

---

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,  
г. Ивано-Франковск  
e-mail: yarad@inbox.ru

---

**Аннотация.** *Предлагается разработанная коллективом научной школы О.М. Адаменко новая технология экологических исследований, которая основывается не только на статистических данных, а и на прямом измерении содержания загрязняющих веществ в почвенном и растительном покровах, поверхностных, почвенных и подземных водах, донных отложениях, атмосферном воздухе и осадках дождя и снега.*

**Ключевые слова:** *экологические карты, технология исследований, экологическая ситуация территорий, экологическое состояние компонентов окружающей среды.*

### **Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важнейшими научными и практическими заданиями**

В наше время экологические исследования должны отвечать, как минимум, трем требованиям.

Во-первых, экология на современном этапе развития общества должна не только констатировать всевозможные нарушения состояния природной среды, а в первую очередь, предусматривать их всевозможную деградацию, создавать такие природно – технические системы, которые бы обеспечивали гармоническое развитие Человека – Природы – Техносферы .

Во-вторых, настало время объективно подсчитать природные ресурсы как Земли в целом, так и каждого государства, а в нем – каждого региона, области, района, то-есть руководящие органы и общество каждой административно – территориальной единицы должны знать, сколько какого ресурса у них есть и сколько можно истратить минерально – сырьевых, территориальных, земельных, водных, климатических, энергетических, биологических и других ресурсов, то-есть сколько и чего можно взять от природы, чтобы не нарушить существующий природный баланс, чтобы не оставить будущие поколения без необходимого количества ресурсов.

И, наконец, в-третьих, какие технологии управления состоянием окружающей среды необходимо разработать, чтобы обеспечить и первое и второе.

Сегодня, как никогда, важно поддерживать гармоническое развитие хозяйства, человека и природы. Необходимо, чтобы техническое вмешательство в биосферу Земли не наносило ущерб качеству окружающей среды, в которой живут люди. Мы являемся свидетелями не только активных и неоднозначных политических баталий, в которых используется как аргумент и экологическая информация, но и проявления низкой экологической культуры и даже экологической безграмотности как среднестатистических граждан, так и руководства промышленных предприятий и работников властных структур. Образно говоря, чувствуется дефицит не только чистой воды и воздуха, а и элементарных экологических знаний. Это обстоятельство заставляет нас предложить использование широкого спектра экологической информации с разных аспектов природоохранительной деятельности. Этому и посвящается данная статья.

### **Анализ последних достижений и публикаций по данной проблеме**

У 1992 г. в г. Вене была опубликована карта масштаба 1 : 3 000 000 «Природопользования и проблем окружающей среды Центральной и Восточной Европы» под редакцией Питера Йордана [3], которая учла предыдущие экологические исследования. Мы продолжили их посредством определения загрязнения почв, воды и воздуха на основе отобранных и проанализированных проб [3]. Этим было положено начало разработки мониторинговой сети Европейской межгосударственной компьютерной системы экологической безопасности ЕКС ЭБ(ЕСЕС).

Главный принцип природопользования как в области политики, так и экономики – это сохранение природных ресурсов для будущих поколений, что является основой выживания человечества и устойчивого развития согласно Декларации Рио-де-Жанейро (1992) «Повестка дня на XXI век». Известно, что техногенные (антропогенные) изменения окружающей среды становятся необходимыми, когда они не могут возвратиться к предыдущему состоянию. Как правило, это наступает при чрезмерном, использовании старых способов и методов технологии переработки природных ресурсов. Проблемы в природопользовании возникают, когда происходят нарушения стандартов качества окружающей среды и когда нарушается баланс использования и обновления ресурсов. Размер нанесенных потерь высчитывается согласно степени нарушенной окружающей среды. Если они переходят границу в 10 %, то наступает угроза необратимых изменений природной среды.

Анализ методов геоэкологического картирования [1] показывает, что за последние два-три десятка лет появилось большое количество экологических карт – общих, отраслевых, покомпонентных и т.д., примеры которых можем найти в работах В.А. Барановского [6], Л.Г.Руденко [8], В.М. Гуцуляка [9], И.М. Волошина [7], О.М. Адаменко [2], Г.И. Рудько [1], И.П. Ковальчука [11], Л.В. Мищенко [12] и многих других авторов. Наиболее полным собранием таких карт есть «Национальный атлас Украины» [13] и «Экологический атлас Украины» (2009).

За последние 20 лет усилиями многих научных коллективов экологические исследования Украины достигли значительных успехов. Определенный вклад в это важное дело внесли Карпатский инженерно-экологический центр, Государственный институт экологического мониторинга Академии наук технологической кибернетики Украины, Научно-исследовательский институт экологической безопасности и природных ресурсов и кафедры экологии Ивано-Франковского национального технического университета нефти и газа (ИФНТУНГ).

### **Выделение нерешенных раньше частей общей проблемы, которой посвящается данная статья**

Из анализа опубликованных материалов видим, что большое разнообразие экологических карт можно свести к нескольким их типам : поэлементным, покомпонентным (отраслевым), техногенной нагрузки, распространения экологически опасных техногенных объектов, современной экологической ситуации.

Поэлементные эколого-техногеохимические карты показывают распространение того или иного токсического элемента-загрязнителя на определенной территории в пределах того или иного компонента ландшафта.

Покомпонентные эколого-техногеохимические карты иллюстрируют экологическое состояние (загрязнение всеми выявленными токсическими элементами) того или иного компонента ландшафта – почвенного или растительного покровов, почвенных или поверхностных вод, атмосферного воздуха и др.

Экологические карты распространения экологически опасных техногенных объектов отображают только одну – техногенную составляющую экологической ситуации без ее природной основы. Примером таких карт являются Экологические карты Ровенской, Сумской, Полтавской, Киевской, Херсонской областей масштаба 1 : 200 000, которые опубликованы Государственным научно-производственным центром «Природа» Национального космического агентства Украины. Называть их «Экологическими», не совсем правильно, так как на них изображены только техногенные объекты – нефтегазопроводы, железные дороги, ТЭС, АЭС и др. на фоне административно-территориальных единиц –районов, без характеристики природной составляющей экосистемы.

Экологические карты техногенной нагрузки – наиболее распространенный тип экологических карт, хотя они не совсем «Экологические», потому что показывают лишь техногенную составляющую, то есть уровень загрязнения определенной территории (области, района) выбрасываемыми загрязняющими веществами в воздух, сбросами в водную среду или размещение бытовых и промышленных отходов. Такие карты составляются по данным статистических отчетов и показывают количество выбросов или сбросов промышленными предприятиями области или района и «привязывают» их к одной точке на карте. По такому принципу составлено большинство карт, которые находятся в названных выше атласах. Понятно, что это важная информация, но она отображает только техногенную составляющую экологического состояния той или иной территории, а значит называть такие карты «Экологическими» нельзя.

Итак, на наш взгляд, количество выбросов в воздух, которые «осели» на почву, еще не может свидетельствовать о содержании загрязняющих веществ в этом компоненте. Экологическое состояние почв конечно зависит от количества и содержания выбросов, но сколько и чего содержит в себе этот компонент, мы можем узнать только после анализа проб почв, отобранных на соответствующем участке наблюдений.

Карты современной экологической ситуации. Все предыдущие типы карт не могут называться «Экологическими», потому что они содержат лишь отдельные элементы экологических карт – распространение того или иного загрязнителя по территории; загрязнение почв, поверхностных и почвенных вод, атмосферного воздуха и растительности; размещение экологически опасных техногенных объектов и т.д. Все это необходимо для составления карт современной экологической ситуации, но последняя должна давать всестороннюю оценку ландшафтов – от их природного состояния до тех изменений, которые возникли при техногенной нагрузке [5].

Поэтому мы предлагаем называть «Экологическими» только те карты, которые отображают интегрированное состояние современной экологической ситуации на исследованной территории. То есть экологическая карта - это модель современной экологической ситуации. На ней необходимо выделять не только техногенные объекты, которые загрязняют окружающую среду, но и экологическое состояние ландшафтных таксонов.

Экологическое состояние [12] – это степень преобразования (трансформации) первичного природного ландшафта (нулевого экологического фона) под влиянием как природных так и антропогенных (техногенных) факторов (изменений во времени). Последовательность изменений и их интенсивность образуют поступательный ряд экологических состояний, которых может быть от 4 до 6-8 [10]: нормальное, удовлетворительное, напряженное, сложное, неудовлетворительное, передкризисное, критическое и катастрофическое.

Экологическая ситуация – это пространственная «мозаика» из ландшафтных таксонов (геосистем или их частей) разного экологического состояния (изменений в пространстве), которые создают на той или иной территории одновременное существование разных по степени изменения участков, изображенных на экологической карте. Отсюда понятно, что экологическая карта должна характеризовать как экологическую ситуацию так и экологическое состояние на той или иной территории.

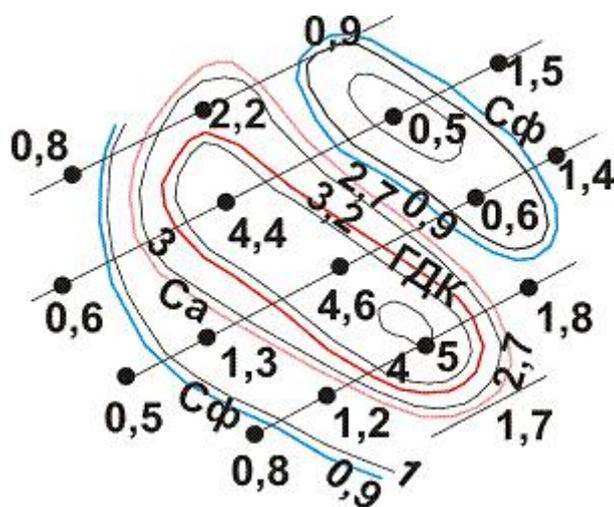
Экологическая карта [12] – это картографическая модель экологических состояний ландшафтных таксонов, которые в совокупности отображают современную экологическую ситуацию на территории. Экологическая карта – это множество дискретных значений состояния геосистемы, которые изменяются от точки к точке, охватывая всю исследованную территорию. То-есть это множество значений должно отображать не то, что упало на почву из воздуха, а то, что непосредственно находится в почвенных его горизонтах, определяя его общее экологическое состояние.

### Формулирование целей статьи (постановка задания)

Задание и цель нашего исследования - предложить такую последовательность и содержание экологических исследований, которые обеспечивали бы наиболее объективную оценку экологической ситуации на той или иной территории и экологического состояния всех компонентов окружающей природной среды.

### Изложение основного материала исследования

Во-первых, на исследованной территории обосновывается оптимальная сеть геоэкологических полигонов – точек отбора проб, которые изображены на Карте фактического материала (рис. 1). Отобранные пробы почв, поверхностных и грунтовых вод, атмосферного воздуха, дождя и снега, донных отложений и растительности анализируются соответствующими методами и определяется содержание у них загрязняющих веществ, что отражается в базах данных (табл. 1). Результаты анализов группируются в компьютерной базе данных (рис. 2, 3), что позволяет на основе программ Surfer, MapInfo, Arcscad, Corel Draw и др. построить электронные (компьютерные) поэлементные (рис. 4) и покомпонентные эколого – техногеохимические карты [4, 10, 12, 14].



**Рис. 1.** Поэлементная карта. Изоконцентраты  $i_k$  и соответствующие им границы фона Сф, аномалий Са и ПДК проводят путем равномерной интерполяции, как в топографии

Если распределение загрязнителей равномерное по площади исследований, то их изоконцентраты изображают путем равномерной интерполяции, как в топографии проводят горизонтали. С соответствующими изоконцентрами будут совпадать Сф, Са и ГДК. Эти параметры высчитываются по разработанной авторами [2, 10] методике. Так, геохимическим фоном Сф считается среднее из 2/3 всех результатов анализов  $C_i$ , при этом 1/3 наименьших и наибольших содержаний откидывается, как нехарактерные или «ураганные».

Таблица 1.

## База данных с результатами анализов основных загрязнителей

№№ п/п	№№ проб	Вміст елементів Сі, мг/кг; клас токсичності												Сумарний коефіцієнт забруднення СПЗ або Z <sub>c</sub>
		I клас		II клас					III клас			IV клас		
		Hg	Cd	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Mo	Cr	Se	Fe	Al	
ГДК	2,1 валовий	0,6	23 рухомий	3 рухомий	32 валовий	4 рухомий	5 рухомий	0,2	0,05 валовий	не встано- влено	не встано- влено	не встано- влено	15	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0	0	1,4	0,1	2,4	0,4	0,1	0,01	0	0,01	20,1	5,4	1,425594306
2	2	0	0	1,6	5,4	2,6	0,1	0,2	0,03	0	0,02	35,4	6,9	3,941383339
3	3	1,4	0,4	19,4	6,2	64,2	5,2	6,1	0,3	0,06	3,6	66,4	70,2	25,40167432
4	4	1,5	0,5	18,6	6,1	5,4	0,1	0,1	0,01	0,04	0,03	60,3	91,3	12,82035861
5	5	0	0	1,2	0,4	6,4	0,3	0,3	0,07	0	0,04	65,2	5,4	3,74764076
6	6	0	0	1,6	0,3	6,7	0,1	0,1	0,02	0	0,03	76,1	10,1	4,054777866
7	7	0	0	1,5	0,5	8,2	0,2	0,1	0,03	0	0,01	24,3	12,3	2,332846045
8	8	0	0	0,9	5,6	4,8	5,7	4,7	0,2	0	3,1	83,4	16,1	15,99652147
9	9	1,6	0,3	17,3	6,1	72,1	0,4	0	0,04	0,04	0,02	71,3	80,2	14,56081149
10	10	1,3	0,4	16,3	0,1	4,3	0,1	0	0,05	0,03	0,02	72,6	96,4	11,14199348
11	11	1,2	0,5	21,2	0,1	60,3	0,1	0	0,01	0,05	0,03	60,4	71,5	11,6099895
12	12	0	0	4,3	0,4	3,6	0,2	0	0	0	0,01	12,3	6,4	1,325050692
13	13	0	0	1,2	1,2	3,9	6,2	6,1	0,4	0	36,6	12,9	8,2	13,83509213
14	14	0	0	1,6	1,6	6,1	0,1	0	0	0	0,01	12,7	9,4	1,840201571
15	15	1,1	0,6	19,4	4,5	66,9	0,1	0	0	0,03	0,02	6,5	81,3	11,32078246
16	16	1,3	0,3	18,5	0,9	6,4	0,1	0	0	0,03	0,03	75,3	65,4	9,57335883
17	17	1,5	0,4	16,4	0,8	6,5	0,2	0	0	0,03	0,04	74,3	70,4	9,9948949907

Всего в базе данных 1441 проб

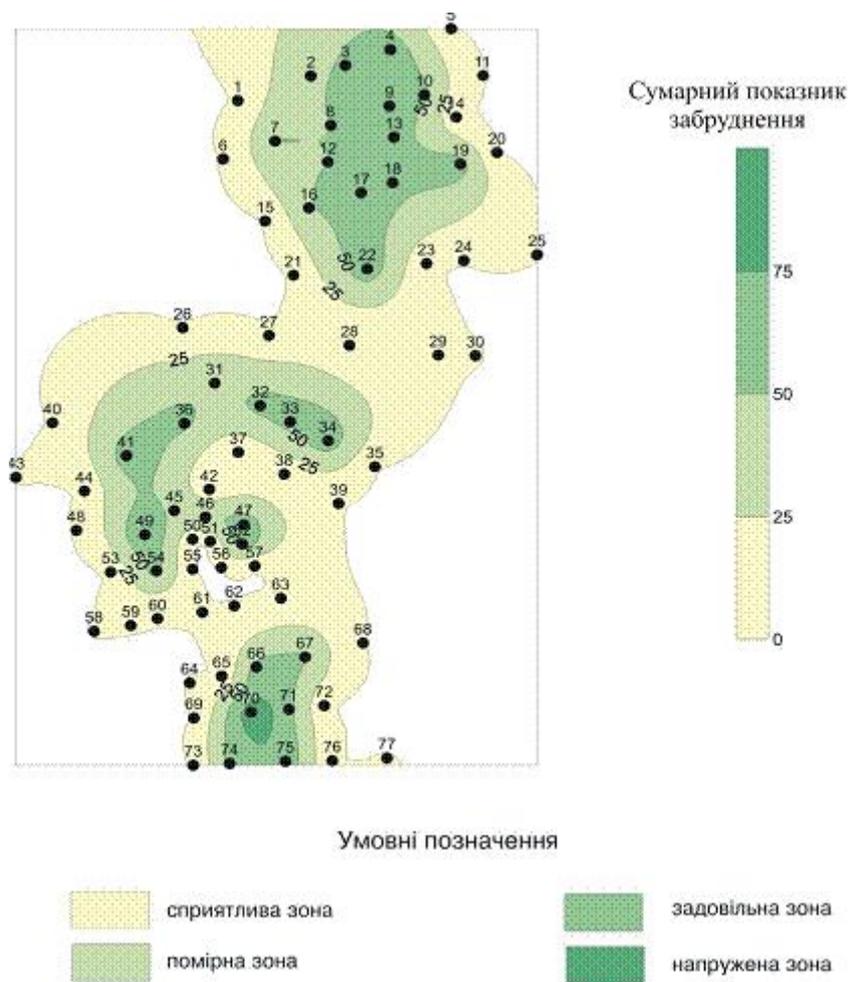


Рис. 2. Покомпонентная карта. Ранжирование СПЗ для оконтуривания экологических состояний почв

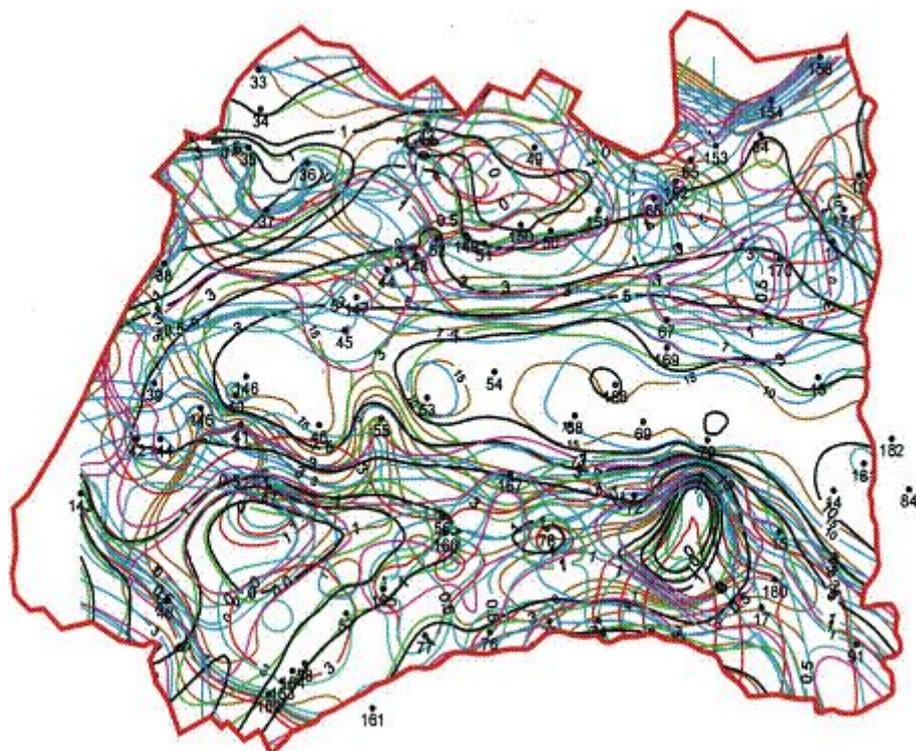
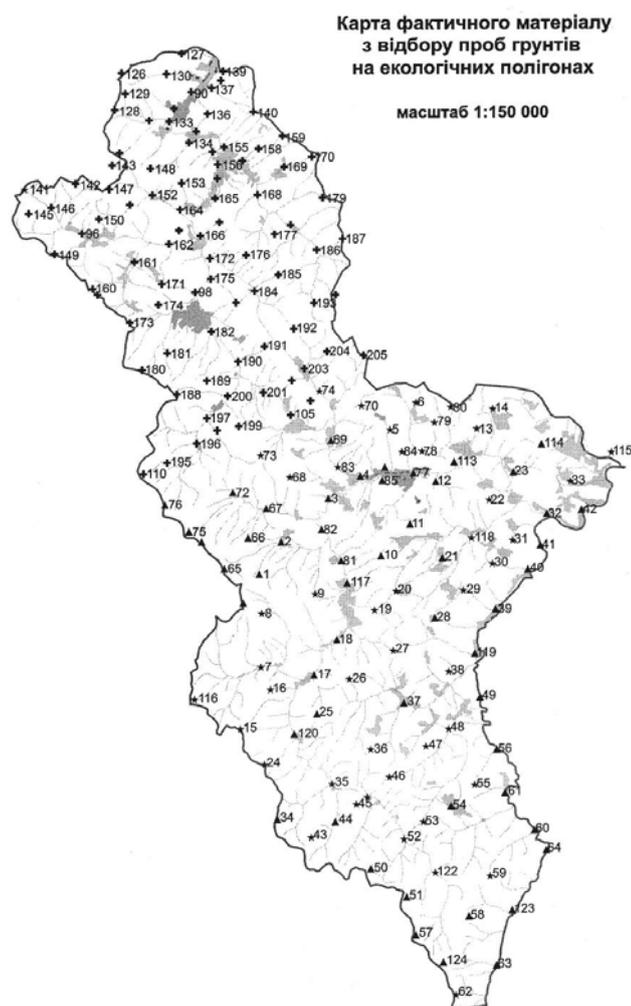


Рис. 3. Суммирование 8 электронных карт СПЗ для определения совместных полос загрязнения



**Рис. 4.** Карта фактического материала – размещение геоэкологических полигонов

Но в природе не все распределено равномерно и достаточно часто содержание загрязнителей выявляют волново-роевый характер, то-есть равномерный характер геохимического поля нарушается «сгустками» и «разрежениями», которые желателно выявить и изобразить на эколого – техногеохимической карте. Такие неравномерности распределения фона мы выявляем их путем расчетов среднего содержания Сф в згруппированных характерных интервалах. Полученные таким образом значения Сф и Са будут изображаться на эколого-техногеохимических картах неравномерно, через разные расстояния изоконцентрат, а не так как при равномерном распределении.

Границы на покомпонентных эколого-техногеохимических картах показывают распределение сумарних показателей загрязнения (СПЗ). Они изображаются изолиниями с неодинаковыми расстояниями одна от одной. После этого выполняют ранжирование СПЗ для выделения экологических состояний того или иного компонента, а их насчитывают в Украине до 8 состояний :нормальный, удовлетворительный, напряженный, сложный, неудовлетворительный, передкризовый, критический, катастрофический [10]. Поэтому на покомпонентных эколого-техногеохимических картах может быть до 7 границ между разными экологическими состояниями.

Контуры разных экологических состояний природных ландшафтов выносят на Карту современной экологической ситуации, которая будет основой для геоэкологического районирования и разработки долгосрочных и оперативных мероприятий по охране окружающей природной среды.

Для автоматизации рутинного процесса расчетов геохимического фона, эколого-техногеохимических аномалий, изоконцентрат распространения загрязняющих веществ и статистической обработки экологической информации на определенной территории автором вместе с Л.В. Мищенко, Д.А. Зориным, М.В. Крихивским [4] разработаны компьютерные программы ECOSTAT и ECORPHONE. Л.В. Мищенко предложила ГИС – модели геоэкологического районирования Карпатского региона и Западного Подолья [12], а также ГИС – модель построения карт современной экологической ситуации и карт геоэкологического районирования для экологически безопасного сбалансированного ресурсопользования и управления состоянием окружающей среды и устойчивого развития территорий.

#### **Выводы**

Выполнив все предложенные процедуры определения экологической ситуации и оценки экологического состояния компонентов окружающей среды, можем на конкретном примере показать, как используется разработанная в научной школе О.М. Адаменко технология экологической оценки влияния и разработки нефтегазовых месторождений Карпатского региона на экологическое состояние окружающей среды [4]. Главное отличие нашей технологии от предыдущих заключается в том, что мы оцениваем экологическую ситуацию определенной территории и экологическое состояние компонентов окружающей среды не по статистическим показателям, что выброшено в атмосферный воздух, сброшено в водную среду и только отходов размещено в почвенном покрове (понятно, что это учитывается для оценки состояния техносферы), а непосредственным измерением содержания загрязняющих веществ в почвенном и растительном покровах, поверхностных, почвенных и подземных водах, донных отложениях, атмосферном воздухе и осадках снега и дождя.

### Література

1. Адаменко О. М. Екологічне картування / О. М. Адаменко, Г. І. Рудько, Л. М. Консевич. – Івано-Франківськ : Полум'я, 2003. – 580 с.
2. Методика екологічної оцінки техногенного впливу на трансформацію ландшафтів / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко, О. М. Журавель, В. М. Триснюк, Д. О. Зорін [та ін.] // Український географічний журнал. – 2004. – №2. – С. 22–32.
3. Адаменко О. М. Комп'ютеризована система екологічної безпеки Центральної та Східної Європи / О. М. Адаменко // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2011, № 2 (4). – С. 4–10.
4. Адаменко О. М. Комп'ютеризовані програми оцінки екологічного стану екосистем та безпеки життєдіяльності у зоні впливу нафтогазових родовищ / О. М. Адаменко, Л. В. Міщенко, Д. О. Зорін, М. В. Крихівський // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2012, №2 (6). – С. 32–53.
5. Адаменко Я. О. Програма охорони навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області до 2015 року / Я. О. Адаменко, М. М. Приходько, В. Ф. Головачук // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2012, №1 (5). – С. 4–14.
6. Барановський В. А. Екологічна географія і екологічна картографія / В. А. Барановський. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 252 с.
7. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. – Львів : Простір, 1998. – 356 с.
8. Проблемы комплексного развития территорий / И. О. Горленко, Л. Г. Руденко, С. Н. Малюк [и др.]. –К. : Наук. думка, 1994. – 296 с.
9. Гуцуляк В. М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект: навчальний посібник [для студ. вищих навч. закл.] / В. М. Гуцуляк. –Чернівці : Рута, 2001. – 272 с.
10. Зорін Д. О. Еколого-геохімічна оцінка Дністровського каньйону як регіонального коридору національної екологічної мережі України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геолог. наук: спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / Д. О. Зорін. – Івано-Франківськ, 2008. – 19 с.
11. Ковальчук І. П. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз / Ковальчук І. П. – Львів: Інститут українознавства, 1997. – 440 с.
12. Міщенко Л. В. Геоекологічне районування. Наукова монографія за ред. О. М. Адаменка / Л. В. Міщенко. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – 408 с.
13. Національний атлас України. –Київ : ДНВЦ «Картографія», 2007. – 440 с.
14. Радловська К. О. Геохімічні особливості ґрунтового покриву на території Рогатинського району Івано-Франківської області / К. О. Радловська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, 2013, № 1(7). – С. 48-52.

**Анотація.** О. М. Адаменко *Технологія екологічних досліджень.* Пропонується розроблена колективом наукової школи О.М. Адаменка нова технологія екологічних досліджень, яка ґрунтується не тільки на статистичних даних, а й на безпосередньому вимірюванні вмісту забруднювальних речовин у ґрунтовому та рослинному покриттях, поверхневих, ґрунтових і підземних водах, донних відкладах, атмосферному повітрі та опадах дощу і снігу.

**Ключевые слова:** екологічна карта, технологія досліджень, екологічна ситуація території, екологічний стан компонентів довкілля

**Abstract.** O. M. Adamenko *Technology of environmental research.* A team of researchers by the scientific school O.M. Adamenko, has developed the new technology environmental research, based not only on statistics but also on direct measurement of contaminants in soli and vegetation, surface, soil and groundwater, sediments, air and precipitation of rain and snow.

**Keywords:** environmental maps, technology studies, environmental situation territory ecological status of components of the environment.

Поступила в редакцію 13.02.2014 г.