників хімічного складу в просторі і часі виконано побудову серії електронних карт на два періоди часу: станом на 1965–1975 рр та 2000–2005 рр. На карти винесені межа ділянки дослідження, ізолінії показників з їх числовими позначками, водозабірні свердловини, водні об'єкти, подана кольорова градація. Для кращого наочного сприйняття результуючої карти мають подібну класифікацію та, відповідно, кольоровий фон.

Найбільш потужною можливістю сучасних ГІС-систем є їх здатність порівнювати картографічне зображення тематичної інформації обраних шарів карти. Цей процес має назву картографічне накладання (оверлей). Для оцінки масштабів просторово-часових змін величини мінералізації, використано автоматизований метод математичного накладання, який в ArcGIS Desktop реалізується за допомогою функції Spatial Analyst, що дозволяє виконувати операції з растровими даними. GRID-поверхня змін величини мінералізації зображена на рис. 5.

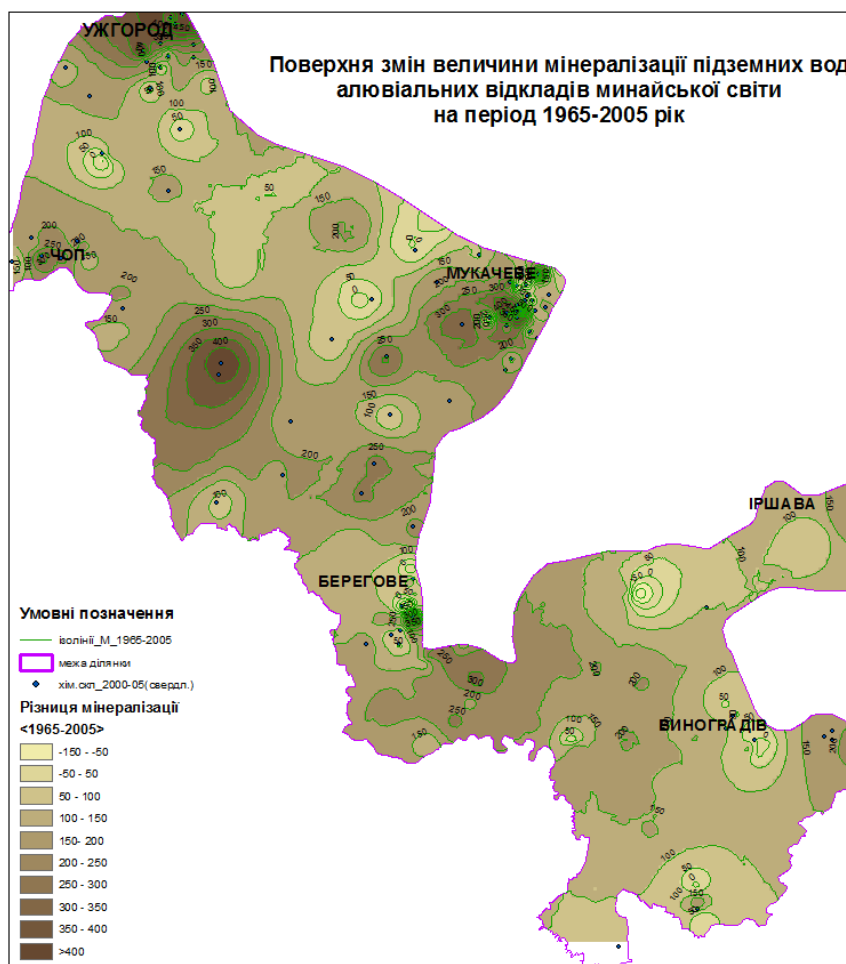


Рис. 5. Поверхня змін величини мінералізації підземних вод алювіальних відкладів минайської світи на період 1965-2005 рр.

Для кількісної оцінки масштабів змін показників хімічного складу підземних вод алювіальних відкладів минайської світи в часі необхідно порівняти площі полігонів з різною мінералізацією двох карт (на період 1965-1975 рр та 2000-2005 рр). Площі полігонів представлені у відсотках від загальної площі ділянки дослідження. Гістограма порівняння площ полігонів з різною мінералізацією станом на 1965-1975 та 2000-2005 рр відображені на рис. 6.

Висновки. Створення алгоритму обробки вхідної гідрогеологічної інформації, апробованого на прикладі одного з показників хімічного складу підземних вод, дозволило визначити методику першого етапу опрацювання даних, що включає створення і наповнення спеціалізованої бази даних, перетворення картографічних проекцій, географічну прив'язку точкових об'єктів (свердловин). Другий етап обробки інформації забезпечено методикою

моделювання поверхонь (растрових і векторних); нею передбачено математико-статистична обробка вихідних даних, діагностика та оцінка достовірності створених моделей поверхні. Завдяки потужній можливості сучас-

них ГІС, на третьому етапі, маємо змогу виконувати просторовий аналіз (порівнювати картографічні зображення тематичної інформації обраних шарів карти), тим самим надаючи оцінку змін якісного складу підземних вод.

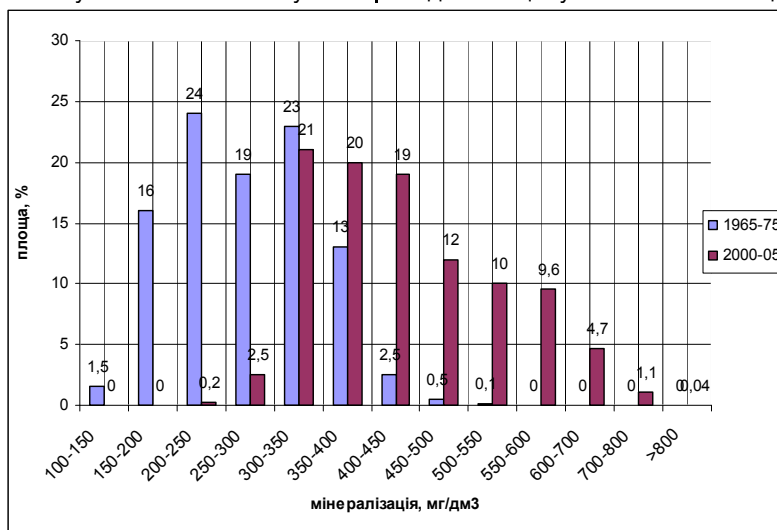


Рис. 6. Гістограма порівняння площ полігонів з різною мінералізацією станом на 1965-1975 рр. та 2000-2005 рр.

Список використаних джерел

1. Габор М. М. Звіт по оцінці екологічного стану геологічного середовища прикордонних територій Закарпатської області в масштабі 1: 100 000. Берегове, 2004.
2. Де Мерс. Географические информационные системы. Основы / Де Мерс, Н. Майкл: пер. с англ. – М.: Дата+, 1999. – 489 с.
3. Жарнікова Р.С. Оцінка стану прогнозних ресурсів та експлуатаційних запасів підземних вод Закарпатської області (2002–2007 рр.). Берегове, 2008.
4. Ішук О.О. Просторовий аналіз і моделювання в ГІС: Навчальний посібник / Ішук О.О., Коржнев М.М., Кошляков О.Є. / За ред. акад. Д.М.

Гродзинського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003. – 200 с.

5. Остроух О.А. Особливості картографічного забезпечення геоінформаційних технологій в геологічних дослідженнях // Географія, геоecологія, геологія: досвід наукових досліджень: матеріали VII міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів і молодих вчених / За ред. проф. Л.І. Зеленської. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. №7. – С. 275-276.

6. Чомко Д.Ф., Остроух О.А. Сучасний стан та проблеми використання ГІС-технологій в геологічних дослідженнях / Д.Ф.Чомко, О.А.Остроух // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна – 2009. Вип. №882. – С. 99-102.

Надійшла до редколегії 03.04.13

О. Остроух, асп.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБРАБОТКЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (НА ПРИМЕРЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЗАКАРПАТСКОЙ ОБЛАСТИ)

Изложены результаты разработки и апробации технологической схемы обработки данных химического состава подземных вод аллювиальных отложений юго-западной части Закарпатской области на базе современного геоинформационного обеспечения с целью анализа их пространственно-временных изменений.

O. Ostroukh, asp.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL APPROACH FOR PROCESSING HYDROGEOLOGICAL INFORMATION USING GIS TECHNOLOGY (EXAMPLE CHEMICAL COMPOSITION OF GROUNDWATER SOUTHWESTERN PART OF ZAKARPATTIA REGION)

The results of development and testing process flowsheet data processing chemical composition of groundwater alluvial deposits of the southwestern part of the Transcarpathian region based on current GIS software to analyze their spatial and temporal changes.