

Журнал основан в 1918 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. В.И. ВЕРНАДСКОГО

Научный журнал

Серия «География»

*Издание осуществлено
при финансовой поддержке
ЗАО «ЕСОММ. Со»*

Том 24 (63) № 3

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
Симферополь, 2011 г.

Редакционный совет журнала «Ученые записки ТНУ»:

Багров Н.В. – д.г.н., проф., академик НАН Украины (главный редактор)
Шульгин В.Ф. – д. хим.н., проф. (зам. главного редактора)
Дзедолик И. В. – д.ф.-м. н., доц. (отв. секретарь)

Члены Совета (редакторы серий и разделов серий) :

- | | |
|---|--|
| 1. Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф. | 7. Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н., проф. |
| 2. Богданович Г.Ю. – д. филол.н., проф. | 8. Подсолонко В.А. – д.э.н., проф. |
| 3. Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф. | 9. Ротань В. Г. – д.ю.н., проф. |
| 4. Гришковец В. И. – д.х.н., проф. | 10. Темуриянц Н.А. – д.б.н., проф. |
| 5. Казарин В.П. – д. филол.н., проф. | 11. Шоркин А. Д. – д.филос.н., проф. |
| 6. Климчук С. В. – д. э.н., доц. | 12. Юрченко С.В. – д.полит.н., проф. |

Состав редколлегии серии «География»:

Багров Н.В. – д.г.н., проф., акад. НАНУ (редактор серии)
Боков В.А. – д.г.н., проф.
Вахрушев Б. А. – д.г.н., проф. (зам. редактора), (vakhm@inbox.ru);
Ена В. Г. – к.г.н., проф.,
Ломакин П.В. – д.г.н., проф.
Позаченюк Е. А. – д.г.н., проф.
Топчиев А. Г. – д.г.н., проф.
Яковенко И. М. – д.г.н., проф.

Ответственный за выпуск: Карпенко С. А. – к.г.н. (s_karpenko@rambler.ru)

**Печатается по решению Ученого Совета Таврического национального университета
им. В.И. Вернадского протокол № 4 от 14.04.2011 г.**

Подписано в печать 14.04.11 Формат 70x100¹/₁₆ 15 усл. п. л., 13,4 уч.-изд. л. Тираж 120. Заказ 110/1
Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.
Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007
http://www.science.crimea.edu/zapiski/zapis_god.html

"Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського"

Науковий журнал. Серія «Географія». Том 24 (63). № 3.
Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2010
Журнал заснований у 1918 р.
Адреса редакції: Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007
Надруковано у інформаційно-видавничому відділі Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського.
Проспект Вернадського, 4, г. Сімферополь, 95007

**Материалы статей размещены в авторской редакции
© Таврический национальный университет, 2011 г.**

УДК 528.88:(551.248.2:628.4.038)/(477.4)

**ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ/ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ
ПРИ ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИЙ
В КОНТЕКСТЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ
ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

Азимов А.Т.

*Научный Центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины, Киев, Украина
E-mail: azimov@casre.kiev.ua*

На основе анализа элементов ландшафта по материалам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в пределах района Коростенского плутона определены основные индикаторы структур дизъюнктивного характера. Установлено, что на территории сеть линеаментов и их зон в целом отображает региональный геотектонический разломно-блоковый каркас фундамента и осадочного чехла. Используя геоинформационные системы (ГИС), составлена структурно-тектоническая схема района на современном этапе его развития. Она является основой дальнейшего изучения особенностей геологического строения территории с целью локализации участков, благоприятных для захоронения радиоактивных отходов (РАО). В пределах одного из них – Вереснянского – анализ пространственного распределения локальных областей развития деформаций растяжения и сжатия на современном этапе тектогенеза позволил предварительно наметить перспективные площадки для захоронения РАО.

Ключевые слова: дешифрирование, линеаменты, дизъюнктивные структуры, деформации, отходы.

*Авария на ЧАЭС произошла 25 лет тому назад – 26.04.1986 г.
Памяти героев-ликвидаторов Чернобыльской катастрофы посвящается.*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В результате Чернобыльской катастрофы образовались огромные объемы разнообразных радиоактивных отходов (РАО), основные из которых сосредоточены в объекте «Укрытие» (их суммарная активность $\sim 4,1 \cdot 10^{17}$ Бк [1]), а также в пределах зоны отчуждения (ЗО) ($\sim 2,8$ млн м³ без учета отходов снятия с эксплуатации ЧАЭС [2, 3]; общая активность радиоактивных веществ в природных объектах Зоны – в поверхностном слое почвы, донных отложениях водоемов, растительности и т. п. – составляет более $8,5 \cdot 10^{15}$ Бк [1]). Следовательно, на сегодняшний день в Украине назрела острая необходимость их централизованного сбора, сохранения и захоронения в геологическом хранилище.

Самой перспективной для геологической изоляции РАО структурой многими исследователями считается [4 и др.] Коростенский массив палеопротерозойских кристаллических пород, северо-восточные склоны которого погружаются в направлении ЗО с глубинами залегания кровли 50–600 м [5 и др.].

1. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение структурных особенностей геологически закрытых регионов с помощью материалов аэрокосмических съемок (МАКС) базируется на представлениях об унаследованности современных и новейших тектонических движений от предыдущих этапов развития земной коры. Поэтому основные компоненты современного ландшафта (рельеф, гидросеть, литологический состав четвертичных отложений, почвенно-растительный покров и т. д.) отображают (конечно, с некоторым приближением) основные черты внутреннего строения геологической среды. Следовательно, последние могут быть выявлены на разнообразных материалах дистанционных съемок (МДС).

Применение аэрокосмических методов для выбора и обоснования участков, благоприятных для захоронения РАО в глубинных геологических формациях, которые являются самыми надежными природными барьером распространения радиоактивности, предусматривается на региональном и детальном этапах исследований. Наиболее пригодные для этого: 1) структурное, ландшафтно-геоморфологическое и геоиндикационное дешифрование аэрокосмоснимков видимого диапазона электромагнитных волн для выделения линеamentных зон, которые связаны с разломами земной коры; 2) дешифрирование снимков в инфракрасном диапазоне с целью выявления активных флюидопроводящих структур; 3) дешифрирование МДС в радиоволновом диапазоне, что дает возможность выделять зоны разуплотнения в горных породах, определять степень их влагонасыщения, глубины залегания грунтовых вод; 4) анализ спектров отражения растительности по многозональным МДС в зонах тектонических нарушений (картографирование гетерогенного строения последних относительно флюидопроницаемости) [6, 7].

Оценка развития флюидогеодинимических процессов на новейшем и современном этапах тектогенеза наиболее объективно и эффективно выполняется путем комплексирования разных видов дистанционных съемок с наземными геофизическими, геохимическими и гидрогеологическими работами, а также неотектоническими и морфометрическими построениями, количественным линеamentным анализом. Их совместное применение и моделирование процессов энергомассообмена на основе полученных данных позволяет уточнять и детализировать особенности разломно-блокового строения территорий, выделять относительно стабильные, моноклитные блоки земной коры, которые по своим геометрическим размерам удовлетворительны для создания хранилищ РАО, проанализировать безопасность последних с позиций неотектоники, а также выявлять неблагоприятные для захоронения участки развития горных пород с предположительно высокими фильтрационно-емкостными свойствами.

Предложенные методические подходы применялись во время исследования особенностей геологической структуры района Коростенского плутона и прилегающей территории ЗО ЧАЭС. Учитывая незначительную геолого-геофизическую изученность данной территории, МАКС служат дополнительным источником информации об основных чертах тектонического строения региона. В процессе дешифрирования МДС последовательно-параллельно были проанализированы, изучены и отдешифрированы материалы космической съемки,

аэрофотосъемки, а также топографические карты масштабов от 1:200 000 до 1:50 000 (на участке детальных исследований – 1:25 000).

Из материалов космосъемки использовались фотографические интегральные космические снимки (КС) со спутника серии «Космос» (20.07.1976 г.) масштаба 1:1 000 000, увеличенные к м-бу 1:200 000, радиолокационные КС со спутников «ERS-1» (25.08.1992 г., 10.08.1993 г.) и «Shuttle» (01.10.1994 г.), многозональные сканерные КС со спутников «LANDSAT» (07.09.1977 г., 14.04.1984 г., 31.05.1986 г., 28.05.1988 г. и 02.10.1999 г.), «SPOT» (14.07.1998 г.) и др.

Для целей структурного и геоиндикационного дешифрования закрытых территорий целесообразно применять дистанционные снимки раннего весеннего или позднего осеннего периодов года, которые содержат наиболее полные и четкие ландшафтные индикаторы структурных форм. Поэтому были проработаны материалы воздушной интегральной фотосъемки, проведенной в этот период в 1976, 1979 и 1986 годах. Исходя из ожидаемой размерности локальных структурных элементов кристаллического фундамента и осадочного чехла, наиболее полно использовались изготовленные из материалов контактной печати накладки монтажа масштаба 1:220 000, фотосхемы масштабов 1:100 000, 1:80 000, 1:50 000, 1:40 000, а для выявления дистанционных образов структур, их геоиндикаторов в ландшафте и для набора вспомогательных (морфологических, морфометрических) поисковых показателей – аэрофотоснимки (АФС) более крупного масштаба: 1:12 000–1:14 000.

Во время исследований выполнялось структурное и ландшафтно-геоиндикационное дешифрование МАКС, которое предусматривало последовательное решение следующих задач: 1) оценка взаимосвязи между особенностями строения современного ландшафта, физическими полями и структурой докембрийского фундамента и осадочного чехла территории; 2) определение характерных для ее ландшафтно-геологических условий геоиндикаторов внутренней структуры, отображающих напряженно-деформационное состояние вмещающих слоев; 3) количественный линеаментный анализ результатов дешифрования МДС и топокарт с целью оценки трещиноватости пород; 4) уточнение структуры изучаемого района и анализ характера деформаций по разноориентированным разломам и разрывам на основе использования МАКС и накопленных априорных геолого-геофизических данных [6–9].

Комплексная обработка данных ДЗЗ, их структурное дешифрирование, пространственное совмещение, сопоставление и анализ с накопленными материалами топо- и геолого-геофизических работ выполнялись с использованием специализированного программного продукта ERDAS Imagine, географической информационной системы (ГИС) MapInfo (тематические векторные и растровые слои априорных данных имелись в формате с расширением *.tab).

2. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

2.1. Региональные исследования

Характерной особенностью рассматриваемой территории является невысокий уровень сохранных естественных ландшафтов. В связи с этим основная роль в геоиндикационных исследованиях уделялась компонентам ландшафта, которые меньше испытали антропогенное преобразование и вместе с тем являются

достаточно физиономическими и информационными. Главным образом, это рельеф и рельефообразующие процессы. Определенные участки района исследований (поймы рек, эрозийная сеть, первые надпойменные террасы, заболоченные участки водоразделов, лесные массивы естественного происхождения и т. п.) в значительной мере остались вне хозяйственной деятельности человека, что дало возможность в их пределах учитывать все компоненты ландшафта. Повсеместно изучались почвы – хоть и деципиентный, однако достаточно инертный к изменениям современными геологическими процессами (в связи с хозяйственной деятельностью человека) компонент ландшафта.

Во время изучения разрывных деформаций наибольшее внимание уделялось анализу результатов структурного дешифрования, направленного на выделение показателей дистанционных образов, которые индицируют разнопорядковые глубокозалегающие пликативные и дизъюнктивные структурные формы кристаллического фундамента и осадочного чехла. Прежде всего, анализировались линейные объекты – линеаменты, образующие сложную сеть. Все они на МДС выявлены по прямым (цвет (тон), рисунок (форма) и размеры) и непрямыми (рельеф, эрозийная сеть, растительность, типы почв и др.) признаками. Образование зон концентрации субпараллельных линеаментов часто не связано ни с литологией, ни с рельефом. Они простираются, пересекая как разные геологические структуры, так и разные формы рельефа (речные долины и водоразделы), и обусловлены современными зонами напряженно-деформационного состояния горных пород.

Отдельные предполагаемые структурные элементы геологической среды дизъюнктивного характера в пределах территории исследований на снимках высокого пространственного разрешения и топоматериалах определялись по ряду признаков (геоиндикаторов): границы участков с различной степенью расчлененности рельефа и динамикой эрозийных процессов; спрямленные участки границ гипсометрических ступеней, градиентных уступов в рельефе, речных долин, берегов озер и болот, эрозийной сети, впадин, логов, потяжин, вымоин, водоразделов; коленообразные изгибы русел водотоков и долин, линейно вытянутые цепочки суффозионных проседаний, микрозападин, эрозионно-денудационных останцов, песчаных гряд, а также границы комплексов четвертичных отложений и их литофаций и отрезки с развитием специфических фаций гигрофильной растительности и т. п. На МДС, по большей части, все они проявляются удлинненными линиями аномальной смены фототона изображения. Эти линеаменты опосредствованно характеризуют внутреннее геологическое строение и особенности гидрогеологии района работ. Во время интерпретации территория исследований разделялась по типам рельефа или по видовым характеристикам ландшафта, потому что в различных ландшафтных условиях подобные формы могут по-разному интерпретироваться, то есть быть или не быть индикаторами глубинного строения.

Применение масштабного ряда дистанционных снимков в процессе структурного дешифрования обеспечивало выявление полезной структурной информации при разбраковывании аномалий (линейных и площадных). Использование мелкомасштабных КС давало возможность проследить различные

предполагаемые дизъюнктивные и пликативные структурные формы, а более крупномасштабных – детализировать их и уточнять. Тщательное дешифрование АФС и картосхем “сжатого рельефа” на основе анализа структурно-индицирующих показателей (морфографического, гипсометрического) способствовало распознаванию особенностей разных геологических элементов, например выделению структурных линий, или элементарных линеаментов.

Полученная в процессе дешифрования схема линеаментного поля отличается большой насыщенностью в отображении линеаментов, поэтому, непосредственная идентификация по ним разрывных нарушений усложнена. Принимая во внимание различные аспекты определения и классификации линеаментов, которые рассмотрены в работах [10, 11 и др.], для установления закономерностей в распределении по рангам проводилась их типизация соответственно признакам проявления на дистанционных снимках или местности, их отношению к геологическим объектам, их простирания, ширины и пр.

При отнесении линеаментов к дизъюнктивам учитывались основные закономерности в проявлении разрывных нарушений. Последние обычно проявляются в виде полос повышенной плотности более мелких оперяющих разрывов и трещин, простирающихся вдоль основных разломов, которые, в свою очередь, могут состоять из нескольких кулисообразных сочленяющихся ветвей. Такие полосы называют [10] зонами разломов. Их выявление – одна из задач структурного дешифрования, т. к. к ним обычно приурочены складчатые структуры и флексуорообразные изгибы пород.

Обычно зоны линеаментов шире выявленных геолого-геофизическими методами зон разломов, которые они отображают. Зоны закартографированных дизъюнктивов пространственно находятся внутри линеаментных зон. Это давало возможность уточнять области (зоны) аномального геодинамического влияния (АГДВ) разломов, активизированных на новейшем этапе развития земной коры, что особенно важно при решении задачи выбора мест глубинного захоронения РАО.

Информативной оказалась и компьютерная обработка линеаментного поля для определения пространственной организации линейных элементов. В частности установлено, что в пределах района исследований линеаменты группируются в 8 одномодальных систем шириной от 17 до 27°: северо-западного направления с азимутами простирания 297–322° и 322–340°, субмеридионального – 340–357° и 357–22°, северо-восточного – 22–45° и 45–70°, субширотного – 250–277° и 277–297°. Они хорошо совпадают с системами разломов Украины, установленными различными методами [12, 13]. В каждой паре систем линеаментов, как и систем дизъюнктивов, одна выражена более четко, чем другая. Так, более четко представлены системы линеаментов по направлениям 297–322°, 357–22°, 45–70° и 277–297°.

Анализ схем плотности линеаментов четырех систем, которые наиболее четко отобразились, показал, что все они имеют много общего. На всех схемах выделяются ярко выраженные линейные зоны повышенных и максимальных значений плотности различной длины, которые совпадают с известными разломами. Эти зоны, как правило, сориентированы согласно с модальными значениями

распределений азимутов простирания линеаментов. Наряду с тем, встречаются и поперечные структуры, которые направлены под углом, близким к прямому, к структурам главного простирания. Такие элементы возникают как в местах сгущения отдельных продольных максимумов, так и отвечают зонам сдвига. Однако, последнее нуждается в дополнительных специальных исследованиях.

Установленные различия в особенностях распределения элементов ландшафта, которые свойственны для линеаментов разных систем, вероятно, связаны с характером тектонических деформаций по разноориентированным разрывным нарушениям. В пределах отдельных разломов характер распределения различных индикаторов линеаментов также неравномерный. Анализ данного пространственного распределения позволяет определить раскрытость структур на отдельных участках, что важно при оценке трещинной проницаемости пород.

Таким образом, установленные разрывные нарушения представляют собой каркас тектонической структуры территории исследований, а движения по ним определяют образование локальных блоков, поднятий. При дешифровании МАКС намечился общий рисунок сети разрывных нарушений и очертились области их АГДВ, выявились отдельные локальные разрывы. Эти данные легли в основу регионального структурно-тектонического районирования Коростенского плутона и прилегающей территории ЗО масштаба 1:200 000 (рис. 1).

По нашим данным [6–8 и др.], район работ расположен в пределах узла пересечения двух больших региональных структур субмеридионального и субширотного простирания. Первая структура отвечает известной Одесско-Брусиловской зоне глубинных разломов, которая, начиная с архея, имела влияние на строение Украинского щита (УЩ) в целом. Она контролирует многочисленные проявления гидротермально-метасоматических процессов. Формирование данной зоны связано с глубокой перестройкой земной коры [14].

На территории исследований в Одесско-Брусиловской зоне глубинных разломов выделяется ограничивающее ее региональную структуру Брусиловское нарушение. Кроме того, в зоне установлены еще несколько структур высшего порядка. Все линейные объекты субмеридионального простирания в большинстве своем плохо дешифрируются на МАКС. Каждая из них имеет относительно небольшую протяженность.

По данным обзорных материалов космосъемки субширотная структура в регионе прослеживается далеко на запад, фактически к побережью Атлантического океана, а также на восток. Без сомнения, это региональный глубинный разлом. В пределах данной структуры размещается Северо-Украинская горсто-грабеновая зона [15]. Структура имеет очень неоднородное строение, прошла сложный путь развития. Вертикальные перемещения пород по ней происходили, начиная с рифея, в течение всего фанерозоя, включая неотектонический и современный этапы.

Субширотные линейные объекты относительно равномерно расположены на всей территории, так что установить границы между отдельными из них достаточно сложно. На МАКС и топокартах они четко отображаются, легко дешифрируются, а соответствующие им индикаторы имеют значительную протяженность.

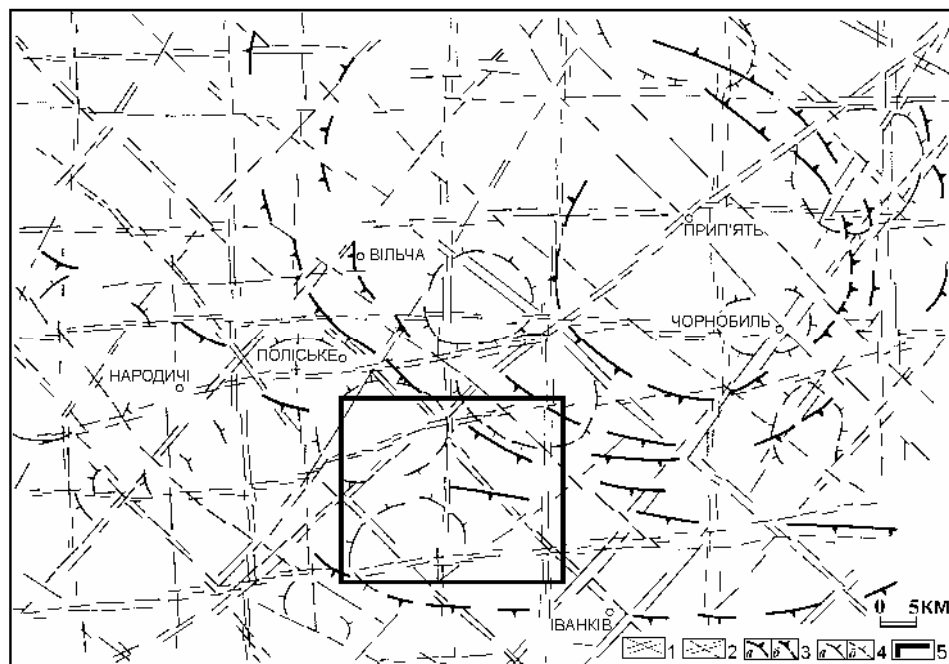


Рис. 1. Схема основных линеаментов и кольцевых структур района Коростенского плутона и прилегающей территории зоны отчуждения ЧАЭС (по результатам дешифрирования материалов дистанционных съемок): 1, 2 – линеаменты и их зоны, которые отображают разломно-блоковый каркас кристаллического фундамента и осадочного чехла: 1 – уверенно выделенные, 2 – неуверенно выделенные; 3 – контуры кольцевых и дугообразных элементов ландшафта, отдешифрированных на КС высокого уровня генерализации, которые вероятно отображают связанные с подкоровым магматизмом структуры: а) уверенно выделенные, б) неуверенно выделенные; 4 – криволинейные элементы ландшафта, выявленные на средне- и крупномасштабных КС и отображающие активизированные на новейшем этапе блоки кристаллического фундамента: а) уверенно выделенные, б) неуверенно выделенные; 5 – Вереснянский участок детальных исследований.

Еще одной крупной структурой, хоть и меньшей, чем вышеописанные, является Тетеревская северо-восточного простирания, соответствующая одноименной зоне глубинных разломов [5]. Это система мантийных дизъюнктивов, сформированных в раннем докембрии с многократной тектонической активизацией, включая неотектонический этап развития. Их активность отобразилась преимущественно в виде подъема территории, что фиксируется относительно повышенными значениями отметок поверхности фундамента. Тетеревская зона состоит из двух краевых разломов: Тетеревского-I и Тетеревского-II, которые ее ограничивают. Вдоль первого из них, который прослеживается в рассматриваемом районе, наблюдается изменение характера магнитного и гравитационного полей.

Северо-западные разломы в регионе имеют достаточно значительную протяженность. Они хорошо выделяются по комплексу индикаторов по результатам дешифрирования МАКС и топокарт. В отличие от структур субширотного и субмеридионального направлений, северо-западные и северо-восточные структуры имеют четкие границы.

Исходя из длины разрывных нарушений разного направления, их отображение в современном ландшафте описываемой территории, характера распределения разломов по площади, особенностей их строения и по аналогии с другими регионами УЩ и Восточно-Европейской платформы (ВЕП), дизъюнктивы субмеридионального простирания отнесены нами к структурам растяжения, по которым происходило опускание слоев земной коры. Субширотные нарушения являются типичными структурами сжатия, по которым происходило поднятие горных пород со значительной амплитудой, о чем свидетельствуют данные геологических исследований. Разломы северо-восточного и северо-западного направления – это структуры скола, на что указывает характер их отображения в элементах ландшафта.

Следовательно, формирование современных разломов территории исследований происходит в условиях субмеридионального сжатия и субширотного относительного растяжения. Аналогичная ориентировка тектонических напряжений установлена и в других районах УЩ и ВЕП.

Таким образом, комплексом исследований с применением МДС установлено, что в целом сеть линеаментов и их зон отображает региональный геотектонический разломно-блоковый каркас кристаллической основы и осадочного чехла, который определяет общий структурный план региона и схему расположения в его пределах отдельных геологических объектов.

2.2. Детальные исследования

Как отмечалось выше, анализ пространственной организации выявленных разрывных нарушений, областей их АГДВ дал возможность выделить блоковые поля рассматриваемого района. Ввиду конкретной тематической направленности исследований, особое внимание было обращено на относительно стабильные, монолитные блоки земной коры, отображение которых в ландшафте дневной поверхности характеризуется низкой степенью расчлененности рельефа и динамикой современных эрозийных процессов. В пределах данных блоков отсутствуют реки, другие постоянно действующие водотоки, градиентные уступы в рельефе и т. п. Поэтому по результатам дешифрирования МАКС и топокарт для них присущие минимальные значения плотностей дискретных элементарных линеаментов (структурных линий), которые в совокупности представляют собой соответствующее поле. В частности, в пределах восточного склона Коростенского массива кристаллических пород был выделен Вереснянский участок (рис. 1).

При исследовании данного участка за основу был принят вышеописанный каркас региональной тектонической структуры территории работ, который в первом приближении удалось детализировать, используя имеющиеся детальные высотные фотоснимки и топокарты. Так установлено, что линеаментные структуры

северо-восточной ориентации прослежены здесь по линиям соответствующих отрезков рек Вересня, Олешня, Термаховочка, Болотная и Бобер; северо-западного простирания – вдоль отрезков рр. Чертовец и Болотная. Зоны субмеридионального и субширотного направления выявлены по линейным индикаторам определенных отрезков долины р. Вересня.

При непосредственном изучении общей структуры поля элементарных линеаментов в пределах исследованного Вереснянского участка замечено, что разноориентированные, разъединенные линейные элементы группируются в линеаменты и их зоны, насыщая и отображая внутреннее строение последних. Они объединяются в закономерно построенные системы определенных направлений, главными из которых являются диагональные с преобладанием азимутов простирания от 305° до 330° (северо-западные) и $35-45^\circ$ (северо-восточные), а также ортогональные, направленные по азимуту $0^\circ \pm 5^\circ$ (субмеридиональные) и $270^\circ \pm 5^\circ$ и 255° (субширотные). Данные системы контролируют друг друга простиранием и размерами. Практически каждая из систем находит перпендикулярную к ней систему, образуя с ней динамопару. При этом подавляющее развитие имеет одна из них. В пределах той или другой локальной площади Вереснянского участка доминируют структурные линии, которые имеют то или иное направление (рис. 1, 2). По простираниям линейные элементы хорошо совпадают с установленными разными методами [12, 13] основными системами разломов Украины. Последние на платформенном этапе развивались сопряженно, образуя единственную динамическую систему соподчиненно связанных нарушений диагональной и ортогональной ориентации, которые стойко объединяются.

Вышеприведенные данные позволяют сделать правомерный вывод о том, что большинство отдешифрованных на МАКС линеаментов и их зон в пределах Вереснянского участка прослеживается вдоль осей разрядки напряженно-деформационного состояния горных пород. Тем самым они индицируют наличие локальных дизъюнктивных нарушений или составных разрывных структур разных морфогенетических типов более низкого ранга, которые развиты в земной коре района и являются границами основных блоковых полей. В пределах последних происходит локализация аномальных полей геодинамических напряжений.

Сравнительно со структурно-тектонической схемой района работ масштаба 1:200 000, которая была получена нами на региональном этапе исследований, в пределах Вереснянского участка на детальном уровне (масштаб 1:100 000) было уточнено внутреннее строение зон основных разломов (Брусиловского и Тетеревского-I), а также образованных ими блоков. Так, в пределах последних выявлен ряд субширотных (11–11, 12–12) неоднородных линейных зон (рис. 2).

По морфологическим признакам большинство уточненных разрывных деформаций в плане представлены типичными сдвигами (собственно сдвигами и трансформными дизъюнктивами), которые связаны с горизонтальным перемещением масс горных пород. Это вытекает из анализа внутреннего строения зон, представляющих собой полосы кулисно-расположенных продольных отдельных сколов, а также из пространственного их соотношения. Последнее ярко

выражено в узлах пересечения этих дислокаций, где результаты сдвиговых горизонтальных перемещений проявились наиболее четко.

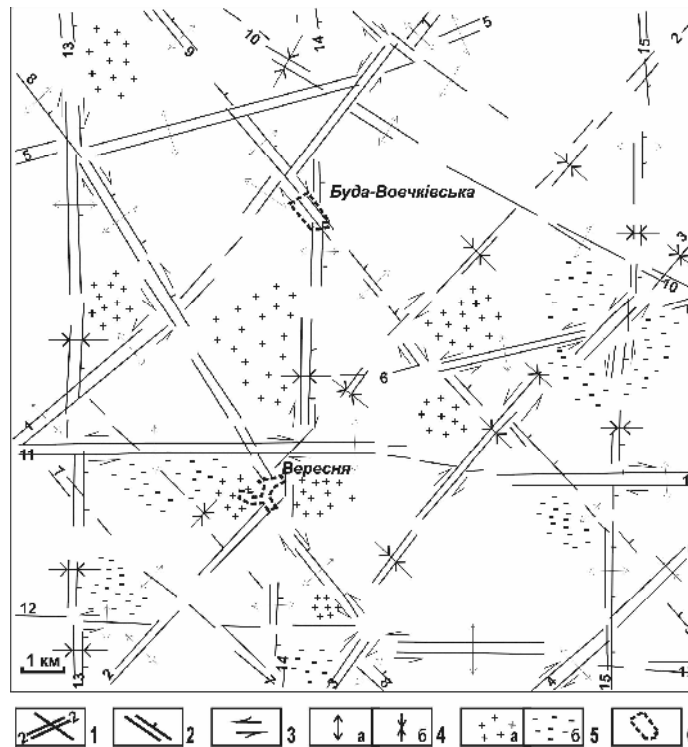


Рис. 2. Схема разломно-блокового строения Вереснянского участка с элементами современной геодинамики (по результатам дешифрирования материалов дистанционных съемок): 1 – линеаменты и их зоны, отображающие разломно-блоковый каркас кристаллического фундамента и осадочного чехла, 2 – предполагаемые направления падения плоскостей сбрасывателей дизъюнктивов, 3 – отрезки выявленных и предполагаемых разрывных нарушений с четко выраженной сдвиговой составляющей, 4 – прогнозируемые линейные зоны растяжения (а) и сжатия (б), 5 – локальные области подавляющего развития напряжений сжатия (а) и растяжения (б), 6 – контуры населенных пунктов.

В то же время по отдешифрированным геоиндикационным признакам (по большей части позитивные формы рельефа для висячего крыла и негативные – для лежащего) некоторые зоны северо-западного и субмеридионального направления интерпретируются как сбросо-сдвиги. И этот факт не противоречит имеющимся результатам геофизических работ, согласно с которыми в пределах территории исследований именно в северо-восточном и субширотном направлениях наблюдается медленное погружение поверхности докембрийского кристаллического фундамента и покрывающих его отложений чехла. Очевидно, по своей структурной выраженности эти нарушения отличаются небольшой

амплитудой вертикальных перемещений, морфологически представляясь согласными сбросами, образующими систему согласных уступов (ступеней).

Таким образом, на основе тектонофизической интерпретации имеющихся данных дешифрирования МАКС и геолого-геофизических работ в пределах района исследований выявлены закономерности системной организации разломно-блоковых структур. Более детальный анализ распределения разнонаправленных деформаций на Вереснянском участке позволил выделить локальные области преобладающего развития напряжений растяжения и сжатия, которые в основном тяготеют к узлам пересечения парагенетически связанных диагональных и ортогональных дизъюнктивов (рис. 2). Части локальных блоков, которые испытывают действие сил сжатия, в пределах участка, в частности, закартированы между 9–9 и 13–13, 1–1 и 13–13, 8–8 и 14–14, 2–2 и 6–6, 9–9 и 11–11, 2–2 и 11–11 и 11–11 и 14–14 зонами нарушений. В элементах ландшафта дневной поверхности для них присущие позитивные формы рельефа (в основном водоразделы), увеличение части песчаных литофаций и т. п. На наш взгляд, именно в пределах этих площадей необходимо в последующем детализировать структурно-тектонические особенности глубокозалегающих горизонтов земной коры, выполнять геодинамические реконструкции, но на другой, более высокоточной информационной основе.

Площади доминирующего развития деформаций растяжения на Вереснянском участке выявлены между 6–6 и 10–10, 3–3 и 15–15, 11–11 и 13–13, 9–9 и 15–15, 7–7 и 13–13, 3–3 и 14–14 зонами разрывов. Для них, соответственно, характерны негативные формы рельефа, что проявляется развитием площадного заболачивания, наличием мелких озер, небольших водоемов, равномерно расположенных микрозападин и суффузионных проседаний в результате бессточного характера поверхностных вод. На АФС, в частности, они индицируются наличием особых почвенно-геоботанических признаков, которые, преимущественно, отличаются аномальным (более темным) фототонном изображения от соседних площадей.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Таким образом, по результатам проведенных исследований разломно-блокового строения рассмотренного района с применением ДЗЗ/ГИС-технологий создана уточненная структурно-тектоническая картосхема масштаба 1:200 000 для территории ЗО ЧАЭС, а для Вереснянского участка детальных работ – масштаба 1:100 000 (рис. 2). Эти схемы существенно дополняют аналогичные существующие карты, особенно в отображении объектов дизъюнктивного генезиса.

В пределах Вереснянского участка предварительно выделены перспективные площадки для захоронения РАО в глубинных геологических формациях. Однако, они еще нуждаются в последующей детализации, для чего необходима дополнительная проработка более качественных МАКС и совместная интерпретация результатов их дешифрирования с априорными данными геолого-геофизических работ, которые должны соответствовать требованиям масштаба исследований. Например, в условиях значительной залесенности территории, слабо расчлененного рельефа использование материалов разносезонной сканерной многозональной космической съемки высокого пространственного разрешения на

местности (в спутника «Ikonos» – 1 м в пикселе для панхроматического снимка и 4 м в зональных снимках; в спутника «IRS» – 5,8 и 23 м соответственно), современной детальной (масштаба 1:12 000 и крупнее) интегральной и спектрзональной аэрофотосъемки, тепловой и радиолокационной дистанционной съемки, а также детальных (масштаба 1:10 000) топокарт, применение универсального программного продукта обработки изображений ERDAS Imagine, компьютерных программ линеamentного анализа и т. п. будет значительно более эффективным, информативным и достоверным при уточнении структурно-геоморфологических особенностей, картографировании новых линейных и площадных структурных неоднородностей геологической среды, установлении локальных закономерностей их пространственной организации, типизации предполагаемых разрывных деформаций по морфологии, очерчивании области их АГДВ и дифференциации по степени раскрытости в пределах Вереснянского или других альтернативных участков.

Список литературы

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році / [Шуфрич Н. І., Джарти В. Г., Патон Б. Є. та ін.]. – К.: Аг-во «Чорнобильінтерінформ», 2007. – 236 с.
2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році / [Шандра В. М., Філіпчук Г. Г., Данилишин Б. М. та ін.]. – К.: Аг-во «Чорнобильінтерінформ», 2008. – 229 с.
3. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
4. Состояние проблемы захоронения радиоактивных отходов в Украине и геологические аспекты их изоляции / [Э. В. Соболевич, В. М. Шестопапов, Р. Я. Белевцев, Б. Г. Яковлев] // Проблемы Чорнобильської зони відчуження. – 1996. – Вип. 3. – С. 5–16.
5. Тектоника нефтегазоносных областей юго-запада СССР (Объясн. записка к Тектон. карте нефтегазоносн. областей юго-запада СССР с использованием материалов косм. съемок. – М-б 1:500 000) / [Гарецкий Р. Г., Глушко В. В., Крылов Н. А. и др.] – М.: Наука, 1988. – 85 с.
6. Застосування матеріалів дистанційних зйомок при виявленні ділянок, сприятливих для захоронення РАВ у Зоні відчуження / О. Т. Азімов, Ю. Ф. Руденко, А. Я. Ходоровський [та ін.] // Геохімія та екологія: Зб. наук. пр. ІГНС НАН та МНС України. – К., 2001. – Вип. 3/4. – С. 292–301.
7. Азімов О. Т. Комплексні аерокосмогеологічні дослідження території Зони відчуження ЧАЕС і прилеглої району Коростенського плутону при виборі локальних площадок, придатних для глибинного депонування радіоактивних відходів / О. Т. Азімов // Косм. наука і технологія. – 2002. – 8, № 2/3. – С. 134–142.
8. Азімов О. Т. Дослідження тектонічних особливостей району Коростенського масиву кристалічних порід та території зони відчуження ЧАЕС за даними дешифрування аеро- і космознімків з метою вибору перспективних площадок для глибинного захоронення РАВ / О. Т. Азімов // Сб. науч. тр. НГА України. – Днепропетровск, 2001. – № 12, т. 1. – С. 284–289.
9. Азімов О. Т. Дослідження особливостей тектонічної будови території Зони відчуження ЧАЕС за комплексом матеріалів дистанційного зондування Землі з метою виявлення ділянок, придатних для поховання радіоактивних відходів у глибинних геологічних формаціях / О. Т. Азімов // Сб. науч. стат. к Х Юбил. междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» (10-14 июня 2002 г., г. Щелкино, АР Крым). В 2-х т. – Харьков: Фирма «Курсор», 2002. – Т. 2. – С. 520–523.
10. Кац Я. Г. Основы линеamentной тектоники / Я. Г. Кац, А. И. Полетаев, Э. Ф. Румянцева. – М.: Недра, 1986. – 140 с.
11. Космическая информация в геологии / Под ред. В. Г. Трифонова [и др.]. – М.: Наука, 1983. – 534 с.

12. Чебаненко І. І. Розломна тектоніка України / І. І. Чебаненко. – Київ: Наук. думка, 1966. – 179 с.
13. Чебаненко И. И. Теоретические аспекты тектонической делимости земной коры (на примере Украины) / И. И. Чебаненко. – Киев: Наук. думка, 1977. – 84 с.
14. Соллогуб В. Б. Земная кора Украины / В. Б. Соллогуб // Геофиз. сб. – 1982. – 4, № 4. – С. 3–25.
15. Гойжевський О. О. Північно-Українська горстово-грабенова зона у межах Українського щита / О. О. Гойжевський // Геол. журн. – 1972. – 32, вип. 5. – С. 81–88.

Азімов О. Т. Застосування ДЗЗ/ГІС-технологій при оцінці сучасної геодинаміки територій у контексті вирішення проблеми геологічної ізоляції небезпечних промислових відходів / О. Т. Азімов // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 3-15.

На основі аналізу елементів ландшафту за матеріалами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у межах району Коростенського плутону визначені основні індикатори структур диз'юнктивного характеру. Встановлено, що на території мережа лінементів та їх зон загалом відображає регіональний геотектонічний розломно-блоковий каркас фундаменту й осадочного чохла. Використовуючи геоінформаційні системи (ГІС), складено структурно-тектонічна схема району на сучасному етапі його розвитку. Вона є основою подальшого вивчення особливостей геологічної будови території з метою локалізації ділянок, сприятливих для захоронення радіоактивних відходів (РАВ). У межах однієї з них – Вереснянської – аналіз просторового розподілу локальних областей розвитку деформацій розтягнення і стиснення на сучасному етапі тектогенезу дозволив попередньо намітити перспективні площадки для захоронення РАВ.

Ключові слова: дешифрування, лінементи, диз'юнктивні структури, деформації, відходи.

Azimov O. T. RSE/GIS-technologies applying for recent geodynamics assessment of territories in the context of the geological isolation problem of the dangerous industrial waste / O. T. Azimov // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 3-15.

Analysis of the landscape units using of remote sensing of the Earth (RSE) data for the Korostensky pluton region shows the main indicators of the structures with disjunctive character. It was determined that lineaments network and their zones as a whole within the territory in question represents the regional geotectonic fault-block frame of the basement and sedimentary cover. Using geoinformation system (GIS) it was compiled the structure-tectonic scheme for the region at the recent stage of its evolution. The scheme is a base of the subsequent study for the territory's geological structure features to localize the sites appropriate for the radioactive waste (RAW) disposal. Within one of them – the Veresnia site – the analysis of a space allocation of local areas with process of tension and contraction deformations at the recent tectogenesis stage allows to outline the long-term grounds for the RAW disposal.

Keywords: decoding, lineaments, disjunctive structures, deformations, waste.

Поступила в редакцію 15.04.2011 г.

УДК 502.36:352/354

**МЕТОД ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПО МАТЕРИАЛАМ
КОСМИЧЕСКИХ СЪЁМОК
(НА ПРИМЕРЕ ТАТАРБУНАРСКОГО РАЙОНА ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ)**

Андреев С.М., Красовский Г.Я., Соловей В.В.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
E-mail: solovei_viktorii@ukr.net*

В статье описан метод оценивания плодородия почв, использующая оптимальный переход от точечных мест отбора образцов к моделированию поверхности данных и дальнейшем прогнозировании их состояния. Практические исследования метода проводились на примере Татарбунарского района Одесской области. Приведены рекомендации по оптимальному размещению с/х культур.

Ключевые слова: плодородие, кригинг, аккумуляция гумуса, мониторинг, севооборот, индекс вегетации, агроценоз.

ВВЕДЕНИЕ

Плодородие – это биологически качественное свойство, которое отличает почву от горной породы и делает это природное образование основным средством сельскохозяйственного производства и объектом применения труда.

Тема исследования плодородия почв особенно актуальна в настоящее время. Уже был разработан ряд программ национального уровня среди которых Программа «Аэрокосмические и наземные наблюдения в интересах устойчивого развития и безопасности» (GeoUA), решение НАН и НКА Украины от 17.01.2007, Концепция государственной целевой программы «Зерно Украины 2008-2015», Министерство аграрной политики Украины. Проблематика альтернативных способов исследований состоит в выборе оптимального метода перехода от точечных мест отбора образцов к моделированию поверхности данных и дальнейшем прогнозировании их состояния.

Целью исследования является разработка методики оценки плодородия по материалам космической съёмки.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- выполнен обзор существующих методик оценки плодородия почв;
- произведены отбор и обработка данных;
- построены тематические карты распределения показателей, влияющих на плодородие почв;
- выполнена классификация почв относительно содержания питательных веществ;
- рассчитан коэффициент относительной аккумуляции гумуса;
- выполнен анализ результатов и выдача рекомендаций.

ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА

Схематично изобразить методику, использующую космическую съёмку для оценки плодородия почв, можно следующим образом.

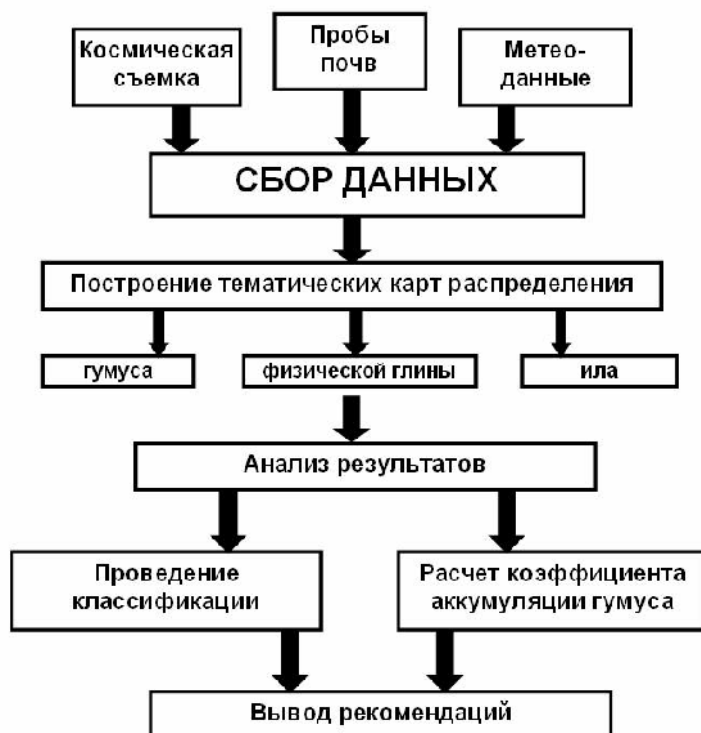


Рис. 1. Структурная схема методики оценки плодородия почв.

На площади, отведенной под исследование плодородия почвы, исследуют почвы, даже несмотря на наличие в хозяйстве почвенно-картографических материалов.

Полевое обследование почв проводят путем заложения ям, полуям и прикопок. Характер заложения разрезов и их количество на территории, где проводится картографирование, определяется категорией ее сложности. Основные разрезы, количество которых должно быть не меньше 10% от общего числа разрезов, закладываются на глубине 2,5-3,0 м.

Со всех генетических горизонтов почвы основных разрезов и по всей глубине выбирают образцы для проведения лабораторных анализов. В образцах определяют гранулометрический состав, количество гумуса, содержание обменно-поглощенных катионов, реакцию среды, рН солевой вытяжки, содержание валовой и подвижных форм азота, фосфора и калия, степень их засоления.

После полевого обследования почв создают полевой оригинал плана почв. На него наносят все разрезы, рядом с которыми указывают глубины гумусированной

части профиля почвы, почвообразующих и подстилающих пород в сантиметрах от поверхности. Затем создаются электронные карты, которые при последующей обработке дадут полную картину состояния почв не только в местах отбора образцов.

Электронные карты строятся для определения пространственного распределения уровней агрохимических показателей. Электронная карта полей дает возможность точно вести планирование, учет и контроль всех сельскохозяйственных операций, поскольку опирается на объективные знания площадей полей, протяженности дорог, информации о всех нанесенных на карту объектах. Для уточнений формы полей и их характеристик применяется мониторинг.

На основе карты полей (метрического описания поворотных точек) и результатов различных видов мониторинга в ГИС можно создавать производные карты, дающие дополнительную информацию для анализа и принятия управленческих решений. За первичную графическую информацию, как правило, принимаются топографическая карта административного распределения Украины масштабом 1:1500000 и физическая карта Украины масштабом 1:10000000 с определением высоты над уровнем моря.

Инструментом ориентирования и практического использования большого разнообразия почв, их видов, характеристик и показателей является классификация. Методы классификации значительно ускоряют работу, т.к. подытоживают уровень развития почвоведения и других агрономических и биологических наук, дают более полную картину, по которой можно точнее диагностировать почвообразовательные процессы, зависимости характеристик и показателей, свойств и взаимосвязей, необходимых для нормального развития растений.

После классификации необходимо осуществить переход от точечных мест отбора лабораторных образцов к моделированию поверхности. Для этого можно использовать геостатистические методы.

Поскольку геостатистические прогнозы основаны на статистике, они создают не только прогнозные поверхности, но также поверхности ошибки (достоверности) и неопределенности, являющиеся индикаторами качества прогноза. Кригинг позволяет решать два вида задач: количественная оценка пространственной структуры данных и прогнозирование. Первая задача, также называемая вариографией, заключается в подборе модели пространственной зависимости для описания данных. Для прогноза неизвестного значения исследуемой переменной в заданном местоположении кригинг будет использовать подходящую модель из вариографии, конфигурацию пространственных данных и значения, измеренные в точках опробования вокруг местоположения, для которого выдается прогноз. Кригинг представляет собой достаточно быстрый интерполятор, который может быть как строгим, так и нестрогим (сглаженным) в зависимости от используемой модели ошибок измерений.

Полигоны, полилинии и точки из любого исходного векторного файла можно преобразовать в растр. Арифметические операторы выполняют сложение, вычитание, умножение и деление двух растров или двух чисел или их комбинации.

В данной работе при помощи растрового калькулятора был высчитан показатель увлажненности почв – коэффициент относительной аккумуляции гумуса (КОАГ). Основой послужила формула:

$$КОАГ = \frac{\text{значение гумуса}}{\text{значение глины}} \times 10$$

Полученное изображение было отображено таким образом, что участки, где высокий уровень КОАГ имеют зеленый цвет, а территории с низким показателем увлажненности – красным. Именно «красным» зонам следует обратить внимание рекомендацию относительно орошения почв Дунайской водой. Увлажнение почвы как показатель имеет важное значение при оценке экологической комфортности местообитаний как для естественных так и для агроценозов (сельскохозяйственных растений).

**Показатель увлажненности почв на глубине 0-60 см
Татарбунарского района Одесской области**

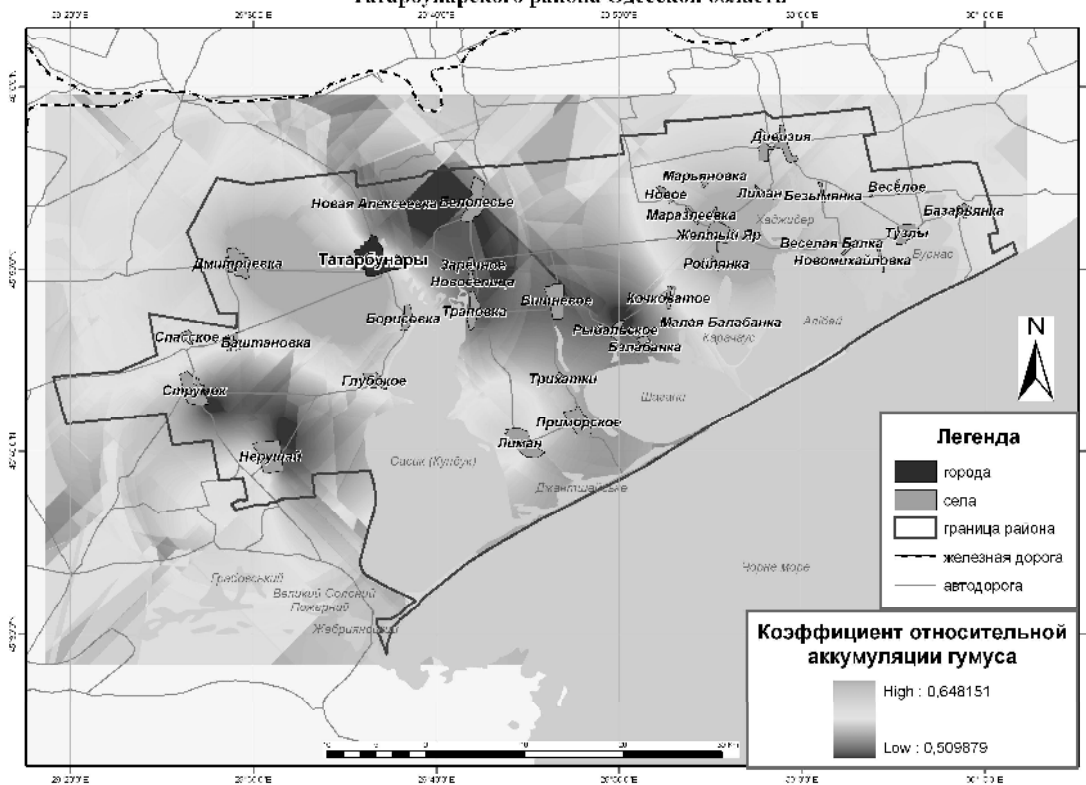


Рис. 2. Отображение коэффициента относительной аккумуляции гумуса с использованием растрового калькулятора

На основании полученных результатов были выведены следующие рекомендации относительно оптимального размещения сельскохозяйственных культур:

Таблица 1

Рекомендации по оптимальному размещению с/х культур

вещества культуры	Глина, %		Ил, %		Гумус, %		Питательные вещества, мг/100 гр почвы	
	45...52	53...60	25...32	33...40	2,5...3,2	3,3...4	5...10	11...21
Подсолнечник	-	+	-	+	-	+	-	+
Виноград	+	-	+	-	+	+	-	+
Озимая пшеница	-	+	-	+	-	+	-	+

В определении продуктивной способности почв важным (кроме природных условий) является севооборот как биологический фактор улучшения санитарного состояния. По данным исследований научных учреждений, большинство сельскохозяйственных культур в условиях бессменного выращивания даже при внесении повышенных норм удобрений по сравнению с севооборотом снижают урожайность, но не одинаково – на 20-50%. Самыми стойкими к бессменному выращиванию являются кукуруза, ячмень, овес, гречка, озимая пшеница, сахарная свекла, подсолнечник и картофель.

Озимая пшеница была и остается главной зерновой культурой – альтернативы ей нет. Она занимает более 50% в структуре посевных площадей. Эта культура является одним из самых лучших предшественников для сахарной свеклы, подсолнечника, кукурузы и других культур. Агротенциал озимой пшеницы зависит от увлажнения, гранулометрического состава почв и предшественников.

Основная масса корней плодовых деревьев и винограда (75%) сосредоточена в поверхностной шаре почвы (до глубины 0,5-1,0 м), стержневые корни достигают глубины 5-6 м, а иногда и более.

Виноград не очень требовательный к почве и условиям увлажненности, однако требует много тепла и глубокого корнесодержимого шара почвы. Виноград лучше размещать на южных склонах с теплыми (легкого гранулометрического состава) почвами. Он реагирует на карбонатность почвы. Оптимальное содержание карбонатов – 3-5%, не более 50% физической глины, иначе виноград не дает урожай. Плотные породы должны залегать глубже 1 м от поверхности, а грунтовые воды – не больше 1,5-2 м.

Отображение состояния растительности эффективно проводить с использованием современных методов ДЗЗ. В частности, для представления разности растительного покрова, а также для количественного подсчета плотности зеленой биомассы используют снимки низкого и среднего разрешения, которые могут быть получены практически для любого региона, имеют низкую стоимость и

высокую периодичность (до нескольких снимков в день). Это позволяет проводить анализ мультитременных изображений и дает возможность построения различных синтетических карт и композитов по многим параметрам.

Для решения поставленных задач были использованы снимки с разных космических аппаратов.

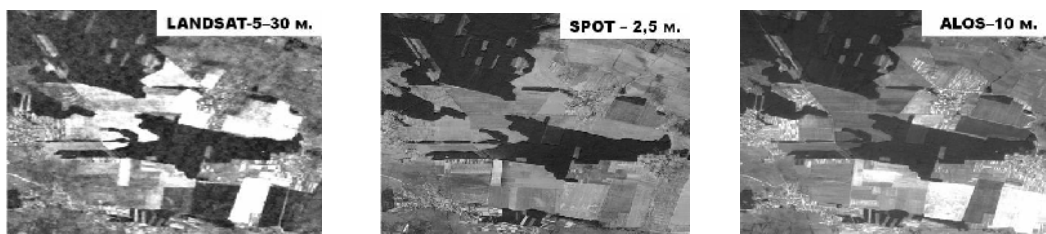


Рис. 3. Космические снимки с аппаратов LANDSAT-5, SPOT и ALOS

Для количественной оценки состояния растительности применяют различные индексы вегетации. Среди них индексы NDVI, SZI, SARVI, GVI и другие.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы.

NDVI может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющим спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (ArcView Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.).

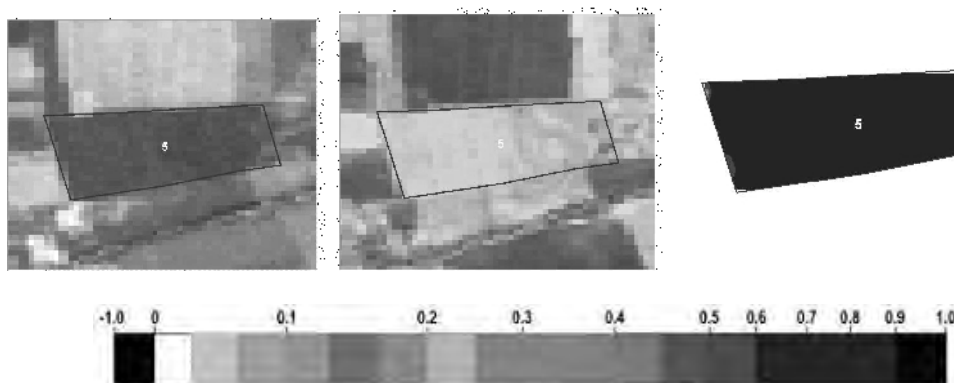
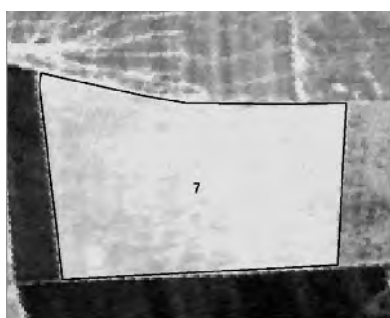


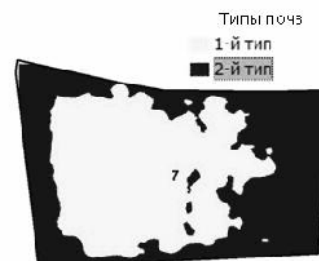
Рис. 4. Обработка информации, полученной с КА Landsat-5

SZI (Soil Zone Index) – индекс почвенного зонирования – отображает поверхность почвы, влажность, текстуру, распределение органических веществ и другие видимые характеристики. Этот индекс позволяет построить оптимальную стратегию выбора образцов почвы.

SARVI (Soil Adjusted and Atmospherically Resistant VI) – почвенный индекс вегетации, устойчивый к влиянию атмосферы.



а) Снимок с КА ALOS



б) Отображение индекса SARVI

Рис. 5. Обработка информации, полученной с КА ALOS

Green Vegetation Index (GVI) – зеленый индекс вегетации – отображает плотность зеленой биомассы.

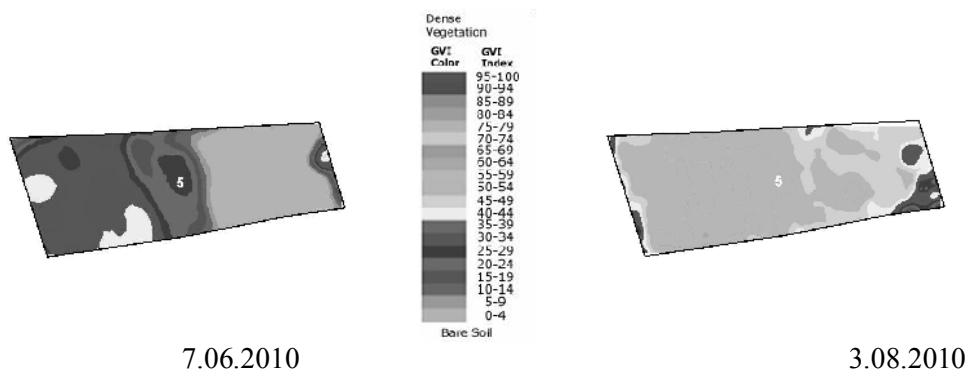


Рис. 6. Результаты обработки снимков с КА Landsat-5

Таким образом, данные ДЗЗ и ГИС позволяют не только оценивать плодородие почв, но также могут быть применены для контроля и планирования использования сельскохозяйственных земель. Использование космических съемок позволяет решить такие задачи:

- проводить инвентаризацию сельскохозяйственных земель, планирование полей, определение точных границ полей;

- осуществлять мониторинг севооборота, выявлять земли, которые не используются, контролировать рациональное использование сельхозугодий;
- прогнозировать неблагоприятные экологические явления, которые связаны с сельскохозяйственным использованием (ветровая и водная эрозия, вымерзания, засуха);
- определять зоны, подверженные засухе;
- определять районы незаконного репрофилирования сельскохозяйственных земель.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные наработки позволяют более систематизировано проводить оценку плодородия, а также дают возможность выделять проблемные участки и оперативно определять рекомендации по их рациональному использованию и улучшению состояния.

Разработки, представленные в работе имеют важное прикладное значение и являются новыми в практике отдельно взятого региона, могут быть реализованы в Украине в целом.

Список литературы

1. Берлянт А.М. Картография и геоинформатика. Итоги науки и техники. Картография./ А.М. Берлянт, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов — Т.14.- М.:ВИНИТИ, 1991. – 250 с.
2. Кочкин М.А. Почвы и пути их рационального использования/ М.А. Кочкин. – М. Колос, 1997. – 361 с.

Андреев С.М. Метод оцінки родючості ґрунтів за матеріалами космічних зйомок (на прикладі Татарбунарського району Одеської області) / Андреев С.М., Красовський Г.Я., Соловей В.В. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 16-23.

У статті розглянуто метод оцінювання родючості ґрунтів, який використовує оптимальний перехід від точкових місць відбору зразків до моделювання поверхні даних та подальшого прогнозування їх стану. Практичні дослідження методу проводились на прикладі Татарбунарського району Одеської області. Приведені рекомендації щодо оптимального розміщення с.-г. культур.

Ключові слова: родючість, кригінг, акумуляція ґрунту, моніторинг, сівозміна, індекс вегетації, агроценоз.

Andreev S.M. Method for soil fertility estimation with the use of space surveys (on the base of Tatarbunary district in Odessa region) / Andreev S.M., Krasovskiy G.Ya., Solovei V.V.// Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 16-23.

The method for estimating soil fertility which includes optimal transition from point sampling of samples to data surface modeling and their further state forecasting is presented in the article. Practical researches for method were carried out for Tatarbunary district in Odessa region. Recommendations for the optimal placement of farming cultures were presented.

Key words: fertility, kriging, soil accumulation, monitoring, crop rotation, vegetation index, agrocenosis.

Поступила в редакцію 31.03.2011 г.

УДК: 004.9+630

РОЗРОБКА ГІС-СЕРВЕРА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Барладін О. В., Ареф'єва С.І., Скляр О. Ю.

ЗАТ «Інститут передових технологій»

E-mail: iat@antex.kiev.ua

Розглянуто проблематику розробки та впровадження ГІС-сервера лісогосподарської галузі України, визначено його оптимальну структуру в умовах сучасного стану галузі з характеристикою конкретних автоматизованих робочих місць в архітектурі комплексу та його функціональних можливостей. Охарактеризовано планово-картографічні матеріали, особливості використання даних дистанційного зондування Землі для потреб ГІС-сервера лісогосподарської галузі. Здійснено розробку пілот-проекту ГІС-сервера на базі окремого лісництва.

Ключові слова: ГІС-сервер, геінформаційні технології, лісове господарство, лісовпорядкування.

ВСТУП

Постановка проблеми та зв'язок із важливими науковими і проектними завданнями

В наш час все більш нагальними та невідкладними завданнями в галузі лісового господарства стають збереження, раціональне використання та відновлення лісів.

Із розвитком інформаційних технологій висувуються нові вимоги щодо якості інформації про стан лісових ресурсів, зокрема, це точність, актуальність та повнота наявних даних. Такими якостями володіють планово-картографічні матеріали та дані дистанційного зондування Землі. Виникає необхідність у суттєвому підвищенні оперативності, достовірності та просторової узгодженості інформації задля значного підвищення ефективності лісовпорядкування [1].

Всі ці завдання дозволяють дієво вирішувати геоінформаційні технології як засоби для збору, графічного представлення (візуалізації), збереження, обробки та аналізу просторово розподілених даних. При цьому важливо, що графічне зображення об'єктів пов'язано з відповідними інформаційними (атрибутивними) відомостями про об'єкт.

Водночас, існування різних рівнів управління лісовим господарством (в масштабах держави, області, лісгоспу, лісництва) зумовлює, з однієї сторони, необхідність підтримки управлінських рішень (на рівні держави), а з іншої – підтримки безпосередньої виробничої діяльності (на рівні лісгоспу, лісництва) [2]. Все це зумовлює необхідність поєднання геоінформаційних технологій з програмними засобами, що базуються на клієнт-серверній технології. Таким чином, необхідним є створення програмного комплексу з централізованим управлінням – ГІС-сервера, що інтегрує в собі всі інформаційні процеси в лісогосподарській діяльності, забезпечує багатокористувальницький різномірний мережевий доступ до наявних даних, володіє ГІС-функціональністю та потужними засобами для здійснення просторового аналізу.

Важливо також зазначити, що ГІС-сервер підтримує різні види доступу до інформації: його можна ефективно застосовувати як для створення web-застосунків та ін., так і для розробки настільних додатків, що працюють з ГІС-сервером в режимі клієнт-сервер.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, присвячених розв'язанню цієї проблеми

Оптимізації процесів лісогосподарської діяльності присвячена певна кількість вітчизняних та зарубіжних розробок.

Так, у Білорусі розроблено ГІС «Лісові ресурси» для вирішення практичних завдань з обліку лісового фонду з використанням засобів супутникового позиціонування [3].

В Росії успішно функціонує система дистанційного моніторингу лісових пожеж для Міністерства природних ресурсів РФ. Її основною задачею є інформаційна підтримка робіт по виявленню та застосуванню необхідних заходів щодо усунення лісових пожеж [4].

Такі розробки підтверджують ефективність використання геоінформаційних технологій у лісогосподарській галузі як найбільш раціонального засобу для інтеграції різноманітної просторової інформації з потужним сховищем даних та можливостями для просторового аналізу [5].

ГІС-сервер для потреб лісогосподарської діяльності дозволяє вирішувати наступні задачі:

- підготовка картографічних матеріалів при проведенні лісовпорядкування: ведення, оновлення та уточнення лісовпорядних карт;
- створення тематичних лісових карт розподілу насаджень;
- таксація лісових масивів та ведення відповідної бази даних;
- підтримка технології векторизації лісовпорядних планшетів, в тому числі за матеріалами аерофото- та космозйомки території;
- пошук і вибір ділянок лісового фонду за певними критеріями: складом деревостану, віком, діаметром, висотою тощо;
- вибір оптимальних місць для будівництва лісових доріг, визначення відстані вивозу лісу;
- отримання аналітичних відомостей за тим чи іншим лісництвом, кварталом, лісовим виділом, групою виділів;
- поточне планування вирубок лісу, лісовідновлення, протипожежних та лісозахисних заходів;
- прогнозування природної та антропогенної динаміки лісонасаджень;
- підвищення рівня інформованості при прийнятті рішень.

Невирішені частини загальної проблеми

Необхідним є визначення оптимальної структури ГІС-сервера лісогосподарської галузі України як такого, що відповідатиме поставленим вимогам, особливостей підготовки та обробки планово-картографічних матеріалів, підготовки спеціалізованого геоінформаційного проекту.

Постановка завдання

Метою дослідження є визначення проблематики розробки та впровадження ГІС-сервера лісгосподарської галузі України для ефективного вирішення конкретних прикладних та наукових задач, що виникають в процесі лісгосподарської діяльності.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На території України державними лісовпорядними організаціями Державного агентства лісових ресурсів України згідно зі ст. 93 Лісового кодексу України здійснюється лісовпорядкування – система заходів, що пов'язана з визначенням меж і внутрішньогосподарською організацією території лісового фонду, яка перебуває в користуванні постійних лісокористувачів; виконанням топографо-геодезичних робіт і спеціального картографування лісів; виявленням деревостанів, що потребують рубок; обґрунтуванням поділу лісів на групи і віднесенням їх до охоронних категорій; обчисленням розрахункової лісосіки, обсягів рубок та обсягів використання інших видів лісових ресурсів тощо.

Результатом лісовпорядкування в Україні є значний картографічний масив даних, що, за умови його векторизації, є достатнім для створення повноцінного ГІС-сервера лісгосподарської галузі.

ЗАТ «Інститут передових технологій» розроблено пілот-проект ГІС-сервера окремого лісництва (рис. 1), що вміщує векторні матеріали результатів лісовпорядкування (матеріали ВО «Укрдержліспроєкт»), топографічну основу, матеріали дистанційного зондування Землі та спеціально підібрані, з урахуванням задач галузі, функціональні можливості.

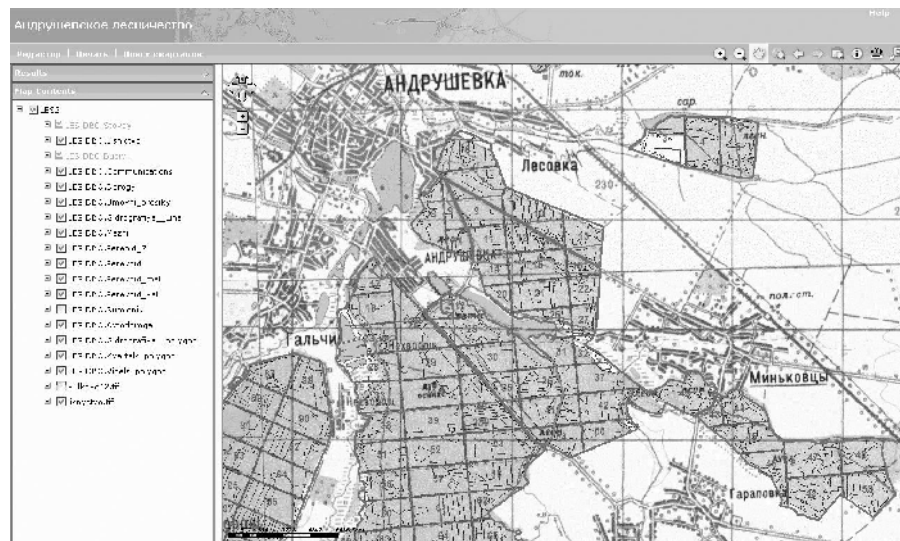


Рис. 1. Загальний вигляд інтерфейсу пілот-проекту ГІС-сервера окремого лісництва, створений на базі ArcGIS Server.

Картографічний масив даних результатів лісовпорядкування складається з наступних векторних шарів (рис. 2):

- лісництво;
- квартали;
- виділи;
- інші межі адміністративного і господарського поділу;
- гідрографія (лінійні об'єкти);
- гідрографія (полігональні об'єкти);
- шляхи сполучення;
- комунікації;
- будівлі;
- інші об'єкти.

В якості картографічної основи необхідним є використання топографічних карт масштабу 1:10 000, що забезпечує інформаційне навантаження та контроль точності планово-картографічних матеріалів.

Уточнення топографічних карт здійснюється завдяки використанню матеріалів дистанційного зондування Землі, що дозволяють відслідковувати динаміку використання лісового фонду; визначати місця пожеж, вирубки, наявність та стан лісових доріг; отримувати детальну інформацію про розподіл порід за виділом; контролювати види рубок (вибіркові, поступові, суцільні), площі вирубок; виявляти недороби, переруби тощо. На сьогоднішній день лісгосподарською галуззю України активно використовуються ортофотоплани, доступними є також космічні знімки з високим просторовим розрізненням (50-60 см), такі як QuickBird, WorldView-2 та GeoEye [6].

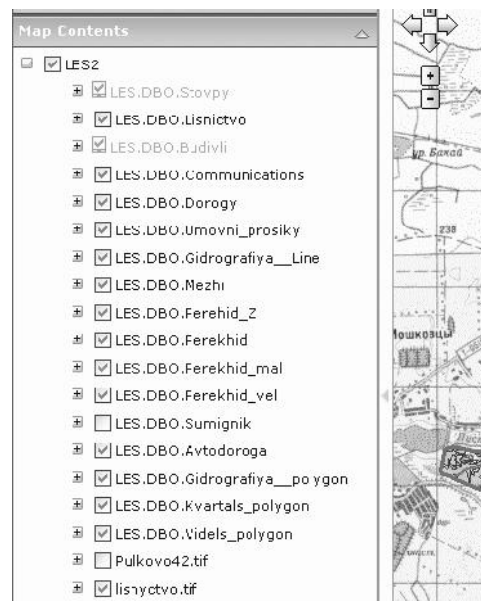


Рис. 2. Векторні інформаційні шари пілот-проекту ГІС-сервера окремого лісництва.

Загальна архітектура програмного комплексу ГІС-сервера лісгосподарської галузі має класичний вигляд та представлена на рис. 3.

Структурно програмний комплекс складають окремі інструментальні компоненти:

- Web Application Server;
- GIS Server;
- Geodatabase Storage.

За допомогою перших двох компонентів здійснюється управління програмним комплексом, а Geodatabase Storage виконує роль сховища геобаз даних результатів лісовпорядкування.

Компоненти системи реалізують різні технологічні блоки та вирішують окремі задачі на різних етапах. Взаємодія між компонентами системи реалізується шляхом обміну даними або доступом до інформаційних ресурсів та надає можливості для вирішення конкретної задачі. Водночас комплексне застосування технологічних блоків забезпечує найбільш повне використання системи та реалізацію рішень всіх необхідних задач в межах можливостей.

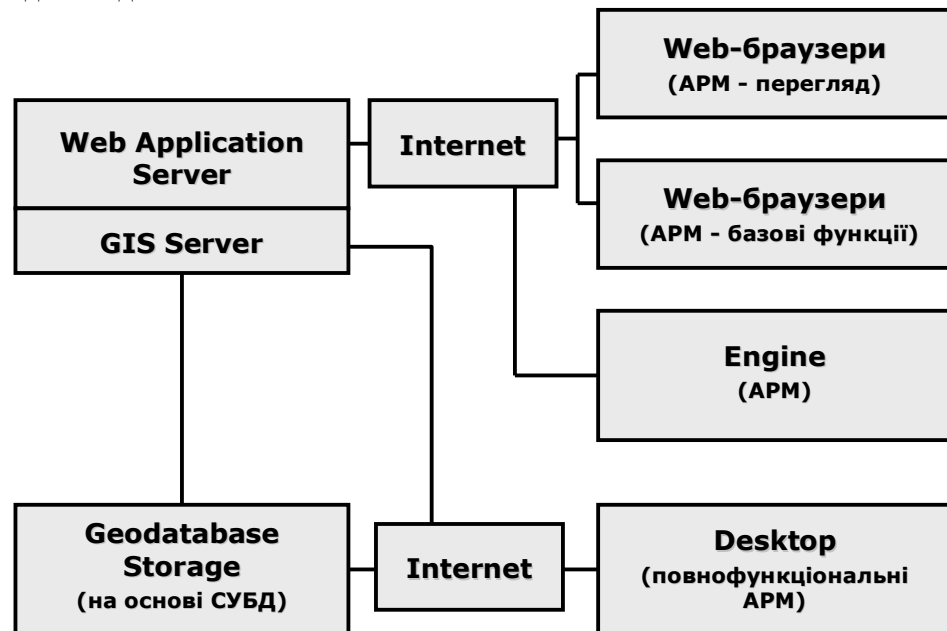


Рис. 3. Загальна архітектура програмного комплексу ГІС-сервера лісгосподарської галузі України.

В свою чергу, створюються відповідні автоматизовані робочі місця, що мають різні рівні доступу до інформаційних ресурсів та, відповідно, різні можливості.

Для визначення чіткого розмежування прав доступу до даних, що зберігаються на ГІС-сервері лісгосподарської галузі, необхідним є визначення наступних груп користувачів:

- *адміністратори (впровадження АРМ на базі Державного агентства лісових ресурсів України, ВО «Укрдержліспроект»)* забезпечують конфігурування та управління серверами, а також настільними додатками (Desktop), що працюють з ними в режимі клієнт-сервер; інсталювання програмного забезпечення, додавання користувачів, організацію та контроль рівнів доступу; підтримку безпеки, резервне копіювання тощо;

- *розробники web-застосунків (впровадження АРМ на базі обласних управлінь лісового та мисливського господарства)* здійснюють розробку інформаційних сайтів за результатами лісогосподарської діяльності. Окрім функцій перегляду інформації такий сайт може підтримувати базові функції управління просторовими даними, що включає управління шарами карти, автоматичний пошук об'єктів, редагування даних тощо;

- *користувачі АРМ Desktop (впровадження АРМ на базі лісовпорядних експедицій)* – спеціалісти лісового господарства, що здійснюють відповідне опрацювання даних за конкретними задачами на спеціально створених автоматизованих робочих місцях. Працюють в режимі одночасного редагування з мережевим доступом. АРМ можуть розрізнятися за рівнем користувача (АРМ головного інженера, начальника лісовпорядної партії тощо) та за задачами, що вирішуються (АРМ ведення бази даних лісокористувачів, лісовпорядних заходів тощо);

- *галузеві користувачі web-застосунків* - спеціалісти лісового господарства, що мають доступ до даних через Інтернет та використовують базові можливості редагування, використовуючи надану Web Application сервером функціональність. Структурно поділяються на наступні підгрупи:

- *АРМ керівників*, що приймають управлінські рішення за результатами робіт;

- *користувачі на базі лісгоспів та лісництв*, що безпосередньо зайняті в процесі лісогосподарської діяльності та мають актуальну інформацію про стан використання лісових ресурсів, просторові зміни лісовпорядкування.

- *користувачі web-застосунків* – найбільш чисельна група користувачів, що здійснює перегляд опублікованих даних через Інтернет.

В сучасних умовах стану лісогосподарської галузі України оновлення планово-картографічних матеріалів відбувається періодично спеціальними лісовпорядними експедиціями. Низькі технічно-матеріальна база та геоінформаційний рівень спеціалістів лісового господарства, що безпосередньо здійснюють лісогосподарську діяльність (рівень лісгоспів, лісництв) порушуючи актуальність просторової інформації не дозволяють здійснити перехід до перманентного оновлення планово-картографічних матеріалів. Впровадження вищеописаного ГІС-сервера лісогосподарської галузі, що враховує сучасний стан галузі, визначає конкретні АРМ з розмежуванням прав доступу та забезпечить умови для початкового переходу до бажаного перманентного оновлення планово-картографічних матеріалів.

Програмний комплекс ГІС-сервера лісогосподарської галузі забезпечує наступні функціональні можливості:

- здійснення статистичних обчислень та відповідно створення графіків, діаграм, гістограм за наявною інформацією;
- друк листів карт з індивідуальним оформленням із застосуванням табличної інформації;
- розмежування доступу кожного користувача до здійснення операцій, що визначається адміністратором;
- підтримка принципу мережевого доступу в режимі клієнт-сервер;
- оперативне резервування, відновлення та підтримка надійної безпеки інформаційних ресурсів.

ВИСНОВКИ

ГІС-сервер лісогосподарської галузі – це програмний комплекс з підтримкою необмеженої кількості повнофункціональних автоматизованих робочих місць з розмежуванням рівнів доступу кожного з них до наявних просторових даних, що дозволяє здійснювати одночасну роботу в режимі клієнт-сервер, володіє розширеною ГІС-функціональністю, орієнтований на якісне та оптимальне вирішення прикладних та наукових задач в сфері лісового господарства і прийняття оперативних та ефективних управлінських рішень.

В роботі представлено результати розробки ГІС-сервера лісогосподарської галузі України, охарактеризовано наявні планово-картографічні матеріали, архітектуру комплексу з конкретними АРМ різної функціональності та правами доступу, його функціональні можливості. На базі програмного продукту ArcGIS Server реалізовано пілот-проект ГІС-сервера окремого лісництва.

Реалізація такого ГІС-сервера та подібних йому представляється найбільш дієвою у порівнянні з використанням настільних локальних систем. Завдяки використанню ГІС-сервера досягається централізована та узгоджена робота з просторовими даними, а також підтримується їх цілісність. ГІС-сервер дозволяє наглядно демонструвати результати роботи органам державного управління, громадськості, потенційним інвесторам, а також забезпечує інформаційну взаємодію з іншими відомствами та організаціями.

Список літератури

1. Создание интегрированной многоуровневой ГИС мониторинга лесных пожаров и прогнозирования динамики лесных ресурсов / [Н.А. Абушенко, И.Н. Владимиров, А.В. Татарников, С.А. Тащилин, А.К. Черкашин] // Тезисы докладов конференции. – Иркутск: СО РАН, 2002.
2. Ходаков В.Е. Архитектура Web-ГИС лесничества / В.Е. Ходаков, М.В. Жарикова // Вестник ХНТУ. – 2009. – №1(34).
3. ГИС Лесные ресурсы, спутниковая навигация на базе Formap / НП ОДО "БЕЛИНВЕСТЛЕС". [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://belinvestles.by/Inf%20PO.html>. – 14.04.2011.
4. Российская система дистанционного мониторинга лесных пожаров / [Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, П.П. Шуляк и др.] // ArcReview. – 2004. - №4(31).

5. Барладін О.В. Використання геоінформаційних технологій для картографічного забезпечення актуальними даними лісового господарства / О.В. Барладін, В.П. Скавронський, О.Ю. Скляр // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2010. — № 1(19). — С. 227-232.
6. Барладін О.В. Геоінформаційний підхід та проблематика щодо оновлення планово-картографічних матеріалів з використанням аеро- та космічних знімків / О.В. Барладін, Л.І. Миколенко, О.Ю. Скляр // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип. 71. – С. 185-191.

Барладин А.В. Разработка ГИС-сервера лесохозяйственной отрасли Украины / А.В. Барладин, С.И. Арефьева, О.Ю. Скляр // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С. 24-32.

Рассмотрена проблематика разработки и внедрения ГИС-сервера лесохозяйственной отрасли Украины, определена его оптимальная структура в условиях современного состояния отрасли с характеристикой конкретных автоматизированных рабочих мест в архитектуре комплекса и его функциональных возможностей. Охарактеризованы планово-картографические материалы, особенности использования данных дистанционного зондирования Земли для нужд ГИС-сервера лесохозяйственной отрасли. Произведена разработка пилот-проекта ГИС-сервера на базе отдельного лесничества.

Ключевые слова: ГИС-сервер, геоинформационные технологии, лесное хозяйство, лесоустройство

Barladin O.V. The Ukrainian Forest Management GIS Server Development / O.V. Barladin, S.I. Arefyeva, O.Yu. Sklyar // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 24-32.

The problems of the Ukrainian Forest Management GIS Server Development and Implementation are considered. The optimal structure and functionality of GIS Server given the modern state of Forest Management are defined. The structural feature of specific Automatic Workstations in the complex architecture is described. The use of Cartographic Materials and Remote Sensing Data for the needs of the Ukrainian Forest Management GIS Server is characterized. Made the GIS Server Pilot Project Development based in the separate forestry.

Keywords: GIS server, GIS technologies, Forest Management, forest regulation

Поступила в редакцію 15.04.2011 г.

УДК 338.22:021.1

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО- ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Верченюк А.Д., Караева Н.В., Верлань А.А

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

E-mail: Alewki@ukr.net

В рамках данной работы обоснована необходимость использования интеллектуальных ГИС для решения задач моделирование и прогнозирование состояний территориально-производственных систем Украины (в частности, диагностики и классификации данных систем по уровню безопасности и устойчивого развития), так как в традиционных технологиях ГИС основным типом анализа данных является статистический анализ. Однако в условиях кризиса прогнозирование состояний территориально-производственных систем относятся к плохо формализуемым многопараметрическим задачам с недостаточно определенной информацией и многочисленными связями между показателями. Также в работе предложена архитектура программного комплекса, позволяющего интегрировать в ГИС технологию расчетов нейронных сетей для решения задач диагностики и классификации территориально-производственных систем, и разработан алгоритм построения структуры нейронной сети.

Ключевые слова: интеллектуальная геоинформационная система, нейросетевые модели, диагностика, территориально-производственные системы.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день, разработка политики обеспечения экономической безопасности и устойчивого развития социально-экономических систем Украины должна базироваться на результатах мониторинга состояния территориально-производственных систем (ТПС). Основными задачами мониторинга являются: сбор, хранение, анализ и прогнозирование состояний объектов мониторинга.

Традиционно в задачах мониторинга используются геоинформационные системы (ГИС), предназначенные для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственно-временных данных. Так, согласно [1], технология ГИС объединяет традиционные операции для работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, который предоставляет карта. При таком подходе основным типом анализа данных в ГИС является статистический анализ.

Однако, моделирование и прогнозирование состояний ТПС относятся к плохо формализуемым многопараметрическим задачам с недостаточно определенной информацией и многочисленными связями между показателями.

Как правило, в современной практике для решения подобных задач используется ряд статистических методов. В связи с тем, что часть информации о деятельности ТПС часто представлена не в полном объеме, и не всегда является достоверной, то обычные методы не позволяют решать данные задачи, или дают неадекватные результаты [2]. Также с развитием компьютерной техники в последнее время для решения класса подобных задач стали широко использоваться следующие методические подходы:

- метод дискриминантного анализа;
- методологию искусственных нейронных сетей (в дальнейшем для упрощения будем просто именовать «нейронные сети»).

При этом применение дискриминантного анализа даёт больше информации для анализа результатов (анализ положения объекта в пространстве дискриминантных функций, траектория движения объекта, расстояния между объектами), что делает его также полезным в исследовании. Однако дискриминантный анализ работает лишь в случае линейной делимости классов, а диагностика, на основе нейронной сети, справляется с задачей, когда классы линейно неразделимы.

Так согласно [2], диагностика состояний сложных систем с помощью нейронных сетей по сравнению с другими методами, например методами дискриминантного анализа, предъявляет менее жёсткие требования к исходным данным. Поэтому системы на основе искусственных нейронных сетей широко используются в различных областях экономики и техники. Наибольшее распространение в этих областях получили следующие задачи [3]:

- прогнозирование значений моделируемых показателей экономики и энергетики;
- идентификация объектов и переменных и классификация их состояний;
- получение аппроксимационных моделей показателей систем;
- оптимизация целевых функций;
- управление процессом развития сложных экономических и энергетических систем;
- создание высокоскоростных систем обработки информации (на основе ассоциативной памяти);
- распознавание зрительных образов.

Кроме нейронных сетей для рассматриваемых задач в последнее время в научной литературе с целью повышения эффективности моделирования неопределенности реального мира предлагают использовать ГИС в виде систем поддержки принятия решений. Нечеткая логика в данном случае позволяет определить пути представления неопределенности реального мира с помощью ГИС [4].

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с вышеизложенным, ставится задача разработки интеллектуальной геоинформационной системы в задачах диагностирования ТПС, что позволяет использовать ГИС в задачах диагностики, прогнозирования и классификации ТПС. Данная разработка является актуальной в условиях интеграции украинской экономики в глобальную, позволяет оценивать ситуацию и прогнозировать

возможные варианты в условиях дефицита информации в процессе функционирования ТПС и, как следствие, неопределенности в экономике Украины.

Таким образом, целью работы является разработка архитектуры программного комплекса, позволяющего интегрировать в ГИС, технологию расчетов нейронных сетей для решения задач диагностики и классификации ТПС, и разработка алгоритма построения структуры сети.

2. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Начальная стадия построения системы диагностики с использованием нейронной сети заключается в выборе структуры последней, и этот выбор должен определяться особенностями решаемой задачи. В ходе решения задачи диагностирования ТПС после проведенных исследований, была выбрана следующая методика построения структуры сети.

Каждый нейрон характеризуется своим текущим состоянием состоит из группы синапсов - однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов. Каждый синапс характеризуется величиной синаптической связи, или ее весом, который по физическому смыслу эквивалентен электрической проводимости.

Текущее состояние нейрона определяется как взвешенная сумма его входов:

$$s = \sum_{i=1}^n X_i W_i, \quad (1)$$

где X_i - входной вектор, W_i - матрица весов. Выход нейрона есть функция его состояния:

$$y = f(s), \quad (2)$$

Выходная функция называется функцией активации. В принципе, эта функция может быть любой. Для задач диагностики ТПС предлагается использовать логистическую сигмоидальную функцию:

$$f(s) = \frac{1}{a + e^{-as}}, \quad (3)$$

где a - коэффициент, определяющий степень обучения сети, S - полученный сигнал нейрона. Потому что она дифференцируема на всей оси s и её значения лежат в диапазоне $[0,1]$:

$$f'(s) = a * f(s) * [1 - f(s)]. \quad (4)$$

После выбора функции активации синапсов встает вопрос ёмкости нейронной сети (НС), то есть числа образов, предъявляемых на ее входы, которые она способна научиться распознавать. Для сетей с числом слоев больше двух он остается открытым. Однако в задачах классификации и диагностики очень редко используются многослойные перцептроны с большим числом скрытых слоев. В большинстве случаев их число не превосходит двух - трёх. Как показано в [5], для НС с двумя слоями, т.е. выходным и одним скрытым слоем, детерминистская емкость сети C_d оценивается следующим образом:

$$N_w / N_y < C_d < N_w / N_y * \log(N_w / N_y), \quad (5)$$

где N_w - число подстраиваемых весов, N_y - число нейронов в выходном слое.

Для обеспечения требуемой разрешимости выходного слоя сети, выполняющего окончательную часть диагностики ТПС, требуется определить необходимое и достаточное количество выходных нейронов. При этом каждый логический уровень - «1» и «0» - будет обозначать отдельный класс. На двух выходах можно закодировать четыре класса, на четырех - восемь и так далее. Для повышения достоверности диагностики желательно ввести избыточность путем выделения каждому классу одного нейрона в выходном слое или, что еще лучше, нескольких нейронов, каждый из которых обучается определять принадлежность образа классу со своей степенью достоверности, например: высокой, средней и низкой. Такие НС позволяют проводить диагностики и классификацию входных образов, на основе нечетких логик. Это свойство приближает подобные НС к мыслительным процессам человека.

После того как сеть сформирована, необходимо её обучить. Настройка сети заключается в определении значений весов связей таким образом, чтобы при контрольных просчётах объектов обучающей выборки получалась наименьшая ошибка распознавания. В проведённых исследованиях для обучения сети использовался алгоритм обратного распространения ошибки. Этот метод относится к первой группе алгоритмов локальной оптимизации с вычислением частных производных первого порядка.

В качестве реализации данной методики при решении задачи диагностирования ТПС совместно с институтом экономики и прогнозирования НАН Украины в рамках научно-технического проекта «Разработка нейросетевой модели прогнозирования и управления рисками логистического контура энергообеспечения экономики» была разработана структура нейронной сети (рис. 1).

Характеристика разработанной нейронной сети следующая:

- количество узлов в входном слое: 27;
- число узлов в скрытом слое: 9;
- число узлов в выходном слое: 1;
- алгоритм обучения: алгоритм обратного распространения ошибки;
- функция активации: логистическая сигмоидальная;
- коэффициент обучения: 0.6.

Точность подбора этих параметров означает способность нейронной сети к обучению. Входные узлы соответствуют финансовым коэффициентам, используемым для прогнозирования неконкурентоспособности предприятия. Значение единого узла (выходного) – показатель финансовых возможностей предприятия. Нейроны выходного слоя соответствуют решениям, которые применяются, или оценкам ситуаций.

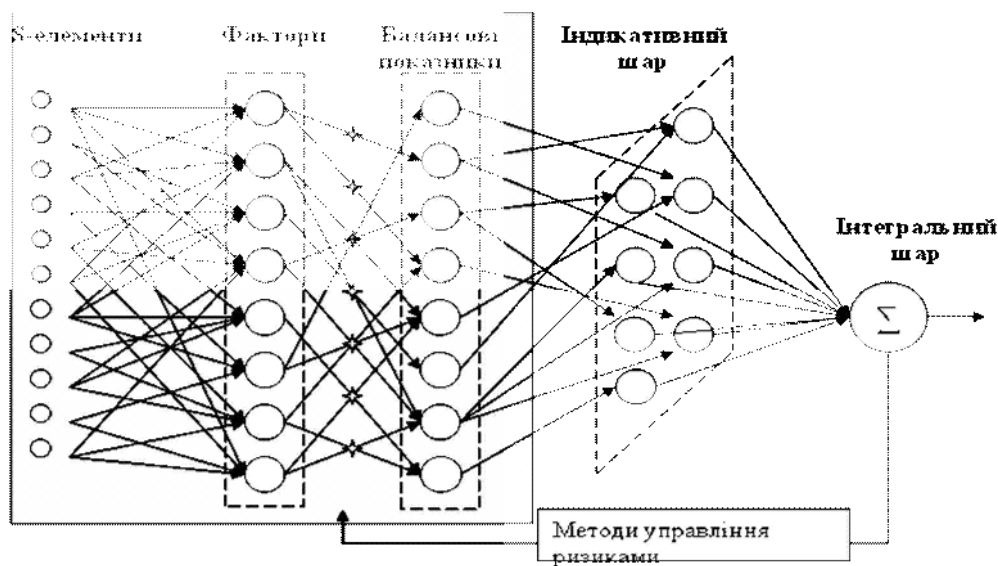


Рис. 1. Разработанная структура нейронной сети.

3. АРХИТЕКТУРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

При проектировании архитектуры интеллектуальной ГИС были положены следующие принципы создания программного комплекса (ПК):

- 1) ПК должен быть платформо независимым для пользователя;
- 2) ПК должен быть многопользовательский, то есть одновременно могут работать n-е количество пользователей;
- 3) скорость обработки данных и расчет результатов должен быть приближен к системам реального времени, то есть максимально уменьшено время обработки данных и решения задачи;
- 4) результат работы ПК должен быть визуализирован в удобной для пользователя форме и быть ему помощником в поддержке принятия решений.

Таким образом, отталкиваясь от вышеуказанных принципов, была разработана следующая архитектура ПК (рис. 2).

Как показано на рис. 2, интерфейс работы с пользователем представлен в виде веб-портала, посредством которого осуществляется удаленная работа с ПК. Выбор данного подхода обусловлен следующими принципами:

- ПК для конечных пользователей доступен для работы через любой веб-браузер Internet Explorer Mozilla Firefox Opera Safari ;
- с ПК может работать n-е количество пользователей одновременно.

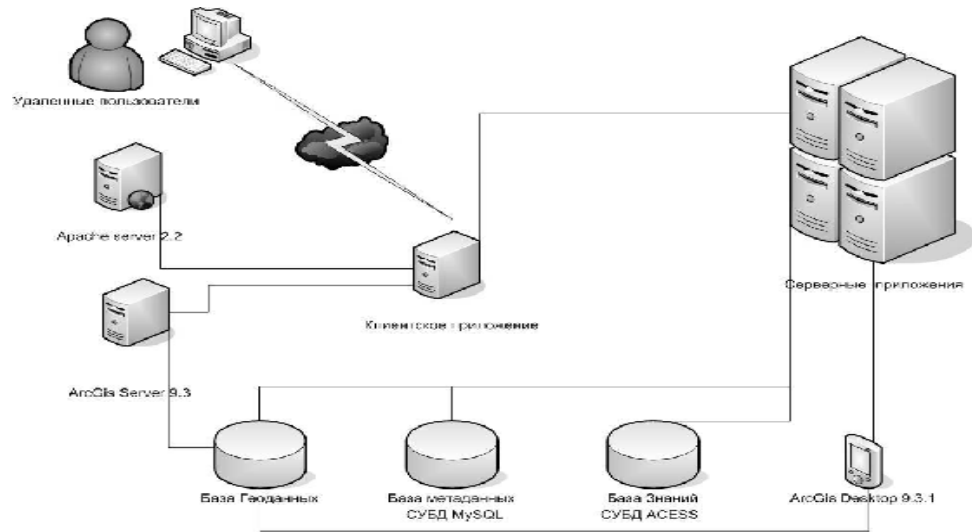


Рис. 2. Архитектура программного комплекса.

Отталкиваясь от 3-го принципа проектирования архитектуры, была предложена следующая схема взаимодействия компонентов ПК (рис. 3).

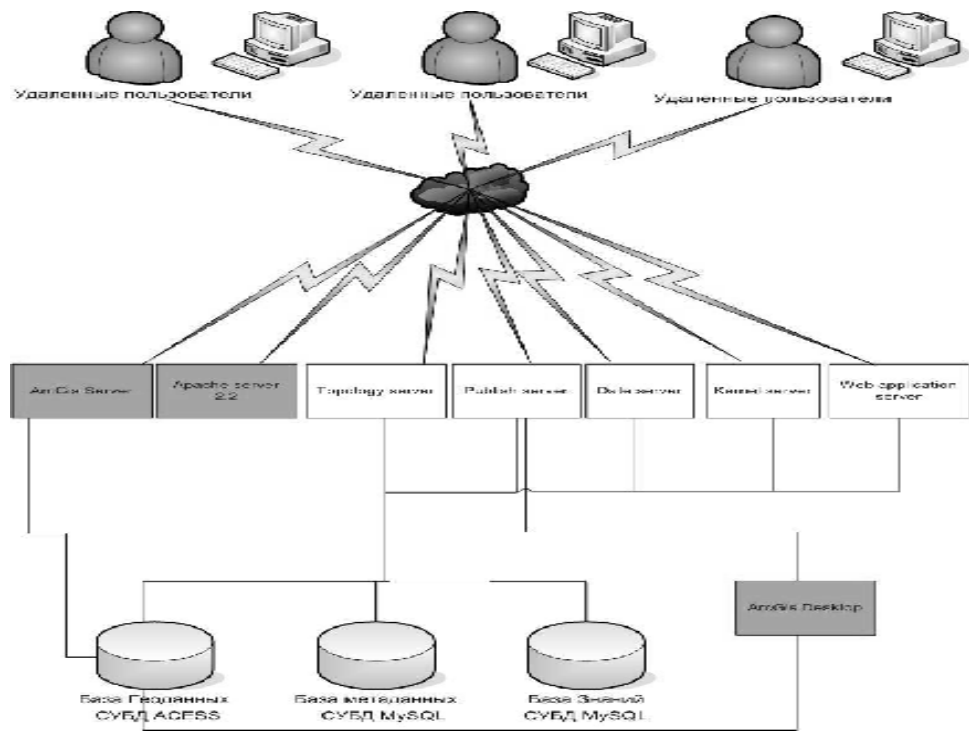


Рис. 3. Схема взаимодействия компонентов программного комплекса.

Как показано на рис. 3, для реализации данного принципа создается ряд независимых серверных приложений, которые работают параллельно друг с другом. Однако для пользователя все еще остается открытым вопрос, связанный с задержкой во времени при передаче данных между веб-порталом и системой. Уменьшение времени этой задержки происходит за счет использования асинхронной технологии передачи данных между браузером и веб-сервером Ajax.

Такая структура ПК позволяет удаленным пользователям одновременно иметь доступ к системе и использовать результаты параллельного выполнения функций системы. Таким образом решается вопрос многопользовательского доступа и многозадачности. Визуализация геоинформации осуществляется благодаря использованию ArcGis Server 9.3 и веб-сервера Apache server 2.2. Публикация карт на ArcGis Server 9.3 проводится автоматически с помощью написанного модуля взаимодействия, который использует компоненты ArcObject.

Интеграция баз геоданных и данных пользователя осуществляется в удаленном режиме, при помощи ArcGis Desktop. Достигается это путем разработки модуля взаимодействия, который использует компоненты ArcObject и позволяет удаленному пользователю вносить свои данные в базу геоданных. Функциональная схема взаимодействия компонентов ПК показана на рис 4.

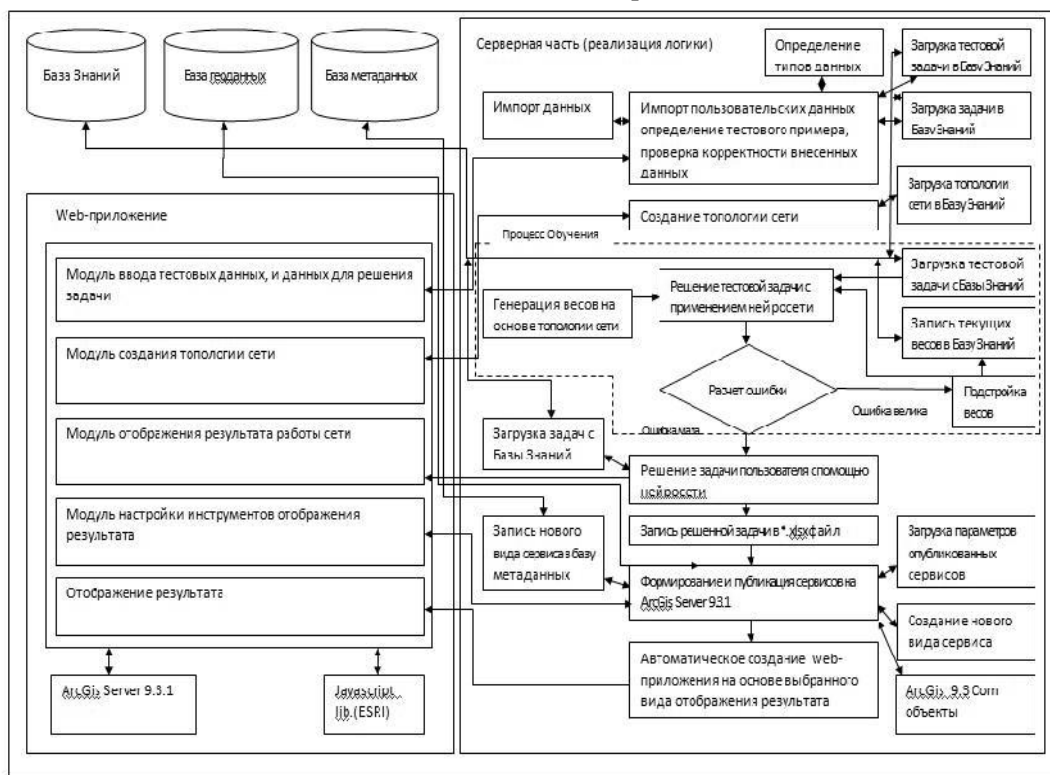


Рис. 4. Функциональная схема взаимодействия компонентов ПК.

Как показано на функциональной схеме (рис. 4), программный комплекс состоит из набора серверных приложений и программных модулей, организованных между собой в единый программный комплекс. Некоторые из них стандартные, разработанные компанией производителем продукции ArcGis ESRI, а часть разработана в рамках данной работы для обеспечения интеграции алгоритма расчета нейронных сетей в ГИС технологию. К последним относятся следующие части ПК:

1. Серверное приложение «Импорт пользовательских данных». Основное предназначение – импорт данных внесенных пользователем, распознавание тестового примера и эталонных значений, распознавание текстовых полей, заголовков полей, и занесение информации в базу знаний.

2. Серверное приложение «Создание топологии сети». Основное предназначение – регистрация топологии сети в внутреннем представлении ПК с занесением в базу знаний.

3. Серверное приложение «Применение нейросети». Основное предназначение – решение пользовательской задачи с применением нейронной сети.

4. Серверное приложение «Формирование и публикация сервисов». Основное предназначение – конвертация данных в базу геоданных и их публикация на ArcGis сервере.

5. Серверное приложение «Создание web-приложения на основе выбранного вида отображения результата». Основное предназначение – создание веб- проекта для пользователя в удобной для пользователя форме с возможностью работы пользователя с этим приложением в дальнейшем.

6. Серверное приложение «Клиентское приложение». Основное предназначение – графический интерфейс взаимодействия пользователя с программным комплексом.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

В качестве примера предлагается реализация ПК интеллектуальной ГИС, направленного на решения задачи диагностики, прогнозирования и управления рисками логистического контура энергообеспечения экономики Украины на основе интеллектуальных ГИС.

Результаты реализация ПК были использованы Институтом экономики и прогнозирования НАН Украины при выполнении научно-технического проекта на тему «Разработка нейросетевой модели прогнозирования и управления рисками логистического контура энергообеспечения экономики».

В рамках выполнения данного проекта была разработана конфигурация нейронной сети, алгоритм построения которой был приведен выше. На вход нейронной сети были поданы результаты финансовой деятельности 82-х предприятий Украины работающих в сфере предоставления услуг в энергетике (рис. 5).

Средствами ArcGis автоматически была построена тематическая карта по ряду направлений: по результатам диагностирования энергопредприятий по уровню риска их финансово-экономической деятельности и по сферам предоставляемых услуг в энергетике (рис. 7).

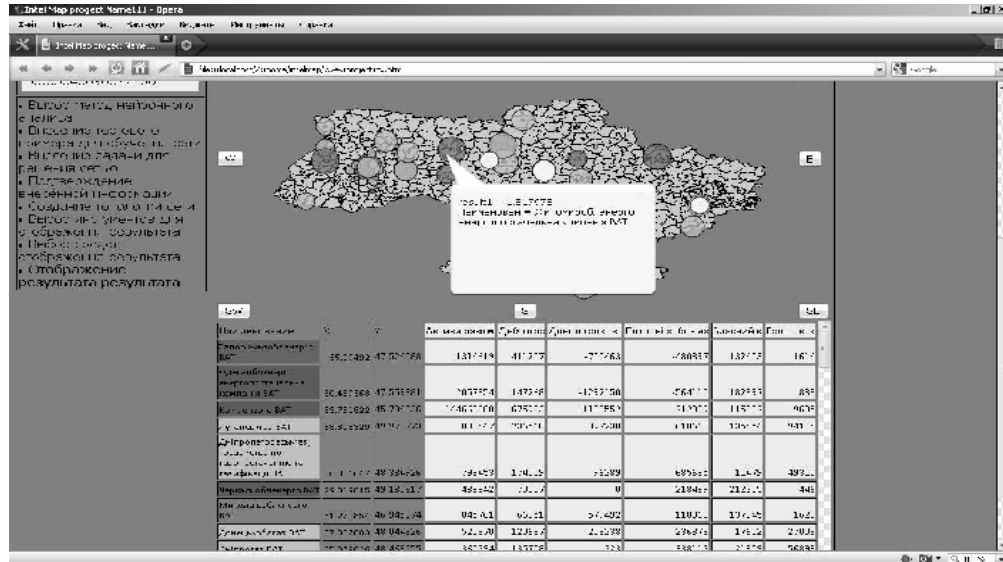


Рис. 7. Тематическая карта рисков деятельности энергопредприятий Украины.

ВЫВОДЫ

1. В работе обоснована необходимость использования интеллектуальных ГИС для решения задач моделирование и прогнозирование состояний ТПС Украины (в частности, диагностики и классификации ТПС по уровню безопасности и устойчивого развития), так как в традиционных технологиях ГИС основным типом анализа данных является статистический анализ. Однако в условиях кризиса прогнозирование состояний ТПС относятся к плохо формализуемым многопараметрическим задачам с недостаточно определенной информацией и многочисленными связями между показателями.

2. Учитывая, что основой интеллектуальных ГИС является методология искусственных нейронных сетей, поэтому в работе предложен алгоритм построения структуры нейронной сети.

3. На основе предложенного алгоритма построения структуры нейронной сети разработана архитектура ПК, позволяющего интегрировать в ГИС, технологию расчетов нейронных сетей для решения задач диагностики и классификации ТПС.

4. Основными принципами проектирования архитектуры ПК являются: 1) ПК должен быть платформенезависимым для пользователя (поэтому ПК для конечных пользователей доступен для работы через любой веб-браузер Internet Explorer Mozilla Firefox Opera Safari); 2) ПК должен быть многопользовательский, то есть одновременно могут работать n-е количество пользователей; 3) скорость обработки

данных и расчет результатов должен быть приближен к системам реального времени, то есть максимально уменьшено время обработки данных и решения задачи; 4) результат работы ПК должен быть визуализирован в удобной для пользователя форме и быть ему помощником в поддержке принятия решений.

Список литературы

1. Березко А. Интеллектуальная ГИС / А.Березко, А.Рыбкина, А.Соловьев, Р.Красноперов // Вестник ОЗН РАН, Том1. – 2009. – С. 1-7.
2. Моделирование состояния и прогнозирование развития региональных экономических и энергетических систем / [Э.Г. Альбрехт, Л.Л.Богатырев, А.В. Бочегов и др.] ; под ред. А.И.Татаркина, А.А. Макарова – РАН, УрО, Ин-т экономики, Ин-т теплофизики, Ин-т энергетических исследований. – И.: ЗАО Изд-во «Экономика», 2004. – 462 с.
3. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов, В.В. Борисов – М.: Горячая линия. – Телеком, 2001. – 382 с.
4. Метешкин К.А. Совершенствование возможностей ГИС на основе применения нечетких множеств / К.А.Метешкин, И.М. Патракеев, А.А. Евдокимов – Системы обработки информации. – 2008. – №5(72). – С. 93–95.
5. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде – М.: Мир, 1976. – 165 с.

Верченев А.Д. Розробка інтелектуальної геоінформаційної системи в задачах діагностики територіально-виробничих систем / А.Д. Верченев, Н.В. Карасва, А.А. Верлань // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 33-43.

В рамках даної роботи обґрунтована необхідність використання інтелектуальних ГІС для вирішення завдань моделювання і прогнозування станів територіально-виробничих систем України (зокрема, діагностики і класифікації цих систем по рівню безпеки і стійкого розвитку), оскільки в традиційних технологіях ГІС основним типом аналізу даних є статистичний аналіз. Проте в умовах кризи прогнозування станів територіально-виробничих систем відносяться до багатопараметричних завдань, що погано формалізуються з недостатньо визначеною інформацією і багатьма зв'язками між показниками. Також в роботі запропонована архітектура програмного комплексу, що дозволяє інтегрувати в ГІС технологію розрахунків нейронних мереж для вирішення завдань діагностики і класифікації територіально-виробничих систем і розроблений алгоритм побудови структури нейронної мережі.

Ключевые слова: інтелектуальна геоінформаційна система, нейромережеві моделі, діагностика, територіально-виробничі системи.

Verchenov A.D. Development intellectual geoinformation system in diagnostic problems territorial-industrial system / A.D.Verchenov, N.V.Karaeva, A.A. Verlan // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 33-43.

Within given work was given proof of necessity using intellectual GIS for solving modeling tasks and prediction territorial-industrial systems states of Ukraine (particularly, diagnosis and system data classification by security level and sustainable development), thus in traditional GIS the basic analysis type is statistical analysis. However in crisis conditions predictions of territorial-industrial systems states are related to bad multivariate problem formalization with not enough defined information and multiple connections between rates. Also within work software package architecture was offered, permitting integration neural network computation technology in GIS for solving diagnosis and classification tasks of territorial-industrial systems, and neural network structure building algorithm was developed.

Ключевые слова: intellectual geoinformation system, neural network model, diagnosis, territorial-industrial system.

Поступила в редакцию 03.05.2011 г.

УДК 004.9 : 528.4

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИНЧУКАЛНСКОГО ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА

Волкодав С.В., Лось П.Ю., Марков А.С., Михайленко А.Г., Хоменко Ю.А.,

Янчук А.В.

*ООО «ИТ-ТРАНЗИТ», Киев, Украина
E-mail: mailbox@it-transit.com*

Показан опыт реализации единой корпоративной геоинформационной системы Инчукалнского подземного хранилища газа, описаны основные этапы создания системы, трудности и пути их решения, показана архитектура и основные модули, а также перспективные пути развития системы

Ключевые слова: геоинформационные системы, подземное хранилище газа, классификатор

ВВЕДЕНИЕ

Газотранспортная отрасль – одна из важнейших отраслей энергетики. Как правило, технологические объекты данной отрасли имеют существенную линейную протяженность и территориальный разброс, поэтому достаточно востребованной в производственном управлении является пространственная информация. Надежная и безопасная эксплуатация таких объектов, как магистральные трубопроводы, распределительные сети, подземные хранилища газа, компрессорные, газоизмерительные станции и другие основные промышленные технологические объекты газовой отрасли, размещающихся на земной поверхности, но и под ней, сегодня не может быть успешной без использования разнонаправленных информационных, информационно-аналитических и информационно-управляющих, включая и геоинформационные системы (ГИС).

В современном мире созданы и активно развиваются ГИС системы для анализа геологической информации, геодезического позиционирования магистральных трубопроводов, паспортизации технологических объектов, мониторинга состояния трубопроводов. Одним из мировых лидеров на рынке ГИС-технологий является компания ESRI и ее флагманская линейка на базе мощного программного обеспечения ArcGIS. Анализ основного функционала подобных систем показывает, что они позволяют автоматизировать линейную (протяженную) часть газотранспортной сети, а также наземные площадные объекты [1,2,3,4]. Но неотъемлемой и важной составляющей данной отрасли являются подземные хранилища газа (ПХГ), которые необходимы для выравнивания сезонной нагрузки потребления природного газа. ПХГ гарантируют стабильность и мощность поставок природного газа в любое время года вне зависимости от действия внешних факторов, таких как перебои в поставках газа или повышенный спрос потребления газа в зимний период.

Акционерное общество «Латвияс Газе» (АО «Latvijas Gaze») является оператором по транспортировке (передаче), хранению, распределению и реализации

природного газа в Латвии, обеспечивая поставку газа также в республики Прибалтики и в северо-западные регионы России. В её состав входит одно из самых больших подземных хранилищ газа в Европе – Инчукалнское ПХГ. Его объём составляет около 4,5 млрд. м³, что вполне обеспечивает нужды потребителей Латвии, а также всего Балтийского региона в отопительный сезон при увеличенном потреблении природного газа. Возможности данного ПХГ позволяют увеличить объём хранения газа для обеспечения нужд других стран Евросоюза, например, таких как Финляндии.

Для автоматизации управления основными производственными процессами, связанными с эксплуатацией пространственно-распределенных технических объектов и систем Инчукалнского подземного хранилища газа, компанией ООО «ИТ-ТРАНЗИТ» (Украина, Киев) была на конкурсной основе разработана и успешно внедрена единая корпоративная геоинформационная система Инчукалнского ПХГ.

1. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ

ГИС Инчукалнского ПХГ (ИПХГ) представляет собой единую корпоративную систему, предназначенную для управления основными производственными процессами, связанными с эксплуатацией пространственно-распределенных технических объектов и систем данного ПХГ. Реализация проекта включала следующие этапы разработки:

1) Проектирование системы;

1.1) изучение объекта автоматизации с описанием бизнес-процессов подразделений ИПХГ, анализом основных информационных потоков и их проблематики;

1.2) формирование технических требований к создаваемой ГИС и определение производственных систем и подразделений ПХГ, подлежащих автоматизации;

1.3) создание модели пространственных данных ГИС ИПХГ;

1.4) классификация технологических данных оборудования и систем ПХГ;

2) Разработка настольного приложения для администрирования баз данных ГИС ИПХГ («толстый» клиент);

3) Разработка Веб-приложения для основных пользователей ИПХГ («тонкий» клиент);

4) Сбор пространственных и технологических данных, их обработка, увязывание и наполнение ГИС ИПХГ;

5) Разработка Регламента использования ГИС ИПХГ в компании в четкой связи с ее структурой и выполняемыми производственными процессами;

6) Установка и внедрение системы, обучение пользователей, техническая поддержка ее опытной эксплуатации на предприятии.

Проектирования системы является важным этапом её разработки, от которого в дальнейшем зависит как её реализация, так и промышленное функционирование. Поэтому, при реализации данного проекта проектированию было уделено особое внимание. Первым этапом проектирования было обследование производственной деятельности и информационных потоков на ПХГ, изучение бизнес-процессов

подразделений ПХГ и головного офиса АО «Латвияс Газе» с помощью методов системного анализа, интервьюирования руководства и ведущих специалистов служб ИПХГ, изучения технической, оперативной и отчётной документации. В результате выполнения данного этапа была согласована структура информационного обмена предприятия с учётом всех подразделений, с последующим определением потенциальных автоматизируемых рабочих мест, выделены группы основных бизнес-процессов ПХГ, которые подлежали автоматизации.

Под основными бизнес-процессами понимаются процессы, ориентированные на выполнение производственных задач по эксплуатации или управлению оборудованием и системами ПХГ. Всего выделено и описано 44 процесса, которые структурированы на первом уровне по всем службам ПХГ. Также в рамках процессов выделено 222 уникальные деятельности, свыше 60% которых могут быть автоматизированы с увеличением продуктивности труда или качественным изменением получаемого результата (например, снижение субъективности). В рамках данного этапа проекта ГИС ИПХГ планируется автоматизировать около 35% деятельности специалистов ПХГ, остальные являются перспективными для реализации на последующих этапах.

Одним из ключевых работ на этапе проектирования системы стало создание уникальных классификаторов пространственных и технических данных технологических объектов ПХГ, на последний из которых получено Авторское свидетельство [5].

Классификатор включает описание общих характеристик цифровой карты, описание сегментов пространственных данных, основной семантики и описание классов объектов.

Целью классификации объектов является создание эффективного способа описания реальности при помощи формализованных правил. Основными понятиями в созданном классификаторе являются сущности, их атрибуты и связи между этими сущностями (рис. 1).

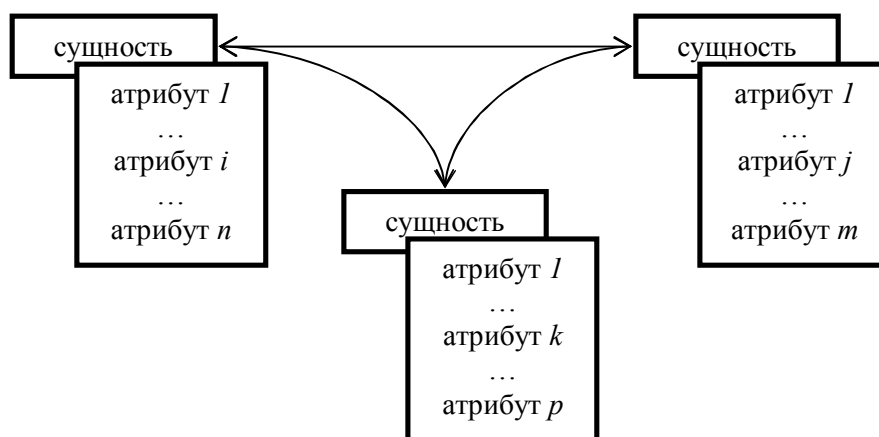


Рис. 1. Логика классификации объектов

Классификация построена по иерархическому принципу: «часть» - «целое» с поддержкой не только вертикальных связей в ветках иерархий сущностей (классов), но и горизонтальных связей между классами разных иерархических веток, а также с элементами выделения абстрактных наследуемых классов. Такое усложнение структуры классификации вызвано необходимостью детального описания сложного технологического комплекса, каким является подземное хранилище газа.

Вся пространственная информация классификатора условно разделена на следующие тематические группы – секторы:

1. элементы плановой и высотной основы;
2. рельеф;
3. гидрография;
4. населенные пункты, здания и сооружения;
5. промышленные объекты, строения, объекты социально-культурного назначения;
6. железные дороги;
7. дороги и коммуникации;
8. растительный покров и грунты;
9. земельный и имущественный кадастр; технологические объекты ПХГ.

В результате выполнения классификации был создан документ, который полностью описывает все сегменты и домены объектов ПХГ.

При проектировании системы к наибольшим трудностям, которые необходимо было решить, можно отнести:

– многокритериальную классификацию объектов ПХГ, которая потребовала глубокого анализа организации технологических процессов на ПХГ и структуры взаимодействующего оборудования, а также бизнес-процессов для корректного и эффективного создания структуры хранения и отображение пространственной и технической (семантической) информации;

– большое количество объектов паспортизации, не имеющих пространственного представления (внутреннее оборудование компрессорных цехов, газосборных пунктов, энергетическое оборудование и прочие объекты), что потребовало создания наравне с пространственными картами, инструмента для работы с разнотиповой технологической графикой (технологические схемы, схемы автоматизации, принципиальные схемы, схемы подключений, схемы размещения оборудования и т.д.) для предоставления полной картины размещения оборудования на ПХГ.

2. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

Данная корпоративная ГИС построена на базе серверного решения Esri ArcGIS и реализована в форме двухзвенной архитектуры для «толстого» клиента и трёхзвенной – для «тонких» клиентов. Функциональная модель системы, представленная на Рис. 2, описывает диаграммы потоков данных между компонентами системы и показывает методы взаимодействия между модулями и серверами, а также между различными серверами.



Рис. 2. Функциональная модель ГИС ИПХГ

При анализе бизнес-процессов и построении общей архитектуры системы было выявлено, что раздельное хранение пространственных и атрибутивных данных является более эффективным для данной системы, поскольку атрибутивные данные используются также в других модулях системы: работа с техническими паспортами, построение гидродинамических профилей ПХГ, схем скважин и других. Такое сохранение информации повышает скорость и удобство доступа к ней.

Системой управления созданными базами данными была выбрана Oracle 10g, как одна из самых мощных и надёжных СУБД мирового уровня, полностью соответствующая всем требованиям к хранению как атрибутивных, так и пространственных данных.

Для доступа к пространственным данным, сохранённым в формате Oracle, используется сервер ArcSDE. Пространственные данные запрашиваются такими

модулями системы, как карта и схема. Как видно с Рис. 2, «толстый» клиент карты и схемы запрашивает пространственные и атрибутивные данные непосредственно через сервер ArcSDE. «Тонкий» же клиент карты или технологической схемы является Веб-приложением, которое получает данные через ArcGIS Server.

На сервере в виде специальных картографических сервисов, что поддерживают технологию REST, публикуются подготовленные документы карты или технологической схемы в msd-формате, который обеспечивает более высокую скорость доступа к информации по сравнению с mxd-документами. Для ещё большего повышения скорости отображения пространственной информации она разделена на три основные группы, которые входят в состав трёх различных картографических сервисов MapService:

- 1) динамического сервиса, что предоставляет пространственную и атрибутивную информацию о технических объектах ПХГ и объектах земельного кадастра;
- 2) кэшированного сервиса, что предоставляет топографическую информацию о местности ПХГ, а также всего региона;
- 3) кэшированного сервиса, что предоставляет аэрофотосъёмку территории ПХГ.

Для выполнения динамического подсчёта расстояния создан сервис GeometryService, который не предоставляет пространственных данных, но разрешает выполнение операций с пространственными данными.

Модули системы написаны с использованием различных технологий, которые выбраны с учётом специфики каждого модуля. «Толстый» клиент карты разработан при помощи технологии ArcGIS Desktop .NET SDK для того, чтобы создавать подключаемые к ArcMap дополнительные панели инструментов с разработанными инструментами. «Тонкий» клиент карты, технологической схемы и паспорта объекта используют технологию Microsoft Silverlight для построения богатых и многофункциональных Веб-приложений. Для доступа к базам данных реализованы WCF-сервисы, которые размещены на сервере приложений WebServer. Для доступа и управления пространственными данными используется библиотека ArcGIS API for Microsoft Silverlight 2.1, для построения динамического изображения объектов – Adobe Flex, которая позволяет разрабатывать и внедрять многофункциональные визуализацию как двух, так и трёхмерных изображений необходимых объектов.

3. МОДУЛИ СИСТЕМЫ

«Толстый» клиент карты ГИС ИПХГ реализован в виде двух панелей инструментов, а также нескольких закрепляемых окон, в которых открываются модули «тонких» клиентов, такие как профиль трубопровода, паспорт объекта, схема скважины и другие (рис. 3).

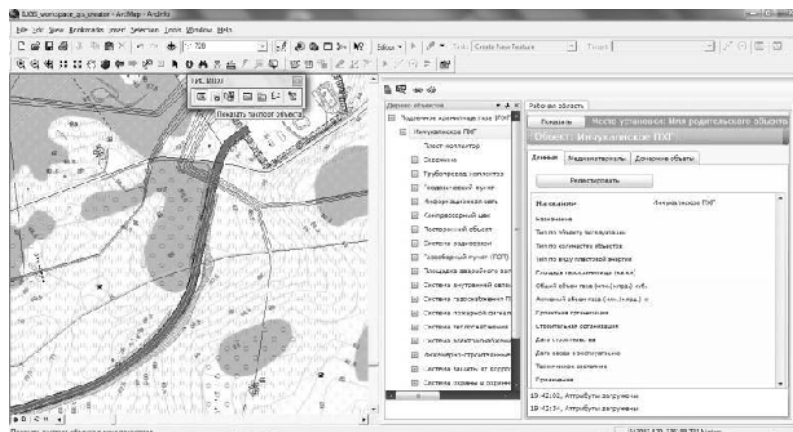


Рис. 3. Модуль «толстого» клиента карты с открытым модулем паспортов объектов

Для обеспечения надёжной защиты от несанкционированного доступа к любым элементам системы реализован механизм аутентификации посредством использования штатного класса Membership, который реализован на сервере приложений WebServer (рис. 4). Его основной функцией является проверка имени и пароля пользователя, регистрация его входа и контроль за выполняемыми действиями.

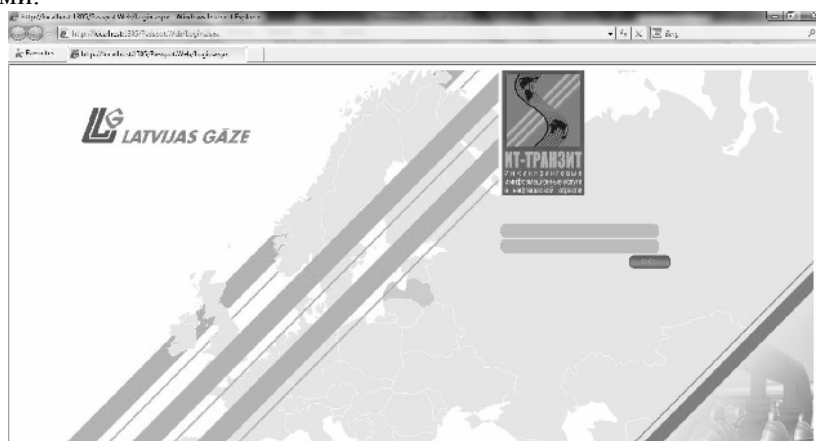


Рис. 4. Аутентификация пользователя в системе

Для реализации удобного интерфейса пользователя и адекватного поведения открывающихся модулей в новых окнах веб-браузера был разработан алгоритм единой регистрации открытых окон. Основными особенностями данного алгоритма является:

- 1) открытие лишь одного экземпляра окна определённого модуля;

2) отображение и управление открытыми окнами модулей из главного окна системы;

3) закрытие всех открытых окон модулей системы при закрытии главного окна системы.

При работе с «тонким» клиентом главным модулем системы является карта, с меню которой доступны все остальные модули системы, которые также являются «тонкими» клиентами (рис. 5). Перечень модулей системы, доступных авторизованному пользователю, определяется в зависимости от его прав, установленных ранее администратором системы, и предоставляется в виде динамически формируемого из базы данных меню.

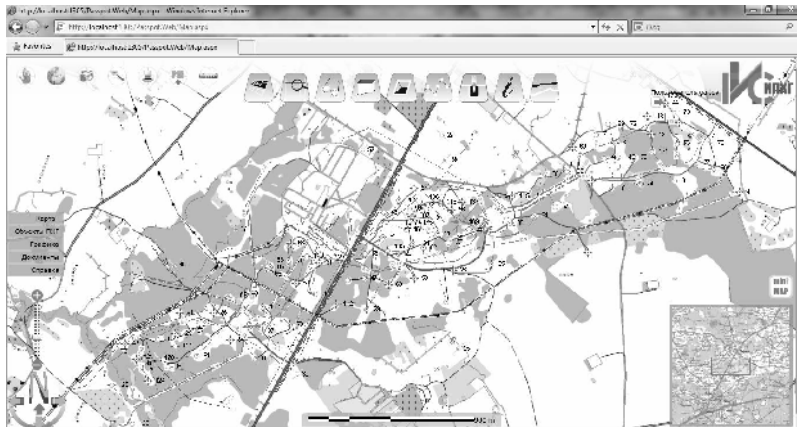


Рис. 5. Главная экранная форма модуля карты

Для отображения паспортной информации об объектах, которая динамически формируется из атрибутивных данных, используется модуль паспортов объектов (рис. 6). Также динамически формируется и дерево объектов доступных пользователю.

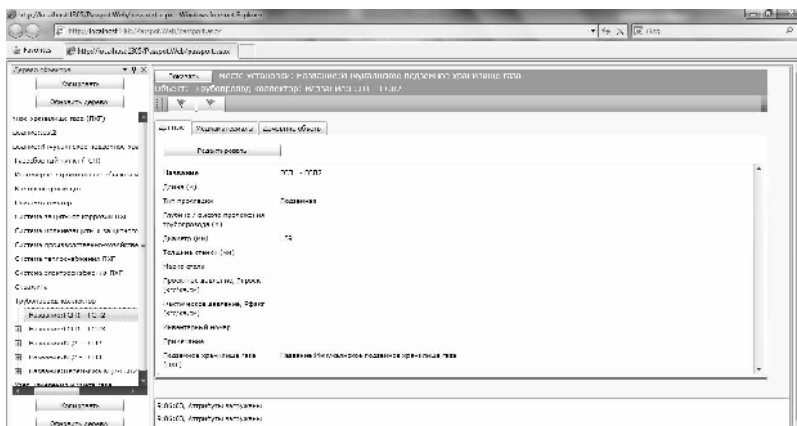


Рис. 6. Экранная форма модуля паспортов объектов

Для динамической визуализации изображения профиля трубопровода, схемы скважины или гидродинамического профиля используются соответствующие программные модули. На рисунке 7 приведён пример экранной формы схемы скважины.

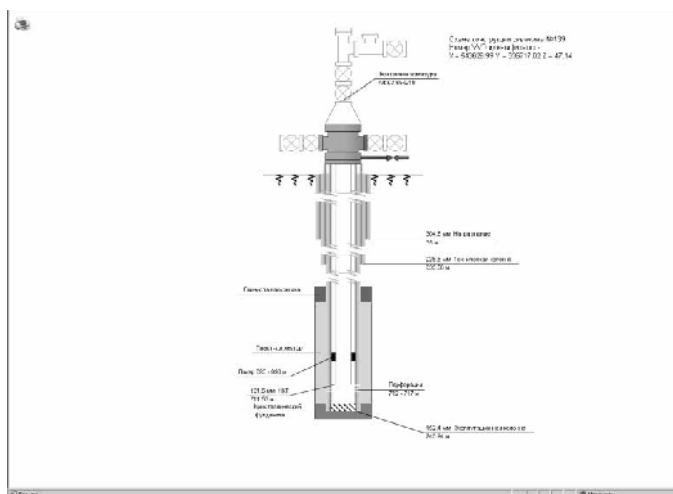


Рис. 7. Экранная форма модуля разреза скважины

ВЫВОДЫ

ГИС ИПХГ, которая представляет собой единую корпоративную систему управления основными производственными процессами, связанными с эксплуатацией пространственно-распределенных технических объектов и систем ПХГ, успешно запущена в эксплуатацию.

В ходе проектирования системы были разработаны и описаны все бизнес-процессы ПХГ, выделены те из них, которые могут быть автоматизированы с повышением эффективности производственной деятельности. Среди них выделены такие, которые представляют первоочередной интерес для Заказчика, а также сформирована группа перспективных к автоматизации бизнес-процессов.

Разработан и лицензирован уникальный классификатор для описания технологических объектов ПХГ с учётом их сложной производственно-технологической иерархии и многокритериальности.

Двух- и трёхзвенная архитектура модулей системы была разработана и успешно реализована с учётом всех требований к данной системе.

ГИС ИПХГ является динамически развивающейся и расширяющейся системой. Перспективными путями её развития являются автоматизация всех бизнес-процессов, которые могут повысить свою эффективность, в т.ч. информационно-аналитические расчеты по оценке технического состояния объектов ПХГ, расчеты запаса газа в хранилище (на основе 3Д-анализа), геологический и геохимический мониторинг территории ПХГ, оперативный и отчетный технологический документооборот.

Список литературы

1. Пространственная информация как базовая составляющая производственного информационного ресурса газотранспортного предприятия при эксплуатации компрессорных станций / [Иванов И.А., Мосягин М.Н., Руденко А.М., Басин М.Б., Михайленко А.Г.] – Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. № 1, 2010г.
2. Климов П.В. Опыт реализации проекта по созданию Информационно-аналитической системы диагностики и мониторинга технического состояния объектов линейной части магистральных газопроводов АО «Интергаз Центральная Азия» / [Климов П.В., Куанышев Н.А., Оразов Б.К., Михайленко А.Г., Янчук А.В.] // Эффективные решения по реконструкции и развитию магистральных газопроводов : Материалы 3-й международной практической конференции – г. Алматы, Казахстан, 08-09 октября 2009 г.
3. Васильев М.И. Геодезическое позиционирование магистральных газопроводов. Создание ГИС газотранспортной сети / Васильев М.И., Симоньянц Н.П. [Электронный ресурс] ArcReview № 3 (54) 2010 – Режим доступа к журналу: http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_54/18_GAZ.html.
4. Кальян С.П. ГИС при паспортизации магистральных газопроводов / Кальян С.П., Кошлатая Е.С., Васильев П.С. [Электронный ресурс] ArcReview № 2 (41) 2007 – Режим доступа к журналу: http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_41/14_pasport.html.
5. Свидетство про регистрацию авторского права на твор № 36297 от 27.12.2010 - "Классификатор объектов подземных хранилищ газа магистральных газопроводов".

Волкодав С.В. Досвід реалізації геоінформаційної системи Інчукальського підземного сховища газу / Волкодав С.В., Лось П.Ю., Марков О.С., Михайленко А.Г., Хоменко Ю.А., Янчук А.В. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 44-53.

Показано досвід реалізації єдиної корпоративної геоінформаційної системи Інчукальського підземного сховища газу, описані основні етапи створення системи, труднощі та шляхи їх вирішення, показана архітектура та основні модулі, а також перспективні шляхи розвитку системи.

Ключові слова: геоінформаційні системи, підземне сховище газу, класифікатор

Volkodav S.V. Experience of creating geoinformation system of Inchukalns Underground Gas Storage / Volkodav S.V., Los P.U., Markov O.S., Mykhaylenko A.G., Khomenko Yu.A, Ianchuk A.V. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 44-53.

This article discusses experience of creating enterprise geoinformation system of Inchukalns Underground Gas Storage. Main stages of this project, arisen problems and their solutions, system architecture and possible future ways of development are also described in this paper.

Keywords: geoinformational systems, GIS, underground gas storage, classifier

Поступила в редакцію 08.04.2011 г.

УДК 502.36:352/354

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ОБ ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО ФОНДА

Глущенко И.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Украина, Симферополь
E-mail: ir256@rambler.ru*

В статье изложены принципы построения открытых информационных систем для распространения в сети Internet пространственных данных о территориях и объектах природно-заповедного фонда, описаны основные составляющие таких систем.

Ключевые слова: открытые информационные системы, инфраструктура пространственных данных, стандарты, территории и объекты природно-заповедного фонда.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время основной тенденцией развития информационных технологий является применение идеологии открытых систем. По определению, принятому Комитетом IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), открытые системы - это системы, в которых реализован «исчерпывающий и согласованный набор базовых международных стандартов информационных технологий и профилей функциональных стандартов, которые специфицируют интерфейсы, службы и поддерживающие форматы данных, чтобы обеспечить интероперабельность и мобильность приложений, данных и персонала». Таким образом, открытые системы позволяют создать основанную на стандартах, единую информационную среду, обеспечивающую переносимость, взаимодействие, расширяемость приложений и данных [1, 2].

Идеология открытых систем успешно применяется в информационных технологиях, связанных с распространением и использованием пространственных данных. Создание инфраструктур пространственных данных (ИПД) во многих странах позволило обеспечить доступ к пространственно распределенной информации как представителей органов власти, так и обычных граждан. Сейчас в печати и в Internet существует достаточное количество источников, описывающих суть и принципы построения ИПД [3-5]. Здесь только отметим, что ИПД это скорее система соглашений, предоставляющая пользователям технические и юридические условия для свободного обмена пространственными данными и услугами в сети Internet.

Принципы построения ИПД возможно и даже необходимо применить для публикации и обмена пространственными данными, описывающими территории и объекты природно-заповедного фонда.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящее время в Украине существует несколько систем сбора научной информации о компонентах экосистем заповедных объектов.

В заповедниках и национальных парках основной формой обобщения результатов научных исследований и наблюдений за состоянием и изменениями природных комплексов являются Летописи природы. На этапе создания объектов ПЗФ проводится научное обоснование включения ценных природных комплексов и объектов в природно-заповедный фонд. Основанием для разработки положений о заповедных объектах и установления заповедного режима охраны и использования территорий и объектов ПЗФ является научное описание заповедного объекта, а также работы по оценке современного состояния территорий и объектов ПЗФ. Выдаче лимитов на использование природных ресурсов на территориях природно-заповедного фонда, в том числе и на ведение экскурсионной и туристической деятельности, предшествуют работы по их научному обоснованию. Проекты землеустройства по организации и установлению границ закрепляют правовой статус земель территорий и объектов ПЗФ. Кроме этого, на заповедных территориях научными организациями и отдельными лицами ведутся наблюдения, результаты которых публикуются в литературе и научно-исследовательских работах.

В результате выполнения подобных проектов создаются геоинформационные базы данных, описывающие биологические и другие ресурсы, расположенные на территориях заповедных объектов. Но чаще всего эти базы являются базами одноразового использования, они не идут дальше организаций, их создавших и не используются специалистами, занимающимися биологическими, экологическими и другими научными исследованиями на заповедных территориях, а также управленцами и органами власти различных уровней.

Организация открытого доступа к этим данным или к их метаданным позволит оценить изученность заповедных территорий, избежать дублирования данных, сократить время на поиск информации и т.п. Кроме того, технологии открытых систем предоставляют не только доступ к данным, но и к сервисам (геосервисам). Геосервисы предоставляют пользователям через Internet получать доступ к пространственным данным, обрабатывать и анализировать их без необходимости установки дорогих геоинформационных систем у себя на рабочем месте.

Большинство подобных информационных систем реализует модель «publish, find, bind» (опубликовать, найти, скомпоновать) (рис 1):

1. Поставщик пространственных данных и услуг выставляет метаданные о своих ресурсах в каталог услуг.
2. Каталог услуг предоставляет механизмы поиска данных и услуг по выставленным метаданным.
3. Конечный пользователь открывает найденные данные и услуги, чтобы использовать их для своих целей – загружать и просматривать данные, анализировать их, создавать карты и т.п.

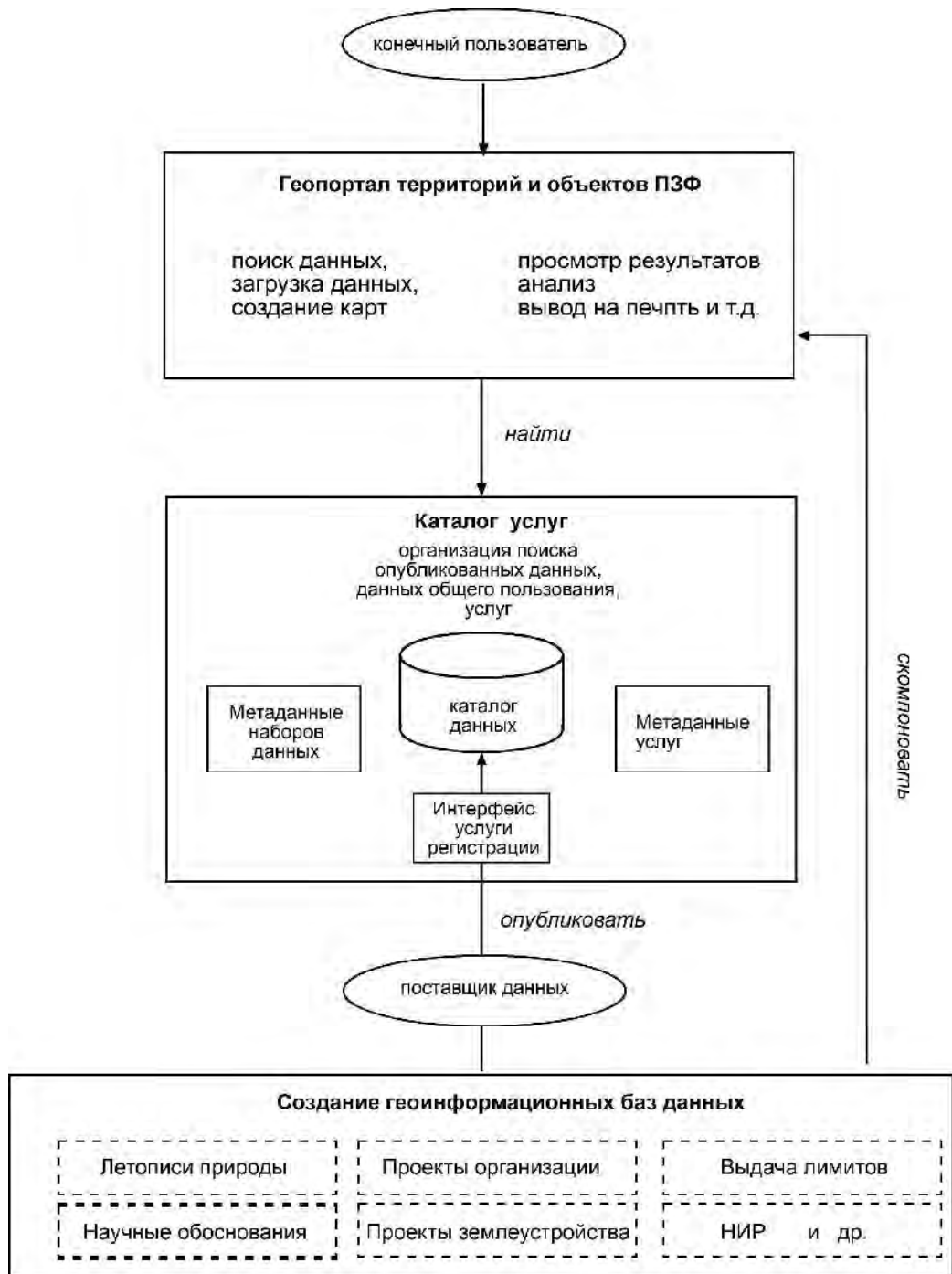


Рис 1. Организация обмена данными в сети.

В условиях, когда пространственные данные создаются многими участниками, возникает необходимость в создании единой основы – информационных слоев общего пользования. При формировании национальных инфраструктур пространственных данных такой основой являются базовые пространственные данные. Обычно национальные ИПД включают в себя следующий набор базовых информационных слоев [6]:

- геодезическая основа;
- ортофотопланы и фотокарты;
- база данных географических названий;
- реестр улиц и адресов;
- государственные и административные границы;
- гидрографическая сеть и гидрологические объекты;
- рельеф;
- кадастровые данные (границы объектов кадастрового зонирования и земельных участков);
- объекты транспортной инфраструктуры (сеть авто и железных дорог, сеть воздушного сообщения, сеть водных путей, отдельные объекты транспортных систем);
- инженерные коммуникации и объекты трубопроводного транспортирования;
- границы заповедных и особо охраняемых территорий.

Для территорий и объектов природно заповедного фонда базовый набор пространственных данных должен быть дополнен следующими слоями:

- почвы;
- геология,
- типы растительности;
- лесоустройство;
- использование земель (на основе формы б-зем);
- особо ценные природные объекты.

Важной частью базового набора данных должны являться справочники, описывающие систематику животных, растений и растительных сообществ. Каждый вид животного или растения, описываемый в распространяемых базах данных, должен иметь четкий идентификатор в той или иной таксономической системе.

Метаданные, описывающие наборы пространственных данных, являются важнейшей составляющей ИПД, т.к. обеспечивают пользователей знаниями о доступных данных, позволяют им оценить пригодность намеченных данных для использования в заданных целях. Кроме прочего, метаданные помогут пользователям ответить на вопросы:

- Кто является держателем информации (имена, адреса организаций и специалистов держателей информации);
- Кто является источником информации (имена, адреса организаций и специалистов, собравших исходные данные);
- Какую территорию они охватывают;
- Когда были проведены наблюдения;

- В каких форматах предоставляются данные;
- Как получить представление о структуре данных;
- Как получить доступ к данным, есть ли ограничения к доступу и т.д.

В тоже время сами метаданные должны быть однозначно понимаемы всеми пользователями, что обеспечивается использованием стандартов.

Стандарты – это наборы правил и требований, которые позволяют в едином ключе описать пространственные данные, а также процедуры их производства и использования. Кроме управления данными, стандарты затрагивают и технические аспекты (стандарты на аппаратные средства, коммуникации и сети, программное обеспечение и т.п.). Разработанные стандарты должны согласовываться и выполняться всеми заинтересованными сторонами.

Т.к. разработка стандартов очень трудоемкий и дорогостоящий процесс, обычно они разрабатываются на основе уже существующих. Т.е. на основе уже существующих международных стандартов разрабатываются национальные, на основе национальных - отраслевые. В мире существует несколько международных организаций, занимающихся разработкой стандартов. Нормы ISO серии 191xx являются основополагающими нормами для метаданных, пространственных данных и сервисов, в то время как стандарты OGC, скорее, представляют собой практические нормы для веб-сервисов в сфере геоинформатики. В Украине действует технический комитет стандартизации «Географическая информатика/Геоматика» ТК103, который разрабатывает стандарты, базирующиеся на стандарте ISO [6].

Представление о том, что должны (могут) содержать метаданные, дает стандарт 19115:2003. Но для каждой предметной области требования, выдвигаемые к содержанию пространственных данных, а, следовательно, и к их описанию, могут отличаться. Поэтому для каждой предметной области на основе существующего национального или международного стандарта создается так называемый тематический профиль метаданных. Разработка профиля метаданных, описывающих наборы данных, характеризующих территории и объекты природно-заповедного фонда, станет основой для организации обмена информацией в данной отрасли.

ВЫВОДЫ

Несмотря на то, что потребность в пространственных данных, описывающих территории и объекты природно-заповедного фонда, велика, а выгода от свободного доступа к этим данным или к их метаданным очевидна, доступ к ним в Украине ограничен. Участвуя в международных проектах, многие научные и проектные организации выставляют свои данные на международные порталы, тем не менее в Украине таких порталов не существует. И хотя технических сложностей развертывания таких систем не существует, это процесс сдерживается отсутствием необходимых стандартов и прежде всего на данные и метаданные.

Разработка таких стандартов позволит не только организовать обмен данными о заповедных территориях, но и станет хорошей основой для ведения кадастров

животного, растительного мира и кадастра территорий и объектов природно-заповедного фонда.

Список литературы

1. IEEE Std 1003.23 IEEE Guide for Developing User Organization Open System Environment (OSE) Profiles, 1998, – 117 p.
2. Козлов В.А. Открытые информационные системы / В.А. Козлов. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 244 с.
3. Toward a Coordinated Spatial Data Infrastructure for the Nation; sc. report – Mapping Science Committee, National Research Council. Washington, D.C., 1993.
4. Geospatial data infrastructure: concepts, cases and good practice. [Edited by R. Groot and J. Melaughlin] – Oxford univesity press., 2000. – 286 pp.
5. Карпінський Ю.О. Стратегія формування національної інфраструктури геопросторових даних в Україні / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко – К. : НДІГК, 2006. – 108 с. – (Серія “Геодезія, картографія, кадастр”).
6. Карпінський Ю. О. Стандартизація географічної інформації: міжнародний досвід та шляхи розвитку в Україні / Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Волчко Є. П. – Вісник геодезії та картографії. – 2002. – № 3. – С. 32-38.

Глушенко І.В. Використання відкритих інформаційних систем для поширення просторових даних про об’єкти природно-заповідного фонду / Глушенко І.В. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 54-59.

У статті викладені принципи побудови відкритих інформаційних систем для поширення в мережі Internet просторових даних про території і об’єкти природно-заповідного фонду, описані основні складові таких систем.

Ключові слова: відкриті інформаційні системи, інфраструктура просторових даних, стандарти, території і об’єкти природно-заповідного фонду.

Glushchenko I.V. Use of open information systems for natural protected territory data dissemination / Glushchenko I.V. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 54-59.

In article principles of the construction of open information systems for natural protected territory data dissemination to networks, the basic components of such systems are described.

Keywords: open information systems, spatial data infrastructure, standards, natural protected territory

Поступила в редакцію 08.04.2011 г.

УДК: 581.526.12+528.931

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБОСНОВАНИИ СОЗДАНИЯ ОХРАННЫХ ЗОН ПРИРОДНЫХ ЗАПОВЕДНИКОВ

Епихин Д.В., Карпенко С.А., Глуценко И.В., Павлова-Довгань О.А.,

Борисова Н.И.

*Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, Україна
E-mail: edvbio@yahoo.com*

В статье описаны методические подходы к использованию ГИС при проектировании охранных зон природных заповедников Украины

Ключевые слова: охранный зона, геоинформационные системы, природный заповедник, проектирование

Нарастающие темпы антропогенного освоения территории и интенсификация их хозяйственного использования ставят перед современным обществом вопросы разумного планирования территорий, их оптимизации и устойчивого сбалансированного развития. К этой проблеме можно отнести не только сохранение биологического и ландшафтного разнообразия, но и экологическую стабилизацию территории, а зачастую и восстановление потерянного экологического равновесия и устойчивости. Высокие темпы урбанизации, громадный процент распаханности территорий, чрезмерная фрагментированность и трансформированность сохранившихся природных территорий препятствуют устойчивости экосистем, выполнению их элементами важных экосистемных функций, а, следовательно, ставят под вопрос возможность устойчивого развития территории, т.к. ухудшение экологии неразрывно сказывается на экономическом и социальном развитии.

Малые размеры объектов природно-заповедного фонда (ПЗФ) и их окружение антропогенными ландшафтами делает их «островами» в понимании теории островной биогеографии. Воздействия на биоразнообразие и устойчивость экосистем на «острове» выражается в: обеднении состава флоры и фауны, возрастании плотности популяций отдельных видов и увеличение размеров их экологических ниш, утрате со временем биоразнообразия. Механизмы данных процессов могут быть генетические, популяционные, экосистемные.

С другой стороны, отсутствие регламентации в использовании земель вокруг территорий и объектов ПЗФ характеризуется бесконтрольным и хаотическим использованием земель, приводящим часто к непредсказуемым последствиям для биологических и ландшафтных комплексов природных заповедников.

Для предотвращения и смягчения негативного влияния факторов и источников негативного воздействия на территории объектов ПЗФ общепринятыми является установление охранных зон.

В Украине охранные зоны выделяются для обеспечения необходимого режима содержания природных комплексов и объектов природных заповедников, на территориях, прилегающих к отдельным участкам национальных природных парков, региональных ландшафтных парков, а также вокруг заказников, памятников природы, заповедных урочищ, ботанических садов, дендрологических и зоологических парков и парков-памятников садово-паркового искусства с целью

предупреждения отрицательного воздействия хозяйственной деятельности на прилегающих к ним территориях [1, 3].

Охранные зоны важны еще и для защиты, ограничения и упорядочивания территориального развития. Ведь охранные зоны объектов ПЗФ являются обязательными планировочными ограничениями при разработке генеральных планов развития территорий и схем землепользования.

Все выше сказанное актуально и для Карадагского природного заповедника НАНУ. Территория заповедника, по мнению многих авторов, является минимально возможной площадью природного заповедника. К территории заповедника во многих местах вплотную подходят селитебные и сельскохозяйственные территории, и тенденция к активизации данных форм использования территории все время возрастает. Именно для минимизации возрастающего ущерба экосистемам заповедника и необходимо создание охранной зоны.

Более того, территория Карадагского природного заповедника (КаПриЗ) является важнейшим элементом региональной и местной экологической сети, и необходимость пространственной связи с другими элементами экосети является чрезвычайно важными. Эта связь может осуществляться через территории охранной зоны.

Исходя из этого, и на основании Договора № 760/10 от 10 декабря 2010 г. «Обоснование создания охранной зоны Карадагского природного заповедника НАНУ» между Таврическим национальным университетом им. В. И. Вернадского и Карадагским природным заповедником НАНУ, был разработан проект создания охранной зоны КаПриЗ и создан проект Положения об охранной зоне заповедника, что являлось целью данной работы.

Основные задачи работы состояли в следующем:

- определение территорий возможных для включения в охранную зону;
- оценка воздействия хозяйственной деятельности в пределах охранной зоны на биокомплексы;
- определение основных факторов отрицательного воздействия на территорию заповедника и источников негативного влияния;
- разработка Положения об охранной зоне;
- составление картографических материалов.

Исходными материалами при проведении работ являлись:

- информационные данные – данные мониторинговых наблюдений сотрудников КаПриЗ, фондовые и литературные материалы, а так же данные непосредственных полевых наблюдений;
- технологические данные – материалы, полученные при обработке пространственно-координированных данных методами ГИС-технологий;
- нормативно-методическая база (совокупность нормативных документов в области создания и функционирования охранных зон).

Выполнение проекта создания охранной зоны Карадагского природного заповедника НАНУ осуществлялось в соответствии с пунктом «е» части первой статьи 14 Закона Украины «Об охране окружающей природной среды» и статьями 39, 40, 53 Закона Украины «О природно-заповедном фонде Украины», «Типового положения про охоронні зони державних заповідників Української РСР» (затв. наказом Держкомітету УРСР по охороні природи від 1 березня 1985 року № 8).

При выборе территории под охранную зону учитывались современное состояние природных комплексов территории, основные факторы и угрозы воздействия на территорию заповедника. При этом проектирование охранной зоны

осуществлялось исходя из ее целевого предназначения – охрана и смягчение природных комплексов заповедника от реально существующих источников опасности.

Цель данной работы – показать эффективность использования ГИС-технологий при обосновании охранных зон природных заповедников (на примере КаПриЗ).

Картографирование территории основывалось на использовании панхроматического космического демонстрационного снимка Ikonos высокого разрешения, любезно предоставленного Ищуком А. А., с разрешения фирмы Scanex.

Данный снимок охватывает территорию Карадагского природного заповедника НАНУ и прилегающие к нему территории. Благодаря использованию этого снимка стало возможно картографирование территории в масштабе 1:10 000 с возможностью детализации объектов в масштабе 1:500. Также активно были использованы плано-картографический материал заповедника, Генеральный планы поселков Коктебель и Щebetовка, топографическая карта территории масштаба 1:100 000.

Векторизация и пространственный анализ осуществлялся в программных модулях фирмы ESRI: ArcMap 9.1 и ArcView 3.2.

Методологически, при интеграции разнородных информационных слоев, полученных различными специалистами ботаниками, зоологами, ландшафтоведомы и т.д., перспективная охранная зона природного заповедника должна рассматриваться как:

1. Буфер между источниками экологической опасности и заповедными территориями, т.е. выполнение охранной зоной прежде всего буферных свойств, уменьшающих воздействие негативных факторов от источников экологической опасности на прилегающих территориях.

2. Как соединительные территории в структуре региональной и локальной экологической сети, соединяющая территорию природного заповедника как ядра биоразнообразия с другими ядрами и экологическими центрами.

3. Как резерват ценных территорий, с высоким уровнем биологического и ландшафтного разнообразия или потенциалом восстановления, по каким либо причинам ранее не вошедшим в состав природного заповедника.

4. Территория, в составе которой имеются памятники археологии и истории.

Именно эти 4 пункта послужили отправными точками для сбора и последующей интеграции тематической информации. Таким образом, в ходе работы были созданы определенные информационные слои (на основе собственных данных, и данных предоставленных исследователями).

Информационный слой «Источники экологической опасности» был создан на основе имеющихся в НИЦ «Технологии устойчивого развития» векторных данных об источниках экологической опасности в АРК, а так же расчетов специалистов экологов и геоэкологов. В результате, в нем для прилегающей к КаПриЗ территории отображены (рис. 1) все населенные пункты, источники выбросов в атмосферу, действующие овцетоварные фермы, автодороги и их зоны воздействия и т.д. Учитывался и тип хозяйственного использования территории, и ранее выносимая часть сухопутной охранной зоны КаПриЗ.

При проведении проектной работы было детально изучено положение рассматриваемой территории в системе региональной экологической сети и предлагаемых локальных экосетях [Кузьманенко]. Для этого использовались векторные и растровые данные, полученные коллективом НИЦ «Технологии устойчивого развития» совместно с коллективом исследователей в ходе разработки Схемы Региональной экологической сети АР Крым. Это позволило выделить

необходимые соединительные территории, связывающие природное ядро КаПриЗ с другими природными ядрами юго-восточного Крыма. Именно эти мероприятия позволят поддержать биологическое разнообразие всего указанного региона.

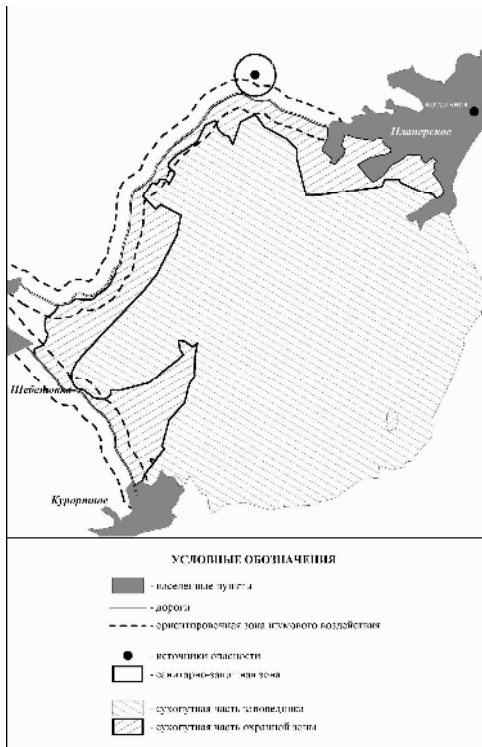


Рис. 1. Пример информационного слоя «Оценка источников экологической опасности на территориях, прилегающих к Карадагскому природному заповеднику НАНУ»

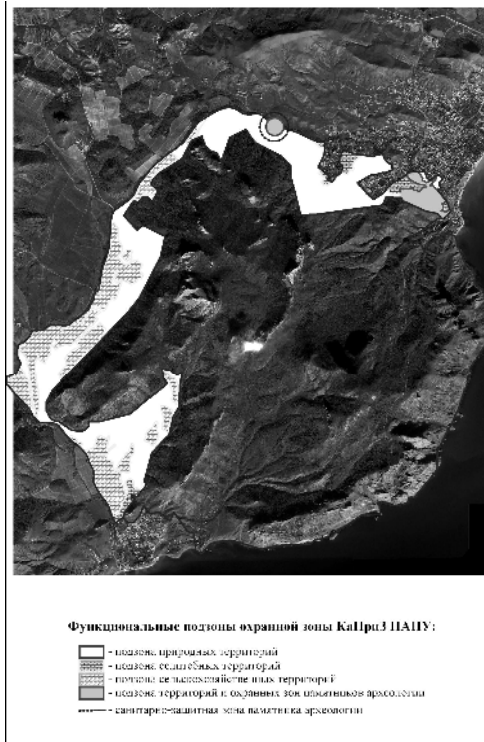


Рис. 2. Интегральная схема предлагаемой охранной зоны КаПриЗ НАНУ с учетом возможного выделения подзон охранной зоны.

По предоставленным исследователями полевым данным и собранным литературным и картографическим материалам, были созданы тематические слои распространения на прилегающих к заповеднику территориях редких видов растений и животных, основных биотопов и т.д.

Согласно реестровым данным, на прилегающих территориях к КаПриЗ отмечено два памятника археологии - городище «Тепсень» VII-XV вв. и поселение «Планерское» II-I в. до н.э. Их границы и границы их охранных зон так же были выделены в отдельном информационном слое.

Исходя из полученных данных и в ходе интеграции собранной информации, было установлено, что из-за разного типа использования территории, неравномерности расположения природных и исторических объектов, особенностей расположения источников экологической опасности, а так же в ходе анализа генеральных планов территорий и перспектив развития прилегающих к заповеднику территорий, на предлагаемой к созданию охранной зоне целесообразно выделение 4 подзон (рис. 2). Их выделение позволит диверсифицировать подходы к охранному

режиму територій, учесть в пределах каждой из подзон главные негативные факторы воздействия и др. Эти особенности были отображены в ходе разработанного Проекта «Положения об охранной зоне Карадагского природного заповедника НАНУ».

Рассчитаны точные площади охранной зоны и ее подзон. Предлагаемая сухопутная охранный зона занимает площадь 506,3 га (включая 20,9 га уже существующей охранной зоны). Подзона природных территорий занимает площадь 315,5 га, подзона селитебных территорий - 24,1 га, подзона сельскохозяйственных территорий - 143,3 га, и подзона территорий и охранных зон памятников археологии - 23,4 га. В административных границах Щebetовского поселкового совета г. Феодосии расположено 331,7 га, Коктебельского поселкового совета г. Феодосии - 174,6 га.

Таким образом, установлено, что ГИС являются необходимым атрибутом пространственного анализа территории при проектировании охранных зон природных заповедников. Они позволяют эффективно провести пространственный анализ территории, интегрировать разнородные данные и показать особенности развития отдельных территорий (подзон). ГИС так же являются мощным инструментарием визуализации разнородной экологической информации, позволяющим проводить сложные пространственные экологические экспертизы территории.

Список литературы

1. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» / Вводиться в дію Постановою ВР N 2457-ХІІ (2457-12) від 16.06.92, ВВР, 1992, N 34, ст.503 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zakon1.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2456-12> (портал Верховной Рады Украины)
2. Кузьманенко О. Л. Проект екомережі південно-східного гірського Криму з використанням Європейських підходів // Заповідники Крима: заповідне дело, биоразнообразие, экообразование. Мат-лы V научной конф. (октябрь 2009 г., Симферополь, Крым). – Ч.І. Географія. Заповідне дело. Ботаника. Лесоведение. – Симферополь: КРА «Экология и мир». - 2009. – С. 83-87
3. Методические указания по выявлению, научному описанию и обоснованию включения ценных природных комплексов и объектов в природно-заповедный фонд / Составлено А.А. Гордецким. Госкомприроды Крима. – Симферополь, 1997. – 22 с. – УТВЕРЖДЕНО приказом Госкомприроды Крима от 12 мая 1997 года № 37

Єпіхін Д.В. Використання ГІС-технологій при обґрунтуванні створення охоронних зон природних заповідників / Єпіхін Д.В., Карпенко С.О., Глущенко І.В., Павлова-Довгань О.О., Борисова Н.І. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 60-64.

В статті наведені методичні підходи до використання ГІС що до проектування охоронних зон природних заповідників України

Ключові слова: охоронна зона, геоінформаційні системи, природний заповідник, проектування

Iepikhin D.V. Using GIS technology to justify the creation of buffer zones of nature reserves / Iepikhin D.V., Karpenko S.A., Gluschenko I.V., Pavlova-Dovgan O.A., Borisova N.I. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 60-64.

Article describes the methodological approaches to the use of GIS in the design of protected areas of nature reserves in Ukraine

Key words: conservation zone, geoinformation systems, nature reserve, projection

Поступила в редакцію 08.04.2011 г.

УДК 504.53.054:504.064:62/69

ДІСТАНЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ РОДЮЧИХ ЗЕМЕЛЬ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НА НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ

Журавель М. Ю.¹, Клочко Т.О.², Яременко В.В.³

¹*Північно-східний науковий центр «Інтелект-сервіс», Харків, Україна*

²*Державне підприємство науково-дослідний та проектний інститут «СОЮЗ»,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є Жуковського «Харківський авіаційний
інститут», Харків, Україна,*

³*СП Полтавська нафтогазова компанія*

E-mail: klochko.ta@gmail.com²

У роботі розглянуто питання застосування матеріалів космічних зйомок для спостереження за станом території родовищ вуглеводнів та виявлення зон техногенного впливу на ґрунти у комплексі з проведенням наземних досліджень.

Ключові слова: нафтогазовидобуток, космічні знімки, дешифрування, ґрунти, дослідження, порушення, рекультивация, рослинність.

ВСТУП

Сталий розвиток України визначається, у числі інших умов, розробкою природоохоронних заходів при запровадженні нових технологій та удосконаленні існуючих. Такою є і світова тенденція, що схвалена Україною та підтверджена низкою нормативних актів відносно користування, охорони і моніторингу компонентів довкілля.

На територіях ведення геологічного вивчення, розвідки та розробки нафтогазових родовищ існує необхідність оперативного отримання площ для розбудови інфраструктури: бурових майданчиків, трубопроводів, установок підготовки, зберігання та транспортування вуглеводневої сировини. Для землевласників, що передають земельні наділи в тимчасове користування важливим є як отримання відповідної оплати від землекористувача, так і повернення земельної ділянки в стані не гіршому, ніж був на етапі тимчасового відчуження. Це досягається проведенням технічної та біологічної рекультивации земель, що є обов'язковою складовою технологічних процесів, пов'язаних з порушенням земель.

Моніторинг ґрунтів є елементом комплексного моніторингу компонентів довкілля в системі екологічного управління нафтогазовидобувного підприємства і забезпечує нагляд за станом земель від моменту їх вилучення в тимчасове використання до повернення власнику та/або повного відтворення первинного стану. Складовими моніторингу ґрунтів є накопичення даних агроекологічних досліджень, прив'язка їх до конкретних виробничих об'єктів та технологій, рознесення інформації в часі та просторі, співставлення з вимогами технічних стандартів та законодавства.

Одним із сучасних елементів моніторингу ґрунтів є матеріали космічних зйомок. Вони можуть використовуватися як актуалізована картографічна основа та дозволяють проводити багатоцільове тематичне картографування і повторні зйомки для аналізу стану довкілля на ділянках різної площі. В залежності від просторового розрізнення можливо здійснювати моніторинг окремих об'єктів, всього родовища, групи родовищ у межах підприємства-розробника або у межах геоструктурних одиниць.

Постановка задачі дослідження:

- визначити особливості дешифрування зображень техногенно-порушених ґрунтів;
- визначити локалізацію забруднень при розробці родовищ вуглеводнів;
- провести дослідження стану ґрунтів на промислових майданчиках;
- провести аналіз космічних знімків з метою виділення площ порушених земель після рекультивациі.

1. ОСОБЛИВОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕХНОГЕНО ПОРУШЕНИХ ҐРУНТІВ

Ґрунтовий покрив, у більшості замаскований рослинністю, вивчати за космічними знімками складніше, ніж інші компоненти ландшафту. Проте він, як ніякій компонент екосистеми, відображає історію розвідки, експлуатації родовищ та рекультивациі порушених земель.

Різноманітні ґрунти та їх порушення не завжди розпізнаються по космічним знімкам за прямими дешифрувальними ознаками (колір, структура, характер поверхні, механічний склад, вологість). Порушення добре відображаються на орних землях або полях з рослинністю не більш як 10–20 см та на слабо вкритих рослинністю територіях (з проєктивним покриттям до 10–15%).

Тон зображення ґрунтів на панхроматичних знімках змінюється від білого тону зображень сухих солончаків, пісків до чорного тону зображення чорноземів та визначається їх відбивною здатністю, яка залежить від мінералогічного та органічного складу. Гумусові речовини і окисли заліза знижують загальну яскравість ґрунтів, а кремнезем, карбонати та хлориди збільшують. Тому чорноземи з великим вмістом гумусу зображені на знімках чорними тонами, а солончаки – дуже світлими через вицвіті легко розчинних солей (хлоридів, сульфатів). На тон зображення ґрунтів впливає також вологість: тон зображення вологих об'єктів у 2–3 рази темніше тону зображення сухих об'єктів [1, 2].

На багатозональних знімках тон зображення ґрунтів у різних зонах спектру та його зміни при переході від зони до зони є прямою дешифрувальною ознакою. Для дешифрування використовують знімки в червоної та ближній інфрачервоної зонах, тому що набір кривих спектральної відбивної здатності розходиться максимально в цих зонах.

Антропогенне засолення має негативне значення для сільськогосподарського виробництва. Засолення відноситься до одного з суттєвих динамічних параметрів ґрунту, воно добре відстежується у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні. Прямими ознаками засолених територій є вицвіті солей або виникнення

солевих корок, які відображаються яскравими білими тонами. Опосередкованими ознаками є пригнічений та розріджений рослинний покрив. Локальне розподілення солей залежить від розташування технологічного об'єкту та особливостей мікрорельєфу. За знімками можливо візуально дешифрувати стадії засолення земель: початкова (висока вологість при практичній відсутності засолення), проміжна (солестійка рослинність та підвищена вологість ґрунту), зріла (солева корка на поверхні). Контури солевих корок, що виникають у автоморфних умовах, при випітному режимі у місцях виклинцювання збагачених солями ґрунтових вод мають чітку структуру округло-розрізаної форми.

При забрудненні нафтопродуктами відбивна здатність ґрунтів знижується. При сильному забрудненні криві спектрального відображення наближаються до горизонтальних, коефіцієнти відображення знижуються у напрямку до червоної зони. Інтегральне відображення сильно забруднених ґрунтів складає 10 – 12%, в синьо-фіолетовій зоні 9 – 11%, в червоній – до 8 – 13%.

Спектральна яскравість ґрунтів залежить від поверхні структури, розміру агрегатів, щільності упаковки, шорсткості поверхні. Найменші частинки повніше заповнюють об'єм та дають більш вирівняну поверхню у порівнянні зі складною поверхнею, що зложена крупними агрегатами. Гладка щільна поверхня має коефіцієнти яскравості вище, ніж рихла. Безструктурні ґрунти відбивають на 10 – 15% більше світла, ніж добре оструктурені.

2. ЛОКАЛІЗАЦІЯ ЗАБРУДНЕНЬ ПРИ РОЗРОБЦІ РОДОВИЩ ВУГЛЕВОДНІВ

На стадії пошуку та розвідки родовищ нафти та газу найбільш відчутний вплив на ґрунтовий і рослинний покрив пов'язаний з бурінням та випробуванням свердловин. Будівельно-монтажні роботи на бурових майданчиках та під'їзних шляхах до них призводять до порушення рослинного покриву, який виконує важливу протиерозійну та екологічну роль. Ще більше навантаження відчувають ґрунти на бурових майданчиках де ґрунтовий шар знімається майже повністю, у чорноземній зоні іноді на глибину 1,0–1,2 м. Поверхня ґрунту на бурових майданчиках може забруднюватися, найбільшу небезпеку становлять компоненти бурових розчинів та горюче-мастильні матеріали. Розміри земельних майданчиків, які відводяться під одну свердловину на період буріння, можуть сягати 2,5-3,5 га.

На стадії експлуатації родовищ тимчасове відчуження земель значно зростає. Окрім буріння свердловин будується і технологічна мережа, яка має забезпечити видобуток, первинну підготовку продукції та її транспортування. У зв'язку з цим на території родовища поруч з площинними можуть з'явитися лінійні зони забруднених і порушених земель, які трасують нафто- та газопроводи. В процесі видобутку можливі розливи на майданчиках біля свердловин, а іноді й фонтанування продукції, перетікання пластових флюїдів з нижніх горизонтів в верхні позатрубним простором або внаслідок порушення герметичності експлуатаційних колон. Все це може привести до забруднення ґрунтів і підземних вод. Механічні порушення та в меншій мірі корозія можуть привести до розривів

трубопроводів, якими транспортується продукція від свердловин на пункти сепарації і переробки. Найбільш вірогідні порушення лінійних комунікацій в місцях перетину транспортних шляхів та водних артерій. На етапі інтенсифікації розробки родовища різко зростає ризик засолення ґрунтів та природних вод внаслідок витоків мінералізованих флюїдів з аварійних трубопроводів [3, 4].

На кінцевій стадії розробки родовищ ліквіднуються технологічні об'єкти, рекультивуються усі порушені та забруднені землі і повертаються їх власникам.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ҐРУНТІВ НА ПРОМИСЛОВИХ МАЙДАНЧИКАХ

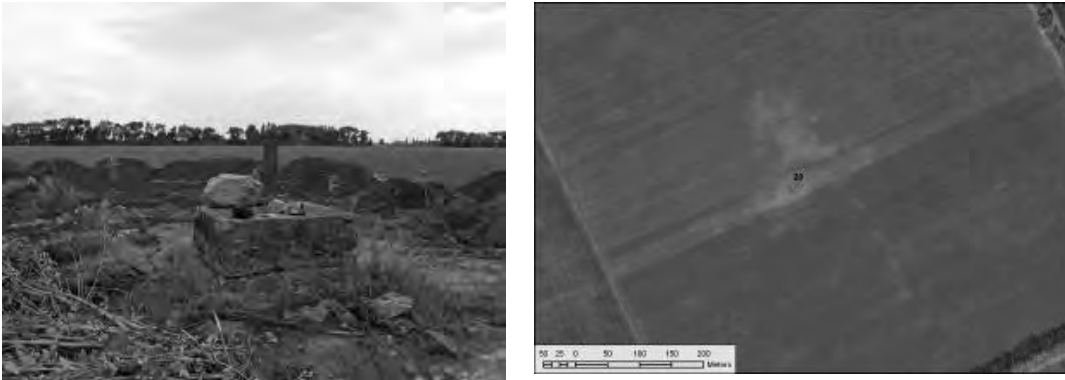
Дослідження стану ґрунтів на майданчиках пошукових та розвідувальних свердловин проведено за допомогою дешифрування знімків високого розрізнення 0,61 м (КА Quick Bird) та середнього розрізнення 30–15 м (КА Landsat та знімки TERRALook). Фонд таких знімків доступний для використання у мережі Інтернет. Зазвичай знімки для досліджень відбирають за часовим і спектральним критерієм, але відбір у Інтернет був обмежений за такими умовами, оскільки у вільному доступі знаходиться мала кількість знімків на необхідну територію. Дослідження проводились на території Полтавської низовини (південна прибортова зона ДДЗ), яка налічує більше двох віків історії сільськогосподарського використання земель.

Суттєве значення для розпізнавання властивостей ґрунтів має стан рослинності. Оскільки район має аграрну спеціалізацію (розораність території складає 80–90%), промислові об'єкти розташовані переважно на ланах сільськогосподарського використання, проведено дослідження культурної рослинності. Було досліджено особливості стану посівів сільгоспкультур, які відображають якість ґрунтів, їхню родючість, а також структуру ґрунтового покриву.

Аналіз знімків показує досить високий контраст промислових майданчиків на фоні сільгоспугідь через великий строк після їх ліквідації та рекультивації. Приклади зображень наведено на рисунках 1-3.

При обстеженні році ділянки свердловини №20 спостерігалось руйнування залишків бетонного вимощення навколо устя (рис. 1а). По слідах на ґрунті видно, що це відбувалось із застосуванням важкої техніки. Можливо, що метою цього був видобуток гранітних брил, з яких було зроблено вимощення. У той же час невеликі камені та уламки бетону залишилися у ґрунті, а це може викликати подальше забруднення прилеглої території будівельним сміттям, що вже спостерігалось раніше за даними космічних зйомок (рис. 1б).

На рис. 1б видно, що за кольором чітко виділяється ділянка бурового майданчику, а також напрямки розсіяння вздовж оранки залишків будівельних та бурових матеріалів від устя свердловини на досить велику відстань – до 100 м. Це вказує на грубе порушення правил рекультивації першого етапу – рекультивація майданчика після буріння свердловини. Властивості ґрунту, що впливають на зміну відбивної характеристики, не відновились на рекультивованій ділянці навіть за 40 років, що підтверджується даними польових візуальних спостережень та лабораторними дослідженнями ґрунту.

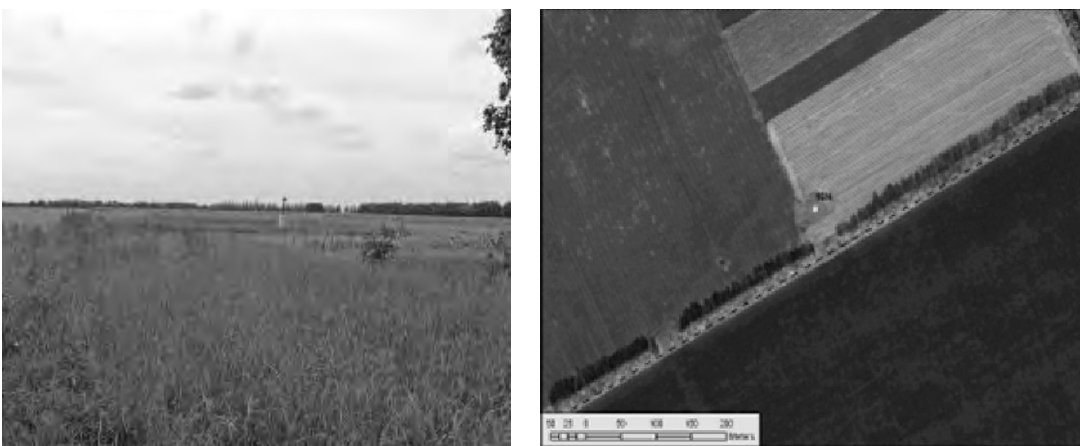


а) загальний вигляд під час обстеження б) космічне зображення з КА Quick Bird

Рис. 1. Ділянка розвідувальної свердловини №20 Ігнатівське родовище, 1968 рік рекультивації

На рис. 2б видно промисловий майданчик та прилеглу до св.№16 територію, що неорана, оскільки землевласник побоюється пошкодження орного знаряддя через залишки будівельного сміття.

Синантропна рослинність приховує контур порушення ґрунту. Такий стан території можна спостерігати починаючи з 1991р. (перші знімки з розрізненням 30 м). Візуальний огляд майданчика, ґрунтові прикопки та лабораторні аналізи підтвердили низький рівень технічної рекультивації.



а) загальний вигляд під час обстеження б) космічне зображення з КА Quick Bird

Рис. 2. Ділянка розвідувальної свердловини №16 (Руденківське родовище), 1971 рік рекультивації

Навколо деяких свердловин площа техногенного порушення невелика, контури площадок ніби розмиті, що вказує на особливості обробки поля землевласником та невдалу післярекультиваційну організацію майданчика, рис. 3.



Рис. 3. Ділянка розвідувальної свердловини №5Н (Новомиколаївська структура)

Ділянки деяких ліквідованих свердловин мають чітко окреслений контур малої площі (~10x10 м) без слідів розсіювання будівельних відходів на території, рис. 4.



Рис. 4. Приклад правильної рекультивації майданчика

Така організація майданчика дозволяє власникам проводити обробку земель у звичайному технологічному циклі.

Частина промислової інфраструктури підприємства відображена на рис. 5. Для досліджень використано синтезоване зображення TERRALook, комбінація спектральних каналів RGB. Рисунок ілюструє досить високе антропогенне навантаження території та розташування технологічних об'єктів на сільгоспугіддях. Змінення фототону знімка чітко визначає стадії проведення робіт та їх технологічні особливості. Аналіз зображення показує активну фазу робіт у районі свердловин №151, 152, 159, 162. Свердловини зв'язані проміж собою дорогою, відображеною на зеленому фоні культурної рослинності у вигляді лінійно-видовженої смуги. Від свердловини №131 на північний схід простежується коридор шлейфів у вигляді смуги світло-сірого кольору, тобто природний стан ґрунтів порушено внаслідок впливу будівництва.

Світла пляма у районі свердловин №160, 163, 165 вказує на відсутність ґрунтового покриття, що пов'язано з проведенням бурових робіт.

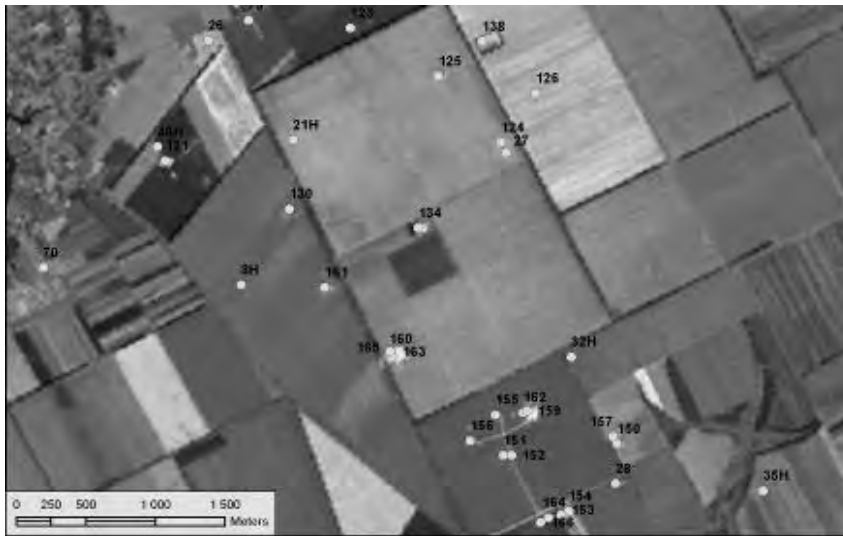


Рис. 5. Частина промислової інфраструктури

Дослідження виявили вплив антропогенного навантаження на всіх без виключення ділянках спостережень. При обстеженні виявлена неоднорідність в стані рослин по полям і культурам як на фоні, так і на рекультивованих ділянках, що викликано як впливом техногенного навантаження при тимчасовому використанні земель, так і нерівномірністю агротехніки на полях.

Вивчення різних за віком ділянок порушених земель показує, що без біологічної рекультивації процес відновлення родючості дуже розтягнутий у часі. На бурових майданчиках, ліквідованих десятки років тому, є суттєві відмінності стану та продуктивності культур з прилеглими ділянками поля, що фіксується на космічних знімках. На жодній з рекультивованих ділянок, які повинні до 3-х років знаходитися під посівами багаторічних трав, при обстеженні не виявлені ці

культури, що свідчить про відсутність заходів біологічної рекультивації з боку власників земель.

ВИСНОВКИ

Аналіз характеру зображень на знімках залежить від розміру, лінійної протяжності об'єктів, що мають добре виражену фізіономічність. Кожна група таких зображень на родовищі характеризується визначеними параметрами (змінюю фототону, текстури підстильної поверхні), а також своєрідною «прив'язкою», що відображає технологію експлуатації.

За матеріалами ДЗЗ визначаються зміни стану рослинності, ґрунтового покриву, поява нових технологічних об'єктів та ліквідація старих, зміни у використанні земель гірничого відводу та за його межами. При цьому виникає можливість виявлення особливостей стану ґрунтового покриву, рослинності та їхньої деталізації, а відповідно, і більш точного врахування впливу на навколишнє середовище різних технологічних об'єктів. Використання даних ДЗЗ надає можливість контролювати несанкціоновані під'їзні шляхи до об'єктів переробки та транспорту вуглеводнів, оцінювати якість рекультивації земель після буріння свердловин та експлуатації, здійснювати ретроспективну оцінку використання та якості земель, являє об'єктивну картину сучасного стану в кількісному та якісному вигляді. Це є базою для прогнозування подальшого розвитку дій та прийняття необхідних корегуючих засобів.

За допомогою космічних знімків проведена оптимізація розташування точок спостереження ґрунтів, що сприяло репрезентативності опробування. Аналіз космічних знімків надав змогу вивчити історію освоєння території, показав досить високий контраст промислових майданчиків на фоні сільгоспугідь через великий строк після їх ліквідації та рекультивації. Орієнтовна площа таких земель тільки у межах Дніпровсько-Донецької нафтогазоносною провінції може складати 20000 га.

У подальших дослідженнях необхідно розробити методіку виявлення та оцінки впливу на довкілля видобувної діяльності на різних стадіях розвідки, експлуатації родовищ та рекультивації порушених земель, визначити спектральні характеристики та алгоритми автоматизованого виявлення порушених ділянок.

Матеріали космічної зйомки повинні стати невід'ємною частиною оперативного моніторингу ґрунтів, оскільки надають об'єктивну інформацію про стан території у часі та просторі.

Список літератури

1. Кравцова В. И. Космические методы исследования почв / Валентина Ивановна Кравцова. — М.: Аспект Пресс, 2005. — 190 с, 8 с. цв. вкл.
2. Кронберг П. Дистанционное изучение Земли: Основы и методы дистанционных исследований в геологии / П. Кронберг. — М.: Мир, 1988. — 343 с.
3. Журавель Н.Е. Месторождение газа и гидрологический заказник: поиски баланса / Н. Е. Журавель, Т. А. Клочко, М. И. Овчаренко. // Зб.наук.ст. III Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» (10-14 вересня 2007 р., м. Алушта) / УкрНДІЕП. Х., 2007. — С.128-133.

4. Дваладзе Т. Ш. К методике регионального экологического прогноза при эксплуатации нефтегазовых месторождений / Т. Ш. Дваладзе, А. В. Поздняков, М. Ю. Самуйленков. // Исследования эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивости развития нефтегазовых регионов России: Теория, методы и практика. — Нижневартовск: НГПИ, ХМРО РАЕН, ИОА СО РАН, 2000. — С. 23-29.

Журавель Н. Е. Дистанционная оценка качества рекультивации плодородных земель на нефтегазовых месторождениях / Н. Е. Журавель, Т. А. Клочко, В. В. Яременко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. — 2011. — Т. 24 (63). — № 3 — С. 65-73.

В работе рассматриваются вопросы применения материалов космических съемок для наблюдения за территориями месторождений углеводородов и выявления зон техногенного влияния на почвы в комплексе с проведением наземных исследований.

Ключевые слова: нефтегазодобыча, космические снимки, дешифрирование, почвы, исследования, нарушение, рекультивация, растительность.

Zhuravel N.E. Research of a current state of problems of revealing of the salted soils according to space shootings // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. — Series: Geography. — 2011. — Vol. 24 (63). — № 3 — P. 65-73.

The article deals with the application of satellite surveys for monitoring of oilfields and detection areas of technological influence on the soil in conjunction with the surface survey

Keywords: oil and gas extraction, space imaging, soils, interpretation, research, soil reclamation, vegetation, violation.

Поступила в редакцию 28.04.2011 г.

УДК 504.3.054 : 004.9

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Зацерковний В. І., Кривоберець С. В., Сергієнко В. В., Сімакін Ю. С.

*Чернігівський державний інститут економіки і управління, Чернігів, Україна,
E-mail: serhiy.07@mail.ru*

Розглянуто проблеми створення системи моніторингу атмосферного повітря з використанням геоінформаційних технологій (ГІТ). На основі аналізу зроблені висновки та визначені головні проблеми що стоять на шляху впровадження ГІТ в сучасні системи моніторингу атмосферного повітря. **Ключові слова:** атмосферне повітря (АП), геоінформаційні технології (ГІТ), моніторинг, навколишнє природне середовище (НПС).

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

У 1990 році Верховна Рада проголосила Україну зоною екологічного лиха. Через 14 років уряд в Стратегії економічного та соціального розвитку України (2004 - 2015 рр.) охарактеризувавши екологічну ситуацію на території України як кризову. Оскільки національна екологічна політика була і залишається неефективною та не забезпечує охорони навколишнього природного середовища від забруднення, збереження необхідної площі територій в природному стані і раціонального використання природних ресурсів, то сучасний стан навколишнього природного середовища та пов'язаного з цим чинника здоров'я населення вже становить загрозу національній безпеці України [1].

Дослідження, проведені авторами, засвідчили, що загрози екологічної безпеки можна класифікувати за відношенням до території – на внутрішні (будь-які об'єкти господарської діяльності) і зовнішні (транскордонний вплив забруднень); джерелам екологічної небезпеки – антропогенні і природні; природним сферам – загрози атмосфері, гідросфері, літосфері, біосфері.

Серед низки актуальних проблем, які потребують щонайшвидшого вирішення для забезпечення сталого розвитку суспільства, є встановлення критичних техногенних навантажень на природне середовище, моделювання процесів взаємодії і взаємопроникнення природних і антропогенних факторів, безперервний моніторинг цих процесів і прогнозування надзвичайних ситуацій.

Об'єктами моніторингу виступають: атмосфера; гідросфера; літосфера; ґрунти, земельні, лісові, рибні, сільськогосподарські та інші ресурси та їх використання; біота; природні комплекси та екосистеми. Серед них одним з найважливіших є моніторинг атмосферного повітря, оцінка внесення в атмосферу або виникнення в ній нових, нехарактерних для неї фізичних, хімічних, біологічних речовин та перевищення природного рівня концентрацій забруднюючих і отруйних речовин, контроль за станом джерел викидів, розробка управлінських рішень, щодо

покращення екологічної ситуації та прогнозування станів навколишнього природного середовища (НПС) [2].

Практична реалізація різних аспектів вирішення перерахованих проблем вимагає застосування певних інформаційних технологій, чільне місце серед яких займають геоінформаційні системи (ГІС), геоінформаційні технології (ГІТ) та дані дистанційного зондування (ДДЗ). Доступність цифрових даних (як картографічних, так і ДДЗ) на регіони України свідчить про можливість вирішення задач екологічного управління за допомогою ГІС: нормування, контролю, експертизи, моніторингу тощо [3].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Математичні моделі поширення промислового забруднення в атмосфері, поверхневих водах та ґрунтах досліджено у багатьох роботах вітчизняних вчених, зокрема Дейнеки В. І., Згуровського М. З., Скопечького В. В. Загальним питанням методології моделювання, глобальним моделям та їх концепціям присвячено праці Дородніцина А. А., Моїсеєва Н. Н., Свірежева Ю. М., Грановської Л. М. [3] та інших. В даній роботі розвинуто їх ідеї при створенні регіональної моніторингової системи забруднення атмосферного повітря на базі ArcGIS, яка дозволяє здійснювати безперервний екологічний моніторинг, візуалізацію інформації та розв'язувати актуальні задачі природоохоронного захисту.

Актуальність і невідкладність вирішення проблеми моніторингових досліджень стану атмосферного повітря (АП) полягає в тому, що в країні існує ряд відомчих спостережних систем за станом довкілля, але вони не інтегровані в єдиний комплекс і не можуть ефективно виконувати узагальнюючу функцію оцінювання стану і рівня використання природних ресурсів, прогнозувати зміни і розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень щодо оптимізації господарської діяльності, природокористування і стану довкілля. Питання збереження чистого АП не може досліджуватись без інтегрованого аналізу стану усєї території і повинно входити до заходів збереження природо-заповідних територій, біорізноманіття і екологічної мережі тощо.

Мета роботи: створення системи моніторингу стану АП, екологічного стану територій, створення реляційної бази даних за допомогою ГІТ та висвітлення проблем що стоять на цьому шляху.

Виклад основного матеріалу дослідження. В процесі антропогенної діяльності людини відбувається забруднення атмосфери, що призводить до зміни хімічного складу атмосферного повітря. Забруднення атмосфери відбувається також і природним шляхом: вулканічні гази, природний пил, спори грибів, мікроорганізми, пилок рослин тощо.

В Україні державний моніторинг навколишнього природного середовища здійснюється мережею галузево-розгалужених організацій, які здійснюють виміри у різних точках за різними параметрами [5]. В процесі проведення моніторингу отримують первинні та узагальнені дані про стан довкілля на певній території, оцінюють рівні його забруднення, ступінь придатності середовища для життєдіяльності людей, на основі чого здійснюють прогнозування і розробляють управлінські природоохоронні рішення [4]. Після з'ясування наявного та

прогнозованого рівнів забруднення атмосферного повітря, оцінюють зміни концентрацій домішок у просторі й часі, розроблюють схеми розміщення постійних (стаціонарних) постів спостереження на території дослідження, програми їх роботи. Пост спостереження може надавати інформацію про загальний стан повітряного басейну (якщо він знаходиться поза зоною впливу окремих джерел викидів) і контролювати джерела викидів (якщо він перебуває в зоні впливу джерел викидів). При їх розміщенні пріоритетними є житлові райони з найбільшою щільністю населення де можливе перевищення встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Однак ГДК не є ефективним критерієм, оскільки встановлюються, по-перше, коли дія різних концентрацій одного забруднювача досліджується на фоні підтримки на постійному рівні концентрацій усіх інших факторів, по-друге, дія окремих забруднювачів досліджується ізольовано, на той час як в реальному житті має місце комбінований вплив багатьох факторів, по-третє, дія окремих забруднювачів, зазвичай, вивчається в лабораторії на окремих видах біоти, виокремлених з природного оточення. Крім того, ГДК приймаються в якості єдиних нормативів для адміністративних утворень, в той час як дія забруднюючих речовин залежить від специфічних фонових, кліматичних, господарських та багатьох інших характеристик конкретного регіону. Внаслідок цього, використання єдиних ГДК в районах з різними екологічними умовами в реальній практиці не є раціональною, тому необхідна розробка більш ефективних критеріїв.

Крім того, існують серйозні розбіжності в оцінці критеріїв забруднення, використовуваних в європейській спільноті і в Україні [1], що призводить до істотного ускладнення порівняння стану повітря в різних регіонах Європи і унеможливорює оцінку ефективності заходів, спрямованих на очищення повітря. Неefективність моніторингу проявляється і в дублюванні частини результатів, а певна кількість параметрів, необхідних для оцінки стану середовища або інтегральної оцінки території, взагалі просто не відслідковується. Звести сукупно результати такого моніторингу досить складно: для початку потрібно уніфікувати його інструментарій, набори контрольованих параметрів і ряди їх стандартних значень, а потім розмежувати доступ, надаючи конкретним організаціям можливість поповнювати базу спостережень тільки в сфері їх компетенції. Паралельно з цією роботою необхідно сформувати зведену базу спостережень, забезпечити можливість її комплексного аналізу і виключити несанкціоновану зміну будь-яких даних тощо [1].

Таким чином, виходячи з наведеного є всі підстави вважати існуючу державну систему підготовки екологічної інформації для прийняття управлінських рішень, недостатньо ефективною. Для створення ефективної системи моніторингу АП необхідно сформувати принципово нові підходи і погляди до проблем соціально-економічного розвитку і використання ресурсів навколишнього природного середовища, зокрема повітря. Вони повинні відповідати сучасному етапу соціальних відносин, економічних взаємозв'язків та сучасному розвитку інформаційних технологій.

Оскільки інформація використовується для моніторингу АП має просторово-розподілений характер, то при розробці технологій уведення, збереження,

переробки, аналізу і візуалізації цієї важливої інформації доцільно застосовувати ГІС і реляційні бази даних, які спроможні внести значний вклад у вдосконалення моніторингу навколишнього природного середовища (НПС) взагалі, а АП зокрема, забезпечуючи при цьому наочну основу для аналізу.

ГІС спроможні інтегрувати дані з різних джерел (бази даних, ДЗЗ, дані метеослужби, Інтернет тощо) [6]. Крім того, ГІС дозволяють створювати карти розподілу атмосферних забруднень, відслідковувати зміну їх динаміки в залежності від температури, тиску, швидкості вітру, повітряних течій тощо. Інструментарій ГІС забезпечує не тільки введення інформації, але й надає можливість розрахунків допоміжних показників, які характеризують динаміку зміни екологічного стану довкілля як за окремими точковими об'єктами, так і за регіоном в цілому, побудові рейтингових оцінок, що відображують реальний стан довкілля тощо.

Застосування ГІТ в моніторингу АП дозволяє відслідковувати стан навколишнього природного середовища (НПС), прогнозувати виникнення надзвичайних екологічних ситуацій та інформувати населення про поточний екологічний стан НПС, динаміку його змін, джерела забруднення, розміщення відходів, характер впливу екологічних факторів на здоров'я людей через забезпечення вільного доступу до екологічної інформації.

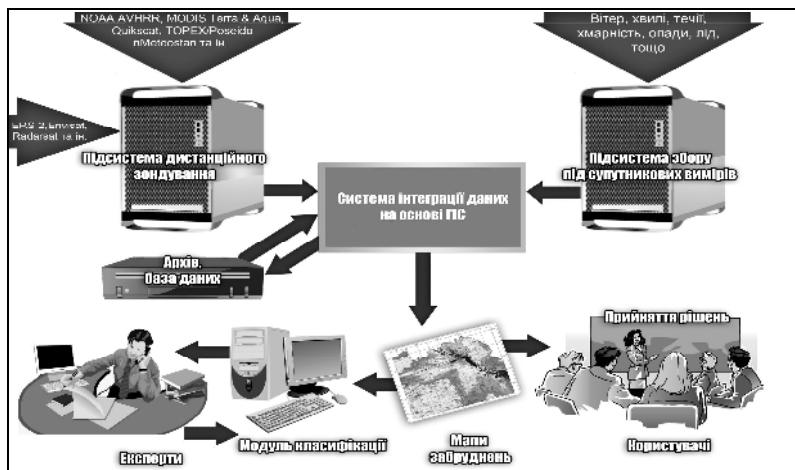


Рис. 1. Функціональна схема системи моніторингу атмосферного повітря

На основі ГІТ і ГІС можуть створюватись підсистеми для підтримки задач управління і прийняття рішень, розробці заходів з попередження викидів в атмосферу, а також геоінформаційних модулів, які будуть доступні пересічним громадянам через Internet. Програмне забезпечення ArcView/ArcGIS дає можливість інтегрувати ці дані і забезпечити їх спільну роботу в єдиній оболонці.

Функціональна схема ГІС моніторингу атмосферного повітря повинна складатись з чотирьох основних підсистем (рис. 1):

1. *Підсистема ДЗЗ.* В рамках цієї підсистеми здійснюється збір, обробка та аналіз даних ДЗЗ (радіолокаційне випромінювання, температуру поверхні, хмарний покрив, вітер, опади тощо).

2. *Підсистема збору підсупутникових вимірів.* Тут відбувається збір даних і

супутньої інформації (вітер, хвилі, повітряні і морські течії, параметри забруднюючих речовин тощо). На основі отриманої інформації будуються реляційні бази даних, які місять оперативні і ретроспективні дані про стан АП.

3. Система інтеграції даних. Основою підсистеми є ГІС, яка у сукупності з модулем класифікації здійснює інтеграцію всіх інших даних та надає можливість візуалізації забруднень АП.

4. Підсистема архівування і збереження даних. Тут відбувається збереження і архівування інформації, необхідної для розв'язання різноманітних задач, таких як моделювання сценаріїв та отримання статистичних відомостей про забруднення АП.

Створювана ГІС характеризується багатоцільовим характером, функціональною надлишковістю, багатоваріантною реалізацією функцій, наявністю просторово-розподіленої мережі обміну даними, гнучкими технологіями управління.

При створенні пілотного геоінформаційного проекту моніторингу АП Чернігівської області цикл робіт в першу чергу зводився до інвентаризації джерел забруднення атмосферного повітря, моделювання та відображення рівнів забруднення, визначення зон з найбільшими концентраціями, визначення територій ризиків для здоров'я населення, обчислення буферних зон тощо.

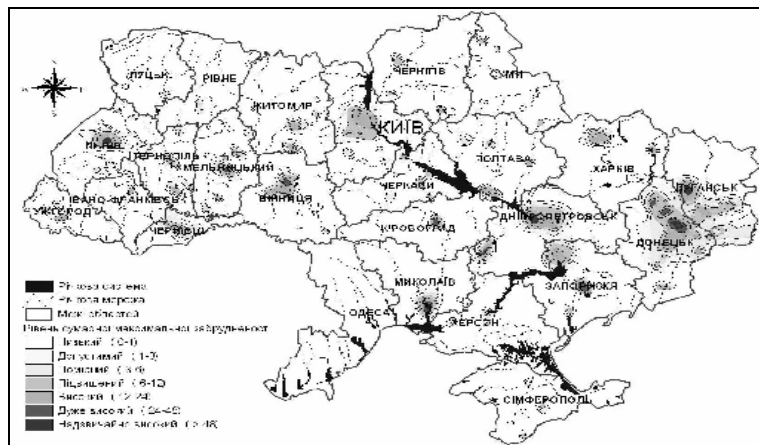


Рис. 2. Картограма забрудненості атмосферного повітря в Україні

При проведенні інвентаризації викидів необхідно виконати: класифікацію забруднювачів АП, джерел цих забруднювачів; визначити якість і кількість забруднюючих матеріалів; визначити кількість оброблених чи спалених матеріалів; визначити коефіцієнти забруднення довкілля відходами виробництва для забруднюючих матеріалів; обчислити припустимий обсяг викидів для кожного забруднювача. Інвентаризації викидів використовуються для планування умов моніторингу у різних галузях; визначення програми моніторингу та інтерпретації отриманих результатів; встановлення стандартів викидів; оцінки концентрації повітряних забруднювачів для різних метеорологічних умов; встановлення базових рівнів заданих концентрацій повітряних забруднювачів і прив'язка їх до тенденцій розвитку; демонстрації сезонного і географічного поширення повітряних

забруднювачів у визначеній галузі; допомоги у встановленні пріоритетів програми контролю за забрудненням повітря. В якості прикладу на рис. 2. представлена побудована авторами картограма забруднення АП України, створена за даними [4].

Дана картосхема характеризує інтегральну забрудненість АП. Найбільші проблеми з забрудненням АП на сході України має Донбас. Далі в «брудному» рейтингу фігурують міста Дніпропетровської, Запорізької, Луганської, Харківської областей, м. Київ та деякі інші обласні центри.

Незадовільний стан АП перерахованих регіонів обумовлений недотриманням підприємствами технологічного режиму експлуатації пилогазоочисного устаткування, невиконанням у встановлені терміни заходів щодо зниження обсягів викидів до нормативного рівня; низькими темпами впровадження сучасних технологій очищення викидів; відсутністю ефективного очищення викидів підприємств від газоподібних домішок; відсутністю нормативних санітарно-захисних зон між промисловими і житловими районами.

На сьогодні до переліку регіонів з найменшим техногенним навантаженням умовно можна віднести Вінницьку, Волинську, Житомирську, Закарпатську, Рівненську, Тернопільську, Херсонську, Хмельницьку і Чернівецьку області. Із загальної кількості шкідливих викидів в АП на ці області припадає лише 4,9 %.

В багатьох регіонах спостерігається зростання локальних і глобальних екологічних проблем, що загрожують не тільки благополуччю але й подальшому існуванню природи і людини.

Антропогенний тиск на природне середовище призводить до порушення природного стану атмосфери, природних вод і ландшафтів, флори і фауни. Кожний регіон має свої екологічні проблеми, не є виключенням Чернігівська область, яка серед інших областей України має відносно помірне забруднення атмосфери, однак на фоні наслідків аварії на Чорнобильській АЕС дослідження динаміки будь-яких екологічних змін, що відбуваються в екології регіону є надзвичайно актуальною задачею. Авторами змодельована картосхема основних забруднювачів атмосферного повітря і місце розташування галузевих постів спостереження та представлена на рис. 3.

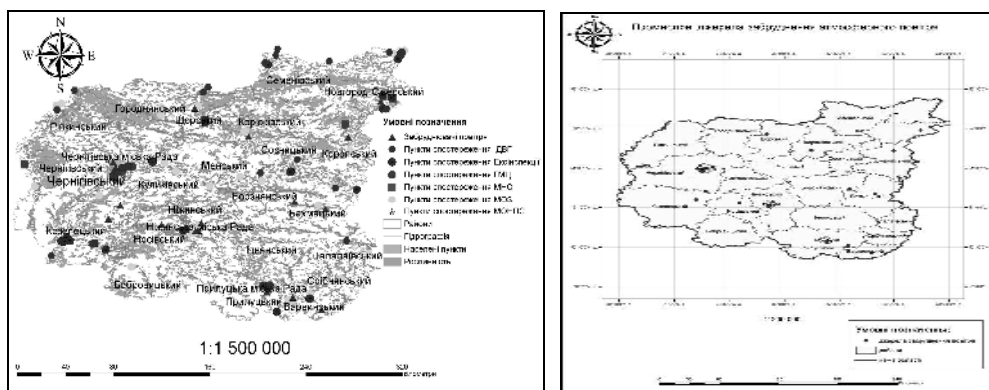


Рис. 3. Картосхема основних забруднювачів АП, їх адміністративно-територіальний розподіл і місце розташування галузевих постів спостереження за станом АП в Чернігівській області

Територія Чернігівської області становить 31,9 тис. км² (5,3% від усієї території країни); населення – 1281 тис. чол. (2,6 відсотків від усього населення), а його щільність – 36 чол. на км², тобто у 2,1 рази менше, ніж у середньому по країні. Стан навколишнього природного середовища оцінюється неоднозначно: просторові переваги і перспективність розвитку природних комплексів, здатність до самоочищення поєднуються із значним антропогенним тиском на нього. Внаслідок техногенного забруднення втрачено 15% території області придатної для рекреації. У сховищах організованого складування накопичено 1919,2 тис. т. промислових токсичних відходів. В атмосферу викинуто 86,8 тис. т. шкідливих речовин, в т.ч. від стаціонарних джерел 23%, від пересувних – 77%.

За даними обласної санітарно-епідеміологічної станції спостереження за станом АП проводиться на маршрутних постах та в районі впливу пром підприємств – забруднювачів атмосфери в містах Чернігові, Ніжині, Прилуках та 17 районах на 52 маршрутних постах та 49 підфакельних за 15 інгредієнтами (пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту, оксиду вуглецю, фенолу, формальдегіду, сірчаної кислоти, динілу, толуолу, аміаку, свинцю, ацетону, ксилолу) [7]. При цьому визначається вміст трьох основних домішок – пилу, двоокису сірки та двоокису азоту та вміст специфічних речовин – бенз(а)пірену і восьми важких металів (заліза, кадмію, марганцю, міді, нікелю, свинцю, хрому, цинку). Вміст оксиду вуглецю не визначається через відсутність приладу [7].

Середньорічні концентрації основних домішок у 2008 р. дорівнювали: діоксиду азоту – 2,0 ГДК, діоксид сірки – 0,5 ГДК, пилу – 0,1 ГДК. Середньорічні концентрації діоксиду азоту протягом року коливалась в межах 1,7-2,7 ГДК, найбільша концентрація відмічена у січні. Максимальна з разових концентрацій діоксиду азоту перевищувала відповідну ГДК в 3,2 рази у січні місяці. Повторюваність випадків перевищення максимально разової ГДК з діоксиду азоту дорівнювала по місту 47%. Загальний рівень забруднення повітря в місті був нижче середнього по мережі спостережень гідрометслужби України. За індексом забруднення атмосфери (ІЗА) він оцінювався як низький [7]. Середньорічний вміст важких металів та бенз(а)пірену був значно нижчим за відповідні гранично допустимі концентрації. За 2008 р. проведено 2479 досліджень проб забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Перевищення ГДК зафіксовано в 110 пробах (4,4%). З 2004 проб, відібраних в міських поселеннях, перевищення ГДК виявлено в 99 пробах (4,9%). З 475 проб сільських поселень, перевищення ГДК виявлено в 11 пробах (2,3%) [7].

Аналіз вищенаведених матеріалів свідчить, що Чернігівську область можна віднести до групи областей, які характеризуються нерівномірним антропогенним навантаженням.

Розробка ефективної системи моніторингу АП Чернігівської області обумовлює необхідність встановлення основних характеристик забруднення, що слугують причиною самих серйозних або найбільш поширених хвороб, що виникають у частини населення. Авторами розроблена система моніторингу забруднення атмосферного повітря на території Чернігівської області на базі ArcGIS. Елементи інтерфейсу системи геоінформаційного моніторингу представлені на рис. 4-7.



Рис. 4. Головне вікно системи моніторингу забруднення АП Чернігівської області



Рис. 5. Вікно вибору адміністративних районів

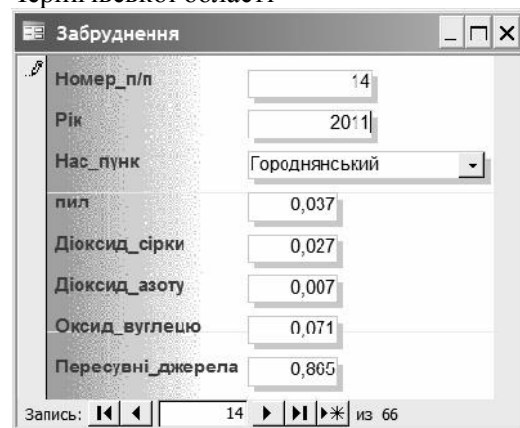


Рис. 6. Вікно відображення забруднення АП підприємствами Чернігівської області

підприємство	квартал	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	середнє за рік
Міф: забруднення атмосфери											
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
район Городнянський											
підприємство МП "Городнянська заводська"											
Міф: забруднення атмосфери											
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103
підприємство ДП "Міський заводський завод"											
Міф: забруднення атмосфери											
№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№	№
101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101
102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103

Рис. 7. Підсумковий звіт за викидами в АП

Авторами розроблена і представлена на рис. 8 картограма забруднення атмосферного повітря Чернігівської області з діаграмами розподілу показника забруднення за джерелами викидів.

При проведенні моніторингу АП обов'язково необхідно враховувати розу вітрів, яка для Чернігівської області представлена на рис. 9. На рис. 10 представлений розрахунок буферних зон забруднення АП одним із суб'єктів господарської діяльності м. Чернігова.

В процесі розробки і впровадження моніторингу АП з застосуванням ГІТ авторам довелося зіштовхнутися з низкою проблем, які можна структурувати в чотири групи: методологічного і методичного плану; пов'язані з організаційно-управлінським аспектом; ресурсного забезпечення; пов'язані з інформаційним забезпеченням.

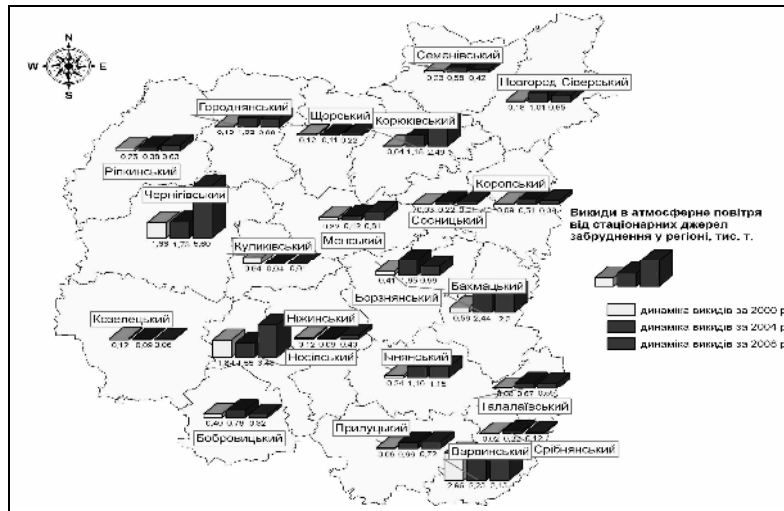


Рис. 8. Картограма забруднення АП Чернівецької області з діаграмами розподілу показника забруднення за джерелами викидів

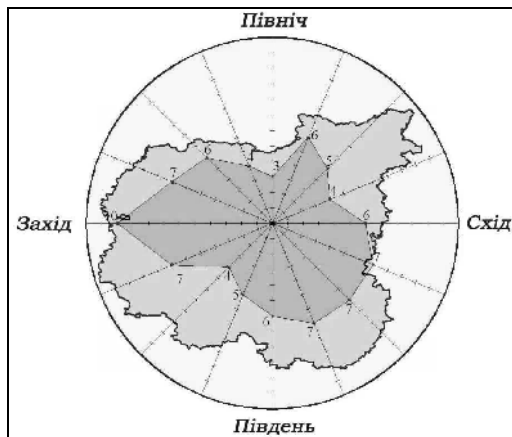


Рис. 9. Розподіл напрямку вітру на території Чернівецької області (2007-2010 рр.), %

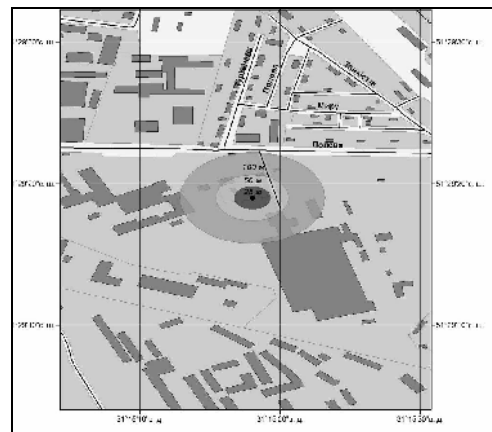


Рис. 10. Буферні зони забруднення АП цегельним заводом №3 м. Чернівці

Найбільш істотними проблемами при розробці, впровадженні і функціонуванні системи моніторингу АП з застосуванням ГІТ на думку авторів є наступні.

1. Проблеми методологічного плану:

- недосконала методологія оцінки впливу на навколишнє середовище та екологічної експертизи;
- недосконалість нормативно-методичної бази в оцінці екологічних, соціальних і економічних ризиків на рівень суспільного здоров'я і методики ранжирування якості середовища за ступенем можливого ризику впливу на організм і популяцію, виявлення причинно-наслідкових зв'язків;

- відсутність розроблених алгоритмів прийняття рішень і можливих варіантів моделей керуючих впливів і регламентованих за ієрархічними рівнями управління відповідальності і способів мотивації за впровадження ГІТ і ефективне його функціонування.

2. Проблеми, пов'язані з організаційно-управлінським аспектом:

- недосконалість існуючих методів і технологій організації взаємодії учасників моніторингу АП і забезпечення координації;
- відсутність адекватного цілям і задачам моніторингу АП «Положення про орган управління ходом впровадження і функціонування системи моніторингу АП»;
- недостатня участь громадських організацій в екологічній експертизі і природоохоронних заходах.

3. Проблеми ресурсного забезпечення моніторингу атмосферного повітря:

- відсутність спеціально виділених цільовим призначенням фінансових коштів для розробки, впровадження і експлуатації системи моніторингу АП, оренди засобів зв'язку та інших каналів передачі даних;
- недостатня оснащеність організацій – учасників моніторингу АП сучасною комп'ютерною технікою, засобами знімання первинних даних про стан середовища існування (спеціалізований комплекс для екологічного моніторингу параметрів АП) тощо;
- відсутність ліцензійних програмних засобів для використання ГІТ, математичного моделювання тощо;
- недостатня кількість професійно підготовлених фахівців.

4. Проблеми інформаційного забезпечення пов'язані з:

- відомчою розгалуженістю і відсутністю єдиного нормативно-довідкового господарства, перед усім, на муніципальному рівні;
- низькою достовірністю вихідних даних і високою трудомісткістю їх отримання і перетворення в електронний варіант;
- неідентичністю накопичених комп'ютерних баз даних і відсутністю необхідних інтерфейсів для обміну інформацією;
- відсутністю науково-обґрунтованих обсягів інформації і періодичності її надання учасникам системи моніторингу АП і користувачам, а звідси низька ефективність використання;
- відсутністю інформаційно-аналітичної системи моніторингу АП, взаємозв'язаної за вертикаллю і горизонталлю з іншими моніторингами і практично відсутністю зворотного зв'язку.

ВИСНОВКИ

При проведенні моніторингу АП в Чернігівській області, як і по всій Україні, відбувається дублювання робіт, що призводить до істотного здорожчання розробок і експлуатації систем. Відомча роз'єднаність ускладнює обмін інформацією і доступ до неї, що надзвичайно ускладнює інформаційне забезпечення діяльності осіб, що приймають рішення, тобто в Україні існує розгалужена система нормативно-правових актів, які охоплюють питання охорони довкілля, однак існує і проблема їх взаємоузгодженості та забезпечення контролю за виконанням. Для ефективного моніторингу і прогнозування забруднень АП недостатньо дотримуватися тільки

існуючої практики, що ґрунтується на спостереженні, накопиченні даних і складанні бюлетенів забруднення навколишнього середовища.

Застосування ГІС в моніторингу АП надає можливість оцінювати реальний стан забруднення АП, соціально-гігієнічні та екологічні умови життя населення, надавати широким верствам населення відомості про стан та якість того середовища, де вони проживають.

Автори роботи дослідили динаміку забруднення АП в Чернігівській області, розробили та впровадили в практичну діяльність Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області реляційну базу даних забруднювачів АП.

Дана робота, в першому наближенні, орієнтує на вирішення проблеми моніторингу АП від стаціонарних і пересувних джерел забруднення. Проведене дослідження має науково-пошуковий характер, тому рекомендації та критичні пропозиції будуть враховані нами в подальших розробках.

Список літератури

1. Громадське лобіювання першочергових рішень влади для підвищення ефективності екологічної політики. Київ : ВЕГО «МАМА-86», 2007. – 180 с.
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». – Київ : Відомості Верховної Ради, 1991. – № 41.
3. Грановська Л. М. Рациональне природокористування в зоні еколого-економічного ризику / Л. М. Грановська. – Херсон : Видавництво ХДУ, 2007. – 372 с.
4. Запольський А. К. Основи екології / А. К. Запольський, А. І. Салюк – Київ : Вища школа, 2004. – 384 с.
5. Техніко-економічна доповідь по формуванню національної інфраструктури геопросторових даних (УкрНІГД) Шифр НДІ 10.0411. Договір № 1-14/1040/31/2. Київ : НДІГК, 2005. – 112 с.
6. Бурачек В. Г. Основи ГІС / В. Г. Бурачек, В. І. Зацерковний. – Чернігів : ЧДІЕУ, 2009. – 180 с.
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2008 рік : (стат. щорічник / Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Чернігівській області). – Чернігів : ДУОНПС, 2008. – 258 с.

Зацерковний В. І. Геоинформационный мониторинг атмосферного воздуха Черниговской области / В. И. Зацерковный, С. В. Кривоберец, В. В. Сергиенко, Ю. С. Симакин // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С. 74-84.

Рассмотрены проблемы создания системы мониторинга атмосферного воздуха (АВ) с использованием геоинформационных технологий (ГИТ). На основе анализа, авторами сделаны выводы и определены главные проблемы, стоящие на пути внедрения ГИТ в современные системы мониторинга атмосферного воздуха.

Ключевые слова: атмосферный воздух (АП), геоинформационные технологии (ГИТ), мониторинг, окружающая естественная среда (НПС).

Zacerkovniy V. I. Geoinformation monitoring air of the Chernigov area / V. I. Zacerkovniy S. V. Krivoberets V. V. Sergienko Y. S. Simakin // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 74-84.

In the article the problems of creation of the system of monitoring of atmospheric air (AA) are considered with the use of geoinformation technologies (GIT). On the basis of analysis, authors are do conclusions and main problems, costing on the way of introduction GIT in the modern systems of monitoring of atmospheric air, are certain.

Keywords: atmospheric air (AA), geographic information technology (GIT), monitoring, the environment.

Поступила в редакцію 13.04.2011 г.

УДК 551.436:004.94+528.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ СРЕДСТВАМИ ArcGIS 9.3

Кацавцева А. Ю., Шипулин В. Д.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства,
E-mail: anna.shtykh@gmail.com, vshypulin@yahoo.com*

Разработан алгоритм моделирования водосборных бассейнов на базе цифровой модели рельефа средствами Spatial Analyst Tools программного обеспечения ArcGIS 9.3. Проанализирована зависимость количества водотоков-звеньев от значения кумулятивного стока. Полученная функция может применяться для моделирования водосборных бассейнов различной степени детализации.

Ключевые слова: цифровая модель рельефа, гидрологическое моделирование, кумулятивный сток, речной бассейн.

ВВЕДЕНИЕ

Разделение территорий на бассейны рек – одна из наиболее типичных операций в гидрологических и экологических исследованиях. Речные бассейны могут выступать в качестве основной территориальной единицы при районировании территорий, оценке интенсивности эрозионных процессов и др. Применение бассейнового подхода географически и экологически обосновано (бассейн – природная и нередко природно-хозяйственная система, экосистема в природных, естественных границах) [1].

Под речным бассейном понимают часть суши, с которой поверхностные воды поступают в русло реки. Любая эрозионная форма обладает своим бассейном стока поверхностных вод или водосбором. Водосборы различных рек (водотоков) ограничены друг от друга водоразделами. В речные бассейны иногда включают ещё и толщу грунтов, из которых подземные воды поступают в ту же реку, поэтому можно говорить о поверхностном и подземном водосборах рек [2].

В дальнейшем изложении подходов разграничиваются понятия "река" и "водоток". В энциклопедическом географическом словаре «Понятия и термины» (1988) прилагается следующее определение: Река – естественный водный поток, текущий в выработанном им русле, питающийся за счёт стока с его водосбора. С понятием река тесно связано понятие водоток. В том же словаре это понятие определяется следующим образом: водоток – водный поток с движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности. От понятия река понятие водоток отличается тем, что оно применимо и для естественных потоков воды (рек) и для искусственных (каналов). Обратим внимание на то, что в этих определениях нет никаких ограничений по размерам водосбора. Отсюда вполне допустимо использование термина речной бассейн к водосборам эрозионных форм любого размера [3].

Технологии автоматического разграничения бассейнов рек доступны с середины 80-х годов и были внедрены в различные программные пакеты ГИС и

специализированное программное обеспечение. В геоинформационных системах моделирование речных бассейнов выполняется на базе цифровых моделей рельефа, которые предоставляют высокий уровень информации о рельефе местности [4].

Для качественного описания и численного моделирования гидрологических систем к настоящему времени разработан широкий спектр подходов и соответствующих математических моделей. Тем не менее, указанные подходы не имеют универсального характера и ориентированы на моделирование конкретных речных бассейнов или отдельных процессов, формирующих сток. Необходимость разработки заключается в построении общего алгоритма, пригодного для моделирования речных бассейнов.

1. АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

Ниже предлагается алгоритм моделирования речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 на примере территории города Харьковской области (рис. 1). Данный алгоритм предполагает обработку цифровой модели рельефа (ЦМР) функциями гидрологического моделирования, которые встроены в расширение Spatial Analyst Tools.

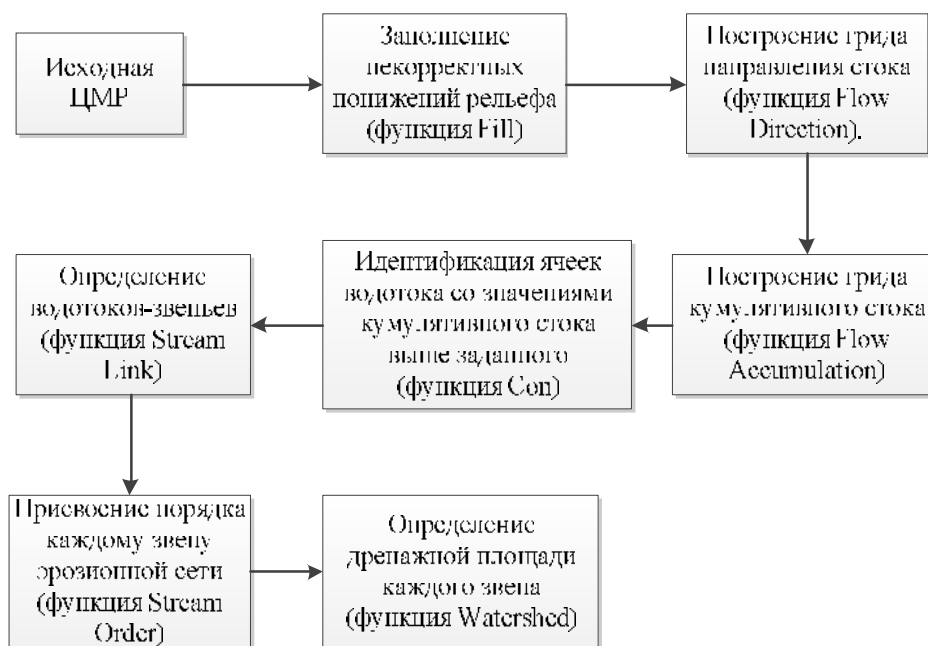


Рис. 1. Алгоритм определения водосборного бассейна реки.

Алгоритм определения водосборного бассейна реки представлен следующими шагами.

Шаг 1. Построение цифровой модели рельефа. Исходными данными послужили топографические планы масштаба 1:2000. В результате оцифровки было получено 4170 горизонталей и 5593 точек с известными высотами. На основании этих данных с помощью модуля 3DAnalyst построена ЦМР как грид с размером ячейки 25 м (рис.2).

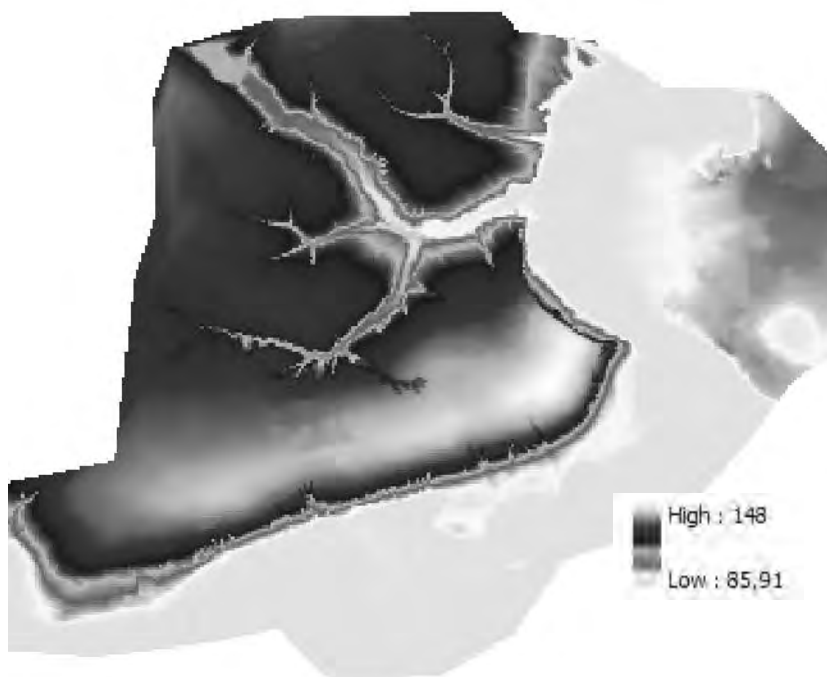


Рис. 2. Цифровая модель рельефа на территорию города

Шаг 2. Заполнение некорректных понижений рельефа. Для заполнения некорректных понижений рельефа применена функция Fill, при помощи которой выполняется коррекция грида, без которой невозможно построение грида кумулятивного стока с адекватными значениями.

Данная функция производит коррекцию значений рельефа до тех пор, пока не заполнятся все стоки в пределах определённого предела Z. Как только стоки заполнятся, становится возможным создание других стоков на границах заполненных территорий, которые будут удалены при следующей итерации.

Наглядно действие данной функции можно проследить при построении растра кумулятивного стока для одной и той же местности. На рис. 3 представлен грид кумулятивного стока ЦМР, без обработки функцией Fill; на рис. 4 представлен грид кумулятивного стока ЦМР, обработанной функцией Fill.



Рис. 4. Грид кумулятивного стока ЦМР без обработки функцией Fill

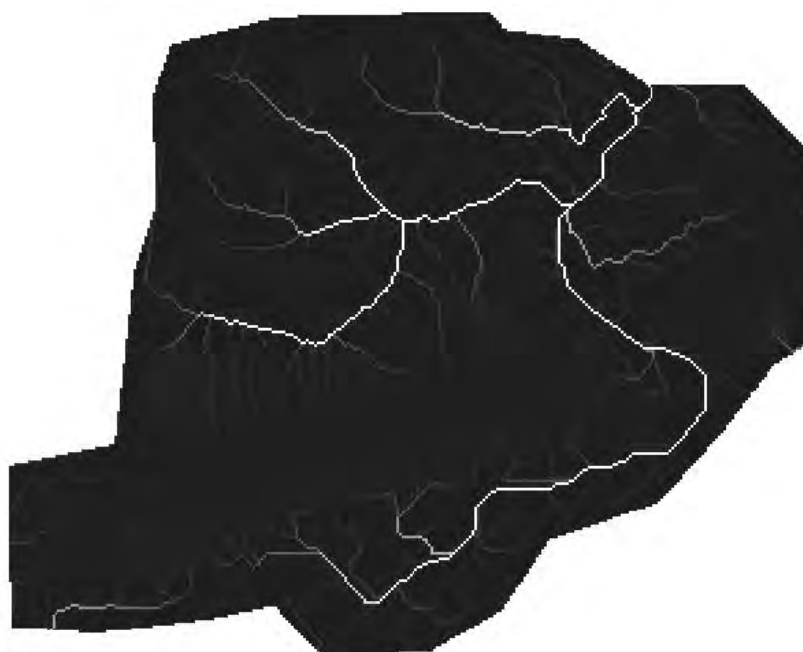


Рис. 3. Грид кумулятивного стока ЦМР, обработанной функцией Fill

Шаг 3. Построение грида направлений стока. Функция Flow Direction позволяет классифицировать направление стока по 8 румбам.

Шаг 4. Построение грида кумулятивного стока функцией Flow Accumulation. Грид кумулятивного стока строится на основании поверхности уклона, т.е. грида направления потоков, полученного на предыдущем шаге.

Шаг 5. Идентификация ячеек водотока со значениями кумулятивного стока выше заданного. На этом этапе выполняется процедура выбора предельного значения кумулятивного стока с помощью инструмента Con. Инструмент Con (сокращение от conditional, что означает «удовлетворяющий условиям») находится в наборе инструментов Условия (Conditional). Функция Con, важная часть команды ArcGrid, необходима для определения корректности значений ячеек входных данных и комплексного контроля выходных данных. Инструмент Con – упрощенная версия этой функции [5].

Шаг 6. Определение водотоков–звеньев функцией Stream Link. Водотоки–звенья – это сегменты канала потоков, связывающих два последовательных узла, узел и точку выхода или узел и точку водораздела.

Шаг 7. Присвоение порядка каждому звену эрозионной сети функцией Stream Order. Каждый водоток, являющийся звеном сети, классифицируется по присвоенному порядку, который зависит от взаимосвязи водотоков.

Шаг 8. Определение дренажной площади каждого звена функцией Watershed. Дренажная площадь или водосборная площадь бассейна водотока вычисляется на основании грида направления потоков и набора водотоков, для которых она вычисляется.

В результате выполнения данного алгоритма представляется возможным построение водосборных бассейнов различного порядка для каждого элемента гидрологической сети на основании ЦМР исследуемой местности.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ

На основании проведенных исследований цифровой модели рельефа установлено, что значения коэффициента кумулятивного стока зависят от количества бассейнов, на которые необходимо разделить речную сеть.

Исследования проведены для значений кумулятивного стока в диапазоне от 25 до 1 300 с шагом 50. Для каждого значения с помощью функции Stream Link рассчитано количество водотоков–звеньев. В результате получили сводную таблицу Microsoft Excel, состоящую из 27 пар значений. На основании этих данных получен график зависимости двух параметров, приведенный на рис. 5.

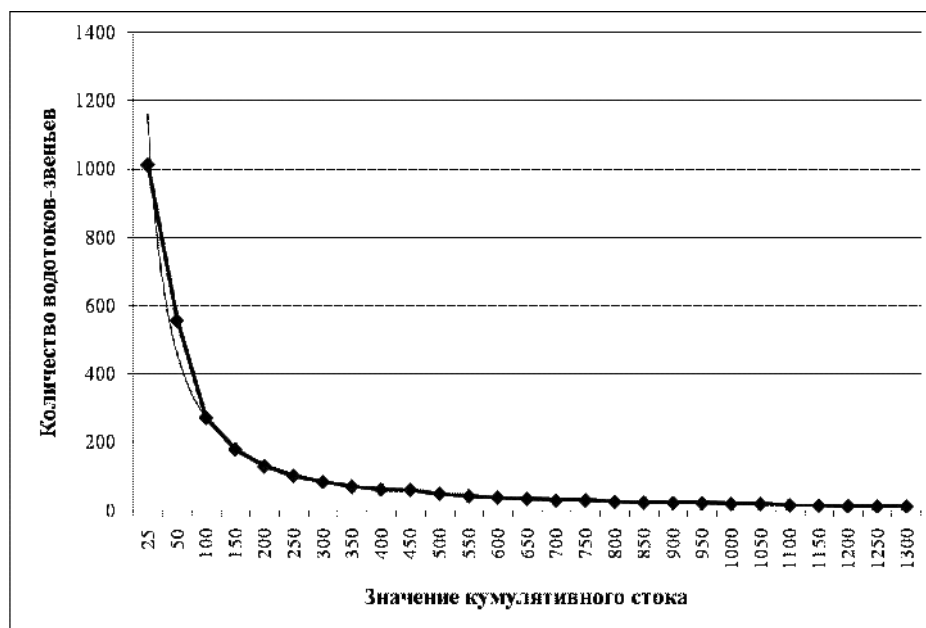


Рис. 5. График зависимости количества водотоков-звеньев от значения кумулятивного стока

На рис. 5 приведен набор практически полученных значений двух параметров и график функции, полученной на основе набора этих данных с помощью инструмента Microsoft Excel «Линия тренда». Полученная функция имеет следующий вид:

$$y = \frac{1162,7}{x^{1,322}} \quad (1)$$

Из графика следует, что при увеличении значения кумулятивного стока более 500 количество водотоков-звеньев изменяется незначительно и колеблется от 20 до 14.

Данная зависимость справедлива для моделирования бассейнов водотоков на территории Харьковской области, т.е. территории, рельеф которой представляет собой волнистую равнину, уклон рельефа варьируется до 25 %. Также значение кумулятивного стока зависит от точности исходных данных, на базе которых создавалась ЦМР.

На рис. 6 и 7 приведены примеры разделения водосборной территории на водосборные бассейны для разного количества водотоков-звеньев. На рис. 6 значение кумулятивного стока составляет 500, количество водотоков-звеньев – 51. На рис. 7 значение кумулятивного стока составляет 1 300, количество водотоков-звеньев – 14.

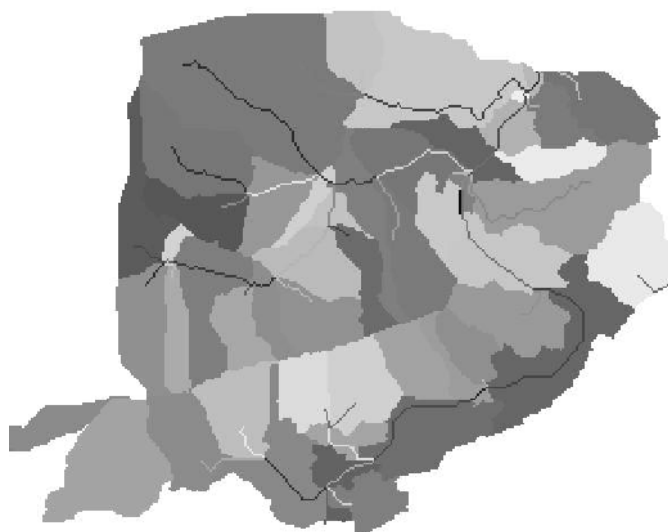


Рис. 6. Разделение водосборной территории на 51 водосборный бассейн

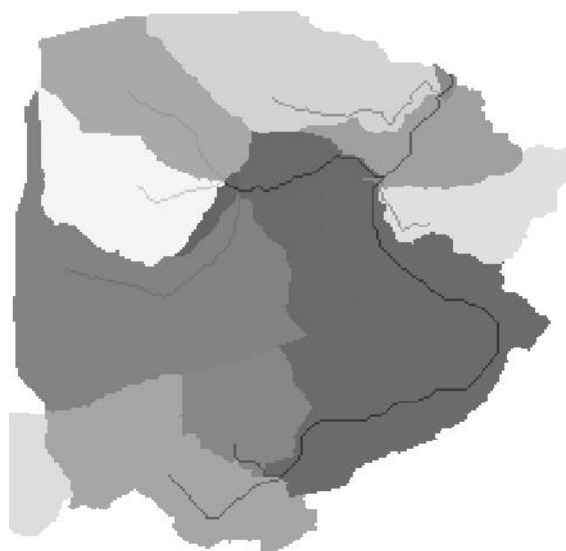


Рис. 7. Разделение водосборной территории на 14 водосборных бассейнов

Таким образом, степень детализации водотоков зависит от значения кумулятивного стока, на который влияют характеристики рельефа, в частности, от уклона местности. Необходимость детализации водотоков главным образом зависит от решаемых задач, одной из которых может быть планирование системы водоотведения.

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрен алгоритм построения водосборных бассейнов рек на базе цифровой модели рельефа средствами ArcGIS 9.3. Данный алгоритм реализован на территорию города Харьковской области. Рассмотрена методика выбора предельного значения кумулятивного стока с помощью инструмента Conditional программного обеспечения.

На основании данного подхода получена зависимость предельного значения кумулятивного стока от количества водотоков-звеньев, которая справедлива для моделирования бассейнов водотоков на территории Харьковской области. Данная методика подлежит апробации при моделировании водосборных бассейнов рек на разных категориях рельефа.

Список литературы

1. Павлова А. Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съёмки SRTM (на примере бассейна р. Терешки). // Известия Саратовского государственного университета. – 2009. – Т. 9. – С. 39 – 44.
2. Симонов Ю. Г., Симонова Т. Ю. Речной бассейн и бассейная организация географической оболочки. / Ю. Г. Симонов, Т. Ю. Симонова. // Эрозия почв и русловые процессы. – Вып. 14. – 2004. – 201 с., ил.
3. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / Глав. ред. А. Ф. Трешников. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – 432 с., ил.
4. Djokic D., Zichuan Ye. DEM Preprocessing for Efficient Watershed Delineation / ESRI. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap676/p676.htm>. – 10.04.2011.
5. Медведева О. Расширенные возможности пространственного анализа в ArcGIS 9 / ООО «Дата+». [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/ARCREV/Number_30/10_modul.htm. – 10.04.2011.

Кашавцева А. Ю. Моделювання річкових басейнів засобами ArcGIS 9.3 / Кашавцева А. Ю., Шипулін В. Д. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С.85-92.

Розроблений алгоритм моделювання водозбірних басейнів на базі цифрової моделі рельєфу засобами Spatial Analyst Tools програмного забезпечення ArcGIS 9.3. Проаналізована залежність кількості водотоків-ланок від значення кумулятивного стоку. Отримана функція може застосовуватися для моделювання водозбірних басейнів різного ступеню деталізації.

Ключові слова: цифрова модель рельєфу, гідрологічне моделювання, кумулятивний стік, річковий басейн.

Kashchavtseva A. J. Optimization of networks for maintenance of roads by the tools of GIS-analysis / Kashchavtseva A. J., Shypulin V. D. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 85-92.

Watersheds modelling algorithm based on the digital elevation mode is developed with Spatial Analyst Tools included in ArcGIS 9.3 software. Dependence of stream links quantity on the value of accumulated stream is analysed. Resulting function can be used for the modelling of different granularity watersheds.

Keywords: digital elevation model, hydrologic modelling, accumulated stream, watershed.

Поступила в редакцію 13.04.2011 г.

УДК 502.36:352/354

ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЕЛІМІТАЦІЇ ТА ДЕМАРКАЦІЇ ДЕРЖАВНОГО КОРДОНУ УКРАЇНИ У ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ARCGIS

Кондратюк О.В.

*Науково-дослідний інститут геодезії та картографії, Україна, Київ
E-mail: helenkondratyuk@gmail.com*

Здійснено множину операцій геоінформаційного аналізу і моделювання об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України у програмному середовищі ArcGIS, включаючи оверлейні операції, геокодування, побудову буферних зон, тематичних карт та ін.

Ключові слова: делімітація та демаркація, геоінформаційне забезпечення, об'єкти делімітації та демаркації державного кордону, базові моделі, база геопросторових даних.

Одним з головних атрибутів існування України як держави є чітко визначена територія, яка обмежена державним кордоном. Державний кордон встановлюється в ході його делімітації, демаркації та редемаркації, а також уточнюється при перевірках [1-4].

На сучасному етапі становлення державності України підвищення оперативності, достовірності та ефективності прийняття рішень з питань встановлення державного кордону можливе лише на основі застосування комп'ютерних систем та сучасних геоінформаційних технологій.

Серед основних завдань геоінформаційного аналізу та моделювання об'єктів делімітації та демаркації державного кордону можна виділити такі:

- геоінформаційна підтримка управлінських рішень у процесі встановлення кордону, оперативне надання актуальних геопросторових даних про лінію державного кордону для картографічного виробництва;
- проведення комплексного геопросторового аналізу різномірних і різночасових матеріалів з метою точного і достовірного нанесення лінії державного кордону на топографічні карти при підготовці матеріалів для супроводження переговорного процесу та подальшого її моніторингу.

Встановлено, що основним картографічним матеріалом для виконання робіт з делімітації сухопутних ділянок кордону є топографічні карти масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 та 1:100 000, а також масштабів 1:200 000, 1: 500 000 для визначення меж морських просторів. Детальну географічну інформацію про місцевість у прикордонній смузі та про її об'єкти отримують із ортофотозображень та додаткових описових матеріалів (тематичних карт, які містять відомості з різних галузей природознавчих наук).

За результатами аналізу картографічних джерел з метою встановлення даних для геоінформаційного забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України побудовано діаграму застосовуваних видів картографічних матеріалів. Серед картографічних матеріалів переважають текстові: протоколи-описи проходження лінії кордону, протоколи прикордонних знаків з коротким описом їх місцезнаходження, протоколи-описи стикових знаків, каталоги координат прикордонних знаків, таблиці островів (на водних ділянках) з інформацією про їх належність, списки географічних назв, що зустрічаються в договірних документах й лоції Чорного та Азовського морів. Останню позицію займають морські навігаційні карти (рис. 1).

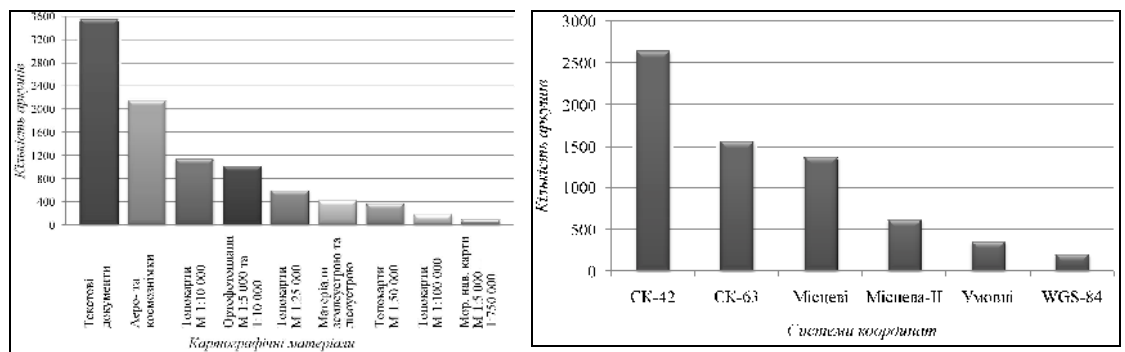


Рис. 1. Картографічні матеріали, що використовуються при встановленні державного кордону України

На інфологічному рівні розроблено схему бази геопросторових даних, встановлено реляційні відношення, в яких визначено ключові атрибути (ідентифікатори), описано їх домени (типи змінних, величини допустимих значень), сформовано кортежі відношень, їх ступінь та потужність. Нормалізовано відношення інфологічної схеми БГД, причому всі відношення приведені до 1-ї, 2-ї та 3-ї нормальної форми за Е. Коддом [5, 6].

До інфологічної схеми бази геопросторових даних включено такі класи об'єктів: векторні моделі даних про геопросторові об'єкти, растрові моделі картографічних матеріалів, зображення поверхонь, моделі псевдопросторових об'єктів: зображення спеціальних об'єктів і текстові документи. Нижче наведено класи векторних моделей даних, які подані вузлами, проміжними точками, полілініями, сегментами та полігонами. Їх характеризують такі реляційні відношення: **Border marker** (#Marker_Id, #Num_dil, #Num_point, #Type, #Data, #Status, #Coordinate, #SysCoord), де #Marker_Id – ідентифікаційний номер точки; #Num_dil – номер ділянки; #Num_point – номер точки; #Type – тип прикордонного знака, #Data – дата встановлення прикордонного знака; #Status – статус знака; #Coordinate – прямокутні координати (X,Y,Z) у метрах; #SysCoord – система координат; **Boundary polys**

(#Num_cod, #Poly, #Type, #Area), де #Num_cod – код типу ділянки за класифікатором; #Poly – назва держави; #Type – тип ділянки; #Area – площа [7].

Отже, до геопросторових об'єктів делімітації та демаркації відносяться: векторні моделі даних про кордон, растрові моделі картографічних матеріалів, зображення поверхонь, моделі псевдопросторових об'єктів: зображення спеціальних об'єктів і текстові документи (рис. 2, 3).

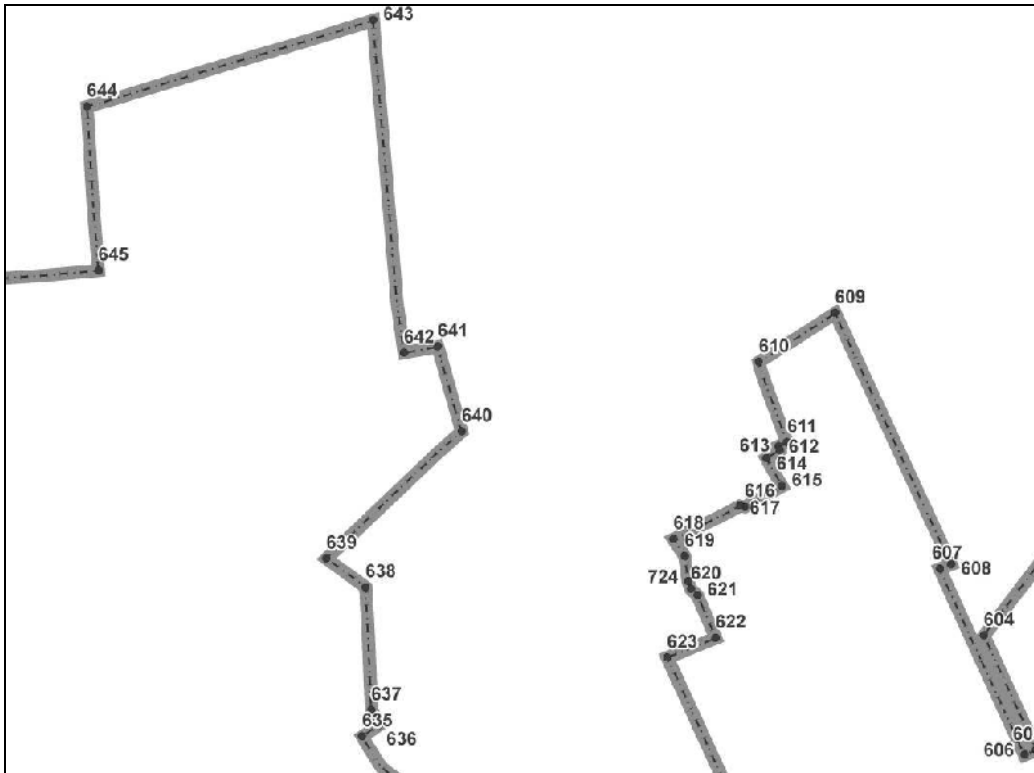


Рис. 2 Фрагмент векторної моделі даних про лінію кордону

Векторні моделі даних зібрані в каталог об'єктів бази геопросторових даних державного кордону України, який забезпечує чітку організацію даних, придатних для застосування в геоінформаційній системі, і містить: моделі лінії кордону, прикордонних знаків, промислових споруд, гідрографії та гідротехнічних споруд, дорожньої мережі й придорожніх споруд [8].

Моделі псевдопросторових об'єктів включають договірно-правові матеріали делімітації та демаркації державного кордону: протоколи-описи проходження лінії кордону, протоколи прикордонних знаків з коротким описом їх місцезнаходження, протоколи-описи стикових знаків, каталоги координат прикордонних знаків, таблиці островів (на водних ділянках) з інформацією про їх належність, списки

географічних назв, що зустрічаються в договірних документах й лінії Чорного та Азовського морів.

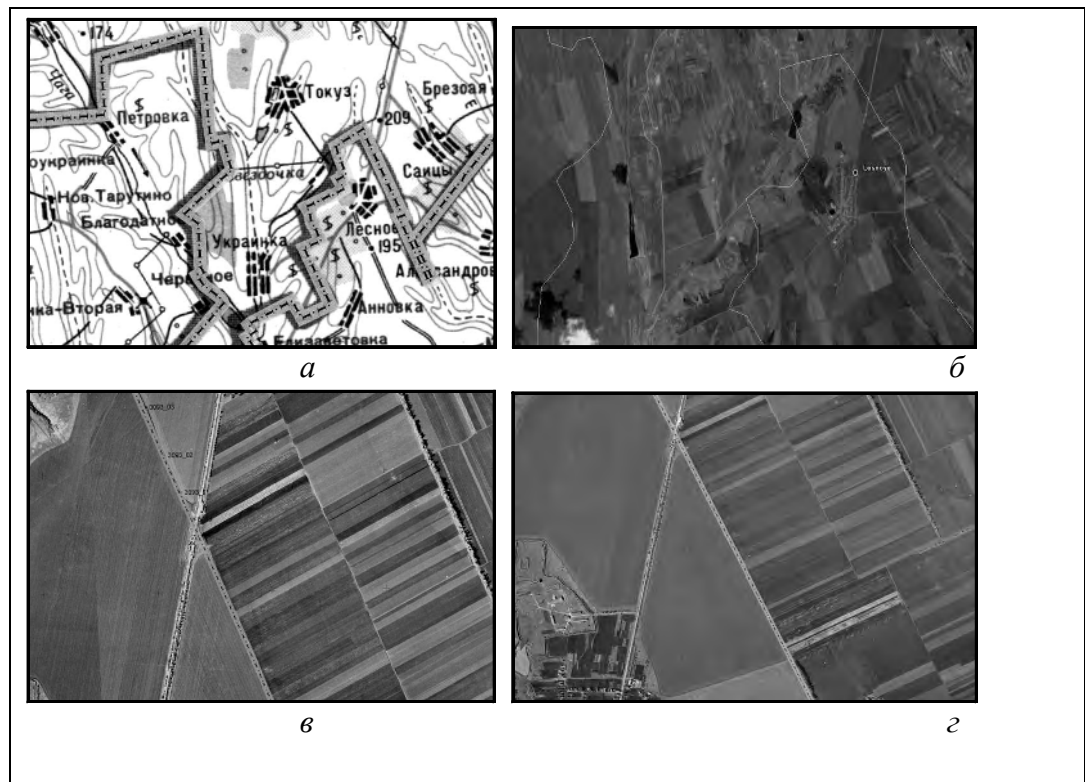


Рис. 3 Фрагмент лінії державного кордону України, яка нанесена на відповідних моделях картографічних матеріалах: *a* – на карті масштабу 1:500 000; *б* – на космічному знімку; *в* – на ортофотоплані; *г* – на аерофотознімку.

У відповідності до міжнародного комплексу стандартів ISO 19100 “Географічна інформація / Геоматика” та стандарту DIGEST упорядковано базову модель геопросторових об’єктів і подано в термінах UML (рис. 4) [9].

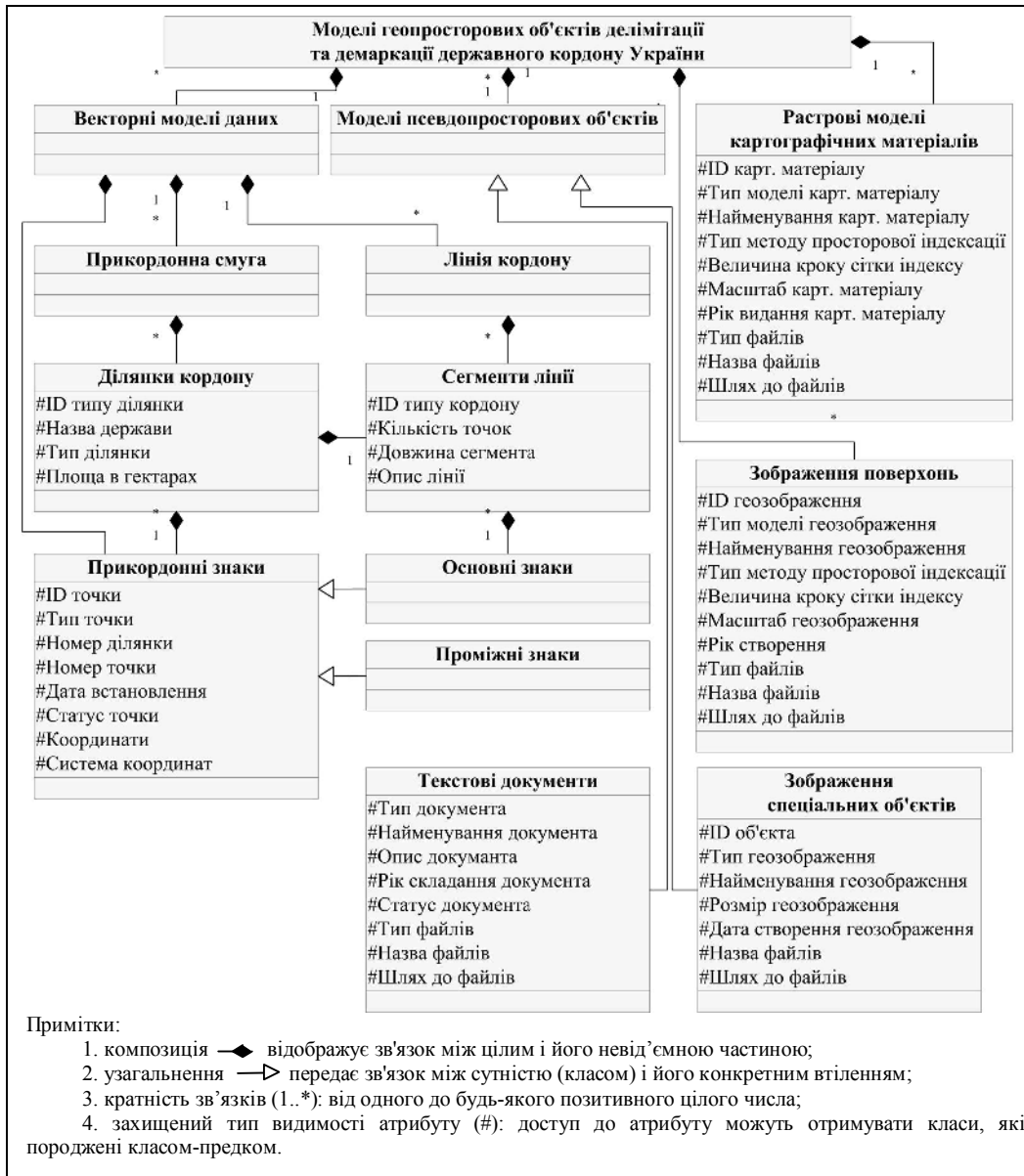


Рис. 4. UML-діаграма базової моделі геопросторових об'єктів про кордон України

Враховуючи різноманітність геодезичних дат: еліпсоїд Красовського та GRS80, різні системи координат: СК-42, СК-63, у місцевих, місцевій-II, WGS-84, в умовних та проєкції Гаусса-Крюгера, універсальної поперечної проєкції Меркатора, в яких створено картографічні матеріали, що використовуються при делімітації та демаркації кордону, розроблено множину ланцюгів координатних операцій:

перетворення і трансформування координат у відповідності до стандарту ISO 19111 та здійснено просторову прив'язку за географічними ідентифікаторами у відповідності до стандарту ISO 19112 [10, 11].

Завданням підготовки картографічних матеріалів до координатних операцій є побудова ізоморфного простору в програмному середовищі ArcGIS, в якому всі картографічні матеріали зведені до однієї геодезичної дати та однієї картографічної проекції (рис. 5).

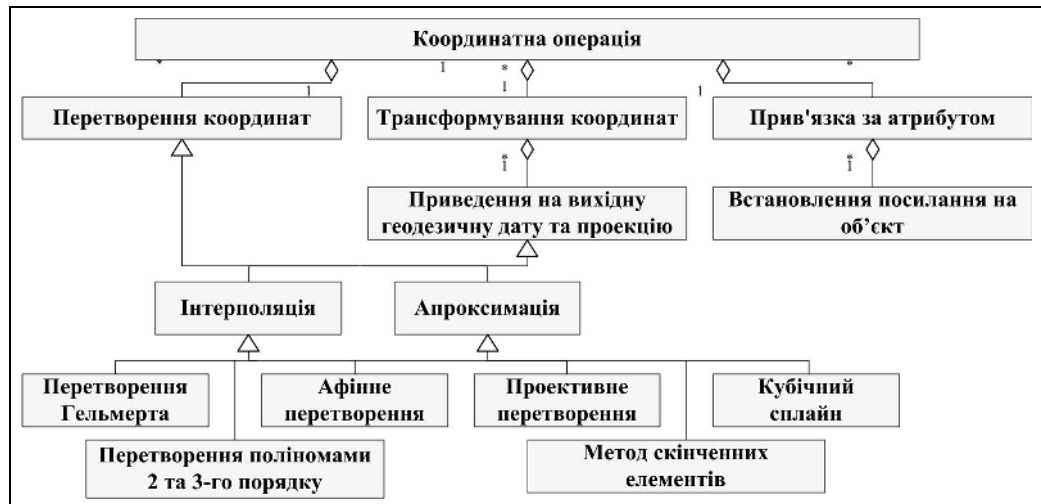


Рис. 5. UML-діаграма координатних операцій з об'єктами БГД на кордон

За математичну основу в Україні наразі прийнято Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000. Координатне інтегрування різнорідних картографічних матеріалів передбачає загалом виконання таких операцій:

1) приведення різнорідних картографічних матеріалів до однієї геодезичної дати – еліпсоїда Красовського, який є основою УСК-2000, зокрема, перехід від WGS-84, СК-42 до УСК-2000 на основі застосування прямокутних просторових координат X, Y, Z ;

2) приведення картографічних матеріалів, включаючи растрові моделі до однієї картографічної проекції – Гаусса–Крюгера;

3) трансформування координат по опорних точках;

4) оцінка точності зведених картографічних матеріалів за контрольними точками.

Вхідними для трансформування координат є опорні точки, координати яких відомі в системі координат вихідного картографічного матеріалу (XOY) та в системі координат цільових даних (UOV). Є два підходи до трансформування координат: інтерполяція та апроксимація функцій. У випадку використання глобальної

інтерполяції необхідно відновити функцію, тобто знайти таку інтерполяційну функцію φ трансформування координат, яка б наближала на її області визначення, причому її значення у вузлах інтерполяції точно збігалися з заданими значеннями $\varphi(XY) = UV$.

Апроксимація забезпечує побудову такої аналітичної функції f трансформування координат, яка згладжує особливості табличної функції і також наближає цю функцію на її області визначення, але її величини у вузлах інтерполяції не збігаються із заданими: $f(XY) \neq UV$.

Описано методи трансформування картографічних даних, як векторних, так і растрових, таких як конформне трансформування Гельмерта, афінне перетворення поліномом 1-го порядку, перетворення поліномами 2 і 3-го порядків, проєктивне перетворення, кубічний сплайн, метод скінченних елементів (таблиця) [12, 13].

Таблиця 1
Характеристика методів трансформування координат по опорних точках

Методи трансформування	Формули перетворення	Кількість параметрів трансформування	Допем – можливі значень к-сті опорних точок	
			Інтерполяція	Апроксимація
Перетворення Гельмерта	$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = m \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$	4	$n=2$	$2 > n > \infty$
Афінне перетворення	$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_x \cos \theta_x & m_y \sin \theta_y \\ m_x \sin \theta_x & m_y \cos \theta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix}$	6	$n=3$	$3 > n > \infty$
Проєктивне перетворення	$u = \frac{a_1 x + b_1 y + c_1}{dx - ey + 1} \quad v = \frac{a_2 x + b_2 y + c_2}{dx + ey + 1}$	8	$n=4$	$4 > n > \infty$
Перетворення поліномом 2-го порядку	$\begin{aligned} u &= a_0 x^2 + a_1 x + a_2 y^2 + a_3 xy + a_4 x + a_5 y - a_6 \\ v &= b_0 x^2 + b_1 x + b_2 y^2 + b_3 xy + b_4 x - b_5 y + b_6 \end{aligned}$	12	$n=6$	$6 > n > \infty$
Перетворення поліномом 3-го порядку	$\begin{aligned} u &= a_0 x^3 + a_1 x^2 + a_2 x + a_3 y^3 + a_4 y^2 + a_5 y + a_6 x^2 y^2 - a_7 x + a_8 y - a_9 xy + a_{10} \\ v &= b_0 x^3 + b_1 x^2 + b_2 x + b_3 y^3 + b_4 y^2 + b_5 y + b_6 x^2 y^2 + b_7 x - b_8 y + b_9 xy + b_{10} \end{aligned}$	20	$n=10$	$10 > n > \infty$
Кубічний сплайн	$\varphi_i(x) = \begin{cases} a_{0i} + a_{1i}(x - x_{i-1}) + a_{2i}(x - x_{i-1})^2 - a_{3i}(x - x_{i-1})^3 \\ \text{при } x \in [x_{i-1}, x_i] \\ 0 \text{ при } x \notin [x_{i-1}, x_i], i = 1, \dots, n \end{cases}$ $\varphi(x) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(x) \text{ при } x \in [x_0, x_n]$	6	Інтерполяція $\varphi(x_i) = f(x_i) = y_i$ $i = 0, 1, \dots, n$	Апроксимація $\varphi(x_i) \neq f(x_i) = y_i$ $i = 0, 1, \dots, n$
			$3 > n > \infty$	
Метод скінченних елементів	Базисна функція – афінне перетворення. Скінченний елемент – трикутник	6	$3 > n > \infty$	

У таблиці: u, v – трансформовані координати точки; m, m_x, m_y – масштабні коефіцієнти відносно двох осей, осі абсцис та осі ординат; θ – кут повороту

системи координат u, v відносно x, y ; θ_x, θ_y – кути повороту осей u, v відносно x, y ; x, y – вихідні координати точки; x_0, y_0 – координати початку системи координат x, y в системі координат u, v ; a_i, b_i, c_i, d, e – коефіцієнти.

Вибір методу трансформування інтерполюванням координат або апроксимацією залежить від наявності опорних точок та потрібної точності визначення їх координат. Інтерполяція застосовується в тих випадках, коли відомі теоретичні (точні) значення координат опорних точок картографічних матеріалів (точки географічної або прямокутної сітки). Коли ж теоретичні (точні) значення координат (точки геодезичної основи або характерні точки) невідомі, виконується апроксимація за методом найменших квадратів.

Загальна оцінка точності зведених картографічних матеріалів – СКП одиниці

ваги визначається:
$$\mu = \sqrt{\frac{\Delta^T P \Delta}{2m}},$$
 де вектори $\Delta = (\Delta u, \Delta v)^T$,
 $\Delta u = (\Delta u_1, \Delta u_2, \dots, \Delta u_m)^T$, $\Delta v = (\Delta v_1, \Delta v_2, \dots, \Delta v_m)^T$;
 $\Delta u_i = u_i^{np} - u_i^k$, $\Delta v_i = v_i^{np} - v_i^k$; P – вагова матриця; m – кількість контрольних точок; $i = 1, 2, \dots, m$; u^k, v^k – координати контрольних точок; u^{np}, v^{np} – трансформовані координати контрольних точок.

Застосування програмного середовища ArcGIS дало змогу провести геопросторовий аналіз і моделювання кордону (рис. 6): геокодування, динамічну сегментацію, побудову тематичних карт, здійснення оверлейних операцій, побудову буферних зон, еквідистантних ліній, побудову і перевірку топологічних відношень, а також вирішувати питання про винесення лінії державного кордону на місцевість, узгодження розташування делімітаційних точок на матеріалах делімітації і на місцевості, визначення належності окремих об'єктів місцевості, відсутніх на матеріалах делімітації, та визначати їх положення відносно лінії кордону [14, 15].

Геокодування здійснювалося за табличними наборами координат у текстовому вигляді – координати X та Y , за якими встановлювалось положення точкових об'єктів із заданими атрибутами. Застосування оверлейних операцій з об'єктами БГД забезпечило виявлення об'єктів на місцевості, відсутніх на матеріалах делімітації.

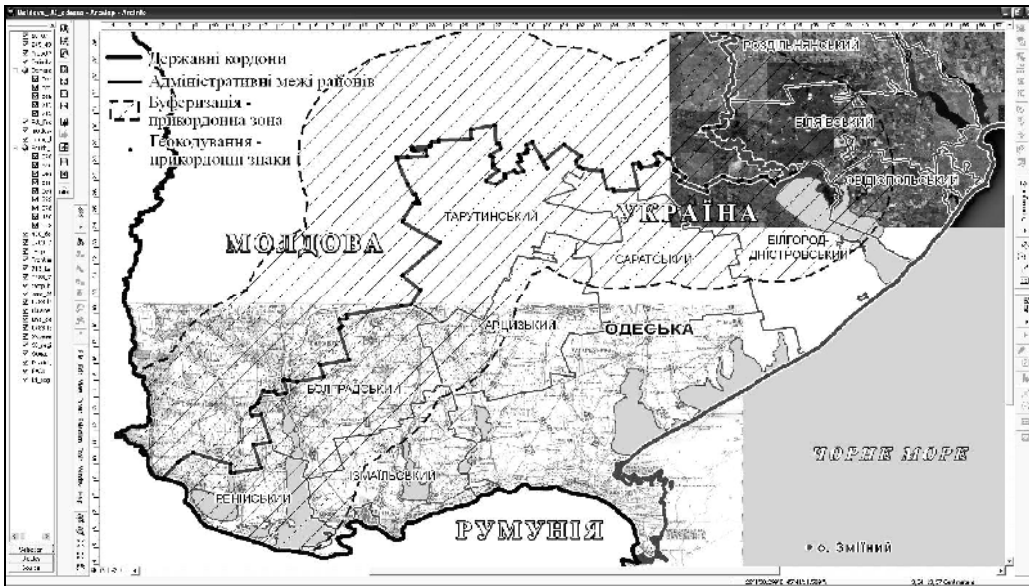


Рис. 6. Геокодування, буферизація та оверлейні операції з геопросторовими даними на південну ділянку державного кордону України з Республікою Молдова

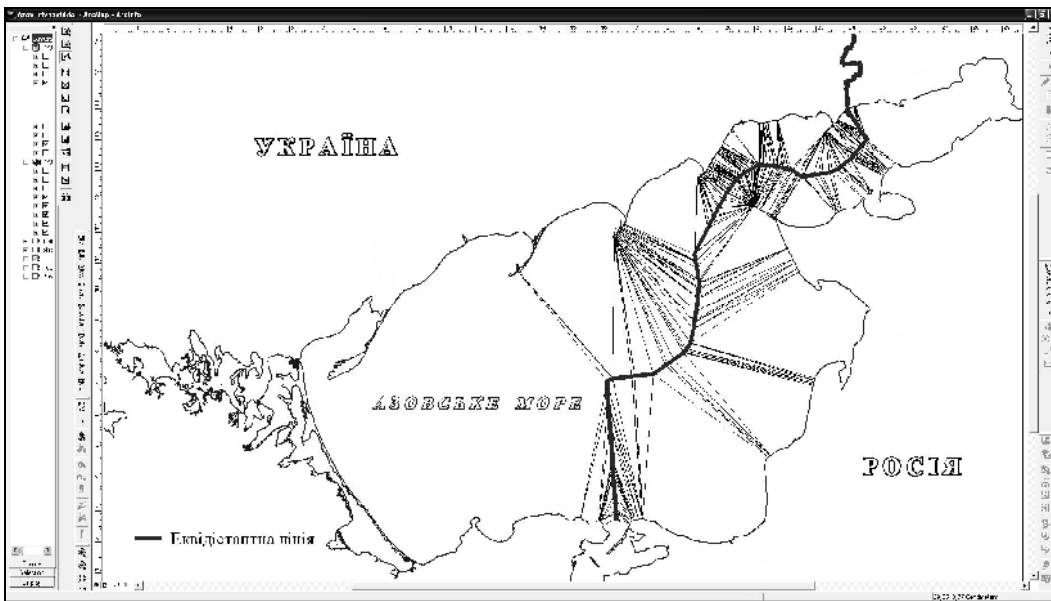


Рис. 7. Побудова еквідистантної лінії в Азовському морі

Виконано побудову еквідистантних (серединних) ліній, яка є одним з основних методів розмежування морських просторів України (рис. 7). Суть цього методу

полягає в тому, що кожна поворотна точка еквідистантної лінії є рівновіддаленою від трьох вихідних точок, з яких дві належать одній державі, а третя – іншій.

Створено множину ланцюгів SQL-запитів до БД, за якими було одержано інформацію про геопросторові дані для переговорного процесу і проведення робіт з делімітації та демаркації лінії кордону (рис. 8), а також складено тематичні карти (рис. 9).

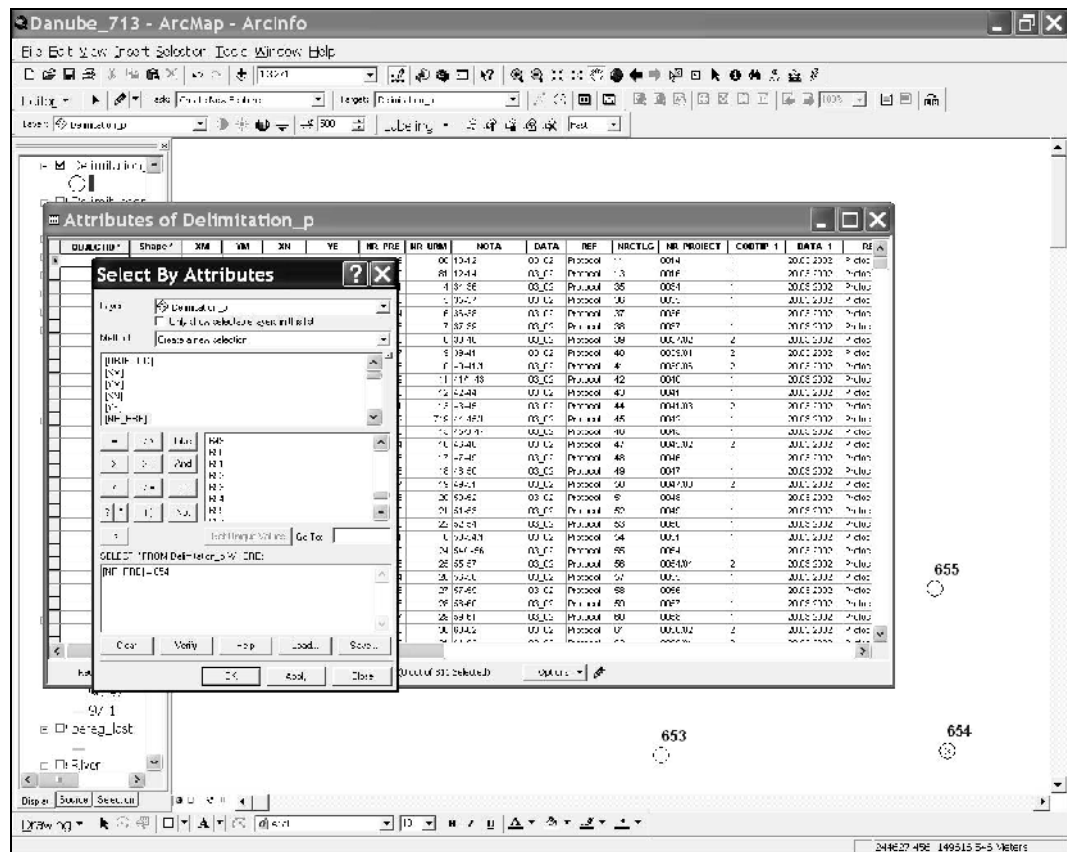


Рис. 8 Приклад SQL-запиту до БД об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України: `SELECT * FROM Delimitation_p WHERE [NR_PRE] = 654`

Даний вираз відбере об'єкти шару “Делімітаційні точки”, що містять в атрибутах поля NR_PRE 654-те значення.

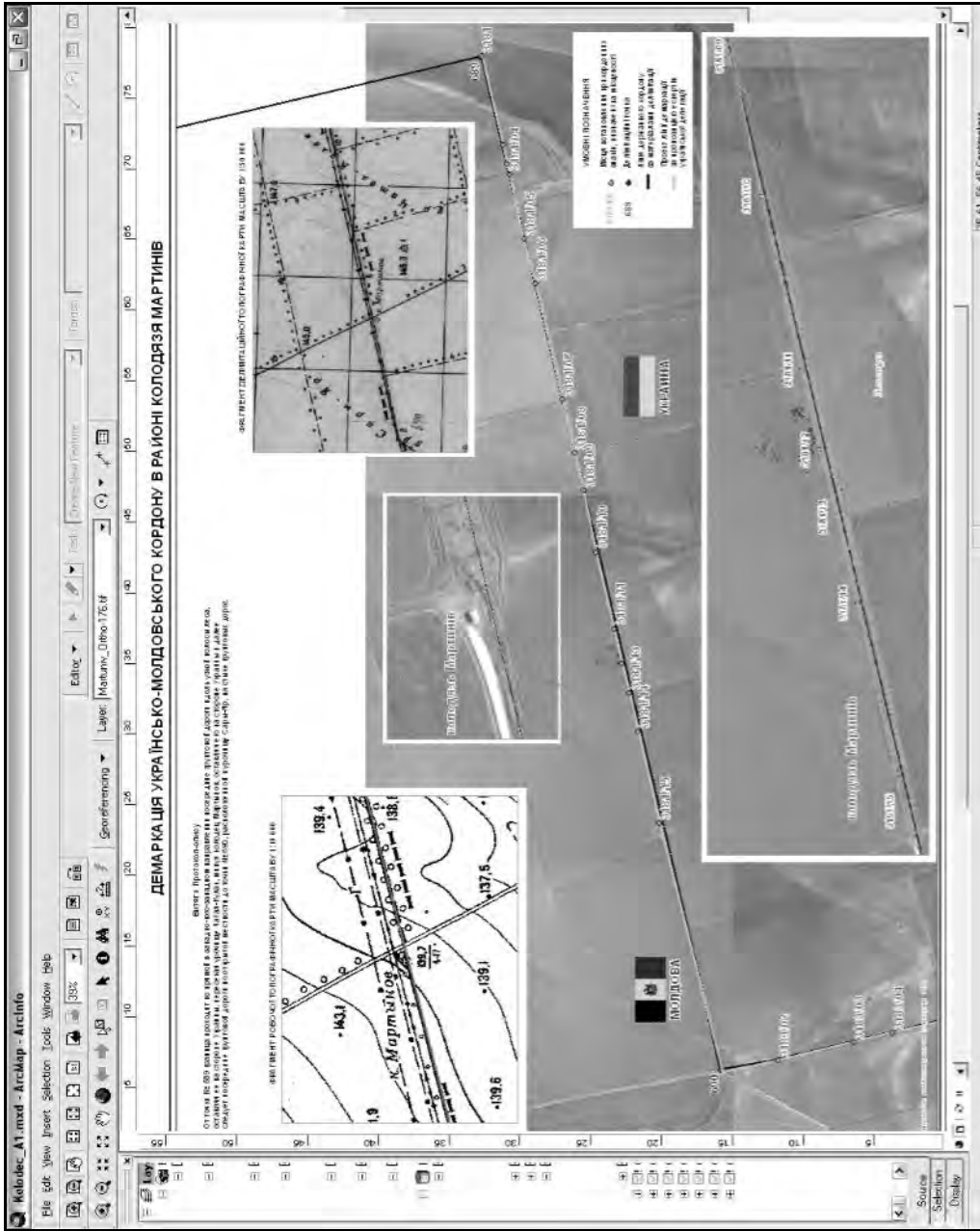


Рис. 9 Тематична карта демаркації ділянки українсько-молдовського державного кордону

ВИСНОВКИ

1. Інфологічна схема бази геопросторових даних та моделі геопросторових об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України, які забезпечують інтегрування, уніфікацію та спільне використання різномірних видів і форм геопросторових даних, картографічних та описових матеріалів і зображень поверхонь, створені у відповідності до міжнародного комплексу стандартів ISO 19100 “Географічна інформація / Геоматика”, стандарту DIGEST і теорії баз та банків даних на основі геоінформаційного аналізу та моделювання.

2. Удосконалено геоінформаційні методи координатного інтегрування різномірних картографічних матеріалів на основі інтерполяції та апроксимації функцій перетворення і трансформування координат у відповідності до стандарту ISO 19111 “Географічна інформація / Просторова координатна прив'язка”, а також на основі просторової прив'язки за географічними ідентифікаторами у відповідності до стандарту ISO 19112 “Географічна інформація / Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами”.

3. Розроблено множину ланцюгів SQL-запитів до бази геопросторових даних та операцій геоінформаційного аналізу і моделювання об'єктів делімітації та демаркації державного кордону України у програмному середовищі ArcGIS, включаючи оверлейні операції, геокодування, динамічну сегментацію, побудову буферних зон, побудову еквідистантних ліній, агрегацію, генералізацію, геовізуалізацію та побудову тематичних карт.

4. Застосування програмного середовища ArcGIS дозволило здійснити геоінформаційне забезпечення делімітації та демаркації державного кордону України з Республікою Молдова та Російською Федерацією на основі створеної бази геопросторових даних про об'єкти делімітації та демаркації.

Список літератури

6. Вотрин Д. С. Делимитация и демаркация границ / Д. С. Вотрин // Геодезия и картография. – 1992. – № 7. – С. 1-2.
7. Rushworth W. D. Mapping in Support of Frontier Arbitration: Introduction / W. D. Rushworth // Boundary and Security Bulletin. Durham: International Boundaries Research Unit. Volume 5 Number 3. – 1996 (Summer). – P. 60-61.
8. Rushworth W. D. Mapping in Support of Frontier Arbitration: Delimitation and Demarcation / W. D. Rushworth // Boundary and Security Bulletin. Durham: International Boundaries Research Unit. Volume 5 Number 3. – 1997 (Spring). – P. 61-64.
9. Трюхан М. О. Делімітація та демаркація державного кордону України з погляду картографа: зб. наук. праць. в 3-х т. / М. О. Трюхан // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. – Київ-Луцьк: Ред. вид. відд. “Вежа” Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2000– Т. 2. – 2000. – 407 с.
10. Дейт К. Введение в системы баз данных / К. Дейт. – М.: Наука, 1980. – 188 с.
11. Бойко В. В. Проектирование баз данных информационных систем / В. В. Бойко, В. М. Савинков. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 351 с.
12. Nancy von Meyer. Gis and land records: the ArcGIS parcel data model / Nancy von Meyer. – California: ESRI Press, 2004. – 169 p.
13. Geographic information – Methodology for feature cataloguing (ISO 19110:2005(E)). – [First edition 2005-02-15]. – Switzerland: ISO, 2005. – 62 p. – (International Standard).
14. The Digital Geographic Information Exchange Standard (DIGEST) Part 1 General Description /

- Produced and issued by the Digital Geographic Information Working Group (DGIWG), Edition 2.1, September 2000 / (Стандарт обміну цифровою географічною інформацією (DIGEST). Частина 1. Загальний опис. Редакція 2.1).
15. Geographic information – Spatial referencing by coordinates (ISO 19111:2007(E)). – [Second edition 2007-07-01]. – Switzerland: ISO, 2007. – 86 p. (International Standard).
 16. Geographic information – Spatial referencing by geographic identifiers (ISO 19112:2003(E)). – [First edition 2003-10-15]. – Switzerland: ISO, 2003. – 26 p. (International Standard).
 17. Карпінський Ю. О. Афіне трансформування координат методом скінченних елементів / Ю. О. Карпінський // Вісн. геодез. та картогр. – 2002. – № 4. – С. 23-27.
 18. Журкин И. Г. Методы вычислений в геодезии: учебное пособие / И. Г. Журкин, Ю. М. Нейман. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
 19. Michael Minami. ArcMap Руководство пользователя / Michael Minami; [пер. з англ. DATA+]. – К.: ЗАО ECOMM Co., 2003. – 508 с.
 20. OpenGIS. Simple Features Specification for SQL. Revision 1.0, Open GIS Consortium, Inc. March, 1998 (Відкриті ГІС. Специфікація простих об'єктів для SQL. Версія 1.0, Open GIS Consortium, Inc. March, 1998).

Кондратюк Е. В. Геоинформационный анализ и моделирование объектов делимитации и демаркации государственной границы Украины в программной среде ArcGIS / Кондратюк Е. В. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С. 93-105.

Осуществлено множественное число операций геоинформационного анализа и моделирования объектов делимитации и демаркации государственной границы Украины в программной среде ArcGIS, включая оверлейные операции, геокодирование, построение буферных зон, тематических карт и др.

Ключевые слова: делимитация и демаркация, геоинформационное обеспечение, объекты делимитации и демаркации государственной границы, базовые модели, база геопространственных данных.

Kondratyuk E. Geoinformational analysis and modelling of delimitation and demarcation objects of frontier of Ukraine in software environment ArcGIS / Kondratyuk E. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 93-105.

Plurality of operations of geoinformational analysis and modelling delimitation and demarcation objects of frontier of Ukraine in software environment ArcGIS, including overlay operations, geocoding, construction of buffer zones, subject maps are realised.

Keywords: delimitation and demarcation, geoinformation support, objects of delimitation and demarcation of state border, basic models, geospatial database.

Поступила в редакцию 03.05.2011 г.

УДК 528:061.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Котелевец Ю.В., Патракеев И.М.

*Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков, Украина
E-mail: y.kotelevets@yandex.ua*

Повышение эффективности вычисления видимости без каких-либо значительных потерь информации является одной из главных проблем при решении разнообразных прикладных задач, таких как размещение средств связи, ветровых электростанций, пожарных и смотровых вышек, радарных установок, моделирование туристических маршрутов, а также для решения специальных задач (планирование защиты объектов, траектории полета, размещение техники).

В статье рассматривается алгоритм автоматизации определения топографических особенностей (АОТО) рельефа местности как средство повышения эффективности проведения пространственного анализа данных в среде ArcGIS.

Ключевые слова: видимость, топографические особенности рельефа местности, морфометрические параметры

ВВЕДЕНИЕ

Определение видимости между двумя точками (условие прямой видимости) и определение общей площади, которая видна из одной точки сейчас это уже стандартные инструменты геоинформационных систем (ГИС). Видимость остается важным параметром местности, так как характеризует показатель визуальной доступности, которые являются одним из определяющих факторов в общей доступности местности.

Анализ видимости используется в широком спектре разнообразных прикладных задач, таких как размещение средств связи, анализ археологических мест, оптимальное планирование маршрута и т.д.

Вычисление видимости основано на оценке перепада высот промежуточных точек между наблюдателем (точкой видимости) и объектом наблюдения (целевым пикселем) [1].

Необходимо, исследуя промежуточные пиксели, определить линию видимости между двумя исходными точками. В режиме реального времени можно определить видимость для одной фиксированной точки (например, для пожарной вышки, ветровой станции), точек вдоль линии (например, для проектирования новой дороги) или для точек по периметру (например, для строительства). В случае, когда нет одной фиксированной точки, а следует оценить видимость по всей площади, определение линии видимости будет занимать значительно количество времени, так как каждый пиксель будет приниматься за объект наблюдения. Одним из подходов для снижения времени вычисления видимости заключается в сокращении числа наблюдателей, объектов наблюдения или пар наблюдатель - объект наблюдения.

Одним из подходов к определению линии видимости является выбор некоторых пиксели в качестве наблюдателей для каждого объекта. Недостатком такого подхода является то, что вносится определенный уровень недоверности в размер видимости, так как не все объекты (или наблюдатели) местности используются для вычисления видимости.

Это и есть главным отличием от трудоемкого традиционного анализа видимости (рис. 1, а), в котором все точки на местности используются в качестве наблюдателей и объектов. Кроме того, есть недоверность в видимости из-за субъективности алгоритма видимости.

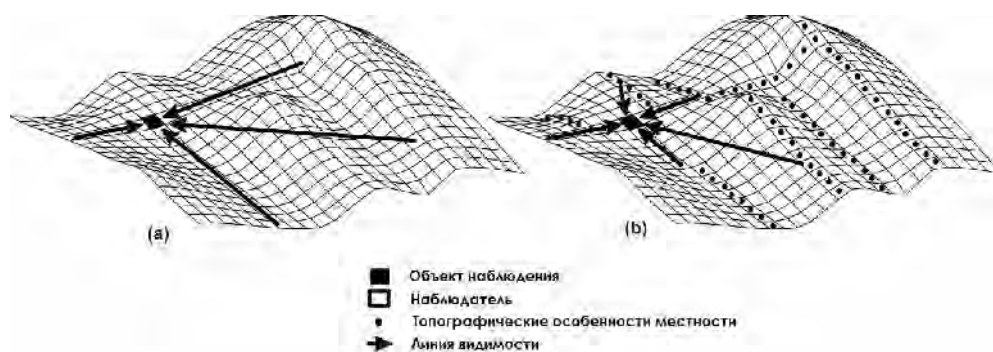


Рис.1. Отношения наблюдатель – объект наблюдения в (а) традиционном анализе видимости, в котором все точки местности могут быть наблюдателями, и (b) в методе оптимизации видимости.

Статья посвящена одному подходу к определению линий видимости, основанному на определении топографических особенностей рельефа местности, а именно: вершин, ям, перевалов, горных хребтов, каналов и плоскостей как альтернативных мест наблюдений (рис. 1, b). То есть, используя такие особенности рельефа местности можно достичь значительного уменьшения время вычисления видимости.

В статье рассмотрен алгоритм для автоматизации определения топографических особенностей (АОТО) рельефа местности, как средство расширения возможностей и повышения эффективности пространственного анализа данных, расширяющий функциональность ArcGIS.

1. МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Анализ литературы [2,3,4,5] позволяет обобщить основные морфометрические параметры рельефа местности и классифицировать все точки поверхности на ямы, вершины, каналы, хребты, перевалы и плоскости (см. рис 2).

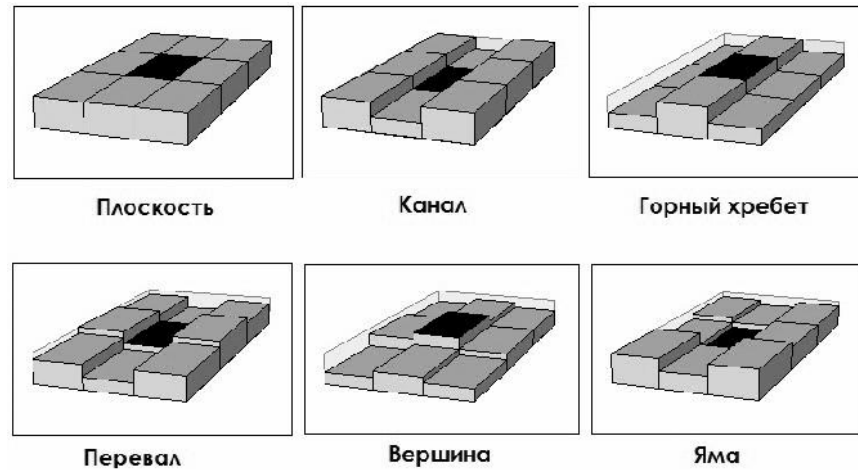


Рис. 2. Шесть топографических особенностей рельефа местности, иллюстрирующие отношения между центральной ячейкой матрицы высот и ее восемью соседями.

Классификация основана на моделировании формы поверхности окружающих центральный пиксель с использованием полиномиальной поверхности. Коэффициенты уравнения многочлена используются для определения наклона и кривизны поверхности. Следовательно, необходимо математически задать следующие параметры:

1. Наклон.
2. Профиль и план выпуклости.
3. Продольную и поперечную кривизну.

Поверхность задается с помощью двумерной квадратичной функции

$$z = ax^2 + by^2 + cxu + dx + ey + f. \quad (1.1)$$

В общем виде

$$ax^2 + 2hxy + by^2 + 2jx + 2ky + m = 0, \quad (1.2)$$

где $h = c/2$; $j = d/2$; $k = e/2$; и $m = f - z$.

Существует зависимость конических сечений от значений коэффициентов a , b и h :

- $ab - h^2 < 0$ - эллипс;
- $ab - h^2 = 0$ - парабола;
- $ab - h^2 > 0$ - гипербола.

Данные формы (рис 3) соответствуют морфометрическим типам объектов и могут быть использованы в процессе идентификации топографических особенностей.

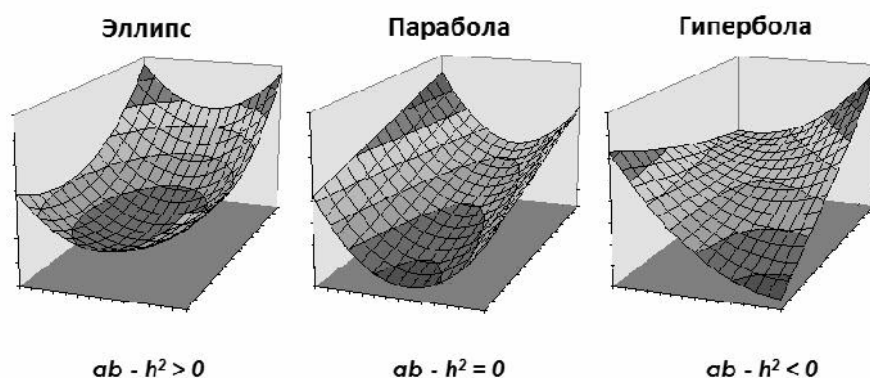


Рис. 3 – Поверхности второго порядка.

Эллиптическая кривая описывает вершины и ямы, параболическая – горные хребты и каналы, гиперболическая – плоские участки.

1.1 Наклон

Наклон является наиболее важным морфометрическим параметром, который не только эффективно описывает рельеф и структуру поверхности земли, но также широко применяется в качестве жизненно важных параметров гидрологических моделей, мониторинга оползней.

Наклон определяется как функция градиентов x и y в двух направлениях. Эти параметры могут быть найдены в результате вычисления частных производных первого порядка и выше относительно x и y .

Следовательно, наклон будет представлять

$$i = \arctan(\sqrt{d^2 + e^2}). \quad (1.3)$$

1.2 Определение кривизны рельефа местности

Для того чтобы определить единое значение вторых производных необходимо вывести меру для секущей плоскости, этим уменьшив выражения обычного дифференциала. Таким образом, есть несколько параметров, в зависимости от ориентации секущей плоскости:

- α – профиль выпуклости;
- β – план выпуклости;
- γ – продольная кривизна;
- δ – поперечная кривизна;
- κ – максимальное значение выпуклости;
- ψ – минимальное значение выпуклости;

Поперечная кривизна (δ) – мера выпуклости, которая наиболее тесно связана с геоморфологическими процессами. В местах с наклоном отличным от нуля

каналы имеют отрицательное значение перекрестной кривизны, горные хребты - положительное, а значение перекрестной кривизны плоскости равно нулю.

Кроме того, необходимо измерить продольную кривизну (γ) с целью определения трех остальных типов объектов. Ямы имеют отрицательное значение перекрестной и продольной кривизны, Вершины - положительные значения, а перевалы – значения с противоположными знаками. Перекрестная и продольная кривизна могут быть представлены в виде соответствующих выражений:

$$\delta = -2 \frac{bd^2 + ae^2 - cde}{d^2 + e^2}, \quad (1.4)$$

$$\gamma = -2 \frac{ad^2 + be^2 + cde}{d^2 + e^2}, \quad (1.5)$$

Для случаев, когда наклон равен нулю, а перекрестная и продольная кривизна остаются неопределенными, необходимо определить максимальные и минимальные значения выпуклости:

$$\kappa = -a - b + \sqrt{(a - b)^2 + c^2}, \quad (1.6)$$

$$\psi = -a - b - \sqrt{(a - b)^2 + c^2}, \quad (1.7)$$

В случае эллиптической кривой, оба значения будут иметь один и тот же знак; в случае параболической кривой одно значение будет равно нулю. Если поверхность описывается гиперболической кривой, то значения будут иметь разные знаки.

Наклон, перекрестная и продольная кривизна, максимальное и минимальное значения выпуклости обеспечивают полный и уникальный набор условий для того, чтобы определить все топографические особенности рельефа.

Возникает необходимость проверить продольную кривизну при определении хребтов и каналов, где хребет и стороны канала имеют существенно отличающиеся высоты. В таких случаях направление наклона вряд ли будет «вниз канала» (или «вдоль горного хребта»), но косвенно по всей длине особенности. Кроме того, существует возможность ошибочной классификации для особенностей, которые связаны с асимметричными окрестностями.

Участки местности, которые имеют наклон отличный от нуля, должны быть или плоскими, являться частью канала или частью горного хребта. Ямы, вершины и перевалы соответственно имеют наклон равный нулю.

1.3 Допустимая кривизна рельефа местности

Соблюдение данного метода может внести неточность в классификацию топографических особенностей, а именно определить поверхность, состоящую только из каналов и горных хребтов. Для преодоления этого вводятся два значения допуска – D_c и D_i .

D_c является минимумом перекрестной кривизны. Эта величина определяет минимальную вогнутость канала сечение и выпуклость водораздела. D_i - минимальный наклон. Данная величина определяет минимальный продольный

канал или наклон горного хребта. Значения этих допусков несколько произвольны, поэтому все же необходимо иметь гибкость для изменения процесса выбора особенностей в зависимости от характера местности. Алгоритм, учитывающий эти все правила, представлен на рис. 4.

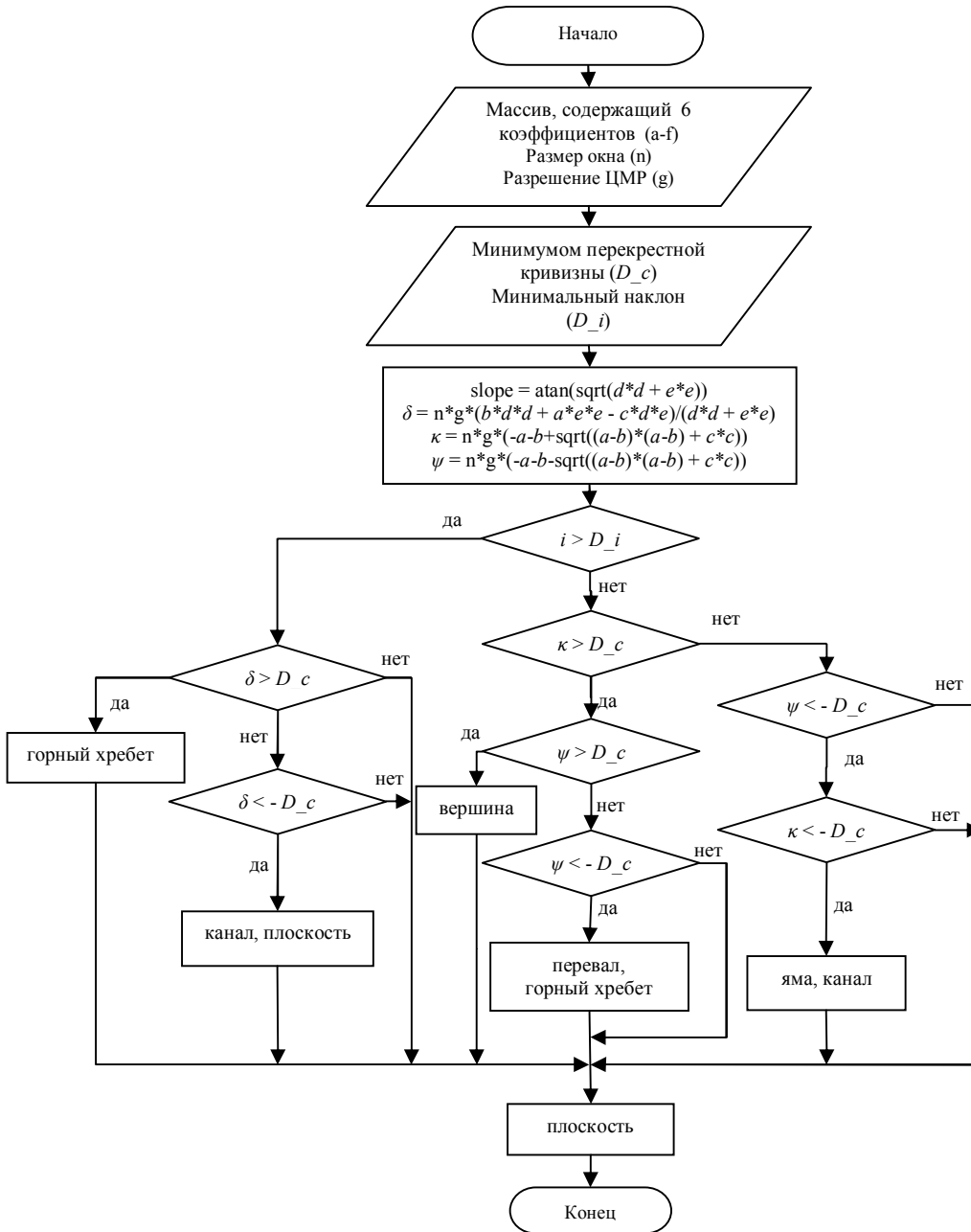


Рис.4. Блок-схема алгоритма определения топографических особенностей.

2. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА АОТО ДЛЯ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

Алгоритм АОТО был реализован на модели сложного рельефа местности (ЦМР). Источником исходных данных для создания ЦМР горного массива служит топографическая карта масштаба 1:50000. Используя модуль 3D Analyst, была построена на основе оцифрованных изолиний (общее количество отметок высот составляет 52054) TIN-модель (рис. 5). Объем данных TIN-модели составляет более 4 Мб.

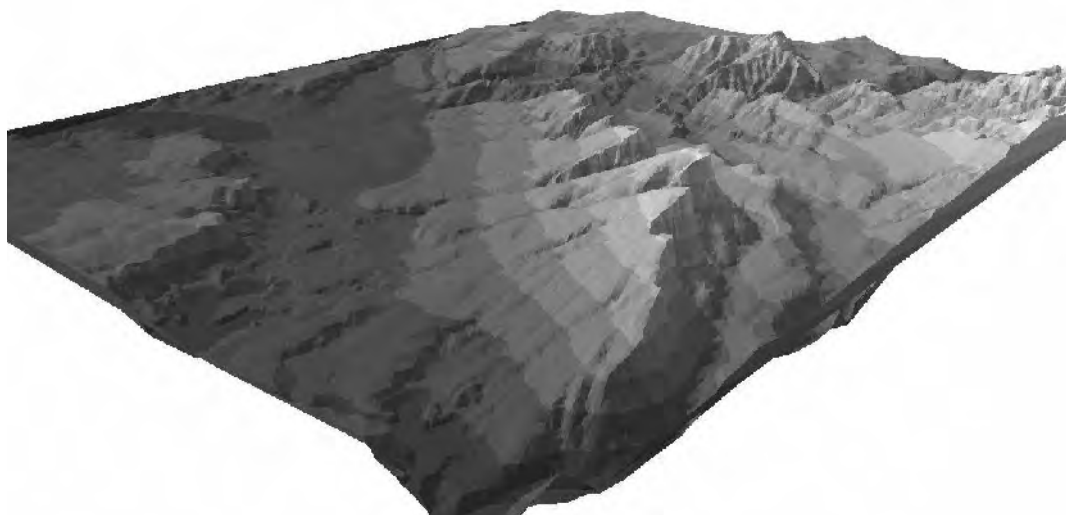


Рис. 5. TIN-модель сложного рельефа местности.

TIN-модель создает эффективную и точную модель поверхности, но не позволяет использовать ее для пространственного анализа и сложных вычислений. Поэтому TIN-модель конвертирована в GRID (рис. 6).

GRID представляет рельеф поверхности в виде регулярной сетки равномерно распределенных ячеек со значениями координаты Z . Разрешающая способность сетки (ширина и высота ячеек) составляет 50. GRID состоит из 401 столбца и 376 строк, занимает 588,97 Кб памяти.

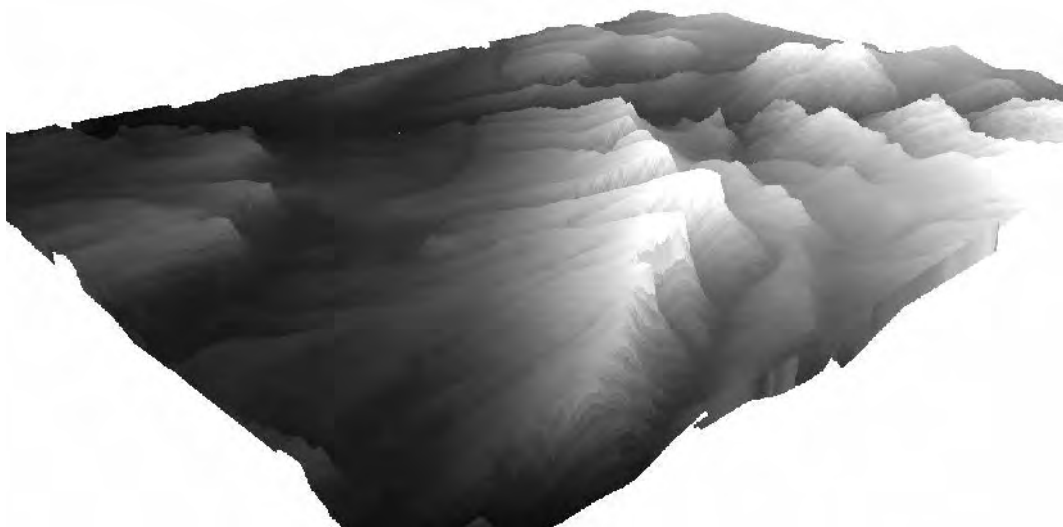


Рис. 6. GRID сложного рельефа местности полученный из TIN-модели.

Интерфейс (рис.7) разработан на базе модуля 3D Analyst и разработанных панелей инструментов – Morphometric Parameters и Topographic Features.

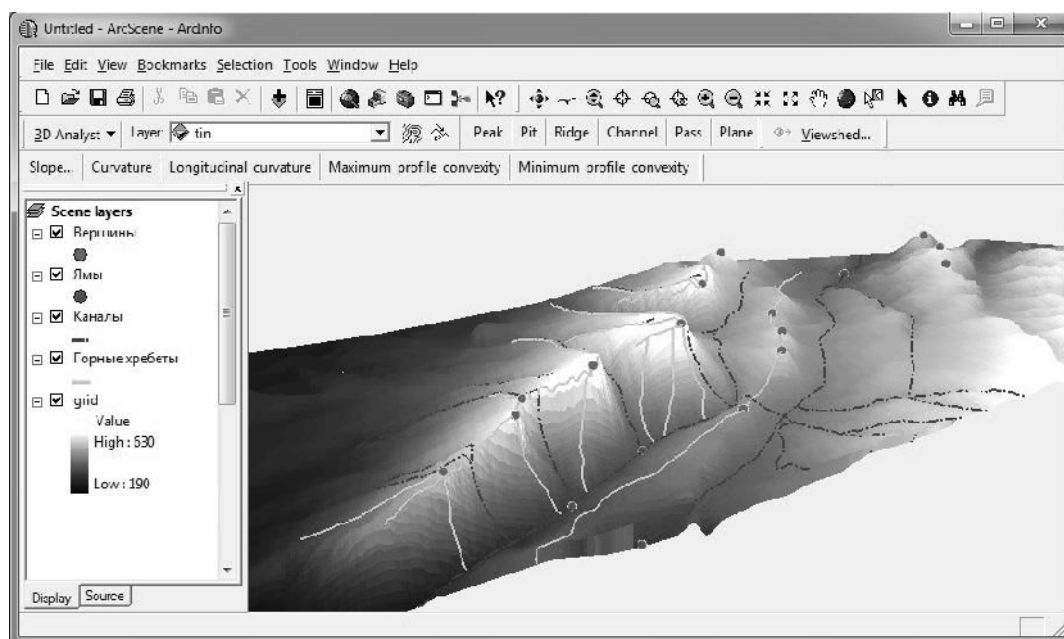


Рис. 7. Главный интерфейс программы АОТО.

В набор инструментов ArcGIS входят наиболее распространенные инструменты пространственного анализа, такие как анализ поверхностей (функция построения

изолиний, вычисления уклона, экспозиции склонов, площади и объемов, функция отмывки рельефа), расчет видимости (определение линии и зон видимости) калькулятор растров, конвертация, создание растровых поверхностей.

Разработанная панель Morphometric Parameters содержит набор морфометрических параметров (уклон, кривизна), которые участвуют в процессе определения топографических особенностей рельефа местности. Панель инструментов Topographic Features позволяет определить все топографические особенности (вершины, ямы, каналы, горные хребты, перевалы, плоскости). Каждая топографическая особенность представляет собой отдельный слой. Технологическая схема работ представлена на рисунке 8.

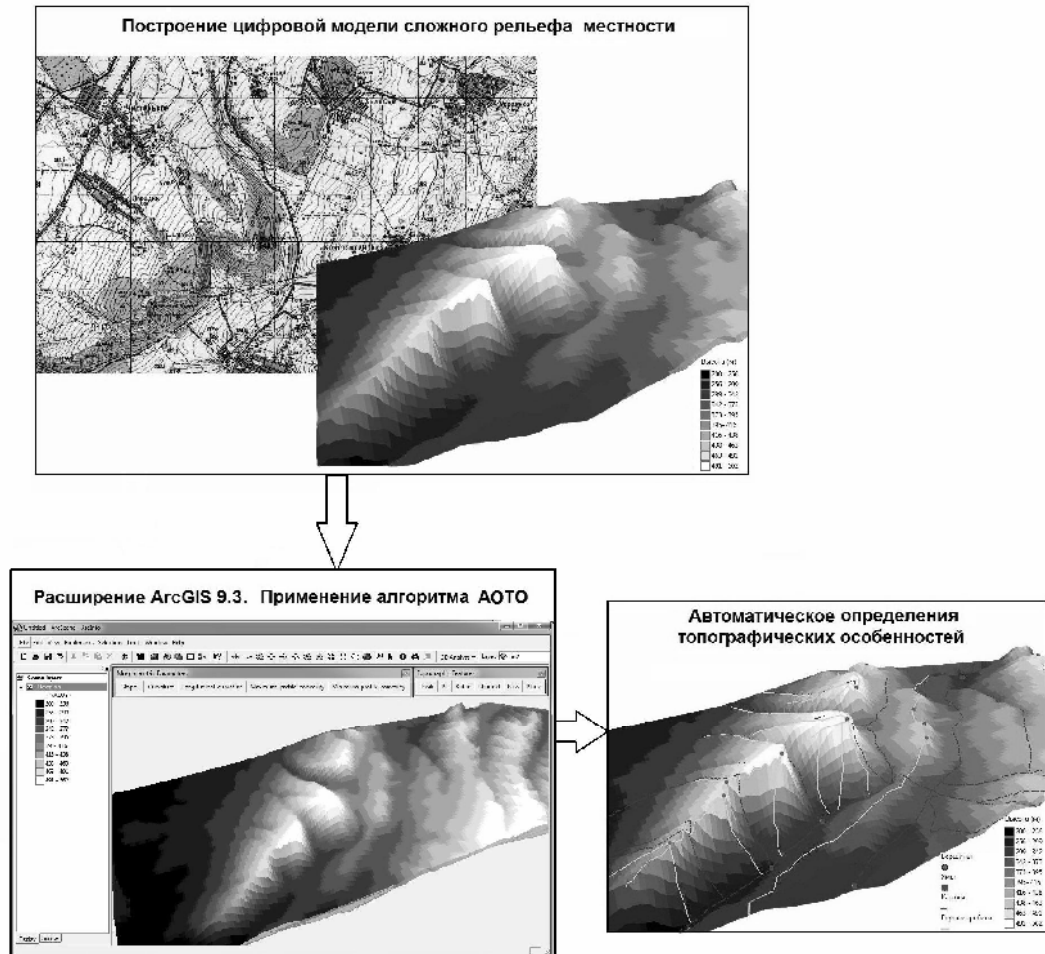


Рис. 8. Технологическая схема.

ВЫВОДЫ

Применение алгоритма на сложном рельефе местности позволяет эффективно извлекать (с высокой точностью) топографические особенности рельефа местности, что показало жизнеспособность алгоритма АОТО. Используя извлеченные топографические особенности в качестве объектов наблюдения, можно значительно сократить время вычисления видимости на сложном рельефе местности.

Список литературы

1. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я Цветков – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
2. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа / Симонов Ю.Г. // Университетская серия. МГУ им. М.В.Ломоносова. – Москва-Смоленск, 1998. – 271 с.
3. Шарый П. А. Топографический метод вторых производных / П.А. Шарый // Геометрия структур земной поверхности. – Пушино: ПНЦ АН СССР, 1991. – С. 30-60
4. Флоринский И.В. LANDLORD 2.0: система анализа и картографирования геометрических характеристик рельефа / И.В Флоринский, Т.И. Грохлина, Н.Л Михайлова. // Геодезия и картография. – 1995. – №5. – С. 46-51
5. City University London / PhD Thesis. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www soi.city.ac.uk/~jwo/phd/>. – 25.04.2006

Котелевць Ю.В. Автоматизація виділення топографічних особливостей рельєфу місцевості / Ю.В. Котелевць, І.М. Патракеєв // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 106-115.

Підвищення ефективності обчислення видимості без яких-небудь значних втрат інформації є однією з головних проблем при вирішенні різноманітних прикладних завдань, таких як розміщення засобів зв'язку, вітрових електростанцій, пожежних та оглядових вишок, радарних установок, моделювання туристичних маршрутів, а також для вирішення спеціальних завдань (планування захисту об'єктів, траєкторії польоту, розміщення техніки).

У статті розглядається алгоритм автоматизації визначення топографічних особливостей (АВТО) рельєфу місцевості як засіб підвищення ефективності проведення просторового аналізу даних у середовищі ArcGIS.

Ключові слова: видимість, топографічні особливості рельєфу місцевості, морфометричні параметри.

Kotelevets Y. Automatic extraction of topographic features of the terrain / Y.V. Kotelevets, I.M. Patrakeev // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 106-112.

Improving the efficiency calculations appear without any significant loss of information is one of the main problems in solving a variety of applications, such as such as the allocation of communication facilities, wind-power stations, fire and observation towers, radar installations, the modeling of tourist routes, as well as for special issues (planning, protection of facilities, flight paths, placement of equipment).

The article discusses the algorithm of automation definition of topographic features (ADTF) of the terrain as a means to improve the efficiency of spatial analysis in ArcGIS environment.

Keywords: visibility, topographic features of the terrain, morphometric parameters.

Поступила в редакцію 15.04.2011 г.

УДК 502.2/519.8(075.8)

ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В КРЫМУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SWAT-МОДЕЛИ

Лычак А.И., Бобра Т.В., Яшенков В.О.

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина

В статье рассматривается краткая история разработки симулятора возможных состояний бассейновой системы - SWAT. Проанализированы некоторые возможности в области прогнозного моделирования данной моделью, приводятся примеры реализации модели в Крымском регионе.

Ключевые слова: моделирование, прогнозирование, SWAT, гидрологические модели, ГИС, оценка

Изучение геоэкологических ситуаций продолжает оставаться одной из актуальнейших проблем современной геоэкологии (енвайроменталистики). Особая роль при этом, отводится современным геоинформационным технологиям. Задача прогнозного моделирования геоэкологических ситуаций требует разработки и внедрения новых интегрированных систем динамического моделирования. Наиболее разработанной и апробированной в настоящее время системой комплексного прогнозного моделирования является симулятор возможных состояний бассейновой системы – SWAT(Soil and Water Assessment Tool). [1].

SWAT – иммитационная почвенно-гидрологическая оценочная масштабируемая модель бассейна (группы суббассейнов) реки. Она была разработана для определения и оценки влияния хозяйственной деятельности человека на большие и сложные бассейновые структуры, на состояние водных ресурсов. Данная модель разрабатывалась на протяжении более чем тридцати лет Службой сельскохозяйственных исследований (ARS - *Agricultural Research Service*) Департамента сельского хозяйства США (USDA) [1].

В настоящее время SWAT-модель получила признание во всем мире как наиболее эффективный и научно-обоснованный инструмент описания, прогноза и оценки состояния почвенной и гидрологической составляющей в состоянии современных ландшафтных бассейновых систем. Этот факт нашел свое отражение в десятках публикаций в наиболее рейтинговых научных изданиях, сотнях конференций, более 300 статей в американских и европейских журналах. Исторически SWAT базируется на более ранних моделях, разработанных USDA-ARS (Служба сельскохозяйственных исследований Департамента сельского хозяйства США).

Модель SWAT является прямым потомком модели SWRRB - симулятора состояния водных ресурсов в районах сельскохозяйственного использования (SWRRB - *Simulator for Water Resources in Rural Basins*) [7].

Разработка симулятора состояния водных ресурсов началась еще в 80-х годах прошлого века, с модификации модели CREAMS, и, в частности, одного из его сегментов - симулятора осадков и ежедневного стока. Значительной трансформации

подверглись подмодели и сегменты модели GLEAMS, рассчитывающие и симулирующие поверхностный сток. При этом площадь охвата увеличилась от одного до десятка и более бассейнов. Был разработан модуль расчета суммарного стока на выходе бассейна. Другие улучшения коснулись модулей расчета скоростей стока, расчета его пиковых значений, усовершенствованы модули расчета подземного стока, динамики уровня воды в водохранилищах [8]. В модели EPIC были трансформированы расчетные модули роста сельскохозяйственных культур, переноса и осаждения взвешенных частиц, генератор погодных условий.

Интеграция в модели SWRRB отдельных модулей из трех исходных моделей позволил создать совершенно новый инструмент динамического и прогнозного моделирования состояния и оценки качества водного компонента в бассейновых ландшафтных комплексах и решения широкого круга экологических проблем, связанных с сельскохозяйственным производством.

SWAT модель включила в себя все самые ценные свойства предыдущих моделей и особенно имитационные и симулирующие алгоритмы модели SWRRB. Это сделало ее исключительно мощным инструментом расчета и прогноза состояний водного компонента в ландшафте. Начиная с 1995 года и до настоящего времени, SWAT-модель постоянно улучшается и пополняется новыми модулями. Информацию и техническую документацию обо всех модификациях модели можно найти на сайте Техасского научного центра Blackland Research and Extension Center (BREC). Собственно компьютерную программу модели можно бесплатно получить на официальном сайте SWAT [9, 10, 11, 12].

Общий обзор модели. Что же такое SWAT модель? Прежде всего, это имитационная модель, симулирующая значения выходных параметров в зависимости от заданных на входе переменных, характеризующих различные воздействия на почвенно-гидрологическую систему в рамках модельных бассейнов или суббассейнов.

Это постоянно работающая модель с временным интервалом осреднения равным 24 часам (сутки). Она физически обоснована, эффективна и оптимальна с точки зрения математики и компьютерных технологий, опирается на существующие распространенные типы ГИС-технологий, в частности, полностью совместима с ArcGIS, технологически ориентирована на постоянную работу в длительном режиме моделирования и симуляции ситуаций на длительные прогнозные сроки.

Данная модель может использоваться для решения целого ряда задач: прогнозирования последствий антропогенного воздействия сельскохозяйственного производства на гидрологический и почвенный компоненты ландшафта, на донные отложения, на миграцию пестицидов и продуктов их распада, на урожайность сельскохозяйственных культур, геохимический фон исследуемого региона.

К основным компонентам модели SWAT относятся следующие характеристики: метеорологические и климатические параметры, гидрологические характеристики бассейнов, температурные и другие физические и химические характеристики почвенного покрова, параметры роста растений и урожайности, параметры наличия питательных веществ в почвах, пестицидов, бактерий и болезнетворных микроорганизмов, характеристика землепользования района.

Модель SWAT делит модельную территорию на бассейны и на более мелкие суббассейны, а те в свою очередь на элементарные операционные единицы называемые в данной модели гидрологически реагируемые единицы (HRUs - hydrologic response units). Элементарные гидрологические единицы (HRUs) характеризуются внутренней однородностью почвенного покрова, элементов рельефа, типа землепользования или растительного покрова. В первом приближении они соответствуют ландшафтными фациям или простым урочищам в рамках ландшафтной бассейновой структуры.

Климатические данные необходимые для запуска модели включают в себя суточные значения осадков, влажности, средняя, максимальная и минимальная температуры, скорости и направления ветра, значения солнечной радиации и др. В Европе и Соединенных Штатах Америки данные в модель заводятся ежедневно, непосредственно с работающих гидрометеорологических станций, постов наблюдений и материалов дистанционного зондирования Земли. В Крыму и Украине данные возможно заводить с некоторым опозданием из получаемых баз данных.

В случаях, когда имеются данные об эвапотранспирации, загрузка данных о влажности воздуха не требуется. Средняя температура воздуха используется в случаях когда симулируется выпадение осадков в виде снега. Максимальные и минимальные температуры используются в расчетах температуры почвенного покрова и вод.

Входные климатические данные могут генерироваться на основании расчета таблицы состоящей из 13 ежемесячных климатических переменных, которые вытекают из долгосрочных измерений параметров погоды.

Специфические варианты ввода климатических данных включают: предварительное выделение высотных уровней для расчета орографических осадков или таяния снега, предварительную корректировку климатических данных на входе для моделирования изменения климата и прогнозирование его последствий, и предварительное прогнозирование будущих погодных условий, которые будут использоваться в качестве входных значений, для прогноза ситуаций.

Общий гидрологический баланс рассчитывается для каждой элементарной гидрологической единицы HRUs. Рассчитываются и моделируются области перехвата осадков и стока талых вод, области инфильтрации на орошаемых территориях, перераспределение воды в почвенных горизонтах, испарение, латеральный поток грунтовых вод в почвенных горизонтах и обратный поток из мелких водоносных горизонтов. Оценивается ареал покрытия снегом, температуры и интенсивность таяния снега. Для гидрологического прогноза используются классические проверенные временем методики расчета принятые в Соединенных Штатах Америки и Европе.

Технологии маршрутизации потоков используются для расчета перераспределения стока, как в плане, так и в разрезе почвенных горизонтов. В SWAT модели имеется опция расчета верховодки, что важно в районах близкого залегания грунтовых вод например в крымском Присивашье.

Модель позволяет осуществлять расчет урожайности и биопродуктивности сельскохозяйственных и естественных угодий в зависимости от уровней загрязнения окружающей среды. Расчет осуществляется для различных операционных единиц: севообороты, типы угодий, естественные лесонасаждения и так далее. Но во всех этих случаях в основе расчетов лежат гидрологические единицы HRUs.

Заложенные в модели расчетные алгоритмы позволяют моделировать биопродуктивность сельскохозяйственных угодий и лесов (рис.1) на различных фазах их развития от саженцев до зрелого состояния. Посадка, сбор урожая, обработка почвы, внесение питательных веществ в почву и применение пестицидов может быть смоделировано для каждой системы земледелия с конкретной или прогнозируемой даты начала сева. Имеется возможность расчета количества поступления навоза в результате выпаса скота.

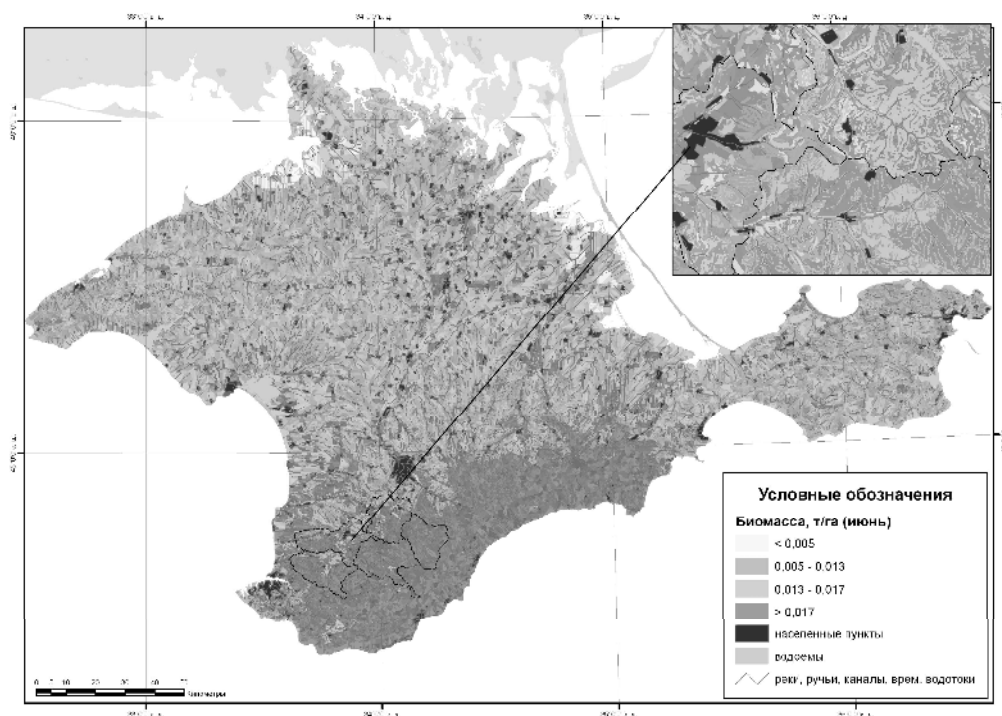


Рис.1. Прогнозная модель продукции биомассы на территории Крыма на 2011

Последствия выбранной практики использования и охраны водных и почвенных ресурсов моделируются в SWAT путем учета типа землепользования, агротехнологий, контурности земледелия, лесозащитных насаждений, наличия дренажных систем. Особое место отводится пространственной структуре почвенного покрова. Большинство исходных показателей зависит от типов, видов и разновидностей почвенного покрова. Особое внимание уделяется моделированию

гидромелиоративных решений и их следствий. В основе всех этих расчетов лежит концепция расчета и оценки жизненного цикла мелиоративных мероприятий.

На уровне отдельных HRUs и в масштабе русла реки SWAT позволяет рассчитать и смоделировать распространение загрязнений, твердый осадок, наличие бактерий и болезнетворных микроорганизмов. Перенос и переотложение пылеватых частиц почвенного покрова рассчитывается с помощью модифицированного уравнения потери почвы (Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE)).

Движение азота и фосфора в HRUs моделируется в зависимости от циклов подпитки, путем учета внесения ряда неорганических и органических удобрений. Потери азота и фосфора из почвенной системы рассчитывается в модели путем учета их поглощения произрастающими культурами или выносом их поверхностным стоком как в виде растворов или твердых частиц. Рассчитывается также вклад бактерий в круговорот азота и фосфора.

Важнейшим требованием к использованию SWAT-моделей является установление их чувствительности и верификация. Практически во всех случаях, наблюдается расхождение между прогнозируемыми и реальными значениями. SWAT обладает мощным и достаточным инструментарием калибровки моделей, повышения их точности и чувствительности.

ВЫВОД

Развитие и внедрение SWAT-моделей в Крыму и Украине, позволит более эффективно использовать имеющиеся данные и технологический инструментарий для более эффективного построения прогнозных моделей и оценок результатов взаимодействия общества и природы. Развитие этого инструментария осуществляется на основе ГИС-технологий, материалов дистанционного зондирования, GPS-технологий, интернет технологий и технологий экологического мониторинга. Требования к базам исходных данных и формат данных генерируемых и симулируемых моделью соответствует международным стандартам и директиве ЕС INSPIRO. Это с одной стороны, облегчает доступ к международным базам данных, материалам ДЗЗ, технологиям расчета и моделирования, но с другой стороны требует перестройки уже существующей в Украине системы сбора экологической информации.

Список литературы

1. Gassman P. W. The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Application, and Future Research Direction. SWAT./ Gassman P. W., Reyes M. R., Green C. H., Arnold J. G. – American Society of Agricultural and Biological Engineers Vol. 50(4) ? 2007. – 1211-1250 pp.
2. CREAMS: A field-scale model for Chemical, Runoff, and Erosion from Agricultural Management Systems. [Knisel, W.G. (Editor).] – US Department of Agriculture, Science and Education Administration, Conservation, Report No. 26, 1980. – 643pp.
3. Knisel, W.G. The GLEAMS model plant nutrient component. PART I: model documentation. / Knisel, W.G., Leonard R.A., Davis F.M. – USDA. ARS, Coastal Plain Experiment Station. Southeast Watershed Research Laboratory. Tifton, Georgia, 31793, 1994 – 57pp.

4. Leonard, R.A. GLEAMS: Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems. Trans./ Leonard, R.A., Knisel W.G., Still D.A. – Amer. Soc. of Agric. Engrs.30, 1987. – 1403-1418 pp.
5. Knisel, W.G. GLEAMS version 2.0 Part III: User Manual. USDA-ARS, / Knisel, W.G., Davis F.M., Leonard R.A. – Coastal Plain Experiment Station. Southeast Watershed Research Laboratory. Tifton, Georgia, 31793., 1994 – 200pp.
6. Izaurralde, R. C. Simulating soil C dynamics with EPIC:/ Izaurralde, R. C., Williams J. R., McGill W. B., Rosenberg N. J., Quiroga Jakas M.C. – Model description and testing against long-term data. Ecol. Model. 192(3-4), 2006. – 362-384 pp.
7. Arnold. J.G. Validation of SWRRB: Simulator for water resources in rural basins./ Arnold. J.G., Williams J.R. – J. Water Resour. Plan. Manage. ASCE 113(2), 1987. – 243-256 pp.
8. Arnold. J.G. Continuous-time water and sediment-routing modrl for large basins. / Arnold. J.G., Williams J.R., Maidment D.R. – J. Hydrol.Eng. ASCE 121(2), 1995b. – 171-183 pp.
9. SWAT. 2007b. Soil and Water Assessment Tool: AVSWAT. College Station, Tex.: Texas A&M University. Available at. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.brc.tamus.edu/swat/avswat.html. Accessed 13 February 2007.
10. SWAT. 2007d. Soil and Water Assessment Tool: SWAT model. College Station, Texas: Tex. A&M University. Available at. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.brc.tamus.edu/swat/soft_model.html. Accessed 21February 2007.
11. SWAT. 2007d. Soil and Water Assessment Tool: Peer-reviewed literature. College Station, Texas A&M University. Available at. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.brc.tamus.edu/swat/pubs_peerreview.html. Accessed 17 February 2007.
12. SWAT. 2007a. Soil and Water Assessment Tool: ArcSWAT. College Station, Tex.: Texas A&M University. Available at. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.brc.tamus.edu/swat/arcswat.html. Accessed 20 February 2007.

Личак О.І. Прогнозне моделювання геоecологічних ситуацій в Криму з використанням SWAT-моделі / Личак О.І., Бобра Т.В., Яшенков В.О. // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С.116-121.

У статті розглядається коротка історія розробки симулятора можливих станів басейнової системи - SWAT. Проаналізовано деякі можливості в області прогнозного моделювання даною моделлю, наводяться приклади реалізації моделі в Кримському регіоні.

Ключові слова: моделювання, прогнозування, SWAT, гідрологічні моделі, ГІС, оцінка

Lychak AI. Prognosis design of geocological situations in Crimea with the use of SWAT-model / Lychak AI, T. Beaver, Yashenkov V.O. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 116-121.

The article discusses a brief history of the development of simulation of possible states of the basin system - SWAT. Analyzed some possibilities for predictive modeling of the model, provides examples of implementation of the model in the Crimean region.

Key words: modeling, forecasting, SWAT, hydrological models, GIS, assessment

Поступила в редакцію 08.04.2011 г.

УДК 551.43+004.94

ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ КАР'ЄРУ

Меліка Л. І., Шипулін В. Д.

*Харківська національна академія міського господарства, Харків, Україна
E-mail: ludik-m@yandex.ru ; vshypulin@yahoo.com.*

Впровадження геоінформаційних систем як ефективного засобу інформаційного забезпечення гірничо-видобувних робіт пов'язане із виконанням комплексу робіт, у складі якого суттєвими є роботи із збору просторових даних, їх обробки, створення просторових моделей, забезпечення необхідних розрахунків. Розроблена технологія моделювання кар'єру на основі аерофотознімків у програмному забезпеченні ArcGIS 9.3 й методика обчислення об'ємів вийнятих гірських порід. Створена просторова модель може застосовуватися у задачах планування, експлуатації, управління гірничо-видобувних робіт, кар'єрним автотранспортом.

Ключові слова: просторова модель кар'єру, технології забезпечення геопросоторовими даними, об'єми вироблення гірських порід.

ВСТУП

Розвиток автоматизованих методів планування й організації відкритих гірничих робіт, диспетчерського управління кар'єрним автотранспортом пов'язаний з необхідністю створення математичних моделей як самого кар'єру, так і систем транспортних комунікацій для транспортування добутої сировини. У сучасних умовах все ширше впроваджуються сучасні методів збору, зберігання, обробки геопросторової інформації, 3D-моделювання поверхні робочої зони кар'єру з точним представленням контурів уступів та інших елементів гірничих робіт, а також мережі транспортних комунікацій з точним представленням її структури.

Впровадження геоінформаційних систем як ефективного засобу інформаційного забезпечення гірничо-видобувних робіт пов'язане із виконанням комплексу робіт, у складі якого суттєвими є роботи із збору просторових даних, їх обробки, створення просторових моделей, забезпечення розрахунків об'ємів добутих корисних копалин та ін. Особливості виконання цих робіт розглянуті на прикладі залізно-рудного кар'єру (рис. 1, рис. 2).

Діючий кар'єр відпрацьовує запаси залізистих кварцитів. Гірничодобувні роботи проводяться на 24 горизонтах, довжина кар'єру по поверхні — 5,8 км, ширина — 1,5 км, глибина у південній частині — 340 м, у північній — 150 м. Загальний об'єм виготовлення окатишів із добутої в кар'єрі сировини — 10 млн. т станом на 2010 р.



Рис. 1. Представлення кар'єру на космічному знімку Google.

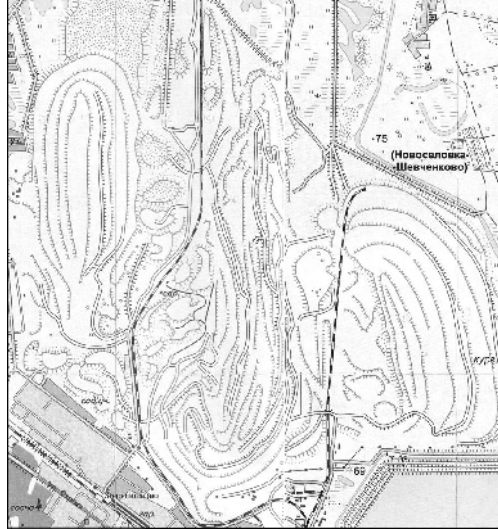


Рис. 2. Представлення кар'єру на топографічній карті.

1. ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВИМИ ДАНИМИ

Для створення геоінформаційної моделі кар'єру та подальшого її використання у виробничому процесі необхідне визначення відміток поверхні землі за допомогою однієї або комбінування декількох наведених нижче технологій.

1.1 Традиційні методи зйомки

Метод *аерофотозйомки* можливо застосовувати для складання плану у виробленнях із значними перепадами висот, так наприклад, кар'єр має площу близько 1200 га та глибину 340 м. У цих випадках великі об'єми робіт забезпечать відносно невелику його вартість.

При моделюванні кар'єру були використані дані аерофотозйомки, вони дозволяють варіювати точність даних, тим самим допомагаючи створювати декілька варіантів апроксимацій, які можна буде застосовувати для вирішення різноманітних задач. Вибір потрібного наближення залежить від важливості поставленого завдання та розміру території, на якій воно буде реалізовуватися, але ці декілька варіантів будуть однаково ефективно сприйматися спеціалістами із різним рівнем підготовки.

Обробка знімків виконувалась на ЦФС «Дельта» у програмному продукті Delta/Digitals ГНПП «Геосистема», м. Вінниця (рис. 3).

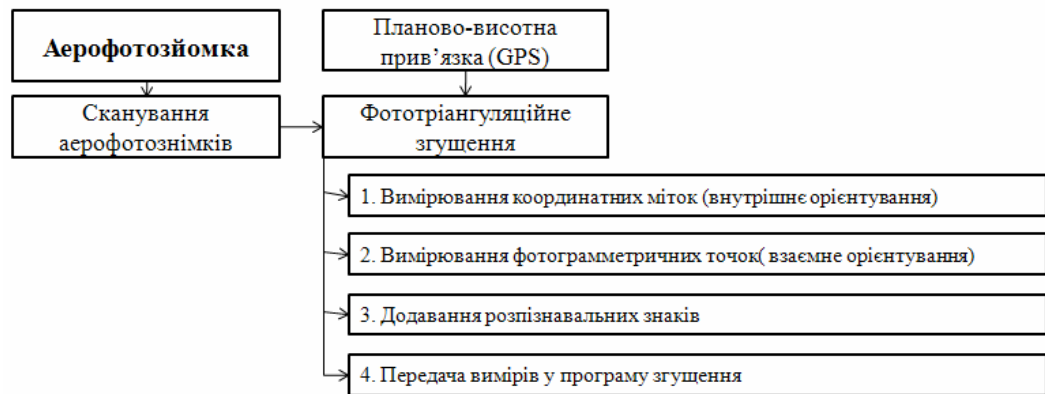


Рис. 3. Спрощена схема обробки фотограмметричної інформації на ЦФС «Дельта».

Тахеометрична зйомка може застосовуватися на будь-яких геологічних виробленнях. Для правильного відображення форм рельєфу зйомці підлягають характерні точки місцевості. При використанні електронних тахеометрів досягається необхідна точність висот і координат. Масштаб зйомки залежить від площі вироблення і необхідної за інструкцією із проведення маркшейдерських робіт точності. Метод донедавна застосовувався для контролю вироблень у кар'єрі, поки не був замінений зйомкою за допомогою GPS.

1.2 Зйомка із застосуванням новітніх технологій

Лазерне сканування — метод, що дозволяє створити цифрову модель об'єкта, представивши його набором точок із просторовими координатами. Основна відмінність від тахеометрів — значно більша швидкість отримання вимірювань. Для потреб моделювання кар'єру даний метод не використовується через значну вартість та неможливість встановлення сканера у важкодоступних та небезпечних місцях.

Побудова просторових моделей за допомогою *фотозйомки цифровим фотоапаратом* — метод, що не потребує дорогого обладнання, дозволяє оперативно отримувати фотозображення. Застосовується поки що, в основному, для створення тривимірних моделей об'єктів. Значним недоліком є необхідність підбору спеціального програмного забезпечення та калібрування камер під необхідний вид та точність робіт.

Зйомка за допомогою супутникових систем позиціонування. При використанні лише супутникових даних методика топозйомки може варіюватися залежно від необхідної точності, розмірів майданчика, його рельєфу. Для визначення координат і висот пікетів одночасно використовується не менше двох базових станцій, які встановлюються на опорні маркшейдерські пункти і пункти державних або зйомочних геодезичних мереж. Можливе застосування статичного й кінетичного способів.

Для потреб моделювання кар'єру та оперативного контролю за об'ємами вироблень в даному випадку доцільно використовувати кінематичний спосіб — «stop-and-go». При виконанні зйомки кількість приймачів необмежена. Перед початком роботи пересувний приймач прив'язують до базового вектора (ініціалізація). Принцип роботи: оператор із приймачем або стоїть на точці 5-30 сек, що визначається, — «stop» або переміщується між точками «go». Режим «stop-and-go» є еквівалентом традиційної тахеометричної зйомки.

Перевагою супутникової топозйомки у режимі кінематики є невисока вартість робіт, швидкість отримання координат, обробки та можливість їх експорту у формати, сумісні із багатьма програмними продуктами.

При аерофотозйомці на дні кар'єру не вдалося отримати дані необхідної точності, тому для найглибшої частини було застосовано зйомку за допомогою приймачів GPS.

2. 3D-МОДЕЛЮВАННЯ КАР'ЄРУ

Залізорудний кар'єр має складну тривимірну форму глибиною 340 метрів. Для підвищення ефективності використання просторової інформації та її аналізу створена просторова модель кар'єру. Візуалізація об'єктів реальності у програмному середовищі найкраще сприймається при використанні ефектів тривимірності й анімації. При цьому реалізуються чотири головні властивості:

- поєднання в одному геозображенні властивостей карти перспективного знімка, блок-діаграми і анімації;
- можливість програмного управління цим синтезованим геозображенням;
- інтерактивна взаємодія з самим геозображенням та оточуючим його середовищем;
- зменшення властивостей знаковості і умовності геозображення, додання йому реалістичних меж.

Крупномасштабні тематичні віртуальні зображення дають детальне уявлення про рельєф, об'єкти, споруди, шляхи сполучення. Можливість інтеграції різноманітної тематичної інформації у єдиній моделі — одна із позитивних якостей віртуального зображення.

Процес створення віртуальних зображень по топографічній карті, аеро- або космічному знімку виконується набір відміток висот або горизонталей, після цього проводиться моделювання місцевості. Детальна технологія моделювання кар'єру, що використовувалась в даному випадку, представлена на рис. 4.



Рис. 4. Технологія просторового моделювання кар'єру.

Функція побудови тривимірних моделей досконало реалізована у програмному продукті ArcGIS by ESRI. Просторова модель кар'єру наведена на рис. 5 та рис. 6.

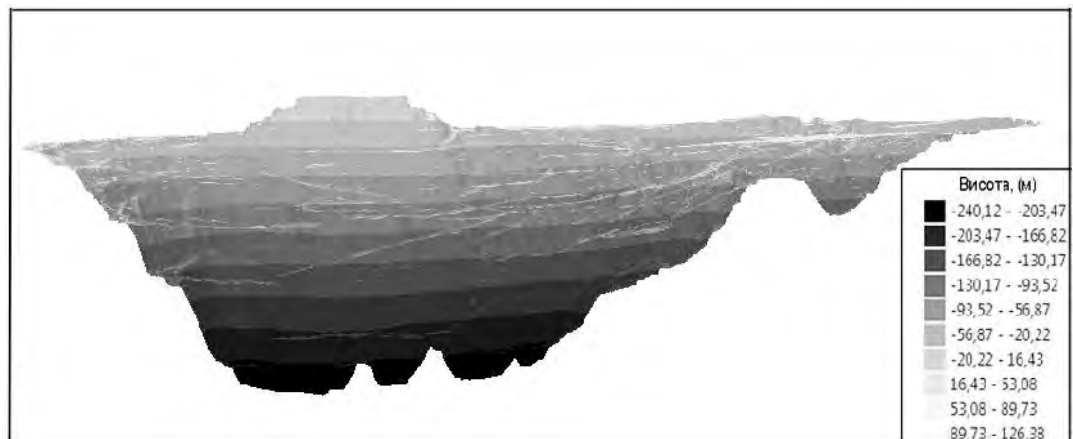


Рис. 5. Просторова модель кар'єру - вигляд збоку.

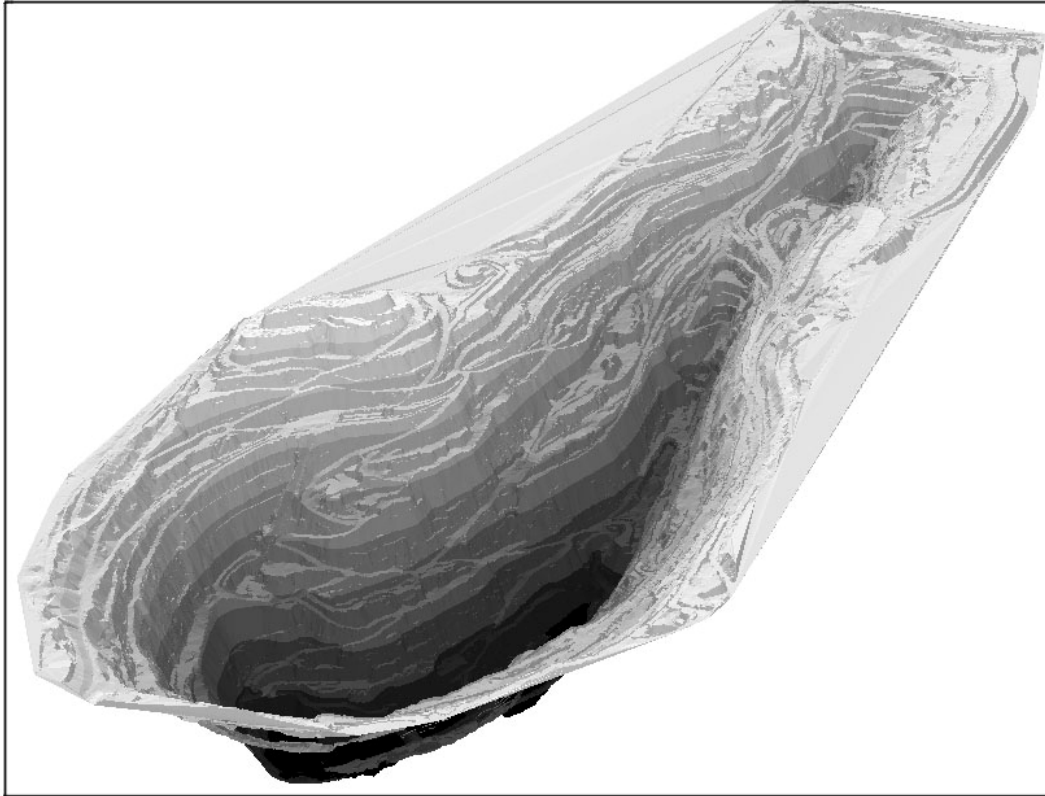


Рис. 6. Просторова модель кар'єру - вигляд зверху

У програмному забезпеченні ArcGIS поєднується наочне і ефективне представлення даних, багатофункціональний інструментарій, що дозволяє керувати точністю, кольором, освітленням, наближенням.

3. МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ОБ'ЄМІВ ВИРОБЛЕННЯ В ARCGIS

Для підрахунку об'єму вироблення гірських порід необхідно визначити «чорні» відмітки поверхні землі та фактичні відмітки після проведення робіт після виїмки гірських порід. «Чорними» називають існуючі відмітки денної поверхні землі до початку робіт по виїмці гірських порід або відмітки, отримані після виїмки попереднього шару гірських порід. Вони приймаються за даними топографічної зйомки.

При традиційних технологіях об'єми виїнятих гірських порід за даними зйомки визначають «вручну» способами вертикальних і горизонтальних перетинів, тригранних призм, об'ємної палетки. Кожний з цих способів має свою сферу застосування.

У разі використання комп'ютерних програм для вирішення цієї задачі у багатьох випадках, на основі даних зйомки, фігура, що характеризує виїняті

породи, автоматично розбивається на прості геометричні фігури (найчастіше — прямокутні ділянки — паралелепіпеди), в кожній з яких визначається об'єм заповнений породою та порожній. Об'єм всього вироблення дорівнює сумі заповнених породою об'ємів у кожній ділянці (рис. 7).

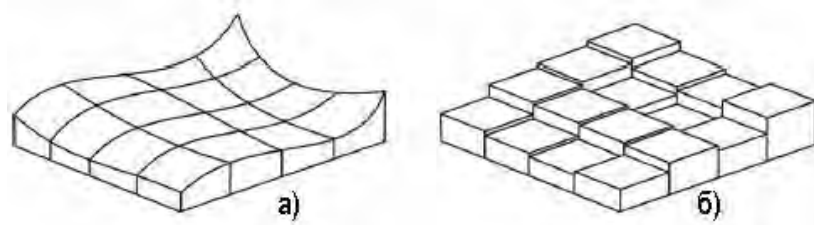


Рис. 7. Ілюстрація принципу розбиття вийнятих гірських порід на прямокутні ділянки для обчислення об'єму: а) поверхня обчислюваної ділянки; б) заміна поверхні простими геометричними фігурами.

Обчислення відбувається за формулою Сімпсона:

$$\int_a^b f(x)dx \approx \int_a^b p_2(x)dx = \frac{b-a}{6} \left(f(a) + 4f\left(\frac{a+b}{2}\right) + f(b) \right), \quad (1)$$

де $f(a)$, $f(b)$ — значення функції на початку та в кінці відрізка;

$f\left(\frac{a+b}{2}\right)$ — значення функції в середині відрізка.

Обчислення за формулою Сімпсона пов'язане із апроксимацією функції $f(x)$ квадратним поліномом $P(x)$ (рис. 8).

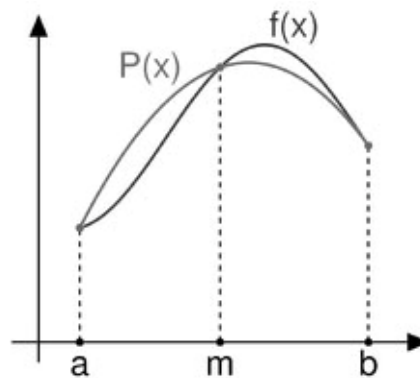


Рис. 8. Ілюстрація сутності методу обчислення за формулою Сімпсона.

Розрахунок об'ємів вироблення реалізується циклічною обробкою однотипних даних, які отримують в результаті виконаних польових робіт на різний час. Прив'язка просторових даних до моменту часу вирішується різними способами. Одним з варіантів є формування часових рядів даних, де в процесі введення інформації в систему різночасні дані наносяться на окремі шари, кожен з яких відповідає своєму часовому відрізку, в межах якого дані можна вважати статичними.

У більшості програмних продуктів (ArcGIS, ГИС Карта 2008) розрахунок об'ємів гірських вироблень, розрахунок земляних робіт базується на використанні двох поверхонь: початкової, такої, що описує місцевість до проведення земляних робіт і проектною, такою, що описує місцевість після проведення земляних робіт (рис. 9).

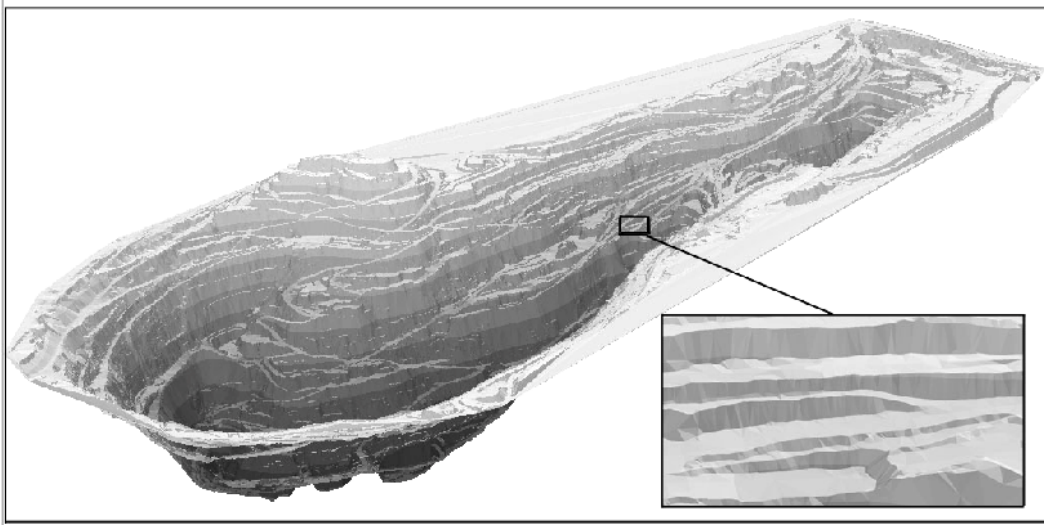


Рис. 9. Фрагмент просторової моделі кар'єру для виконання розрахунків.

На підставі 3D-моделі кар'єру розроблена методика автоматизованого розрахунку об'ємів видобутку гірської породи засобами ArcGIS by ESRI. Вихідний стан місцевості зафіксований у моделі № 1. За результатами виконання робіт за звітний період проводиться зйомка місцевості, і результати відображаються окремим шаром даних, що служить для розрахунку об'єму вироблення та оновлення моделі № 1, що приймає вигляд моделі № 2. Порядок розрахунку об'єму вироблення в ArcGIS представлена на рис. 10.

База геоданих включає модель кар'єру, дані маркшейдерської служби по виробленням гірських порід за кожний звітний період (1 місяць) у вигляді пікетажу та поверхні побудовані на основі цих даних, що служать для обчислення об'ємів вийнятих порід

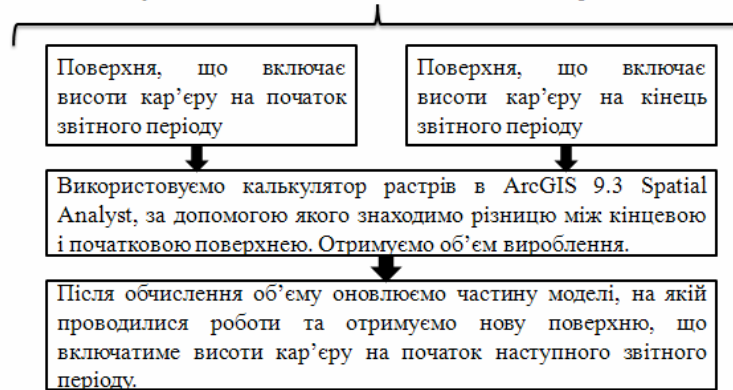


Рис. 10. Порядок виконання розрахунку об'єму вироблення в ArcGIS.

Процес оновлення моделі даними зйомки представлений графічно на рис. 11.

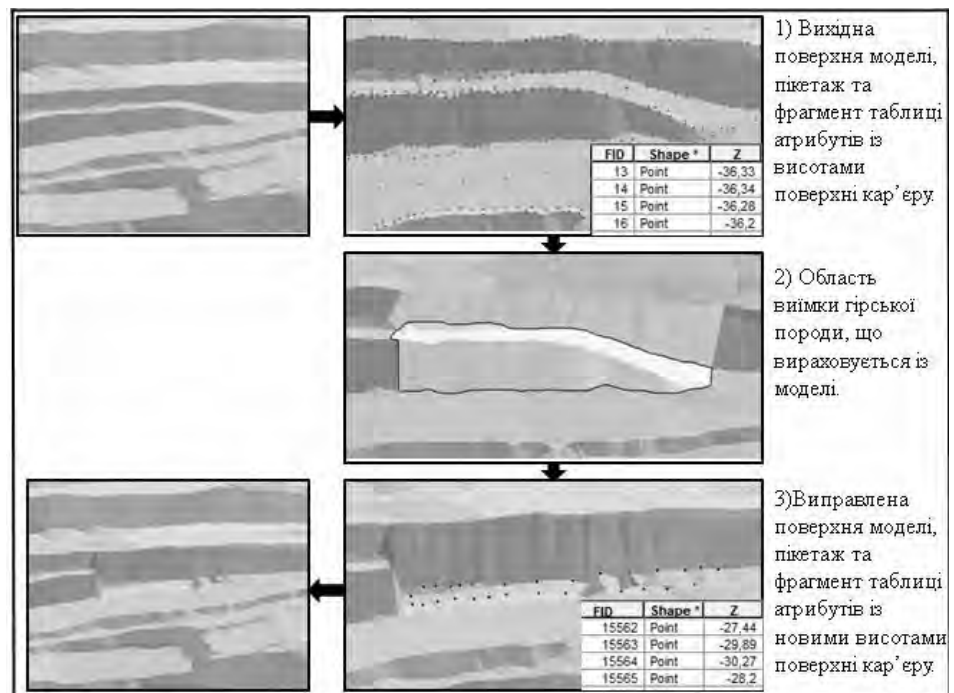


Рис. 11. Область оновлення просторової моделі за даними GPS.

Розрахований для даної ділянки кар'єру об'єм вийнятих гірських порід складає 213,11 м³.

ВИСНОВОК

Тривимірне моделювання кар'єру за описаною технологією у програмному продукті ArcGIS 9.3, подальше доповнення і корегування цієї моделі новими даними супутникових систем позиціювання після дозволяє проводити аналіз, вести поточний облік стану виїмки гірських порід, займатись плануванням подальшого розвитку видобутку корисних копалин.

Список літератури

1. Инструкция по производству маркшейдерских работ (утверждена Госгортехнадзором СССР 20.02.1985) [Electronic Resource] – URL: LawMix. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.lawmix.ru/docs_ccsr.php?id=3475. – 02.04.2011.
2. Панжин А. А., Голубко Б. П. Применение спутниковых систем в маркшейдерском деле / Научный проект – Геомеханика On-Line [Electronic Resource] – URL: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://igd.uran.ru/geomech/articles/paa_003/index.htm. – 25.03.2011.
3. Берлянт А. М. Виртуальное картографирование / А. М. Берлянт // Природа. – 2002. – №7.
4. Берлянт А. М. Картография / Александр Михайлович Берлянт – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
5. Инструкция по маркшейдерскому учету объемов горных пород при добыче полезных ископаемых открытым способом (РД 07-604-03). – [действует от 2003-06-06] / Complexdoc нормативные документы [Electronic Resource] .- URL[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/550882>. – 11.04.2011.
6. Едигарьев В. Г., Леонтьев А. А. Компьютерное решение задачи оценки показателей извлечения руды для месторождений с неравномерным оруденением / В. Г. Едигарьев, А. А. Леонтьев // Вестник МГТУ. – 2009. – №4.
7. Рогова Т. Б. Подсчет запасов угольных месторождений / Т. Б. Рогова, С. В. Шаклеин, В. О. Ярков // Кемерово, 2010. – 136 с.

Мелика Л. И. Пространственное моделирование карьера / Л. И. Мелика, В. Д. Шипулин // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С.122-131.

Внедрение геоинформационных систем как эффективного средства информационного обеспечения горнодобывающих работ связано с выполнением комплекса работ, в составе которого существенными являются работы по сбору пространственных данных, их обработке, созданию пространственных моделей, обеспечению необходимых расчетов. Разработана технология моделирования карьера на основе аэрофотоснимков в программном обеспечении ArcGIS 9.3. Созданная пространственная модель предназначена для использования в задачах планирования, эксплуатации, управления карьерным автотранспортом, вычисления объемов вынутых горных пород.

Ключевые слова: пространственная модель карьера, технологии обеспечения геопространственными данными, объемы выработки горных пород.

Melika L. I. Open-cast mine spatial modeling / L. I. Melika, V. D. Shypulin // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 122-131.

Introduction of geoinformation systems as effective means information ensuring of mining based on fulfilment of works complex: spatial data collection and processing, creation spatial models. Spatial modeling technology based on using aerial photographs is developed with ArcGIS 9.3 software. Three-dimensional model can use in open-cast mine planning, exploitation, mining transport management. Paper describes the volume of rock solving method with using open-cast mine model.

Keywords: Spatial model of open-cast mine, spatial data collection technologies, volume of rock solving method.

Поступила в редакцию 15.04.2011 г.

УДК 504:004

**ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В
НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ТА НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ, ЩО
НАВЧАЮТЬСЯ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА»**

Непошивайленко Н.О.¹, Гуляєв В.М.¹, Зберовський О.В.¹, Карпенко О.О.²

¹ *Дніпродзержинський державний технічний університет, Дніпродзержинськ, Україна*

² *Дніпродзержинська міська рада, Дніпродзержинськ, Україна*

E-mail: gubacom03@ukr.net

Наведено результати впровадження у навчальному процесі та науковій діяльності кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету геоінформаційні технології, серед яких ліцензійне програмне забезпечення від американської компанії ESRI – *ArcGIS Desktop*, ліцензійна система геологічного моделювання *Micromine* від австралійської компанії «*Micromine LTD*», ліцензійна геоінформаційна система комп'ютерного моделювання «*ПАНОРАМА*».

Ключові слова: кафедра екології, навчальний процес, наукова діяльність, геоінформаційні технології.

ВСТУП

Зміни, що відбуваються сьогодні у технологічних, економічній та інших сферах розвитку України, торкнулись також і системи вищої освіти, що, потребує її реформування та переведення на якісно вищий рівень. Впровадження у вищій школі «Болонської системи» спонукало педагогічну громадськість усвідомити і сформулювати новий акцент у розумінні цілей освіти. Основним завданням отримання професійних знань є розвиток особистості студента, як людини, яка повинна вміти самостійно навчатись з допомогою сучасних інформаційних технологій та використовувати отриманні навички протягом трудової життєдіяльності [1].

Загальною тенденцією європейської освіти є насичення навчального процесу великою кількістю нових, сучасних дисциплін заснованих на геоінформаційних технологіях. Запровадження нових предметів і нових напрямків навчання приводить до інтенсифікації учбового процесу. Така інтенсифікація може мати різні форми, але вона неможлива без інноваційних аспектів, зокрема пов'язаних як з переглядом традиційних форм навчання, так і з впровадженням сучасних навчальних геоінформаційних технологій.

Основні положення та концептуальні рішення з впровадження геоінформаційних технологій у навчальному процесі і науковій діяльності направлені на сприяння посиленню навчальної мотивації вивчення дисциплін екологічного напрямку й удосконаленню знань студентів які навчаються за спеціальністю 6.040106 - Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

Розроблені заходи включають послідовні дії з впровадження інноваційних геоінформаційних технологій, створення Системи освіти на основі використання автоматизованих банків даних науково-педагогічної інформації, інформаційно-методичних матеріалів, а також комунікаційних мереж з урахуванням сучасних умов інформатизації суспільства.

Така система освіти полягає у відео-комп'ютерному комплексі програмно-апаратних засобів й устаткування, що дозволяє поєднувати різні види інформації (текст, мальована графіка, слайди, музика, реалістичні зображення, що рухаються, звук, відео) і реалізовувати при цьому інтерактивний діалог студента із системою, що забезпечує реалізацію інтенсивних форм і методів навчання, організацію самостійної навчальної діяльності, сприяє підвищенню мотивації навчання за рахунок і підвищення рівня емоційного сприйняття інформації. При цьому, комп'ютерна система бере на себе левину частку рутинної роботи викладача, вивільняючи йому час для творчої діяльності.

Впровадження геоінформаційних технологій у навчальний процес кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету здійснюється за наступними етапами:

- впровадження у навчальний процес дисципліну «Геоінформаційні системи в екології» на базі програмного забезпечення *ArcGIS Desktop*;
- впровадження у навчальний процес методів навчання з використанням мультимедійних технологій та мережі Інтернет;
- впровадження у навчальний процес ліцензійної системи геологічного моделювання *Micromine*;
- впровадження у навчальний процес ліцензійної ГІС «ПАНОРАМА»;
- впровадження елементів дистанційної освіти з використанням мережі Інтернет для підготовки студентів-екологів заочної форми навчання;
- створення кафедрального, вузівського, муніципального серверу дистанційного навчання з можливістю використання новітніх геоінформаційних технологій та накопичення й обміну інформацією екологічної спрямованості.

1. НАУКОВА ТА МЕТОДИЧНА НОВИЗНА ВИКОНАНОЇ РОБОТИ

Методична новизна полягає у наступному:

– вперше у Дніпродзержинському державному технічному університеті на кафедрі екології та охорони навколишнього середовища запроваджено використання геоінформаційних систем у навчальному процесі та науковій діяльності для студентів, що навчаються за спеціальністю 6.040106 - Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування;

– удосконалено методику вивчення студентом геоінформаційного програмного забезпечення *ArcGIS Desktop* таким чином, що дозволяє використовувати не тільки програмний продукт з рівнем функціональності *ArcView*, в основу якого покладено основні настільні додатки й додаткові модулі, також надає можливість використання у навчальному процесі методичної літератури, практичного курсу оволодіння програмним забезпеченням, готових картографічних матеріалів й особистих розроблених електронних карт;

– включення з 2010 року до навчального плану підготовки бакалаврів дисципліни «ГІС в екології», дозволяє випускникам Дніпродзержинського державного технічного університету отримати знання в області застосовування надсучасних геоінформаційних систем і технологій для розв'язання окремих муніципальних і регіональних екологічних проблем та програм сталого розвитку м.Дніпродзержинська та Придніпровського регіону;

– вивчення та надбання студентами практичних навичок з використання програмного продукту *ArcGIS Desktop* (США), *GIS Micromine* (Австралія), *GIS «ПАНОРАМА»* (Росія), що надасть їм змогу легко інтегрувати у міжнародний інформаційний простір, приймати участь у міжнародних студентських екологічних проектах, міжнародних конференціях та інших наукових заходах;

– у співпраці зі студентами вперше створені електронні карти екологічного характеру для м. Дніпродзержинська, у тому числі екологічно небезпечних промислових та комунальних об'єктів міста, що дозволяють аналізувати та моделювати їх розвиток та вплив на екосистему, прогнозувати майбутній стан та екологічний ризик забруднення довкілля на території міста;

Наукова новизна полягає у тому, що:

– програмне забезпечення *ArcView* постійно та ґрунтовно використовується у науково-дослідних роботах зорієнтованих на розв'язання муніципальних екологічних проблем та розробки проектів екологічного спрямування для м. Дніпродзержинська;

– вперше система геологічного моделювання *GIS Micromine* використана для вирішення екологічних завдань при оцінці стану хвостосховища у «Балці Крута» Вільногірського гірничо-металургійного комбінату.

2. СУТЬ ВИКОНАНОЇ РОБОТИ

2.1 Використання геоінформаційних технологій у навчальному процесі

Геоінформаційні технології інтенсивно використовуються в *навчальному процесі* денної та заочної форми навчання студентів за спеціальністю 6.07.08.01 – Екологія та охорона навколишнього природного середовища.

В дисципліні «**Геоінформаційні системи в екології**» застосовується програмне забезпечення від компанії ESRI *ArcGIS Desktop* – інтегрований набір професійних настільних ГІС-додатків для компіляції (контролю якості), авторизації (створення) і використання географічної інформації й накопиченого знання. Стандартні, готові до роботи настільні продукти є високопродуктивними інструментами для створення, розповсюдження, керування та публікації географічних знань.

Придбаний ДДТУ ліцензійний пакет *ArcGIS Desktop*, розрахований на 25 робочих місць, доступний на початковому рівні функціональності *ArcView* з можливістю нарощування його функціональних можливостей, з чим пов'язані можливості використання даного програмного продукту у навчальній та науковій діяльності студентів й викладачів, а також при дослідженні та розв'язанні науково-прикладних завдань. *ArcView* надає сучасні інструменти картографування,

використання даних і їх аналізу, а також можливості редагування й обробки географічних даних різноманітного походження й спрямованості.

Теоретична складова дисципліни «ГІС в екології» містить загальні положення про геоінформаційні технології, технічне забезпечення геоінформаційних систем, аналітичні можливості сучасних інструментальних ГІС, геостатистичний аналіз та основи моделювання. В окремому змістовому модулі надаються загальні характеристики *ArcGIS Desktop* та його основних та додаткових програмних продуктів. Практичний курс зазначених дисциплін спрямований на оволодіння навичками користування ГІС-продукту, а саме збір, організація та управління вихідними географічними даними, обробка та детальний всебічний аналіз первинної інформації, побудова моделей та прогнозування процесів, закладених в основу природоохоронної діяльності.

Основною метою викладання курсу є формування у студентів теоретичних знань про сучасні методи створення та використання ГІС, принципи побудови просторових моделей даних та методів моделювання в ГІС а також засвоєння навичок застосування цих методів на практиці.

Лекційні заняття проводяться з використанням комп'ютерної (мультимедійної) техніки. Конспект лекцій подається студентам під час лекційних занять у вигляді слайдів, розроблених за допомогою середовища Microsoft Power Point, що містять основні положення розділів (підрозділів) лекційного матеріалу. Представлення основного матеріалу у такий спосіб надає можливість викладачу у повнішому обсягу надати теоретичний матеріал – під час занотовування студентами базового матеріалу викладач має час докладно пояснити суть висвітленого питання не відволікаючись на задиктовування визначень чи класифікацій теоретичного матеріалу, а також має можливість наочно представити проміжний та кінцевий результати означеного питання (формули, схеми, таблиці, карти, моделі тощо), що надається на лекційному занятті. Таким чином, студент під час лекції, отримує максимальний обсяг теоретичного матеріалу, оздобленого значною кількістю прикладів, зіставлень, порівнянь, що забезпечує спрямоване та продуктивне вивчення теоретичного матеріалу, застосовуючи слухові, зорові та уявні функції сприйняття людини.

За робочою програмою [3] курс «Геоінформаційні системи в екології» містить наступний перелік блоків *практичних занять*:

1. Керівництво користувача *ArcCatalog* (Побудова каталогу географічних даних. Дослідження даних та відображення їх на карті. Управління шейп-файлами).
2. Керівництво користувача *ArcMap* (Дослідження географічних даних за допомогою *ArcMap*. Робота з географічними об'єктами та таблицями. Редагування об'єктів. Робота з елементами карти).
3. Геообробка в *ArcGIS* (Пошук ділянок місцевості за завданими ознаками. Приєднання та викреслення ділянок до визначеної місцевості. Пошук ділянок зі сприятливими умовами. Пошук ділянок, які зазнають антропогенного впливу).
4. Керівництво користувача *Geostatistical Analyst* (Побудова поверхонь за завданими параметрами. Картографування розподілу концентрацій забруднюючих речовин у повітрі. Моделювання розподілу речовин у повітрі. Порівняння моделей).

5. Керівництво користувача *Spatial Analyst* (Відображення та аналіз даних за допомогою *Spatial Analyst*. Пошук сприятливого місця розташування завданого об'єкту. Пошук сприятливого (альтернативного) шляху).

На практичних заняттях кожний студент за своїм робочим місцем отримує навички володінню комп'ютерною технікою загалом та програмним продуктом *ArcGIS Desktop* зокрема. Поетапно виконуючи за виданим викладачем послідовним планом дій, студент знайомиться з відповідним додатком *ArcGIS* розпочинаючи з оволодіння пошуку чи введення бази даних (вихідних даних), вміння нею користуватися, виходячи з можливостей ГІС, розробки електронних карт за отриманими даними, редагування та створення друкованих версій карт, закінчуючи умінням редагувати об'єкти на карті, виконувати пошук, приєднання та викреслення об'єктів за завданими ознаками чи параметрами, побудови поверхонь, карт розподілу та моделювання за завданими параметрами. Головне при виконанні таких практичних робіт є те, що студент крок за кроком самостійно впливає на процеси, за якими він спостерігає на екрані монітора в результаті виконання практичного заняття, особисто встановлює темп виконання робіт, самостійно оцінює за отриманим кінцевим результатом ступінь оволодіння зазначеною темою та при необхідності чи відсутності збігу кінцевого результату у вільний час може самостійно виконати поставлене перед ним завдання. Отже виконання у такий спосіб практичних занять надають студенту додаткового стимулу до навчання і, на особисто накопиченому досвіді, в подальшому використовувати отримані навички.

Оцінюються знання студента наприкінці змістових модулів дисципліни «Геоінформаційні системи в екології», згідно навчального плану, за теоретичним матеріалом у тестовій формі, що проводиться із застосуванням комп'ютерної техніки, за практичним курсом – згідно отриманих студентом кінцевих результатів використання програмних додатків *ArcGIS Desktop*, чіткості та повноти сприйняття виконаної роботи (наприкінці етапів практичних занять проводиться захист отриманих результатів).

В дисципліні «**Ландшафтна екологія**» має місце використання геоінформаційних технологій. Лекційний матеріал дисципліни частково подається студентам на лекціях у вигляді слайдів, розроблених за допомогою середовища Microsoft Power Point, що містять основні положення розділів (підрозділів) лекційного матеріалу (основні визначення, градації та класифікації винесених на лекцію питань, схеми та графіки теоретичних доробок, тощо).

Практичний курс дисципліни [4], містить заняття на яких використовується комп'ютерна техніка для перегляду електронних атласів України [5 – 7], які містять поширено інформацию, що характеризує відповідні ландшафтно-екологічні комплекси, а також електронні карти м. Дніпродзержинська, розроблені в рамках наукових кафедральних досліджень. Використання електронних атласів надає можливість студенту окремо переглядати та оцінювати відповідні елементи зазначеного ландшафту конкретної місцевості, їх екологічні особливості та ступінь антропогенного впливу. При виконанні практичних занять при можливості виходу в мережу Internet, студенти використовують інтерактивний пошук місцевості за допомогою програми Google Earth, виконують оцінку відповідного ландшафту у

тривимірному представленні, оцінюють динамічні зміни ландшафтно-екологічного комплексу, проводять порівняння та зіставлення з отриманою інформацією електронних атласів. Програма Google Earth Professional дозволяє студентам не тільки переглядати інформацію, а і проводити спрощене креслення (графічне занотовування, встановлення позначок та відміток) електронних космознімків. Робота з електронною картографічною інформацією у такий спосіб надає можливість студентам не тільки отримати додаткові навички роботи з комп'ютером та картами, максимально оснащеними цільовими ландшафтно-екологічними даними, а й запобігти втраті часу і можливостей опрацювання поставленого перед студентом питання з причин браку сучасної паперової картографічної інформації під час проведення практичного заняття.

Оцінюються знання студента наприкінці змістових модулів дисципліни «Ландшафтна екологія», згідно навчального плану, за теоретичним матеріалом у тестовій формі, що проводиться із застосуванням комп'ютерної техніки, за практичним курсом – згідно повноти накопиченої та аргументовано оціненої інформації щодо зазначеного для кожного окремого студенту типу (підтипу) ландшафтно-екологічного комплексу.

В дисципліні «**Заповідна справа**» інформаційні технології для викладання лекційного матеріалу частково використовуються подібно попередньо зазначеним навчальним дисциплінам – окрім електронного конспекту лекцій на заняттях студентам презентується слайдова форма подання лекційного матеріалу.

На практичних роботах студентам пропонується через мережу Internet відшукати текстову та картографічну інформацію, що стосується окремих природних та біосферних заповідників, інших об'єктів природно-заповідного фонду Дніпропетровської області та України, а також, використовуючи мережні можливості комп'ютерного забезпечення, презентувати своїм колегам мультимедійне повідомлення про зазначений об'єкт. Результатом проведення таких занять є надбання навичок володіння пошуковою інтерактивною системою, вміння аналізувати та презентувати накопичену інформацію за допомогою мультимедійної техніки. У перспективі планується сумісно зі студентами на основі накопиченого матеріалу сформувати електронну карту природно-заповідного фонду Дніпропетровської області та України, що буде містити картографічну інформацію та базу даних стосовно кожного об'єкту ПЗФ.

Також в рамках практичного курсу зазначеної дисципліни студентам пропонується оцінити стан об'єктів природно-заповідного фонду та інших об'єктів урбанізованого середовища за станом їх озеленення, як основної ознаки, що формує природоохоронний та рекреаційний рівень відповідних об'єктів. Отже студенти, за отриманим завданням, навчаються виконувати облік зелених насаджень зазначеної місцевості та аналіз їх якісного та кількісного стану, оцінювати щільність посадки та відповідність нормам озеленення об'єктів, використовуючи окрім паперових картографічних основ електронні карти та космознімки облікової ділянки.

Підсумок вивчення теоретичної частини дисципліни «Заповідна справа» оцінюється у тестовій формі із застосуванням комп'ютерної техніки, практичної – за

повноцінно виконаною оцінкою та представленою мультимедійною доповіддю стосовно об'єкту природно-заповідного фонду.

Інформаційні технології знайшли використання і в «**Ландшафтно-екологічній навчальній практиці**», під час якої студенти безпосередньо на місцевості знайомляться з об'єктами природно-заповідного фонду, видатними місцевими природними та антропогенними ландшафтами, збирають статистичний матеріал й науково-дослідну інформацію на основі якої формують електронну базу даних по об'єктах практики. За індивідуальним завданням студент зобов'язаний сформулювати електронну базу даних (набір докладної інформації про окремі складові об'єкта, що його характеризують) відповідно до екологічного профілю об'єкта дослідження, яка повинна представляти його як множину характерних позначок про дослідний об'єкт, сформовану на електронній карті. Виконання індивідуального завдання студент повинен виконувати за допомогою сучасного комп'ютерного обладнання, що має функції систем супутникового позиціонування та навігації (GPS).

Інформаційні технології, у тому числі програмний пакет *ArcView* використовується студентами для виконання та захисту **випускних бакалаврських та магістерських робіт**. Серед робіт, що було відзначено державною екзаменаційною комісією на кафедрі БТЕ та ЕК протягом 2006-2010 навчальних років за їх прикладну та наукову цінність, слід вказати наступні:

1. Розробка схеми розташування стаціонарних джерел викидів шкідливих речовин з використанням геоінформаційної системи на прикладі промислових підприємств м. Дніпродзержинська *Студент Мамонова А.О.*

2. Оцінка рівня екологічної безпеки шляхом порівняльного аналізу захворюваності дитячого населення урбанізованої території. *Студент Воловік Н.Г.*

3. Оцінка причин та виявлення впливу підтоплення на екологічний стан м. Дніпродзержинська за допомогою геоінформаційних систем *Магістр Руденко Т.В., студент Безпальча Ю.М.*

4. Використання геоінформаційних систем з метою дослідження та визначення впливу на проблему підтоплення території м. Дніпродзержинська мережі водопостачання і водовідведення та мережі стоку поверхневих, дощових, зливових й вод від сніготанення *Студенти Волова І.П., Кузнецова В.С.*

5. Моніторинг електромагнітного випромінювання у м. Дніпродзержинськ з використанням геоінформаційної системи *Студент Тузенко Н.Н.*

6. Дослідження джерел шумового забруднення лівобережної і правобережної частині м. Дніпродзержинська та розробка заходів з покращення стану. *Студенти Бегла О.П., Рижко Ю.П.*

7. Розробка моделі класифікації покривних елементів ландшафту урбанізованої території. *Магістр Орел А.Ю.*

8. Геоекологічні дослідження природно-заповідного фонду (на прикладі Дніпропетровського та Верхньодніпровського району Дніпропетровської області) *Студент Єрмаков Д. Л.*

9. Виконання технічної інвентаризації зелених насаджень на прикладі окремих районів м. Дніпродзержинська *Магістр Романюк І.В.*

10. Розробка програми озеленення м. Дніпродзержинська *Студент Труш Я.А.*

11. Дослідження рекреаційних зон, об'єктів загального користування у м. Дніпродзержинську з використанням ГІС-технологій *Магістр Лакоця О. М.*

В межах зазначених випускних робіт було розроблено відповідні шари електронної карти м. Дніпродзержинська та проведено необхідну аналітичну оцінку та обґрунтування висвітлених в роботах екологічних проблем.

2.2 Використання геоінформаційних технологій у науковій діяльності

Геоінформаційні технології, а саме програмне забезпечення від компанії ESRI *ArcGIS Desktop*, використовується у науковій діяльності. Загальні положення можливостей використання геоінформаційних систем при дослідженні компонентів довкілля, результати дослідження процесів забруднення середовища, наслідків господарської діяльності чи існуючого стану окремих елементів навколишнього середовища, запропоновані рекомендації щодо поліпшення якості урбанізованого середовища в окремо взятих випадках та головні висновки виконаних випускних робіт знайшли місце у публікаціях та окремих науково-дослідних роботах. Результати наукових досліджень та картографічних моделювань представлено на науково-практичних різномасштабних конференціях, симпозиумах, конгресах з публікацією тез доповідей (близько 20 тез); у вигляді публікацій наукових статей у журналах та фахових виданнях (5 статей); на конкурсах наукових та практичних робіт, геоінформаційних розробок (2 конкурси, з яких одне призове місце); у вигляді виконаних господарсько-договірних робіт для місцевої громади м. Дніпродзержинська та окремих підприємств на загальну суму понад 400 тис. грн.

Слід зазначити, що найбільш дослідженим та затребуваним напрямком наукової діяльності виявився напрямок озеленення урбанізованих територій. Цьому напрямку належить кілька виконаних випускних робіт, переважна кількість друкованих робіт та чотирьохрічна тема науково-дослідної роботи, виконаної на замовлення управління охорони навколишнього природного середовища Дніпродзержинської міської ради, в результаті якої розроблено програму озеленення м. Дніпродзержинська.

Даний напрямок виявився цікавим не тільки з боку обліку зелених насаджень на території міста з виростанням ГІС-технологій та складанні відповідних шарів електронної карти. За допомогою накопиченої інформації та можливостей програмного забезпечення *ArcView* виявилось можливим оцінити наявність та стан зон відпочинку міста – короткотривалих (бульвари, сквери) та більш тривалих за часом (парки, набережні), виявити потенційні резерви територій, можливих для використання у даному напрямку, надати рекомендації стосовно нарощування обсягів та привабливості паркових зон, поліпшення їх естетичних, екологічних та рекреаційних функцій. Поширення рекреаційних зон в межах міста сприятиме, перш за все, поліпшенню стану здоров'я мешканців міста через їх додатковий короткотривалий відпочинок у доступних мальовничих рекреаційних зонах в межах житлової забудови, а також дозволить збільшити потенціал природно-заповідного фонду області, як було простежено на прикладі Верхньодніпровського району Дніпропетровської області.

На сьогоднішній день продовжується опрацювання тем, спрямованих на дослідження озеленення й моделювання рекреаційних осередків і природно-заповідних зон в межах міста та області. Продовжуються наукові дослідження стосовно радіаційного забруднення промислової зони міста в межах хвостосховищ радіоактивних відходів, інших небезпечних відходів, що зберігаються в межах міста зі складанням відповідних шарів електронної карти та формуванням єдиної бази даних.

Зазначені вище наукові дослідження з використанням ГІС, зокрема стосовно проблеми підтоплення на території міста Дніпродзержинська, стану озеленення селітебної території міста та стану радіаційного забруднення промислового майданчика колишнього ВО ПХЗ, знайшли відображення у вигляді науково-дослідних робіт на замовлення управління охорони навколишнього природного середовища Дніпродзержинської міської ради та державного підприємства З8ВІТЧ. Результати впровадження підтверджуються актами виконання робіт, що були отримані від замовників відповідних робіт.

Елементом впровадження результатів наукової діяльності з використанням геоінформаційних систем є Договір творчої співдружності за напрямком „Обмін здобуткам про природно-заповідний фонд Дніпропетровської області, обмін досвідом підтримки загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища на об'єктах ПЗФ, розробка інтерактивного відображення існуючих та зарезервованих об'єктів природно-заповідного фонду Дніпропетровської області, еколого-освітні та культурно-оздоровчі заходи”, що було укладено між ДДТУ та обласним управлінням охорони навколишнього природного середовища. В рамках даного договору запропоновано виконання наступних етапів робіт: обмін здобуткам про природно-заповідний фонд Дніпропетровської області; обмін досвідом підтримки загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища на об'єктах ПЗФ; розробка інтерактивного відображення існуючих об'єктів природно-заповідного фонду Дніпропетровської області; розробка інтерактивного відображення зарезервованих об'єктів природно-заповідного фонду Дніпропетровської області; еколого-освітні та культурно-оздоровчі заходи. Заплановані результати роботи можуть бути використані в навчальному процесі кафедри екології та охорони навколишнього середовища ДДТУ та в роботі відділу заповідного фонду Держуправління.

3. МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ІНШИХ ПІДРОЗДІЛІВ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

Програмне забезпечення *ArcGIS Desktop*, як зазначено вище, використовується у навчальному процесі кафедри екології та охорони навколишнього середовища, але недостатньо поширюється при вивченні інших дисциплін за спеціальністю 6.040106 - Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування.

Як було зазначено вище, *ArcGIS Desktop* може бути використаний у науковій діяльності, результати якої застосовуються при розробці випускних робіт студентів.

Протягом навчання та проведення певної наукової діяльності студент має можливість формування відповідної бази даних й накопичення досвіду у зацікавленому напрямку. Отримані навички геоінформаційного аналізу дозволять дипломованому спеціалісту докладно та комплексно оцінювати поставлене перед ним питання та обґрунтовано приймати рішення щодо його розв'язання.

Програмне забезпечення *ArcGIS Desktop* може бути використане на інших кафедрах навчального закладу при підготовці бакалаврів і магістрів інших спеціальностей, оскільки дозволяє розробляти електронні карти будь-якого масштабу з необхідним набором відповідних даних (від карт світу, країн, населених пунктів до карт промислових підприємств, структурних осередків, технологічних вузлів). Можливості моделювання й аналізу дозволяють використовувати *ArcGIS* при вивченні дисциплін, які не вимагають картографічної прив'язки (математика, фізика, хімія тощо), але прикладна задача зазначених предметів завжди має місце. Тому, з метою вивчення певних методів математичного, статистичного іншого аналізу завжди важливо розуміти кінцевий результат, який можна отримати шляхом використання вихідних даних певного реального явища, а моделюючи його – одержати конкретні результати, інтерпретуючи які можна зрозуміти доцільність використаного методу моделювання.

Враховуючи серверні можливості, *ArcGIS* можна використовувати для формування, накопичення, зберігання й аналізу інформації в межах кафедральної, міжкафедральної, вузівської мережі, а також формувати вихід та підтримувати зв'язок з муніципальною інформаційно-аналітичною системою, де повинні зберігатись та постійно оновлюватись дані про стан екологічної, економічної, соціальної ситуації в м. Дніпродзержинську, інша необхідна студентам й викладачам інформація. Муніципальна ГІС-система повинна забезпечувати обмін інформацією між підрозділами міської ради, виконавчими органами районних адміністрацій та надавати можливість доступу більшій кількості зацікавлених структур, у тому числі ДДТУ, та громадськості до інформації про стан у місті з мінімальними затратами на навчання та підтримку. Створення такої інформаційно-аналітичної системи для нашого міста є нагальним питанням, до якого необхідно безпосередньо долучитись нашому навчальному закладу й особисто користувачам *ArcGIS Desktop*, які зможуть навчити майбутніх спеціалістів (викладачі у напрямку геоінформаційних систем) та в подальшому забезпечувати роботу з муніципальними ГІС (студенти та випускники – користувачі ГІС).

Сполучений зв'язок між місцевою громадою й навчальним закладом дозволить сформувати корисний симбіоз, заснований на взаємній підтримці обох сторін. Для міста така співпраця буде привабливою й корисною при проведенні наукових обґрунтувань, моделювань, пропозицій щодо злободенних місцевих питань розбудови міста й міської інфраструктури, екології, економіки, менеджменту, маркетингу, соціального та технологічного розвитку тощо, а також при підборі кадрового складу на посади органів місцевого самоврядування, для успішної діяльності державних підприємств міста, організаційної політики промислових підприємств міста. Для навчального закладу співпраця з місцевою громадою дозволить отримувати реальну інформацію про відповідні події та процеси, що

відбуваються у місцевій організаційній структурі, у виробничому й організаційному процесах промислових підприємств міста. Отримана база надасть змогу студентам під час практичного, курсового та дипломного проектування вносити реальні конкретні пропозиції щодо розв'язання існуючих у міста проблем. Даний підхід у навчанні, з використанням реальних даних та розв'язанням конкретних поточних проблем надасть студентам незамінних навичок, яких вимагають від спеціалістів, що обіймають відповідні посади. Співробітництво Дніпродзержинського державного технічного університету з органами місцевого самоврядування шляхом геоінформаційних зв'язків дозволить отримати додаткове державне замовлення на навчання спеціалістів певного напрямку з наступним працевлаштуванням спеціалістів.

ВИСНОВКИ

Впроваджено у навчальному процесі кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету ліцензійне програмне забезпечення від американської компанії ESRI – *ArcGIS Desktop* при викладанні дисциплін «Комп'ютеризація контролю за станом навколишнього природного середовища», «ГІС в екології», «Ландшафтна екологія», «Заповідна справа» та інших, при виконанні атестаційних робіт бакалаврів, дипломних робіт спеціалістів та випускних атестаційних робіт магістрів загальною кількістю понад 50 робіт. У науковому процесі геоінформаційні технології використовувалися для отримання наукових результатів, що знайшли своє відображення у дисертаційних роботах викладачів кафедри (Непошивайленко Н.О. 2005р., Клименко Т.К. 2008р.), у публікаціях тез доповідей (близько 20 тез), наукових статей у журналах та фахових виданнях (5 статей), на конкурсах наукових та практичних робіт (2 конкурси, з яких одне призове місце), а також при виконанні господарсько-договірних робіт для місцевої громади – управління охорони навколишнього природного середовища виконавчого комітету Дніпродзержинської міської ради та окремих підприємств на загальну суму понад 400 тис. грн.

У навчальному процесі кафедри екології та охорони навколишнього середовища Дніпродзержинського державного технічного університету при виконанні атестаційних робіт бакалаврів, спеціалістів та магістрів використовується інші геоінформаційні технології, серед яких – ліцензійна система геологічного моделювання *Micromine* від австралійської компанії «*Micromine LTD*», ліцензійна геоінформаційна система комп'ютерного моделювання «*ПЛАНОРАМА*».

Список літератури

1. Гудирева О.М. Вплив нових інформаційних технологій навчання на актуалізацію навчально-пізнавальної діяльності студентів / Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання: Зб. наук.праць. / Редкол.-К.: НПУ ім.М.П.Драгоманова. - Випуск 6. - 2003. - С.- 25-36.
2. Что такое ArcGIS ; [Пер. с англ. DATA+, Ltd]. - Copyright. ESRI, 2004. – 124с.
3. Робоча програма з дисципліни «Геоінформаційні системи в екології» / Н. Непошивайленко. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, – 2010. – 12 с.

4. Робоча програма з дисципліни «Ландшафтна екологія» / Н. Непошивайленко. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, – 2010. – 12 с.
5. Україна та регіони [Електронний ресурс]: Атлас–довідник: Електронний навчальний курс з географії з картами "Україна та її регіони". – К.: ЗАТ "Інститут передових технологій", 2003. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
6. Географія України [Електронний ресурс]: Атлас для 8-9 класів: Електронний навчальний курс з географії з картами "Україна та її регіони". – К.: ЗАТ "Інститут передових технологій", 2004. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
7. Автономна республіка Крим. [Електронний ресурс]: Атлас. – К.: ЗАТ "Інститут передових технологій", 2004. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

Непошивайленко Н.А. Использование геоинформационных технологий в учебном процессе и научной деятельности студентов, обучающихся по специальности «Экология и охрана окружающей среды» / Непошивайленко Н.А., Гуляев В.М., Зберовский А.В. Карпенко О.А. // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С.132-143.

Представлены результаты внедрения в учебном процессе и научной деятельности кафедры экологии и охраны окружающей среды Днепродзержинского государственного технического университета геоинформационные технологии, среди которых лицензионное программное обеспечение от американской компании ESRI - *Arcgis Desktop*, лицензионная система геологического моделирования *Micromine* от австралийской компании «Micromine LTD», лицензионная геоинформационная система компьютерного моделирования «*ПАНОРАМА*».

Ключевые слова: кафедра экологии, учебный процесс, научная деятельность, геоинформационные технологии.

Neposhivaylenko N.A. Use geoinformation technologies in scholastic process and scientific activity student, training on professions "Ecology and guard surrounding ambiances" / Neposhivaylenko N.A., Walked V.M., Zberovskiy A.V., Karpenko O.A. // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 132-143.

The presented results of the introduction in scholastic process and scientific activity of the pulpit to ecologies and guard surrounding ambiances Dneprodzerzhinsk state technical university geoinformation technologies, amongst which license software from American company ESRI - *Arcgis Desktop*, license system of geological modeling *Micromine* from Australian company «Micromine LTD», license geoinformation system of computer modeling "*PANORAMA*".

Keywords: pulpit to ecologies, scholastic process, scientific activity, geoinformation technologies.

Поступила в редакцию 15.04.2011 г.

УДК 528.94

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОХІМІЧНИХ ПОЛІВ

Путренко В.В.

Інститут географії НАН України, м. Київ, Україна

E-mail: putrenko@rambler.ru

Розглянуто методику геоінформаційного картографічного моделювання геохімічних полів, яка дозволяє в автоматизованому режимі створювати електронні та паперові карти, проводити аналіз географічних закономірностей поширення хімічних елементів. Визначено основні етапи створення електронних карт геохімічних полів та розкрито підходи до представлення даних засобами векторних та растрових моделей. Проведено порівняльний аналіз переваг і недоліків інтерполяції геохімічних даних різними методами.

Ключові слова: геохімія, ГІС, інтерполяція, токсичні елементи.

ВСТУП

Фундаментальними засадами розвитку географічного середовища є його континуальність та безперервність, що дозволяє моделювати просторовий розподіл явищ на основі припущення їх поступової зміни. Метод побудови географічних полів, який з успіхом був методологічно розроблений в роботах зарубіжних та вітчизняних вчених, зараз широко застосовується для моделювання географічних закономірностей розподілу показників та явищ. Особливо важливе значення метод має для моделювання рельєфу та його морфометричних показників. Завдяки застосуванню ГІС-технологій підготовка моделей, їх побудова та картографування стали частиною єдиного автоматизованого процесу обробки та зберігання просторової інформації.

Моделювання полів розподілу геохімічних показників є прикладом переваги географічних підходів перед іншими. Без аналізу розподілу просторових трендів у поширенні хімічних елементів не можливо проведення заходів раціонального природокористування. Розподіл геохімічних показників дозволяє виявляти поклади корисних копалин, знаходити аномальні значення вмісту елементів, які можуть загрожувати життєдіяльності, проводити ландшафтні дослідження.

Вихідні передумови. Дослідженням картографічного моделювання геохімічних полів присвятили свої роботи географи: В.Т. Жуков, Б.А. Новаковський, А.Н. Чумаченко, Н.В. Бажукова, В.Г. Лінник, В.С. Давидчук; картографи: В.А. Червяков, А.Б. Буянтуєв, С.Н. Сербенюк, Л.Г. Руденко, В.А. Пересадько, та ін [1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10].

Формулювання цілей статті, постановка задачі. Метою дослідження є опрацювання методики створення геоінформаційних карт геохімічних полів. Завданнями дослідження є визначення чинників, що впливають на вибір засобів геоінформаційного картографування, основних етапів моделювання геохімічних полів та способів укладання остаточних електронних картографічних творів.

Виклад основного матеріалу. Апробацію методики було здійснено на основі даних про хімічний склад підземних вод на території України за вмістом урану, миш'яку та фторидів, як речовин, що можуть мати негативний вплив на споживчу якість води у разі перевищення їх концентрації [6].

Першим етапом підготовки до створення карт геохімічних полів є збір первинних даних. На цьому етапі визначається схема відбору проб, яка залежить від мети дослідження, особливостей розподілу досліджуваних елементів, статистичної моделі, яка приймається за основу, фінансування (рис. 1).

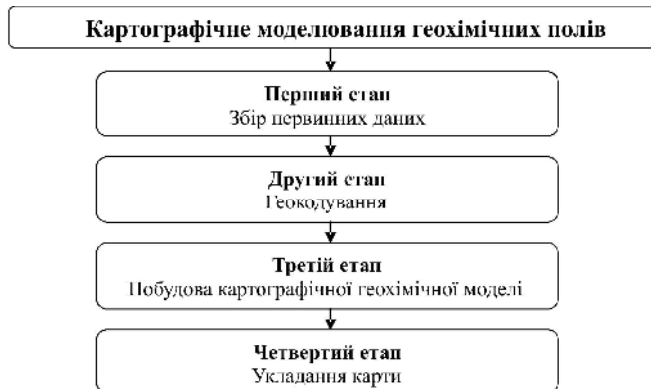


Рис. 1. Етапи картографічного моделювання геохімічних полів.

Дослідження проводились на всій території країни. За точки відбору приймалися місця впадіння рік, тому структура мережі точок нерегулярна. На кожній точці було визначено вміст елементів у воді та встановлено географічні координати. Результатом роботи на першому етапі стала реляційна база даних з точками відбору води та показниками вмісту елементів.

Другим етапом є перетворення табличної бази даних на геопросторову. Для цього використовується процедура геокодування, яка вбудована у більшість сучасних ГІС-продуктів. В результаті геокодування створюється таблиця, що містить точкові об'єкти у обраній системі координат. Ці дані є первинними для створення моделі геохімічних полів.

Третій етап передбачає побудову картографічної моделі розподілу даних. Існує дві основні моделі полів: растрова та векторна. Растрова модель поділяється за видами інтерполяції даних та їх аналізу. Векторна модель поділяється за видами векторних об'єктів: точкові, лінійні, полігональні та TIN-модель. В залежності від вихідних даних, мети укладання картографічних творів, точності та можливостей аналізу даних обирається модель представлення інформації. У більшості випадків спочатку створюються растрові моделі, а на їх основі – векторні.

Четвертий етап містить роботи з укладання карт. До них відноситься вибір географічної основи, яка відповідає деталізації певного масштабу, форми представлення карти у вигляді растрового чи векторного зображення, розміщення у форматі ГІС, електронного атласу чи публікація в Інтернет, макетування. Результатом є отримання карти або серії карт, які описують розподіл геохімічних показників.

За основу для створення карт геохімічних полів були обрані дані державного підприємства «Кіровгеологія», які містять відомості про вміст урану, миш'яку, фторидів у ґрунтових водах. База даних була створена на основі збору результатів геологічної зйомки у місцях впадіння рік. Проби відбирались у літній період, коли основним джерелом живлення річок є ґрунтові води. Масштаб зйомки дорівнює 1:1 000 000. Точність координат прив'язки точок відбору проб відповідає масштабу 1:200 000. База містить результати аналізу проб води у 6550 точках в Україні, а також за її межами на території Росії, Білорусі, Молдови. Вона складається з двох таблиць. Перша таблиця містить дані про умови відбору проб: відповідальна група, дата, країна, геологічна область, координати відбору проби у прямокутній та географічній системі координат. Друга таблиця містить відомості про кількісний вміст хімічних елементів.

У багатьох випадках під час проведення зйомок використовується регулярна мережа досліджень, яка основана на сітці квадратів, які рівномірно покривають усю територію.

В даному випадку при проведенні зйомки використовувалась нерегулярна мережа, що пов'язана з елементами річкової мережі. Вона має різну щільність розміщення точок, що пов'язано зі зміною щільності річкової мережі та збільшенням кількості точок відбору у місцях прогнозування родовищ корисних копалин. Картографічне моделювання засобами ГІС дозволяє уникнути проблем, що виникають при проведенні дослідження на основі нерегулярної мережі та в умовах динамічної зміни щільності мережі.

Геокодування є головною процедурою переходу від реляційної структури даних до геореляційної. В результаті цього ми отримуємо об'єкти розміщені в просторі та придатні для географічного аналізу. Основними етапами процедури геокодування є визначення способу геокодування, проєкції перетворення просторових даних, отримання географічних даних. Виділяють три основні види геокодування: на основі наявних координат, на основі суміщення атрибутивних даних, на основі суміщення геометричних даних. У першому випадку виявляються стовпці таблиці, які містять координатну інформацію. Ці дані можуть вирізнитись за способом отримання (супутникові системи позиціонування, інструментальні зйомки, вимірювання за картами), кількістю координатних вимірів (широта, довгота, висота), системою координат (прямокутна, полярна, географічна), картографічною проєкцією.

Суміщення атрибутивних даних дозволяє геокодувати дані на основі однакових значень атрибутів у таблиці з даними із таблиці з геометричними об'єктами. Цей спосіб геокодування у більшості випадків є менш точним.

Суміщення за геометричними даними дозволяє отримати достатньо точний результат. В основі процедури знаходяться принципи геометричної прив'язки та афінових перетворень даних, коли один геометричний шар прив'язується до іншого на основі ключових точок.

У випадку обробки геологічної бази використано координати широти і довготи у географічній системі координат проєкції Пулково 1942 для топографічних карт. Результати геокодування перевіряються під час суміщення з шарами географічної основи. Співпадіння вузлів гідрографічної мережі з точками забору проб підтверджує правильність проведення процедури геокодування.

Під час геокодування було виявлено точки, які лежать далеко за межами загальної мережі спостережень. Координати цих точок вважаються помилковими та були вилучені із загальної вибірки.

Наступним кроком у опрацюванні даних є їх інтерпретація. Для цього будується безперервний розподіл значень у просторі на основі методів інтерполювання. Сучасні геоінформаційні системи ArcGis мають у своєму складі широкий арсенал засобів моделювання даних на основі методів інтерполяції [11]. До цих методів відноситься побудова TIN-моделей, метод середнього зважування обернено пропорційно відстані, сплайн, кригінг, геостатистичний аналіз.

Статистичні поверхні можна моделювати на основі інтерполяції точкових полів або побудови TIN-моделей. Кожна модель має свої переваги та недоліки. Растр – більш проста модель поверхні, TIN-моделі можуть надавати більш точне уявлення поверхонь та просторових об'єктів, але потребують більших зусиль зі збору інформації.

При аналізі геохімічних полів з різною щільністю дослідної мережі більш доцільно використання растрових поверхонь, які на відміну від TIN-моделей можуть надавати більш загальну картину розподілу вмісту елементів. Основним критерієм при цьому виступає відтворення загальних рис геохімічних полів на відміну від моделювання рельєфу. Важливе значення має роздільна здатність растрової моделі даних. Вона визначає точність проведення інтерполяції, подальший масштаб вихідної карти, Вибір розміру комірок растру залежить від площі території, кількості та щільності точок знімання, базового масштабу проектних електронних карт.

TIN – нерегулярна триангуляційна мережа, що складається з точок, кожна із яких співставляється зі значенням. Моделювання геохімічних поверхонь вимагає використання у якості значень точок характеристик вмісту хімічних елементів. За цими даними виконується побудова мережі трикутників (триангуляція), яка створює безперервну поверхню у тривимірному просторі. Триангуляція створює набір трикутників без перекриття (граней), які повністю заповнюють задану область.

Метод середнього зважування обернено пропорційно відстані є видом растрової інтерполяції даних. Метод обраховує значення комірок за середнім від суми значенням точок замірів, що знаходяться поблизу кожної комірки. Чим ближче точка до центру оцінюваної комірки, тим більшу вагу має її значення у процесі обчислення середнього. Цей метод передбачає, що вплив значень вимірної перемінної зменшується пропорційно збільшенню відстані від точки заміру. Отримані значення комірок можуть контролюватись зміною ступеня впливу на комірку сусідніх точок, зміною радіусу пошуку та встановленням бар'єрів. Інтерполяція цим способом геохімічних полів дозволяє отримати дані про загальний розподіл геохімічних полів, але точність значень комірок растру буде відрізнитись від вхідних значень.

Метод сплайнів розраховує значення комірок на основі математичної функції, що мінімізує кривизну поверхні, вираховує найбільш рівну поверхню, яка точно проходить через усі точки вимірів. Сплайни розраховуються на основі методів регуляризації, коли створюється більш плавна поверхня, що може виходити за межі діапазону замірів, та методу натягіння, коли поверхня найбільше наближена до існуючих значень. Для налаштування інтерполяції методом сплайну застосовують параметри ваги та кількості точок, що приймають участь у розрахунках. Побудова

сплайнів на основі регуляризації дозволяє отримати більш загальну картину розподілу хімічних елементів, на основі натягіння – чіткі територіальні абрисы з більш точними значеннями комірок.

Метод кригінгу відноситься до групи геостатистичних методів, заснованих на геомоделях, що містять самокореляцію (статистичний зв'язок між виміряними точками). Тому цей спосіб дозволяє не тільки отримати розрахункову поверхню, але визначити значення точності чи достовірності розрахунку.

Для розрахунку за методом кригінгу необхідно виявити правила залежності і розрахувати прогнози значення. При рішенні цих завдань створюються варіограми та коваріаційні функції для оцінки значення статистичних залежностей (просторової автокореляції) і визначаються прогнози значення пустих комірок. Метод кригінгу поділяється на ординарний кригінг, який застосовують у більшості випадків та універсальний, який передбачає, що в даних є тенденція к домінуванню окремих значень. Універсальний кригінг використовують у випадках, коли відомо, що дані містять науково підтвержені тенденції.

За механізмом дії інтерполяція на основі кригінгу схожа на метод середнього зважування обернено пропорційно відстані. Але кригінг може надавати більш точні результати разом із засобами їх верифікації. У більшості випадків при середньомасштабному моделюванні геохімічних полів доцільно використовувати універсальний кригінг, який дозволяє виділяти та контролювати вплив просторових трендів на поширення показників. Слабкою стороною використання кригінгу є складність обробки даних та обмеження на роботу з аномальними значеннями.

Важливість геостатистичних методів у географічному моделюванні призвела до створення окремого модулю «Геостатистика» у складі ArcGIS. Модуль містить засоби для побудови та аналізу варіограми, проведення інтерполяції методами кригінгу і кокригінгу.

Аналіз геохімічних полів складається з виявлення загальних і регіональних трендів у розподілі хімічних елементів, середніх значень вмісту елементу, які притаманні фізико-географічним районам, виявленні аномальних значень. Саме геохімічним полям притаманна можливість утворення локальних аномалій, які можуть існувати на обмеженій території. Врахування цих аномалій є особливо важливим при пошуку родовищ та дослідженні впливу токсичних хімічних елементів на людину.

Під час моделювання на основі геологічної бази даних було обрано метод середнього зважування обернено пропорційно відстані. Метод дозволяє плавно інтерполювати значення геохімічної поверхні і, разом з тим, відобразити аномально високі і низькі значення у растровій моделі.

Растрова модель розподілу хімічних елементів є вихідним джерелом для отримання нової інформації. Нові дані можна розподілити на дві основні групи: нові растрові поверхні, нові векторні шари просторової інформації. Нові растрові поверхні можуть бути отримані за рахунок перетворення отриманих растрових моделей методами перекласифікації, операцій растрової алгебри. Векторні шари інформації можуть бути отримані як похідні від растрової поверхні. Основними видами векторних даних є ізолінії та полігональні області, що об'єднують точки з однаковими значеннями або діапазонами значень. В залежності від завдань моделювання геохімічних полів обирається растрова чи векторна форма подання інформації.

При підготовці електронних карт більш доцільно використовувати векторне подання інформації, яке дозволяє зменшити потребу у комп'ютерних ресурсах та забезпечити доступ до атрибутивних значень. За цих умов полігональні векторні дані дозволяють відтворювати геохімічні поля на карті за допомогою способів кількісного фону (рис. 2).

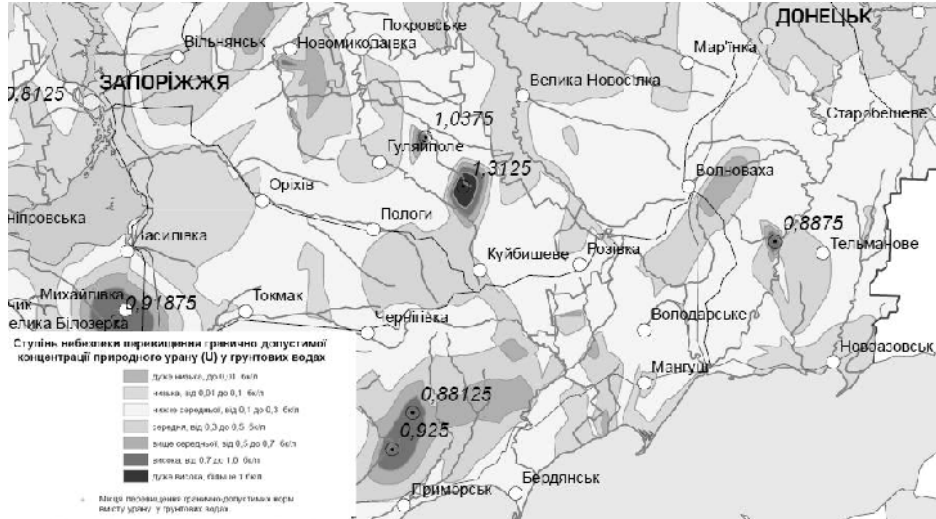


Рис. 2. Фрагмент карти «Небезпека перевищення ГДК природного урану у підземних водах».

Побудова полігональних векторних об'єктів відбувається у три стадії. На першій стадії проводиться автоматизована побудова полігональних зон через заданий інтервал значень. На другій стадії відбувається узагальнення отриманих полігонів на основі розробленої класифікаційної шкали методом їх автоматизованого об'єднання. На третьому етапі відбувається генералізація отриманих полігонів з метою запобігання утворенню «паразитарних» полігонів, уникнення випадкових відхилень від регіональних трендів та ліквідації найдрібніших полігонів. Ця робота є вимушеним кроком при роботі з автоматизованими та напівавтоматизованими методами картографування і її результат залежить від досвіду та знань укладача карти. На всіх стадіях існує необхідність у контролі топології полігонів.

Готові тематичні шари оформлюються згідно загальних правил картографії. Обирається базовий масштаб електронної карти або масштаб паперових карт. Вибір масштабу залежить від вхідних даних та роздільної здатності вихідної растрової інформації. Згідно формули Саліщева [8]

$$M = \sqrt{\frac{n}{g}}$$

де M – іменованний масштаб, який визначається числом кілометрів в 1 см; n – об'єктивне навантаження карти локалізованими об'єктами (кількість об'єктів на 100 см²); g – кількість об'єктів на 100 км² місцевості.

За допомогою цієї формули та результату векторизації растру обирається діапазон масштабів, у якому будуть укладені карти. Відповідно до масштабного діапазону обирається генералізована географічна основа, яка може містити різну кількість шарів. Вид та кількість шарів визначається метою та об'єктом моделювання геохімічного поля. Визначальними при цьому можуть бути елементи гідрологічної мережі, одиниці ландшафтного районування, типи ґрунтів, населені пункти, адміністративні кордони.

Укладання легенди карти у більшості випадків є напівавтоматизованим процесом, коли автоматично готуються елементи легенди, а потім вони доробляються картографом до остаточного варіанту.

В залежності від форми подання карти (електронна чи паперова) наступними стадіями є експорт карти у графічні векторні редактори або обмінний формат електронних карт. У першому випадку основним критерієм є підготовка якісного поліграфічного макету. У другому випадку підготовка електронної карти для кінцевих користувачів. При цьому треба підготувати атрибутивні дані, які будуть передані для користування. Розробка формату GeoPDF дозволила публікувати електронні карти у звичному для поліграфічних карт масштабі із збереженням координатного простору, атрибутивних даних та пошарового відображення.

ВИСНОВКИ

З провадженням геоінформаційних технологій автоматизоване картографування геохімічних полів стало важливим дослідницьким інструментом, який дозволяє з мінімальними витратами часу отримати результати географічного розподілу хімічних елементів та оцінити їх за допомогою математичних методів.

Процес створення картографічних моделей складається з чотирьох етапів, які поєднують підготовку даних, геокодування, побудову геоінформаційної моделі, створення кінцевої картографічної продукції і її публікацію у паперовому та електронному вигляді.

Основними технологічними процесами під час картографування розподілу хімічних елементів є інтерполяція дискретних точкових даних та їх перетворення у континуальні поверхні, створення векторних ізолінійних шарів разом з пошаровим фарбуванням. Проведення інтерполяції даних вимагає підбору методів та їх параметрів, які найбільш точно відповідають поставленим завданням. Перспективним напрямом є моделювання геохімічних полів на основі геостатистичних методів, у тому числі кригінгу.

Подальші дослідження пов'язані з удосконаленням методів розробки геоінформаційних моделей геохімічних полів, створенням систем автоматизованого картографування та спеціалізованих ГІС для моніторингу просторового розподілу хімічних елементів та антропогенного забруднення.

Список літератури

1. Бажукова Н.В. Ландшафтно-картографический метод как способ выделения экологически опасных территорий (на примере Кировского района г. Перми). / Н.В. Бажукова // Картография на рубеже тысячелетий. М., 1997. – С. 160-162.
2. Буянтуев А.Б. Картографирование геосистем и экологических ситуаций / А.Б. Буянтуев, А.Р. Батуев // Картография на рубеже тысячелетий. М., 1997. – С. 102-104.

3. Жуков В.Т., Новаковский Б.А., Чумаченко А.Н. Компьютерное геоэкологическое картографирование / В.Т. Жуков, Б.А. Новаковский, А.Н. Чумаченко. – М.: Научный мир, 1999. – 128с.
4. Линник В.Г. Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов: геоинформационные системы и модели/ Линник В.Г. // Автореф. дис... на д. геогр.н.:25.00.23 / РАН, Институт геохимии и Аналитической химии им. В.И. Вернадского. – М., 2008. – 40 с.
5. Мусин О.Р. Цифровые модели «рельефа» континуальных и дискретных географических полей / О.Р. Мусин, С.Н. Сербенюк // Банки географических данных для тематического картографирования – М.: изд-во Моск. ун-та- 1987 – С.156-170.
6. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1975. – 528 с.
7. Пересадько В.А. Картографічне забезпечення екологічних досліджень і охорони природи: монографія / В.А. Пересадько – Харк. нац. ун-т ім. В.Н.Каразіна. – Х., 2009. – 242 с.
8. Руденко Л.Г. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Л.Г. Руденко, В.П. Разов, В.М. Жукинський, О.П. Окснюк, Й.В. Гриб; Ред.: В.Я. Шевчук. — К.: Символ-Т, 1998. — 48 с.
9. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / Світличний О.О., Плотницький С.В.; За аг. ред. О.О. Світличного. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 295 с.
10. Червяков В.А. О развитии научно-технического направления "картографо-экологическое моделирование". / В.А. Червяков, О.Н. Землюкова, В.В. Рудский, Л.В. Савков // Тезисы докладов на Межгосударств. научной конф., Пермь, 1993. – С. 211-214.
11. ArcGIS Spatial Analyst: руководство пользователя. – М., 2001. – 219 с.

Путренко В.В. Картографическое моделирование геохимических полей / В.В. Путренко // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С.144-151.

Рассмотрена методика геоинформационного картографического моделирования геохимических полей, которая позволяет в автоматизированном режиме создавать электронные и бумажные карты, проводить анализ географических закономерностей распространения химических элементов. Определены основные этапы создания электронных карт геохимических полей и подходы к представлению данных средствами векторных и растровых моделей. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков интерполяции геохимических данных различными методами.

Ключевые слова: геохимия, ГИС, интерполяция, токсические элементы.

Putrenko V.V. Cartographic modeling of geochemical fields / V.V. Putrenko // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 144-151.

The method of GIS cartographic modeling of geochemical fields is considered, which allows the automatic mode to create electronic and paper maps, analyze geographic regularities of spread of chemical elements. The basic steps for creating electronic maps of geochemical fields and approaches to reporting data of means vector and raster models are detected. A comparative analysis of advantages and disadvantages of the interpolation of geochemical data by various methods is held.

Keywords: geochemistry, GIS, interpolation, toxic elements.

Поступила в редакцию 05.04.2011 г.

УДК 528.92

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЙТИНГОВ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РАЙОНОВ
ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС
ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА**

Семичастный И.Л.

*Донецкий институт туристического бизнеса, Донецк, Украина
E-mail: gsemich55@gmail.com*

В статье рассматривается актуальная проблема определения привлекательности территорий промышленного региона на основе применения балльной оценки и ГИС-технологий. В публикации представлены результаты использования первой в Донецкой области ГИС туристско-рекреационных ресурсов региона для решения учетных и аналитических задач в туризме. Полученные рейтинги привлекательности административных единиц области на основе анализа характеристик объектов природного, культурно-исторического и социально-экономического блоков системы позволили выявить резервы развития туристских ресурсов в них и разработать рекомендации по их развитию
Ключевые слова: туризм, ГИС, балльная оценка, аттрактивность

ВВЕДЕНИЕ

Проблема определения привлекательности территорий является актуальной для любого региона Украины. В настоящее время развитие туристической инфраструктуры в Украине сдерживается отсутствием научно-обоснованных подходов, позволяющих на основе применения современных информационных технологий выявить участки местности, имеющие потенциал привлекательности, или аттрактивности для создания на них соответствующих объектов, конечной целью развития которых является формирование туристических кластеров. Существующие методические подходы оценки привлекательности территорий в отношении их туристско-рекреационных ресурсов учитывают три основные группы объектов: природных, культурно-исторических и социально-экономических. В исследованиях, посвященных данному вопросу [1] отмечается необходимость использования комплексной системы оценки привлекательности территорий, а также применение для этой цели методики балльной оценки [2,3].

Географические информационные системы и технологии их использования как нельзя лучше подходят для решения данных задач. Эти технологии нашли применение в работах Научного Центра ДИТБ на протяжении последних четырех лет [4,5]. В Научном Центре института создана первая в области ГИС туристско-рекреационных ресурсов (ТРР). Она содержит около 100 цифровых тематических слоев и свыше 3500 паспортов их объектов. Система создавалась на основе применения программного комплекса ArcView 9.3 и аналитического модуля Spatial Analyst.

Целью статьи является разработка методических подходов решения учетных и аналитических задач развития туристической сферы Донецкой области на основе

применения ГИС туристско-рекреационных ресурсов (ТРР), определения рейтинга привлекательности районов области по природному, культурно-историческому и социально-экономическому блокам системы, а также разработке для них рекомендаций по развитию сферы туризма.

Изложение основного материала исследования. Структура данных ГИС ТРР Донецкой области содержит три указанных выше основных блока (Рис. 1).

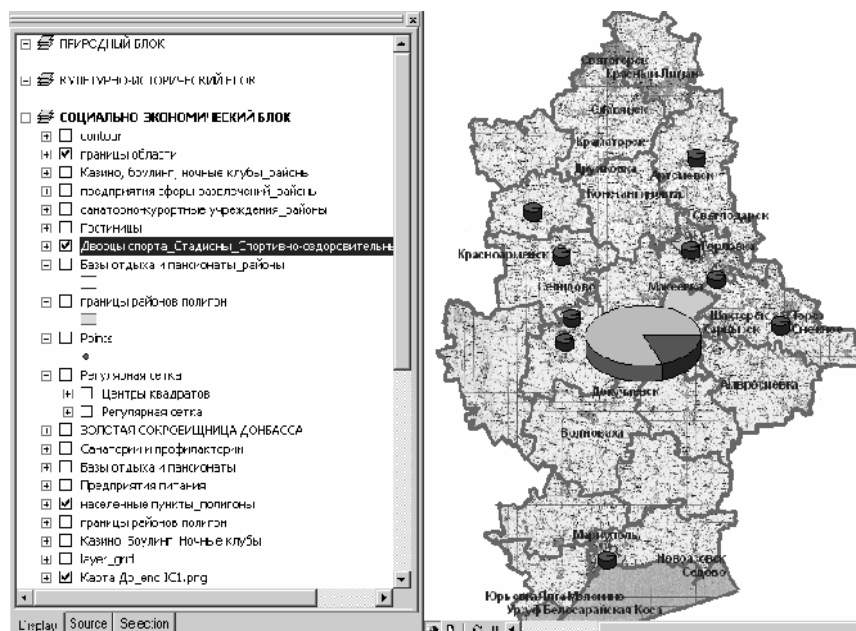


Рис. 1 ГИС ТРР Донецкой области в окне программы ArcView 9.3

В каждый из блоков системы входят его тематические векторные слои. Так, природный блок ГИС ТРР области содержит векторные слои границ области и районов, водных объектов, зеленых насаждений, заказников, заповедных урочищ, памятников природы, национальных природных парков – всего 24 слоя. Состав социально-экономического блока, или его фрейма представлен на Рис. 1. В него входят 17 векторных и растровых слоев. Культурно-исторический блок системы содержит 25 цифровых тематических слоев.

Каждый объект слоя имеет свой электронный паспорт, который хранится в его атрибутивной таблице. Одним из полей паспорта является поле балльной оценки привлекательности данного объекта, в которое вносится его оценка. Балльная оценка привлекательности конкретных объектов слоя определяется на основе разработанной оценочной шкалы для каждого типа объектов по пятибалльной системе. Для реализации методики балльной оценки привлекательности Научным Центром ДИТЬ были разработаны оценочные шкалы для 30 тематических слоев объектов ГИС ТРР области. Оценочная шкала для девяти типов объектов культурно-исторического блока приведена в табл. 1.

Таблица 1.

Оценочная шкала балльной оценки привлекательности объектов культурно-исторического блока для девяти тематических слоев

Тип объекта Баллы	1 балл	2 балла	3 балла	4 балла	5 баллов
Кинотеатры (по количеству залов)	-	1 зал	2 зала	3 зала	4 зала
Дворцы культуры	-	-	Сельский	Городской	Районный
Филармонии	-	-	Областная	Государственная	Национальная
Театры		Городской	Областной	Государственный	Национальный
Выставки	Городские	Региональные	Межрегиональная	Национальные	Международные
Библиотеки	Центральная городская	Районная	Областная	Государственная	Национальная
Дома-музеи	Дом-музей	Особняк	Усадьба	Поместье	Мемориальный дом- музей
Фестивали	Городской	Районный	Областной	Национальный	Международный
Праздники (событийные ресурсы)	Городские	Районные	Областные	Национальные	Международные

Реализация задачи пространственного учета объектов туристкой сферы и их характеристик в ГИС ТТР Донецкой области позволяет ставить и решать аналитические задачи оценки привлекательности территорий районов области. С этой целью в системе создается слой регулярной сетки, который покрывает всю территорию области квадратами 2х2 км. Каждый квадрат имеет свой номер, центры квадратов составляют точечный слой в системе (слой Points в таблице содержания на Рис. 1). Каждому центру квадрата присваивается суммарная балльная оценка объектов тематического слоя, которые попадают в его границы. На основе данных балльной оценки и возможностей построения диаграмм на карте оценивается привлекательность территорий районов области как для одного типа объектов, например, водных ресурсов или объектов природно-заповедного фонда, так и

интегральная привлекательность территорий районов для всех тематических слоев по каждому из трех блоков системы.

1. **Природный блок** На рис. 2 показан слой районов области с суммарной оценкой привлекательности по всем слоям природного блока ГИС ТРР области.

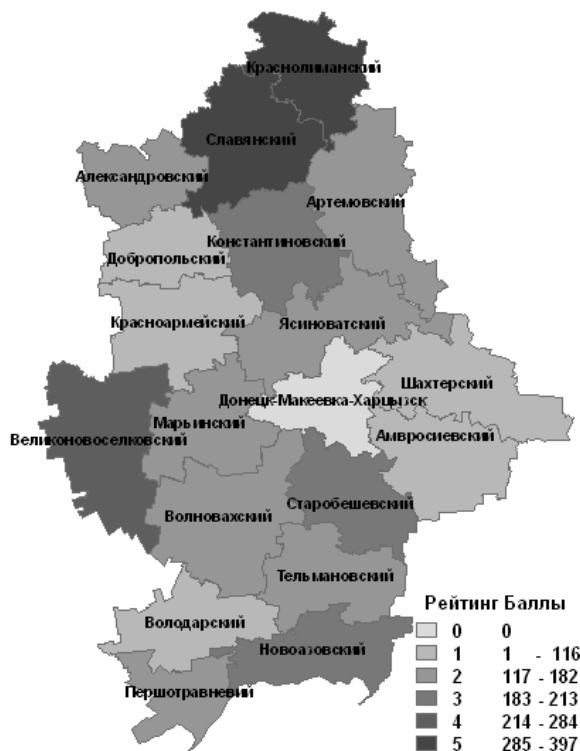


Рис.2 Рейтинг районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов природного блока для восьми тематических слоев

Рейтинг районов определялся в системе для восемнадцати районов области. При этом не учитывались объекты, относящиеся к району Донецка-Макеевки-Харцызска. Этот крупнейший мегаполис области с одной стороны содержит очень мало объектов природного блока. С другой стороны, основное количество многих типов объектов культурно-исторического и социально-экономического блоков сосредоточено именно здесь. Поэтому для района Донецка-Макеевки-Харцызска проводилось отдельное исследование, а в данной статье описаны результаты построения рейтинга привлекательности районов области без его учета.

Построение рейтинга привлекательности районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов природного блока было проведено для восьми тематических слоев: Национальных природных парков, Региональных ландшафтных парков и природных заповедников, памятников природы, заповедных урочищ, водохранилищ и озер, рек, заказников, зоопарков,

карстовых пещер. Для них были разработаны оценочные шкалы балльной оценки привлекательности. На рис. 2 особенно выделяются два района - Славянский и Краснолиманский (рейтинг 5, суммарная оценка привлекательности 285-397 баллов). Таким образом, это наиболее привлекательная территория области по природному блоку со значительным количеством его объектов (Национальный природный парк «Святые горы», заказники и памятники природы). Имея в комплексе большое количество туристических объектов – природных, культурных, исторических – территория, прилегающая к границе Славянского и Краснолиманского районов, имеет большой потенциал для создания экотуристического кластера. Этот участок территории имеет наибольшую густоту изолиний суммарной балльной оценки привлекательности объектов природного блока в специальном слое, полученном на основе применения модуля Spatial Analyst. В данном исследовании выполнен первый этап анализа по обоснованию необходимости создания кластера экотуристической направленности на указанной территории. Следующие этапы этого обоснования должны включать анализ экономических, социальных, коммуникационных и других факторов влияющих на привлекательность территорий. Из рис. 2 видно, что высокую степень привлекательности по объектам природного блока получил Великоновоселковский район (рейтинг 4, 214-284 баллов). В этом районе находятся две большие реки (Мокрые Ялы и Кашлагач), а также Старомлиновское водохранилище, которое имеет объем более 8 тыс. м³. Кроме того, в районе находятся пять заказников (Нескучный лес, Балка Северная, Новоселковский, Щучья заводь и Балка Орлинская).

Указанные объекты рекомендуются для посещения туристами в комплексе с историческими и сакральными объектами (культурно-исторический блок), которые имеются в этом районе в достаточном количестве. Их характеристики учтены в двух других блоках ГИС ТРР области, следовательно, данное аналитическое исследование можно продолжить, придав ему комплексный характер.

В третью группу районов с рейтингом 3 и балльной оценкой 183-213 вошли Константиновский, Старобешевский и Новоазовский районы. Учитывая высокий балл привлекательности районов этой группы, здесь также как и в двух районах с наиболее высоким рейтингом, можно создавать туристские объекты экотуристической направленности. Четвертую группу с рейтингом 2 и балльной оценкой от 117 до 182 баллов составили Артемовский, Ясиноватский, Марьинский, Волновахский, Тельмановский и Першотравневый районы. В пятую группу районов с рейтингом 1 и балльной оценкой от 1 до 116 баллов вошли Добропольский, Красноармейский, Шахтерский, Амвросиевский и Володарский районы. Последние две группы районов области наименее привлекательны по объектам природного блока.

2. Культурно исторический блок На рис. 3 показан слой районов области с суммарной балльной оценкой привлекательности по всем слоям культурно-исторического блока ГИС ТРР области.

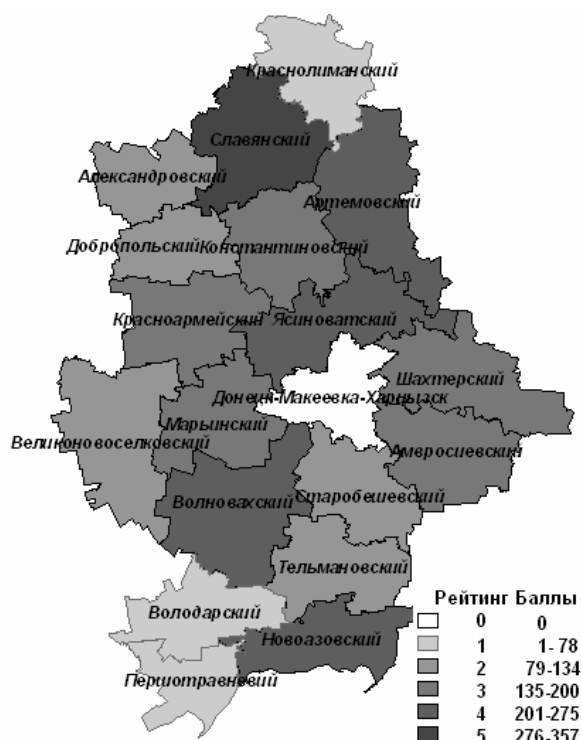


Рис. 3 Рейтинг районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов культурно-исторического блока для пятнадцати тематических слоев

Построение рейтинга привлекательности районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов природного блока было проведено для пятнадцати тематических слоев: Сакральные объекты, Памятники монументального искусства, Памятники Великой Отечественной войны, Памятники гражданской войны, Памятники афганцам, Праздники (событийные ресурсы), Дворцы культуры, Филармонии, Театры, Выставки, Библиотеки, Дома-музеи, Мемориальные доски, Фестивали, Кинотеатры.

Как показал анализ данных этого слоя, максимально привлекательным районом по культурно-историческим туристским ресурсам является Славянский район (рейтинг 1, 276-357 баллов). На карте его территория выделена самым темным цветом. Данный район располагает всеми видами объектов культурно-исторического блока, поэтому на территории этого района рекомендуется развивать культурно-познавательный и религиозный туризм.

Артемовский, Ясиноватский, Волновахский, Новоазовский районы имеют рейтинг 4 и оценку привлекательности 201–275 баллов. Наиболее привлекательным районом из данной группы является Волновахский. Территория этого района располагает различными культурно-историческими объектами: 53 сакральными сооружениями, 50 памятниками ВОВ, 7 памятниками монументального искусства,

уникальным музеем Великоанадольского леса, а также Волновахским краеведческим музеем, музейная коллекция которого насчитывает около пяти тысяч предметов. Эта территория бесспорно является очень богатой в плане культурно-исторических ресурсов, следовательно здесь местным властям рекомендуется развивать религиозный и познавательный виды туризма. Кроме того здесь наиболее предпочтительно создавать кластер культурно-познавательного туризма.

Рейтинг 3 (135 – 200 баллов суммарной привлекательности) получила следующая группа районов: Константиновский, Красноармейский, Марьинский, Шахтерский и Амвросиевский (рис. 3). В них требуется развивать и улучшать содержание культурно-исторических объектов, которые уже существуют на данных территориях. Для них рекомендуется создание новых объектов, которые в комплексе с уже имеющимися объектами блока будут способствовать развитию культурно-познавательного туризма.

Пять районов Донецкой области получили рейтинг 2 (79 – 134 баллов) – Александровский, Добропольский, Великоновоселковский, Старобешевский и Тельмановский. Три района области получили рейтинг 1 (1 – 78 баллов) – Краснолиманский, Володарский и Першотравневый. К сожалению, эти две группы районов имеют недостаточный культурно-исторический потенциал для развития культурно-познавательного туризма, так как все они являются сельскими районами (Старобешевский, Амвросиевский, Тельмановский районы). Другие районы этих групп на своей территории содержат преимущественно природные памятники: парки, заказники и заповедники. Указанными природными объектами располагают Володарский и Першотравневый районы.

3. Социально-экономический блок На рис. 4 показан слой районов области с суммарной оценкой привлекательности по всем слоям социально-экономического блока ГИС ТРР области. Построение рейтинга привлекательности районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов указанного блока было проведено для шести тематических слоев: Базы отдыха и пансионаты, Санатории и профилактории, Гостиницы, Предприятия питания, Боулинги_Ночные клубы, Дворцы спорта_Стадионы.

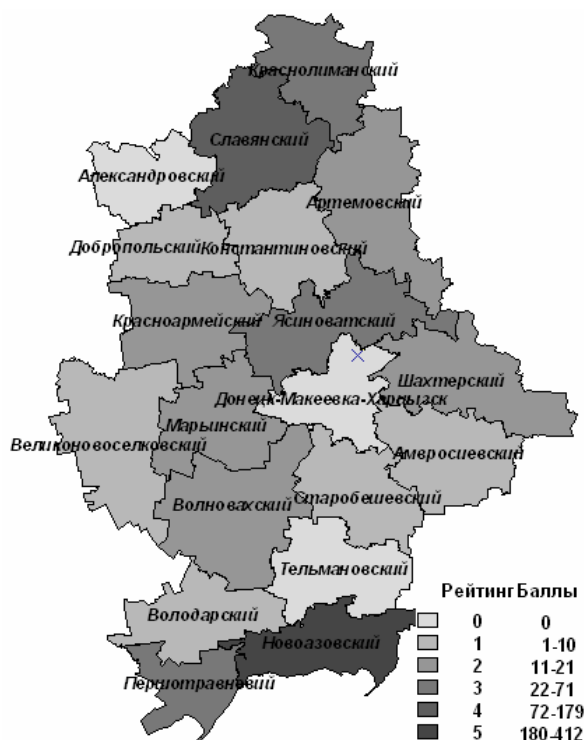


Рис. 4 Рейтинг районов Донецкой области на основе суммарной балльной оценки привлекательности объектов социально-экономического блока для шести тематических слоев

Как показал анализ данных Рис. 4 самым привлекательным районом в социально-экономическом блоке с рейтингом 5 и суммой в 412 баллов привлекательности является Новоазовский район. Наибольшее количество баллов привлекательности принесли расположенные в нем базы отдыха и пансионаты. Славянский район получил рейтинг 4 (72 – 179 баллов) и на рисунке обозначен более светлым оттенком. В нем рекомендуется совершенствовать инфраструктуру района и развивать оздоровительный туризм, а также познавательный и религиозный виды туризма. Краснолиманский, Ясиноватский и Першотравневый районы получили рейтинг 3 (22 – 71 балл). Такая оценка привлекательности показывает, что в этих районах недостаточно объектов социально-экономического блока, а именно предприятий размещения и сферы развлечений. Артемовский, Шахтерский, Красноармейский, Марьинский и Волновахский районы получили рейтинговую оценку 2 (11 – 21 балл), что свидетельствует о недостатке в них объектов данного блока. Добропольский, Константиновский, Великоновоселковский, Амвросиевский, Старобешевский и Володарский районы имеют низкий рейтинг 1 (1 – 10 баллов), что свидетельствует о необходимости создания и развития на этих территориях объектов социально-экономического блока, а именно предприятий питания и размещения, а также сферы развлечений. Из рисунка 4 видно, что Александровский и Тельмановский районы Донецкой

области практически не имеют объектов социально-экономического блока, что требует их создания и развития.

Наиболее привлекательными территориями для создания кластеров, специализирующихся на организации отдыха жителей региона, являются Славянский и Новоазовский районы.

ВЫВОДЫ

Сформулируем основные результаты проведенного исследования.

1. На основе данных ГИС ТРР Донецкой области и возможностей программного комплекса ArcView 9.3 построены цифровые слои балльной оценки привлекательности объектов, как по отдельным тематическим слоям, так и суммарной привлекательности объектов природного, культурно- исторического и социально-экономического блока.

2. На основе этих новых аналитических по своей природе слоев созданы три дополнительных блока ГИС ТРР области: «Аналитический природной» в составе 16 цифровых слоев, «Аналитический культурно-исторический» в составе 6 цифровых слоев и «Аналитический социально-экономический» в составе 8 цифровых слоев.

3. Построены рейтинги интегральной привлекательности районов Донецкой области для природного, культурно-исторического и социально-экономического блоков ГИС ее туристско-рекреационных ресурсов.

4. Анализ рейтингов и балльной оценки привлекательности каждого района области по трем блокам системы показал, что практически все районы Донецкой области обладают значительными природными ресурсами, что должно послужить основанием для развития в них экотуристического направления. Даже две группы районов с рейтингом 1 и 2 по природному блоку имеют высокую суммарную оценку привлекательности – 1-116 и 117-182 баллов соответственно. Это принципиально важно для такого промышленной области, как Донецкая, с точки зрения организации отдыха для ее жителей на территории самого региона.

5. В этой связи необходимо разработать комплексную модель оценки туристско-рекреационного потенциала территории, реализовав в ней дополнительно учет не только экономических и социальных, но и экологических факторов. Это позволит выявить участки территорий районов наиболее привлекательные для создания объектов туристкой инфраструктуры – туристских центров, миниотелей, экоферм, экологических троп.

6. Анализ рейтингов и суммарной балльной оценки привлекательности объектов культурно-исторического блока показал, что только три района из восемнадцати исследованных в статье имеют суммарную балльную оценку ниже 79 баллов. Это дает основание продолжить исследования по обоснованию развития познавательного и религиозного туризма в большинстве районов области на основе комплексной модели оценки туристско-рекреационного потенциала их территорий в рамках ГИС ТРР области.

7. Выполнен первый этап работ по обоснованию создания туристских кластеров на территории Славянского, Краснолиманского, Новоазовского и Волновахского районов Донецкой области.

8. Анализ привлекательности районов области по объектам социально-экономического блока показал, что в шестнадцать из восемнадцати районов области суммарная оценка привлекательности блока ниже 100 баллов, из которых в пятнадцати районах эта оценка ниже 50-ти баллов. Данная оценка свидетельствует о совершенно недостаточном развитии объектов размещения, общепита и сферы развлечений практически во всех районах области, за исключением Новоазовского и Славянского районов.

Список литературы

1. Колотова Е.В. Рекреационное ресурсоведение. Учеб. пособ. – М.: Российская Международная академия туризма, 1998. – 136 с.
2. Данильчук В.Ф., Алейникова Г.М., Бовсуновская А.Я., Голубничая С.Н. Методика оценки рекреационных территорий. Донецк: ДИТБ, 2003. – 197с.
3. Кудakoцев Н.С., Голубничая С.Н. Туристско-рекреационное зонирование территорий (на примере Волновского района Донецкой области) / Вісник ДІТБ. – 2007, №11. - С. 208-213.
4. Семичастный И.Л. Использование ГИС-технологий в решении задач учета, контроля и анализа характеристик объектов туристской инфраструктуры в разработках Донецкого института туристического бизнеса. - Материалы IV Международной конференции «Туризм и рекреация: фундаментальные и прикладные исследования» - Москва, МГУ. - 2009, с.145-149
5. Семичастный И.Л. Опыт создания геоинформационной системы туристско-рекреационных ресурсов Донецкой области и ее использование для решения прикладных задач. В збірнику наукових праць: «Національне картографування: стан, проблеми, та перспективи розвитку» - К. : ДНВП «Картографія», 2010. Вип. 4, с.241-244

Семичастний І.Л. Визначення рейтингів привабливості районів Донецької області як результат застосування ГІС туристсько-рекреаційних ресурсів регіону // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Географія. – 2011. – Т.24 (63). – № 3 – С. 152-161.

У статті розглядається актуальна проблема визначення привабливості територій промислового регіону на основі застосування бальной оцінки і ГІС-технологій. У публікації представлені результати використання першою в Донецькій області ГІС туристсько-рекреаційних ресурсів регіону для вирішення облікових і аналітичних завдань в туризмі. Отримані рейтинги привабливості адміністративних одиниць області на основі аналізу характеристик об'єктів природного, культурно-історичного і соціально-економічного блоків системи дозволили виявити резерви розвитку туристських ресурсів в них і розробити рекомендації по їх розвитку.

Ключові слова: туризм, ГІС, бальная оцінка, атрактивність.

Semichastnyy I.L. Determination of ratings of attractiveness of districts of the Donetsk area as a result of application GIS tourist-recreative resources of region // Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 152-161.

In the article, the issue of the day of evaluation of attractiveness of the territories of the industrial region is examined, on the basis of application of estimation in points and the GIS-technology. In the article, the results of the usage of the first in the Donetsk region the GIS of tourist-recreative resources of the area are presented for the solution of registry and analytical issues in tourism. The ratings of attractiveness of the administrative units of the area, that were obtained, allowed to expose backlogs of development of tourist resources in them and work out the recommendations on their development on the basis of the analysis of descriptions of the objects of the natural, cultural-historic and socio-economic blocks of the system.

Keywords: tourism, GIS, estimation in points, attractiveness.

Поступила в редакцію 08.04.2011 г.

УДК 528.854:502.51:574.524

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ

Шумаков Ф.Т.

Харьковская национальная академия городского хозяйства

E-mail: shumakov@ksame.kharkov.ua

В работе рассмотрены вопросы использования данных Landsat-5/7 и Terra/Aqua-MODIS для трофической классификации озер и водохранилищ Украины. Для решения этой задачи использовалась двойная маска, полученная по снимкам в ближней ИК зоне спектра и векторной маской водных объектов SWBD. Впервые произведена трофическая классификация более 4000 озер и водохранилищ территории Украины с использованием данных ортомозаики 78 мультиспектральных космических изображений TM Landsat-5 и ETM+ Landsat-7. Разработана и апробирована в июле-августе 2010 года технология оперативного мониторинга трофического состояния крупных водоемов с использованием мозаик мультиспектральных ортотрансформированных космических снимков Terra/Aqua-MODIS.

Ключевые слова: водоем, трофическая классификация, космическое изображение, двойная маска, космический мониторинг, Landsat, MODIS

Системы трофической классификации озерных экосистем основаны на делении на классы континуума между двумя крайними трофическими состояниями. Большинство систем делят континуум трофического состояния водоемов на пять классов: ультраолиготрофное, олиготрофное, мезотрофное, евтрофное и гипертрофное [1].

В последнее время, особое распространение получила оценка трофического состояния озерных экосистем по величине первичной продукции и связанным с ней показателям трофического состояния. Наиболее широко для этих целей используются хлорофилл-*a*, прозрачность воды по диску Секки и общий фосфор. В 1977 году Карлсон разработал для этих показателей простые ИТС, которые широко используются в лимнологических исследованиях [2].

Шкала этого индекса является численной (табл.1.), что дает возможность определять большое число индивидуальных классов озер. Каждая основная область (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100) трофического деления представляет собой удвоение концентрации поверхностной биомассы фитопланктона, которая делает классификацию трофического состояния более приемлемой. Численное значение ИТС можно рассчитать по значению прозрачности воды по диску Секки (ДС) и по концентрациям содержания в воде хлорофилла-*a* (Хла) и общего фосфора (Р), используя формулы Карлсона [2]:

$$\text{ИТС}_{\text{ДС}} = 60 - 14,4 \ln(\text{ДС}) \quad (1)$$

$$\text{ИТС}_{\text{Хла}} = 9,8 \ln(\text{Хла}) + 30,6 \quad (2)$$

$$\text{ИТС}_{\text{Р}} = 14,42 \ln(\text{Р}) + 4,15 \quad (3)$$

ИТС могут быть использованы для классификации всех типов водных поверхностей, включая реки и сточные водотоки. С помощью фосфорного индекса можно оценить характер влияния различных источников биогенных веществ на антропогенное евтрофирование. Он дает возможность предсказать потенциальную биомассу первичной продукции в водоеме, получаемую от антропогенного евтрофирования.

Таблица 1.

Полная шкала индекса трофического состояния ИТС и связанных с ней показателей трофического состояния водоемов [2]

ИТС	ДС, м	Р, мкг/л	Хла, мкг/л
0	64	0,75	0,04
10	32	1,5	0,12
20	16	3	0,34
30	8	6	0,94
40	4	12	2,6
50	2	24	6,4
60	1	48	20
70	0,5	96	56
80	0,25	192	154
90	0,12	384	427
100	0,062	786	1183

При дистанционном зондировании трофического состояния озерных систем в основном используются светопоглощающие и светорассеивающие характеристики природных вод. Одной из важных характеристик трофического состояния водоемов является прозрачность воды. Антропогенное евтрофирование водоемов чаще всего проявляется в массовом развитии планктонных водорослей, что приводит к значительному снижению прозрачности воды. Прозрачность воды в основном обусловлена содержанием в ней различных окрашенных растворенных и взвешенных веществ. Отражательная способность воды изменяется с концентрацией хлорофилла-*a*. Увеличение концентрации хлорофилла-*a* имеет тенденцию уменьшать отражательную способность воды в синих длинах волн и увеличивать его в зеленых длинах волн.

Эффективность применения аэрокосмической информации для контроля процессов антропогенного евтрофирования и трофической классификации озерных экосистем во многом определяется технологией проведения комплексных подспутниковых экспериментов. Начиная с 1981 г. в качестве основного объекта подспутниковых исследований был выбран водный бассейн Ладожского озера, так как в этом бассейне, вследствие антропогенного евтрофирования и перемешивания различных водных масс показатели качества вод имеют значительные изменения, что является важным условием тестового участка при проведении подспутниковых экспериментов.

В работе использовались данные измерений прозрачности воды и содержания хлорофилла-*a* в водоемах бассейна Ладожского озера. Эти материалы были полученные в 1982-1984 годах Всесоюзным научно-исследовательским институтом по охране вод и Институтом озероведения АН СССР. Из анализа данных этих экспериментальных исследований следует, что измеряемые показатели качества вод на исследуемых участках бассейна Ладожского озера имеют большие и устойчивые изменения и поэтому по полученным материалам возможно установление корреляционных связей и уравнений регрессии между дешифровочными признаками космических снимков и показателями качества вод. Корреляционный и регрессионный анализ результатов подспутниковых исследований и данных Landsat, Terra/Aqua-MODIS проводился с использованием пакета анализа данных (инструменты: корреляция, регрессия) MS Office Excel.

В работе использовался корреляционный и регрессионный анализ данных контактных измерений прозрачности воды по диску Секки и хлорофилла-*a* и данных яркостей водной поверхности на космических снимках TM1-TM8 сканера ETM+ Landsat-7 и каналах b1, b2 ИСЗ Terra/Aqua-MODIS. Были получены уравнения множественной регрессии между зональными яркостями водной поверхности изображений сканера ETM+ спутника Landsat-7 и прозрачностью воды по диску Секки и содержанием в воде хлорофилла-*a* (формулы 4, 5) [3]:

$$\ln DC = 1.807701TM1/TM3 - 0.10274TM4 - 1.55878, \quad (4)$$

$$R^2 = 0.63, \text{ стандартная ошибка: } 0,348$$

$$\ln X_{\text{Ла}} = 5.241475 + 0.115155TM4 - 3.24954TM1/TM2 \quad (5)$$

$$R^2 = 0.73, \text{ стандартная ошибка: } 0,493$$

Из анализа полученных уравнений множественной регрессии следует, что для хлорофилла-*a* была получена более тесная связь с данными космических изображений квадрат множественной корреляции $R^2 = 0,73$, а для прозрачности $R^2 = 0,63$.

В таблице 2. приведена матрица корреляции для определения корреляционных связей между данными прозрачности воды по диску Секки и данными о яркостях водных поверхностей полученными со снимков Terra-MODIS. Из анализа матрицы коэффициентов корреляции для прозрачности воды наилучшая корреляция была для $\ln DC$ ($R = -0,973$) и высокая для DC ($R = -0,894$) с каналом b1.

Таблица 2.

Матрица коэффициентов корреляции между яркостью водной поверхности изображений в первом и втором каналах съемки спектрорадиометра Terra-MODIS и прозрачностью воды по диску Секи

	DC	$\ln DC$	b1	b2	b1/b2
DC	1				
$\ln DC$	0,946116	1			
b1	-0,89366	-0,97306	1		
b2	-0,58464	-0,77213	0,764199	1	
b1/b2	0,153368	0,247841	-0,26471	-0,58714	1

В таблице 3. приведена матрица корреляции для определения корреляционных связей между данными содержанием в воде хлорофилла-*a* и данными о яркостях водных поверхностей на снимках спектрорадиометра Terra-MODIS. Для содержания в воде хлорофилла-*a*, были получены высокие корреляционные связи для $\ln X_{ла}$ с каналом съемки b1 ($R = 0,958$) и для $X_{ла}$ с каналом съемки b2 ($R = 0,987$). Полученные тесные корреляционные связи объясняются тем, что в проведенных исследованиях использовались данные от олиготрофных вод до пятен «цветения» воды, с содержанием хлорофилла-*a* более 5000 мкг/л и прозрачностью воды от 0,2 до 5,1 метров и большим диапазоном изменений яркости водоемов в каналах b1 и b2 от 17 до 5908 пикселей.

Таблица 3.

Матрица коэффициентов корреляции между яркостью водной поверхности изображений в первом и втором каналах съемки спектрорадиометра Terra-MODIS и содержанием в воде хлорофилла-*a*

	$X_{ла}$	$\ln X_{ла}$	b1	b2	b1/b2
$X_{ла}$	1				
$\ln X_{ла}$	0,602088	1			
b1	0,527983	0,958273	1		
b2	0,987493	0,707492	0,648412	1	
b1/b2	-0,49129	-0,58946	-0,52898	-0,55462	1

Используя эти результаты, были получены уравнения множественной регрессии между зональными яркостями водной поверхности изображений спектрорадиометра Terra-MODIS и прозрачностью воды по диску Секки и содержанием в воде хлорофилла-*a*. Эти уравнения регрессионных моделей представлены (формулы 6 - 11):

$$\ln DC = \ln X_{ла} = 1,032946 + 0,009029b_1, \quad (6)$$

$$R^2 = 0,918, \text{ стандартная ошибка: } 0,273$$

$$\ln X_{ла} = 0,980571b_2 - 83,6801, \quad (7)$$

$$R^2 = 0,975, \text{ стандартная ошибка: } 0,252$$

$$\ln X_{ла} = 1,101244 + 0,008121b_1 + 0,000288b_2, \quad (8)$$

$$R^2 = 0,931, \text{ стандартная ошибка: } 77,313$$

$$\ln DC = 1,262747 - 0,00362b_1 \quad (9)$$

$$R^2 = 0,947, \text{ стандартная ошибка: } 0,130$$

$$\ln DC = 1,249339 - 0,00343b_1 - 0,00013b_2 \quad (10)$$

$$R^2 = 0,949, \text{ стандартная ошибка: } 0,128$$

$$DC = 3,018286 - 0,0536b_1 \quad (11)$$

$$R^2 = 0,799, \text{ стандартная ошибка: } 0,407$$

В настоящее время уделяется большое внимание разработке методов мониторинга водных бассейнов, используя алгоритмы корреляционного и

регрессионного анализов для оценки качества воды посредством наземных измерений и отражательных способностей диапазонов Landsat-5/7 [4, 5]. Для создания растровых карт трофического состояния водоемов необходимо на космических снимках отделить воду от суши. Для решения этой задачи перспективно использовать космические снимки, полученные в пятом канале съемки TM5 Landsat-5/7. В этом диапазоне съемки наблюдается наибольший контраст между сушей, водой и хорошо отделяются от участков суши покрытой тенью от облаков.

Для построения растровых карт более 4000 озер и водохранилищ территории Украины использовались данные ортомозаик космических изображений из 78 снимков в каналах съемки TM1-TM5 Landsat-5/7. При вырезании водоемов из этих изображений с использованием инструмент маскирования в ERDAS IMAGINE применялись космические снимки, полученные в пятом канале съемки TM5 Landsat-5/7. В этом диапазоне съемки наблюдается наибольший контраст между сушей, водой и хорошо отделяются от участков суши покрытой тенью от облаков. Для вырезания из этих изображений водоемов Украины была также построена маска водных объектов. Из анализа этой маски ортотрансформированного мозаичного изображения Украины составленного из 78 снимков TM5 оказалось, что водоемы маскируются облачными тенями, так как она была составлена из снимков, снятых в различные периоды. Поэтому для построения космических карт водоемов всей Украины также дополнительно использовалась векторная маска водных объектов SWBD полученной с помощью метода радарной интерферометрии данных двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR и утилиты Clip в ArcGIS. Пространственное разрешение космических снимков Landsat и радиолокационной съемки водоемов равнялось 30 метрам. Так как эти обе съемки производились в 2000 году, поэтому то были получены хорошие результаты при вырезании водоемов с ортотрансформированных мультиспектральных космических изображений Украины. После двойного маскирования водоемов с использованием векторной маски водных объектов SWBD и маски водоемов полученной в пятом канале съемки Landsat получались космические изображения водоемов, полученные в различных зонах спектра, которые были использованы при разработке методов трофической классификации водных объектов из космоса.

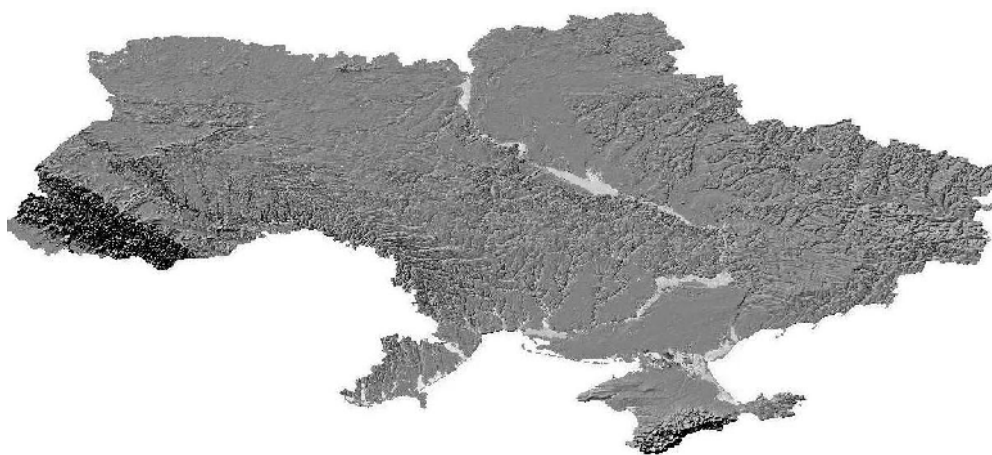
При разработке методов мониторинга трофического состояния водных бассейнов, использовались индексы трофического состояния (формулы 1, 2) и уравнения множественной линейной регрессии (формулы 4, 5). Из этих уравнений были получены уравнения для трофической классификации водоемов Украины с использованием данных Landsat.

$$ИТС_{дс} = 37.54 - 26.05 TM1/TM3 - 1.48 TM4 \quad (12)$$

$$ИТС_{хта} = 82.02 - 31.88 TM1/TM2 - 13 TM4 \quad (13)$$

При автономной классификации использовались мозаики 78 ортотрансформированных космических снимков ETM+ Landsat-7 в каналах съемки TM1, TM2, TM4 и TM5. В работе был использован индекс трофического состояния, полученный на основе содержания хлорофилла-*a* (формула 12), так как множественная регрессия для хлорофилла-*a* имела более тесную связь с данными

космических изображений ($R^2 = 0,73$). После двойного маскирования водоемов с использованием векторной маски водных объектов SWBD и маски водоемов полученной в канале TM5 было выделено более 4000 водоемов Украины. С помощью растрового калькулятора ArcGIS и автономной классификация в ERDAS IMAGINE была произведена трофическая более 4000 озер, лиманов и водохранилищ Украины с пространственным разрешением 30 метров. В дальнейшем цветные результаты этой трофической классификации по данным TM/ETM+ Landsat-5/7 совмещались в ArcGIS с черно-белой ортомозаикой SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов или изображением Украины составленных из 78 космических снимков в TM8 Landsat-7 с разрешением 15 метров. Результаты этой трофической классификации по данным TM/ETM+ Landsat-5/7 приведены на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины и Харьковской области представлены на Рис. 1. и Рис. 2. В работе показано, что из комплексных электронных карт трофического состояния водоемов Украины при уменьшении масштаба с 1:5000000 до 1:150000 например можно получить карты трофического состояния Шацких озер.

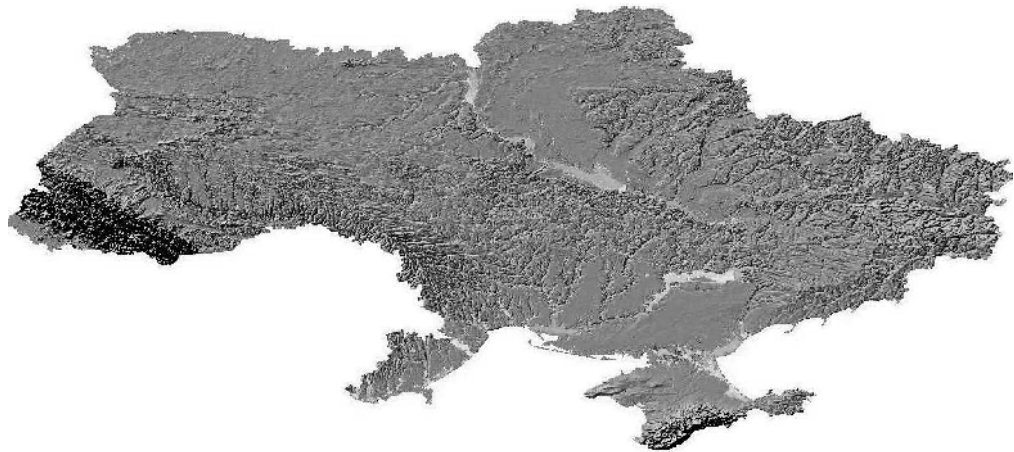


	ИТС	ДС (м)	Х.ла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 1. Трофическая классификация в 2000 году более 4000 водоемов по данным ETM+ Landsat-7, синтез каналов на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины.

Одна из проблем зондирования водной поверхности в видимом диапазоне заключается в отсутствии универсальных алгоритмов восстановления искомым параметров по спутниковым данным. В настоящее время система MODIS имеет стандартные алгоритмы, разработанные ведущими космическими агентствами, предназначены только для исследования открытого океана с пространственным разрешением 1 км в 8-16 каналы и позволяют восстанавливать лишь один параметр

- концентрацию хлорофилла-*a* фитопланктона [6]. Состав прибрежных и внутренних вод является более сложным, поэтому информация только о хлорофилле-*a* оказывается недостаточной для характеристики состояния таких водоемов и происходящих в них процессов. Кроме того, оптические свойства растворенных и взвешенных в воде веществ, специфичны для конкретных прибрежных и внутренних водоемов. Существует необходимость разработки алгоритмов обработки данных MODIS в первом и втором каналах съемки, с помощью которых возможно восстановление показателей трофического состояния внутренних водоемов с различными оптическими свойствами.

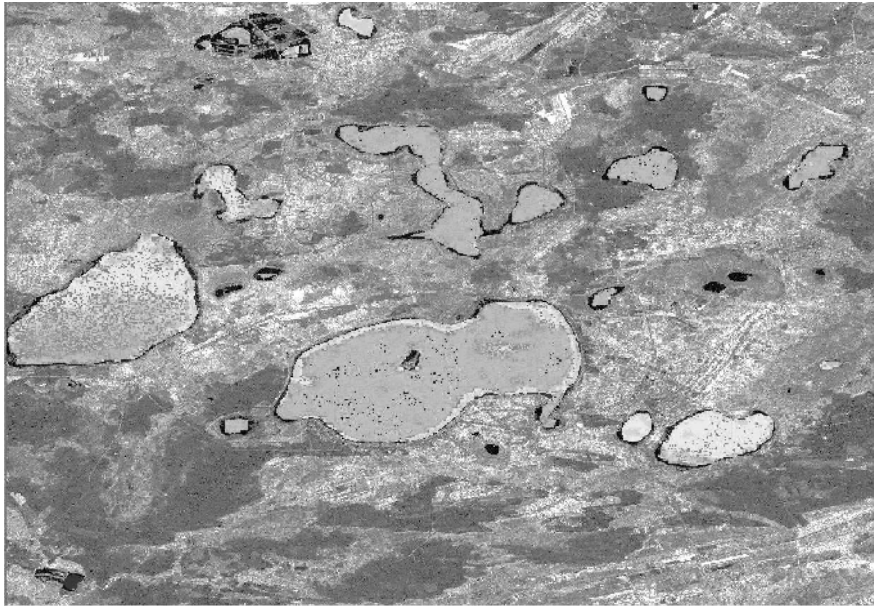


	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 2. Трофическая классификация в 1990 году более 4000 водоемов по данным TM Landsat-5, мультиспектральный синтез на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины.

Вторая проблема зондирования в видимом и инфракрасном диапазонах системы MODIS связана с влиянием облачности и неточной коррекцией влияния атмосферы, которые уменьшают объем спутниковой информации и снижают качество космических данных. Общая практика состоит либо в использовании единичных безоблачных снимков для получения мгновенной картины распределения того или иного параметра, либо в расчете усредненного изображения по серии последовательных снимков водной поверхности частично экранированной облаками. Для адекватного изучения динамики внутриводных процессов необходимы алгоритмы обработки серий космических снимков для их очистки от влияния облачности и состояния загрязнения атмосферы. Для решения этой задачи использовалась двойная маска водоемов с использованием растровой маски водных объектов и маски водоемов полученной во втором канале съемки MODIS.

На рис. 4. представлена ортотрансформированная мозаика растровой маски водных объектов Восточной Европы. Маска (MODIS/Terra Land Water Mask),



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	Мезотрофный
	50	2	6,4	
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	Гиперевтрофный Облака (Соль)
	80	0,25	154	

Рис. 3. Трофическая классификация Шацких озер в 1990 году по данным ТМ Landsat-5, синтез на фоне съемки в черно-белом канале ТМ8 Landsat-7 15 июля 2001года.

полученная с использованием данных съемки STRM 3 в 2000 году [7].

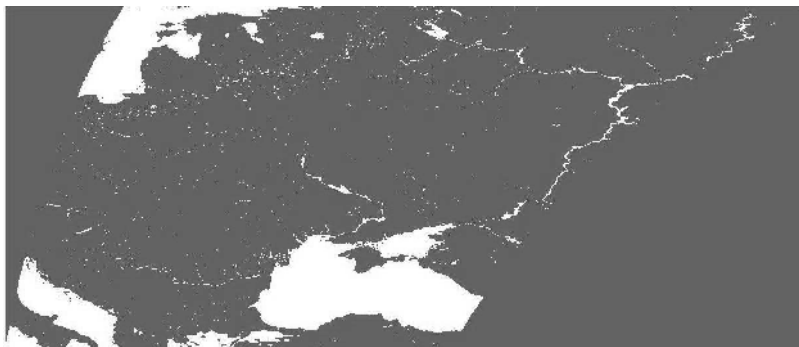


Рис. 4. Маска водных объектов (MODIS/Terra Land Water Mask) Европы, полученная по данным глобальной космической съемки STRM.

Для разработки технологии космического мониторинга внутренних водоемов с использованием данных MODIS из уравнений регрессионных моделей (формулы 6, 9) совместно с индексами трофического состояния (формулы 1, 2) получим уравнения индексов трофического состояния. Полученные модели для определения индексов трофического состояния водоемов с использованием данных спектрорадиометра MODIS имеют вид:

$$ИТС_{х_{та}} = 40,733 + 0,089b \quad (14)$$

$$ИТС_{дс} = 41,804 + 0,052b \quad (15)$$

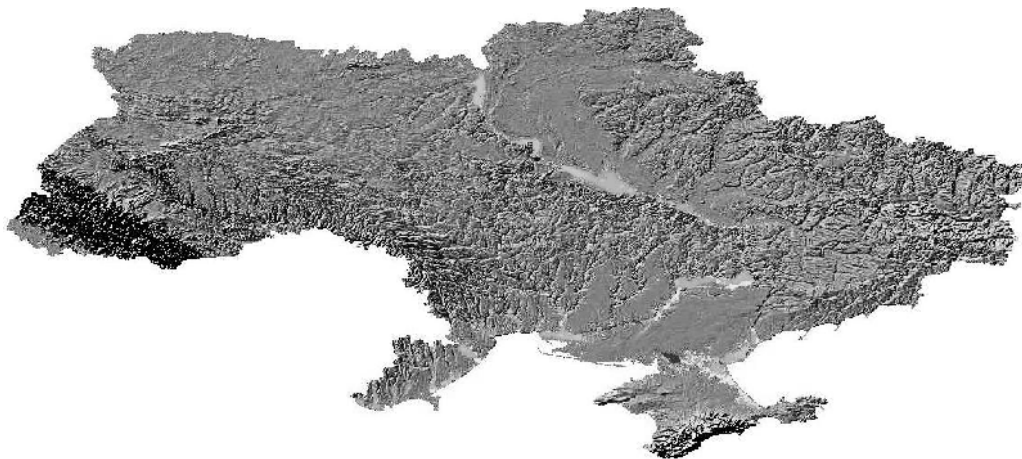
Из анализа этих уравнений индексов трофического состояния следует, что они близки между собой и могут использоваться для разработки методов мониторинга трофического состояния большинства озер, лиманов и водохранилищ Украины. Для изучения динамики «цветения» водоемов с высоким содержанием хлорофилла-*a* и малой прозрачностью воды необходимо использовать уравнения регрессионных моделей (формулы 7, 8, 10). Используя эти модели совместно с индексами трофического состояния (формулы 1, 2) получим уравнения для определения индексов трофического состояния для водоемов подверженных «цветению» воды с использованием данных спектрорадиометра MODIS. Они имеют следующий вид:

$$ИТС_{х_{та}} = 41,403 + 0,080b + 0,0028b^2 \quad (16)$$

$$ИТС_{дс} = 41,997 + 0,049b + 0,0019b^2 \quad (17)$$

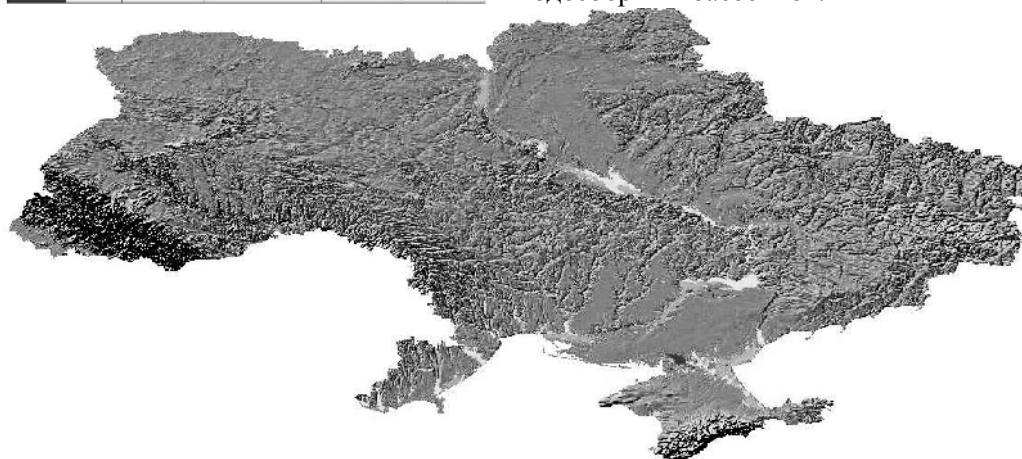
$$ИТС_{х_{та}} = 9,62b^2 - 790,3 \quad (18)$$

Перед разбивкой водоемов по трофическим классам произведем вырезание водных объектов с помощью двойной маски. После этого с помощью растрового калькулятора ArcGIS по уравнению (14) для $ИТС_{х_{та}}$ произведем преобразование космических изображений водоемов в зоне спектра b_1 MODIS. Полученное изображение трофического состояния водоемов в ERDAS IMAGINE с использованием автономной классификации (Unsupervised Classification) разобьем на 8 классов. В работе был использован индекс трофического состояния, полученный на основе содержания хлорофилла-*a* (формула 14), так как множественная регрессия для хлорофилла-*a* имела более тесную связь с данными космических изображений ($R^2 = 0,92$). Результаты этой трофической классификации в июле - августе 2010 года по данным Terra-MODIS приведены на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов Украины и Харьковской области и представлены на рис. 5. и рис. 6.



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 5. Мониторинг трофического состояния водоемов Украины 30 июля 2010 года по данным Terra-MODIS с разрешением 250 м на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов.



	ИТС	ДС (м)	Хла (мкг/л)	Класс
	30	8	0,94	Олиготрофный
	40	4	2,6	
	50	2	6,4	Мезотрофный
	60	1	20	Евтрофный
	70	0,5	56	
	80	0,25	154	Гиперевтрофный
				Облака (Соль)

Рис. 6. Мониторинг трофического состояния водоемов Украины 5 августа 2010 года по данным Terra-MODIS с разрешением 250 м на фоне ортомозаики SRTM_90 (теневой рельеф) ЦМР водосборных бассейнов.

Список литературы

1. Хендерсон-Селлерс Б. Инженерная лимнология / Б. Хендерсон-Селлерс [пер. с англ. под ред. К.Я. Кондратьева]. - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 335 с.
2. Carlson R.E. A Trophic State Index for lakes / R.E Carlson.// *Limnol. And Oceanography*. – 1977. - 22(2). - P. 361-369.
3. Kloiber S.M. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data / S.M. Kloiber, P.L Brezonik, L.G. Olmanson, M.E. Bauer // *Remote Sensing of Environment*. 2002. - 82, N 1, P 38-47.
4. Brezonik P.L. Landsat-based Remote Sensing of Lake Water Quality Characteristics, Including Chlorophyll and Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) / P.L. Brezonik, K.D. Menken, M.E. Bauer // *Lake and Reservoir Management*, 2005. – 21(4), P. 373-382.
5. Шумаков Ф.Т. Космический мониторинг евтрофирования водных ресурсов Украины / Ф.Т. Шумаков // *Коммунальное хозяйство городов*. Киев, «Техника». Вып. 79. 2007. – С. 217-231.
6. D Blondeau-Patissier Comparison of bio-physical marine products from SeaWiFS, MODIS and a bio-optical model with *in situ* measurements from Northern European waters / D Blondeau-Patissier, G H Tilstone, V Martinez-Vicente and G F Moore // *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, 2004. – vol. 6, P. 875-889.
7. MODIS/Terra Land Water Mask Derived from MODIS and SRTM L3 Global 250m SIN Grid / Distributed Active Archive Centers (DAACs) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://e4eil01.cr.usgs.gov:22000/WebAccess/home>

Шумаков Ф.Т. Розроблення методів космічного моніторингу трофічного стану водоймищ / Ф.Т.Шумаков // *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Географія. – 2011. – Т. 24 (63). – № 3 – С.162-172.

У роботі розглянуті питання використання даних Landsat-5 / 7 і Terra / Aqua-MODIS для трофічної класифікації озер і водосховищ України. Для вирішення цього завдання використовувалася подвійна маска, отримана за знімками в ближній ІЧ зоні спектра і векторною маскою водних об'єктів SWBD. Вперше проведена трофічна класифікація більше 4000 озер і водосховищ території України з використанням даних ортомозаїки 78 мультиспектральних космічних зображень TM Landsat-5 і ETM + Landsat-7. Розроблена та апробована в липні-серпні 2010 року технологія оперативного моніторингу трофічного стану великих водойм з використанням мозаїк космічних мультиспектральних ортотрансформованих знімків Terra / Aqua-MODIS.

Ключові слова: водойма, трофічна класифікація, космічне зображення, подвійна маска, космічний моніторинг, Landsat, MODIS

Shumakov F.T. Development of methods for satellite monitoring of trophic status of water bodies / F.T. Shumakov // *Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University*. – Series: Geography. – 2011. – Vol. 24 (63). – № 3 – P. 162-172.

The paper discusses the use of the data of Landsat-5 / 7 and Terra / Aqua-MODIS for trophic classification of lakes and reservoirs in Ukraine. To solve this problem, we used a double mask, obtained from the images in the near infrared region of the spectrum and vector mask waters SWBD. For the first time trophic classification is made more than 4000 lakes and reservoirs in Ukraine using data ortomozaiki 78 multispectral satellite images of Landsat-5 TM and ETM + Landsat-7. Developed and tested in July-August 2010 Technology of operational monitoring of the trophic state of large bodies of water using multispectral mosaics orthorectification of satellite images Terra / Aqua-MODIS.

Key words: reservoir, trophic classification, space image, a double mask, space monitoring, Landsat, MODIS

Поступила в редакцію 03.05.2011 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Азимов Александр Тельманович** Научный Центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины, доктор геологических наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник
01601, г. Киев, ул. Олеся Гончара, 55-б, ГСП, ЦАКИЗ ИГН НАН Украины,
E-mail: azimov@casre.kiev.ua
Тел.: (044)238-19-51 (раб.), 066-929-94-91 (моб.)
- Андреев С.М.** Харьковский Национальный Аэрокосмический Университет, Кандидат технических наук, доцент.
г. Харьков, ул. Чкалова, 17.
Тел. +38-068-605-67-88
- Ареф'єва Світлана Ігорівна** ЗАТ «Інститут передових технологій», провідний спеціаліст ГПС
- Барладін Александр Володимирович** ЗАТ «Інститут передових технологій», кандидат технічних наук, директор
- Бобра Татьяна Валентиновна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии
95007 Симферополь, пр. Акад. Вернадского, 4
E-mail: tvbobra@mail.ru
Тел. +380509036471
- Борисова Нина Игоревна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, инженер I кат. Научно-исследовательского центра «Технологии устойчивого развития»,
95007, Симферополь, проспект Акад.Вернадского 4
E-mail: lis95@mail.ru,
Тел. 8 (0652) 63-75-76
- Верлань Андрей Анатолиевич** Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кандидат технических наук, доцент
кафедры автоматизации проектирования энергетических процессов и систем
03056, Киев, ул. Политехническая 6, корп 5, каф АПЭПС,
E-mail: VERLANDR@gmail.com
Тел (063) 822-09-12,
- Верченев Алексей Дмитриевич** Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», магистр кафедры автоматизации проектирования энергетических процессов и систем
03056, Киев, ул. Политехническая 6, корп 5, каф АПЭПС,
E-mail: Alewki@ukr.net
Тел (093) 720-11-83

Волкодав Сергей Витальевич	ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», начальник отдела информационных технологий 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11, ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», E-mail: volkodav@it-transit.com Тел. (044) 200-81-98
Глущенко Ирина Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Технологии устойчивого развития», 95007, Симферополь, проспект Акад.Вернадского 4 E-mail: ir256@gambler.ru
Гуляев Віталій Михайлович	Дніпродзержинський державний технічний університет, кандидат технічних наук, перший проректор м. Дніпродзержинськ, вул. Дніпробудівельників, 2, ДДТУ, 51918
Епихин Дмитрий Васильевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, научный сотрудник Научно- исследовательского центра «Технологии устойчивого развития», 95007, Симферополь, проспект Акад.Вернадского 4 E-mail: edvbio@yahoo.com, Тел. 8 (0652) 63-75-76, (моб.) 063-265-05-72 и 099-93-63-132.
Журавель Микола Юхимович	Північно-східний науковий центр «Інтелект-сервіс», к. г.-м. н., член-корреспондент УНГА, директор м. Харків Тел.(057)7383854.
Зацерковний Віталій Іванович	Чернігівський державний інститут економіки і управління, кафедра економічної кібернетики та інформатики, доцент, к.т.н., 14000, м. Чернігів, вул. Орджонікідзе, 68; к. 55; E-mail: zvi@chb.net.ua Тел. 0503133911, Контактна особа Кривоберець Сергій Володимирович
Зберовський Олександр Владиславович	Дніпродзержинський державний технічний університет, доктор технічних наук, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища м. Дніпродзержинськ, вул. Дніпробудівельників, 2, ДДТУ, 51918
Караева Наталья Вениаминовна	Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кандидат экономических наук, доцент кафедры автоматизации проектирования энергетических процессов и систем 03056, Киев, ул. Политехническая 6, корп 5, каф АПЭПС, E-mail: nv_karaeve@ukr.net Тел (097) 627-24-25,

-
- Карпенко Олег Александрович** Дніпродзержинський державний технічний університет, ст. викладач кафедри екології та охорони навколишнього середовища, завідуючий сектором технічного забезпечення відділу інформаційних технологій та комп'ютерного забезпечення Дніпродзержинської міської ради, м. Дніпродзержинськ, вул. Дніпробудівельників, 2, ДДТУ, 51918
- Карпенко Сергей Александрович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат географических наук, исполнительный директор НИЦ «Технологии устойчивого развития». 95007, г. Симферополь, проспект Акад. Вернадского, 4, ТНУ
E-mail: s_karpenko@rambler.ru
Тел. +38 067 735 18 24
- Кашавцева Анна Юрьевна** Харьковская национальная академия городского хозяйства, магистр кафедры геоинформационных систем и геодезии, 61002, г. Харьков, ул. Революции, 12,
E-mail: anna.shtykh@gmail.com
Тел. 0577073104;
- Клочко Тетяна Александрівна** Державне Підприємство Науково-дослідний та проектний інститут «Союз» Національного Космічного агентства України, ст. викладач Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «ХАИ», начальник відділу, м. Харків, вул. Культури 16 кв.5.
E-mail: klochko.ta@gmail.com,
Т. моб.(050)3022802
- Кондратюк Олена Василівна** Науково-дослідний інститут геодезії та картографії Україна, Київ
E-mail: helenkondratyuk@gmail.com
- Котелевец Юлия Валериевна** Харьковская национальная академия городского хозяйства, бакалавр кафедры геоинформационных систем и геодезии 61002, г. Харьков, ул. Революции 12, ХНАГХ,
E-mail: y.kotelevets@yandex.ua
- Красовский Г.Я.** Харьковский Национальный Аэрокосмический Университет, д.т.н., проф.
г. Харьков, ул. Чкалова, 17,
Тел. +38-050-935-64-40
- Кривоберець Сергій Володимирович** Чернігівський державний інститут економіки і управління, кафедра геодезії, картографії та землеустрою, аспірант 14005, м. Чернігів, вул. Войкова, 4; к. 45
E-mail: serhiy.07@mail.ru,
Контактний телефон 063-570-71-99

Лось Павел Юрьевич	ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», руководитель проектов ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ»; 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11, E-mail: lpu@it-transit.com.ua Тел. (044) 200-81-98
Лычак Александр Иванович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат географических наук, доцент кафедры геоэкологии, 95007 Симферополь, пр. Акад. Вернадского, 4 Тел. +380672834228
Марков Алексей Сергеевич	ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», ведущий инженер ГИС 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11 E-mail: a_markov@it-transit.com.ua Тел. (044) 200-81-98
Меліка Людмила Іванівна	Харківська національна академія міського господарства, магістр кафедри геоінформаційних систем та геодезії; 61002, м. Харків, вул. Революції, 12; E-mail: ludik-m@yandex.ru; Тел. 0577782761, 0501483168.
Михайленко Анатолий Григорьевич	ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», директор 03680, г. Киев, ул. Боженко, 11 E-mail: ant@it-transit.com Тел. (044) 200-81-98
Непошивайленко Наталія Олександрівна	Дніпродзержинський державний технічний університет, кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища 51918, м. Дніпродзержинськ, вул. Дніпробудівельників, 2 ДДТУ E-mail: gubacom03@ukr.net Тел.050 600 91 42
Павлова-Довгань Ольга Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник Научно-исследовательского центра «Технологии устойчивого развития», 95007, Симферополь, проспект Акад.Вернадского 4 E-mail: turrtnu@mail.ru, Тел. 095-1207097
Патракеев Игорь Михайлович	Харьковская национальная академия городского хозяйства, к.т.н., доцент, заведующий кафедры геоинформационных систем и геодезии ХНАГХ 61002, Харьков, ул. Революции 12, E-mail: info@gis.kh.ua Тел. (057) 707 31 04

-
- Путренко Віктор Валентинович** Інститут географії НАН України, відділ картографії, кандидат географічних наук, старший науковий співробітник
01034, Київ, вул. Володимирська, 44
E-mail: putrenko@ Rambler.ru
Тел. 067-104-89-94, 044-270-53-04
- Семичастный Игорь Леонидович** Донецкий институт туристического бизнеса, к.т.н., профессор кафедры математико-информационных дисциплин,
83114, Донецк, ул. Университетская 94, ДИТБ
E-mail: gsemich55@gmail.com
Тел. +38 062 311-35-80
Домашний +38 062 319-46-74
Мобильный 095 423-37-23
- Сергієнко В'ячеслав Вадимович** Чернігівський державний інститут економіки і управління, кафедра економічної кібернетики та інформатики, аспірант,
14000, м. Чернігів, вул. Мурина, 10; к. 4,
E-mail: slaviceoples@mail.ru
Тел. 0936908437
Контактна особа
Кривоберець Сергій Володимирович
- Сімакін Юрій Сергійович** Чернігівський державний інститут економіки і управління, кафедра геодезії, картографії та землеустрою, викладач
14000, м. Чернігів, вул. Мурина, 10; к. 4,
E-mail: simakin_yura@mail.ru
Тел. 0638762121,
Контактна особа
Кривоберець Сергій Володимирович
- Скляр Олег Юрійович** ЗАТ «Інститут передових технологій», керівник виробничого відділу
02660, Київ, вул. Попудренка, 54, оф. 203, ЗАТ «Інститут передових технологій»
E-mail: iat@antex.kiev.ua, geovp@ukr.net
Тел. +380661552017
- Соловей В.В.** Харьковский Национальный Аэрокосмический Университет,
г. Харьков, ул. Чкалова, 17.
E-mail: solovei_viktoriiia@ukr.net
Тел. +38-095-766-13-16,
- Хоменко Юлия Анатолиевна** ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», інженер програміст 1й категорії
03680, г. Киев, ул. Боженко, 11, ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ»
E-mail: yu_homenko@it-transit.com.ua
Тел. (044) 200-81-98

**Шипулин
Владимир
Дмитриевич**

Харьковская национальная академия городского хозяйства,
профессор кафедры геоинформационных систем и геодезии,
к.т.н.,
61002, г. Харьков, ул. Революции, 12,
E-mail: vshypulin@yahoo.com,
Тел. 0577073104, 0506154880;

**Шумаков
Федор
Терентьевич**

Харьковская национальная академия городского хозяйства,
старший преподаватель кафедры «Геоинформационных систем
и геодезии»
61002, Украина, Харьков, ул. Революции, 12, ХНАГХ
E-mail: shumakov@ksame.kharkov.ua
Тел: 38-057-707-31-73, 38-050-177-28-96
Skype: fshumakov

**Янчук Артем
Вячеславович**

ТОВ «ИТ-ТРАНЗИТ», заместитель директора с ИТ ТОВ «ИТ-
ТРАНЗИТ»;
03680, г. Киев, ул. Боженко, 11
E-mail: zyxer@it-transit.com.ua
Тел. (044) 200-81-98

**Яременко
Валентина
Володимирівна**

СП Полтавська нафтогазова компанія, провідний інженер по
охороні навколишнього середовища

**Яшенков
Вадим Олегович**

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского,
ассистент кафедры геоэкологии
95007 Симферополь, пр. Акад. Вернадского, 4
Тел +380652602504

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Азимов А.Т.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДЗЗ/ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОДИНАМИКИ ТЕРРИТОРИЙ В КОНТЕКСТЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОПАСНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ.....	3
<i>Андреев С.М., Красовский Г.Я., Соловей В.В.</i> МЕТОД ОЦЕНКИ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК (НА ПРИМЕРЕ ТАТАРБУНАРСКОГО РАЙОНА ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ).....	16
<i>Барладін О. В., Ареф’єва С.І., Скляр О. Ю.</i> РОЗРОБКА ГІС-СЕРВЕРА ЛІСОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ.....	24
Верченев А.Д., Караева Н.В., Верлань А.А. РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ.....	33
Волкодав С.В., Лось П.Ю., Марков А.С., Михайленко А.Г., Хоменко Ю.А., Янчук А.В. ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИНЧУКАЛНСКОГО ПОДЗЕМНОГО ХРАНИЛИЩА ГАЗА.....	44
<i>Глуценко И. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ОБ ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО ФОНДА.....	54
<i>Епихин Д.В., Карпенко С.А., Глуценко И.В., Павлова-Довгань О.А., Борисова Н.И.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБОСНОВАНИИ СОЗДАНИЯ ОХРАННЫХ ЗОН ПРИРОДНЫХ ЗАПОВЕДНИКОВ.....	60
<i>Журавель М. Ю., Клочко Т.О., Яременко В.В.</i> ДІСТАНЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ РОДЮЧИХ ЗЕМЕЛЬ БУРОВИХ МАЙДАНЧИКІВ НА НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩАХ.....	65
<i>Зацерковний В. І., Кривоберець С. В., Сергієнко В. В., Сімакін Ю. С.</i> ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	74
<i>Кацавцева А. Ю., Шитулин В. Д.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ СРЕДСТВАМИ ARCGIS 9.3.....	85
<i>Кондратюк Е. В.</i> ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ І МОДЕЛІРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ДЕЛИМИТАЦИИ И ДЕМАРКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ УКРАИНЫ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ARCGIS.....	93
Котелевец Ю.В., Патракеев И.М. АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ.....	106
<i>Лычак А.И., Бобра Т.В., Яшенков В.О.</i> ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В КРЫМУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SWAT-МОДЕЛИ.....	116
<i>Меліка Л. І., Шитулін В. Д.</i> ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ КАР’ЄРУ.....	122
<i>Непошивайленко Н.О., Гуляев В.М., Зберовський О.В., Карпенко О.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ТА НАУКОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЮ «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА».....	132

<i>Путренко В.В.</i>	
КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОХІМІЧНИХ ПОЛІВ	144
<i>Семичастный И.Л.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЙТИНГОВ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РАЙОНОВ ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ КАК РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ РЕГИОНА.....	152
<i>Шумаков Ф.Т.</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТРОФИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ.....	162
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	173
СОДЕРЖАНИЕ.....	179