

УДК 911.9+504.4.054+004.6

**Светличный А. А.**, доктор геогр. наук, проф.,**Плотницкий С. В.**, доцент

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,

кафедра физической географии и природопользования,

ул. Дворянская, 2, Одесса-82, 65082, Украина,

тел.: (0482) 68-78-86, e-mail: aasvetl@yandex.ua

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА ДАННЫХ ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ГРУНТОВЫХ ВОД**

Представлены обоснование структуры, методика и результаты создания геоинформационной базы данных для обеспечения оценки потенциала нитратного загрязнения поверхностных и подземных вод территории Одесской области. База данных включает базовые и производные цифровые слои пространственной информации, характеризующие рельеф, гидрографическую сеть, почвенный покров, землепользование, а также пространственное распределение параметров математической модели оценки, в качестве которой выбрана регрессионная модель, разработанная в Университете Аристотеля г. Салоники (Греция). В базе данных используется растровая и векторная модели пространственных данных, но основной моделью является растровая модель с размером раstra 3710 x 3632 и размером ячейки раstra 92,6 м.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, грунтовые воды, нитратное загрязнение, Одесская область, геоинформационная база данных.

### **Введение**

Основной проблемой антропогенного загрязнения поверхностных и грунтовых вод территории Одесской области является их загрязнение соединениями азота [9, 12, 15 и др.]. Для сельскохозяйственных земель основным фактором, определяющим величину и характер нитратного загрязнения для поверхностных водных объектов является вынос азота с поверхностным стоком, а для грунтовых вод – с просачивающимися за пределы корнеобитаемого слоя атмосферными и – на массивах орошения – ирригационными водами. При этом объемы выноса и просачивания соединений азота зависят от комплекса природных и хозяйственных факторов, сочетание которых меняется в пространстве и во времени. Для учета этих факторов, имеющих явно выраженный пространственно-распределенный характер, для каждого элемента рассматриваемой территории необходима ГИС-реализованная пространственно-распределенная математическая модель, опирающейся на соответствующую цифровую базу входных данных.

Оптимизация использования водных ресурсов в сельском хозяйстве, являющемся самым крупным водопотребителем в мире, обеспечивающая экономию

воды и предотвращение загрязнения поверхностных и грунтовых вод, прежде всего, соединениями азота, является целью международного проекта Европейского Союза «Транснациональное интегрированное управление водными ресурсами в сельском хозяйстве для Европейской системы управления чрезвычайными ситуациями» (EU WATER) [28], выполненного в 2009-2012 гг. специалистами из 8 стран Юго-Восточной Европы – Италии, Греции, Венгрии, Сербии, Хорватии, Румынии, Молдовы и Украины. Территориальным объектом, для которого реализовывался проект в пределах Украины, явилась территория Одесской области, сельскохозяйственные земли в пределах которой на 01.01.2012 г. составляли 2,66 млн. га или 79,9% общей площади [16]. Обоснованию структуры и методики создания цифровой базы пространственно-распределенных данных для оценки потенциала нитратного загрязнения поверхностных и грунтовых вод Одесской области и непосредственной реализации этой задачи и посвящена настоящая статья.

### **Материалы и методы**

Состав и характер геоинформационной базы данных в рамках решаемой задачи определяется математической моделью, используемой для оценки, и ожидаемым конечным «пространственным информационным продуктом» [3, 27] – цифровыми картами пространственного распределения в пределах сельскохозяйственных земель области потенциала нитратного загрязнения поверхностных и грунтовых вод. Степень пространственного разрешения итоговых карт должна соответствовать пространственной изменчивости факторов, определяющих оцениваемую опасность и существующей возможности ее практического учета на основе имеющихся данных.

Как известно, существуют две основные модели пространственных данных – векторная и растровая, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки [14], причем современные программные ГИС-пакеты, в том числе и настольные инструментальные ГИС семейства ArcGIS, использующиеся в проекте, имеют средства для взаимной конвертации этих моделей. В рамках решаемой задачи целесообразно использовать обе модели: векторную модель – для компактного хранения и высококачественного картографирования, растровую – для пространственно-распределенного моделирования. При этом основной моделью пространственных данных должна быть растровая модель, поскольку все использующиеся непосредственно при моделировании потенциального нитратного загрязнения цифровые слои данных должны быть растровыми.

Территориальный охват геоинформационной базы данных определяется территориальной протяженностью географического объекта исследований – Одесской области. Площадь области – 33,1 тыс. км<sup>2</sup>, максимальная протяженность с севера на юг составляет 336 км, с запада на восток – 236 км. Таким образом, цифровые растровые карты базы данных могут иметь размер 340 х

240 км. Однако при создании карт непрерывно изменяющихся в пределах рассматриваемой территории переменных («непрерывных карт») – температур воздуха, слоев атмосферных осадков, отметок топографической поверхности и ряда других – для обеспечения необходимой точности их построения вблизи границ области с использованием методов пространственной интерполяции возникает необходимость привлечения дополнительной информации, лежащей и за пределами исследуемой территории. С учетом этого при построении карт пространственного распределения климатологических характеристик (осадков, температур, испаряемости) в качестве базовой была принята территория размером 340 x 325 км, значительно большая территории Одесской области в широтном направлении, поскольку основная часть «дополнительных» метеостанций находится к западу и востоку от рассматриваемой территории. Размер ячейки раstra, учитывая размеры территории, уже имеющуюся в наличии пространственно-распределенную информацию, сформулированные выше требования по учету пространственной изменчивости моделируемых переменных, а также вычислительные ресурсы имеющихся в распоряжении компьютеров, принят равным 3x3 угловые секунды или 92,6 x 92,6 м. После построения карт пространственного распределения климатологических величин с использованием данных всех задействованных метеостанций с целью минимизации объема файлов данных была выполнена «обрезка» краев раstra построенных цифровых карт до размера 3710 строк на 3632 столбца, полностью включающего территорию области. Этот размер раstra и использовался в дальнейшем как базовый для всех растровых слоев цифровой базы данных.

Все слои геоинформационной базы данных приведены к единой системе координат, в качестве которой, учитывая международный характер проекта, использована Мировая геодезическая система WGS-84 с поперечно-цилиндрической картографической проекцией Меркатора UTM.

В качестве математической модели оценки выноса соединений азота с поверхностным стоком и просачивающимися за пределы корнеобитаемого слоя водами выбрана регрессионная модель, разработанная в Университете Аристотеля г. Салоники (Греция) [24, 20, 23]. Данная модель построена как результат аппроксимации динамической модели GLEAMS версии 3.0 [22], детально описывающей процесс формирования качества поверхностных и подземных вод на сельскохозяйственных землях, по применению которой накоплен большой позитивный международный опыт. Основная идея выполненной аппроксимации детальной динамической модели – сведение входных данных к стандартной информации, имеющейся и доступной для достаточно больших территорий, таких как бассейн реки или административная территориальная единица – район или область, при обеспечении приемлемого качества результатов моделирования. Модель позволяет получить для территории моделирования среднегодовые величины: а) просачивания воды вглубь за пределы корнеобитаемой (30 см) зоны (LOSN\_P), б) поверхностного стока (LOSN\_R),

в) выщелачивания азота вглубь за пределы корнеобитаемой зоны (LOSN\_PN) и г) выноса азота поверхностным стоком (LOSN\_RN).

Входные данные регрессионной модели задаются в виде растровых карт пространственного распределения климатических, топографических, почвенных и хозяйственных факторов, которые и должны составлять геоинформационную базу данных (ГИБД) решаемой задачи. Все слои ГИБД можно разделить на *базовые*, которые создаются на основе первичных данных (бумажных топографических или тематических карт, данных дистанционного зондирования Земли, координированных в пространстве данных наблюдений или измерений) и *производные*, которые создаются на основе базовых программными средствами используемого ГИС-пакета.

Учитывая специфику используемой модели, к базовым слоям входных пространственно-распределенных данных в рамках решаемой задачи должны быть отнесены цифровые растровые карты: отметок топографической поверхности (цифровая модель рельефа, ЦМР), типов землепользования, гидрографической сети, массивов орошения, почвенного покрова, содержания гумуса в верхнем 30-ти сантиметровом слое почвы, среднегодовой температуры приземного воздуха, среднегодового слоя атмосферных осадков, среднегодового слоя испаряемости.

Производными цифровыми слоями геоинформационной базы данных являются цифровые растровые карты уклонов земной поверхности и гидравлической проводимости почво-грунтовой толщи.

Рассмотрим методику построения наиболее характерных слоев цифровой базы данных (БД), начиная с цифровой модели рельефа (ЦМР) – очень важного и, в то же время, наиболее сложного и трудоемкого слоя любой природно-ресурсной цифровой базы данных. В настоящее время для создания ЦМР для достаточно больших территорий практически используются два метода: на основе цифрования топографических карт или по данным спутниковой радиолокационной съемки (SRTM), выполненной Национальным агентством по авиации и космическим исследованиям США (NASA) с использованием космического корабля многоцелевого использования Shuttle в феврале 2000 г. [11].

Данные спутниковой радиолокационной съемки имеют глобальный охват и могут быть свободно скачаны с соответствующего Интернет-ресурса. Размер ячеек растра этих данных составляет 3x3 или 1x1 (30,866 м) угловых секунды, что является достаточным для оценочных исследований в масштабе области или административного района. Основным недостатком этих данных является отражение сигнала не только от поверхности земли, но и от верхушек растительности, что создает на итоговой ЦМР значительный «высотный шум».

В рамках данного исследования цифровая модель рельефа Одесской области была построена методом оцифровки горизонталей и структурных линий рельефа по топографической карте М 1:200000 с использованием ГИС-пакета

MapInfo Professional. Созданная база данных высотных отметок включала поля: координаты  $X$  и  $Y$  географические (градусы долготы и широты), координаты  $X$  и  $Y$  метрические (UTM), высоты над уровнем моря. Для каждой горизонтали был создан отдельный файл, что позволило автоматизировать ввод значений высот. Для автоматизированного ввода значений координат  $X$  и  $Y$  использованы специальные функции Centroid( $X$ ) и Centroid( $Y$ ). Высоты для точек на тальвегах и водораздельных линиях определялись и вводились в ручном режиме. Всего с горизонталей и структурных линий топографической карты снято около 500000 точечных высотных отметок (в среднем 15 точек/км<sup>2</sup>).

Пространственная интерполяция точечных высотных отметок производилась в среде пакета Surfer с использованием в качестве метода пространственной интерполяции обыкновенного точечного кригинга.

Для создания векторных цифровых карт административного деления, типов землепользования, растительности, населенных пунктов и дорожной сети использована мозаика топографических карт М 1:100000, с которой методом экранного дигитизирования вводились в тематические слои геоинформационной базы данных: границы области, районов, населенных пунктов, дорожная сеть, контуры растительного покрова, участков землепользования и др. Для каждого тематического слоя определен набор атрибутов, уровень пространственной и семантической точности, условные обозначения. При оцифровке особое внимание уделялось пространственному взаимоположению объектов на различных слоях. Для обеспечения должного уровня актуальности данных для верификации векторных карт была создана и использовалась мозаика космических снимков высокого пространственного разрешения из открытых сервисов Internet.

Карта генетических типов почв создана на основе материалов Укрземпроекта. Значительное пространственное различие между координатными системами почвенной и топографических карт определяет необходимость ручной корректировки почвенных контуров под контуры форм рельефа (например, контуры почвы на почвенной карте, характерные для речных пойм, должны пространственно совпадать с границами пойм, построенных на основе топографической карты и т.д.).

Для построения карт пространственного распределения норм среднегодовых температур и атмосферных осадков естественно использовать данные Климатического кадастра Украины [7], в котором приведены среднеголетние значения основных метеорологических величин по всем метеостанциям Украины, в том числе и температур воздуха и сумм атмосферных осадков за действующий климатический период (1961-1990 гг.).

В пределах Одесской области расположено четырнадцать станций государственной метеорологической сети, более или менее равномерно распределенных по ее территории. На всех метеостанциях наблюдения ведутся за осадками, на десяти из них – за приземной температурой воздуха. Для

отображения пространственного распределения среднегодового количества осадков и среднегодовой температуры воздуха на исследуемой территории и обеспечения соответствующей точности вблизи границ области кроме данных наблюдений на этих станциях были дополнительно привлечены данные наблюдений на метеорологических станциях, расположенных вблизи границ области в соседних областях Украины (8 станций) и на территории Республики Молдова (12 станций). Таким образом, для построения карт пространственного распределения климатических показателей были использованы данные по 34-м метеорологическим станциям.

Наблюдения за испаряемостью на метеостанциях Украины не ведутся, в связи с чем возникает необходимость расчета нормы годовой испаряемости. На основе анализа имеющихся подходов к количественной оценке нормы испаряемости в качестве основы для расчета принят хорошо теоретически обоснованный комплексный метод М. И. Будыко [1] в модификации Л. И. Зубенок [4], опирающейся на стандартную метеорологическую информацию.

Сформированные на основе данных наблюдений на метеорологических станциях трехколонные массивы  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , где  $X$ ,  $Y$  географические координаты метеорологических станций в выбранной системе координат и картографической проекции (км),  $Z$  – значения норм среднегодовой температуры приземного воздуха ( $^{\circ}\text{C}$ ), годовой суммы атмосферных осадков (мм) или годовой испаряемости (мм), были использованы для построения растровых карт пространственного распределения соответствующих переменных в пределах рассматриваемой территории с использованием методов пространственной интерполяции.

В качестве метода пространственной интерполяции использован обыкновенный точечный кригинг с предварительно оптимизированной гауссовской вариограммной моделью. В последующем из построенных в результате интерполяции карт с использованием карты-маски – контура Одесской области – и операций картографической алгебры были «вырезаны» части, точно соответствующие территории области.

Для построения карты гидравлической проводимости почв в условиях насыщения была использована зависимость этой водно-физической характеристики почвы от содержания в ней физической глины, представленная так называемой педотрансформационной функцией [21]:

$$K_s = 303,84 \exp(-0,144 C), \quad (1)$$

где  $K_s$  – гидравлическая проводимость почвы при насыщении, м/сутки;  $C$  – содержание физической глины, %.

В табл. 1 приводятся осредненные значения гидравлической проводимости при насыщении для почв различного гранулометрического состава, полученные с использованием формулы (1).

Таблица 1

**Гидравлическая проводимость почв при насыщении**

№ п/п	Гранулометрический состав, положение в рельефе	Гидравлическая проводимость, м/сутки
1	Песчаные, песчано-глинистые хорошо дренированные почвы речных террас	8,5
2	Песчаные, глинисто-песчаные, супесчаные почвы долины Дуная	4
3	Песчано-легкосуглинистые, пылевато-легкосуглинистые, песчано-среднесуглинистые почвы водораздельных пространств	2
4	Среднесуглинистые почвы водораздельных пространств и приводораздельных склонов	0,2
5	Тяжело- и среднесуглинистые почвы долин малых рек	0,1
6	Тяжелосуглинистые и глинистые почвы водораздельных пространств и приводораздельных склонов	0,05

Данные табл. 1 позволили выполнить построение карты гидравлической проводимости почв области путем реклассификации почвенной карты области программными средствами ГИС-пакета.

Построение карт пространственно распределения климатических показателей и гидравлической проводимости почв Одесской области выполнено в среде пакетов Gstat и PCRaster [25].

**Результаты и их анализ**

Результатом проведенной работы явилась геоинформационная база данных, содержащая пространственно сопряженные слои данных, необходимых для выполнения оценки потенциала нитратного загрязнения Одесской области на основе выбранной математической модели. При этом часть цифровых слоев созданной базы данных представлена в растровой модели данных (ЦМР, осадков, температур воздуха, испаряемости, гидравлической проводимости), часть – в векторной модели (границ, административного деления, типов землепользования, генетических типов и подтипов почв, их гранулометрического состава, дорог, гидрографической сети). Примеры построенных по описанной выше методике цифровых слоев данных представлены на рис. 1, 2.

Пространственная точность слоев базы данных с учетом свойств исходного картографического материала и ошибок оцифровки и интерполяции оценивается в 100 м. Пространственная точность векторных карт может быть повышена за счет использования крупномасштабных карт, данных дистанционного зондирования высокого и сверхвысокого разрешения, а также данных полевых обследований (для отдельных участков).

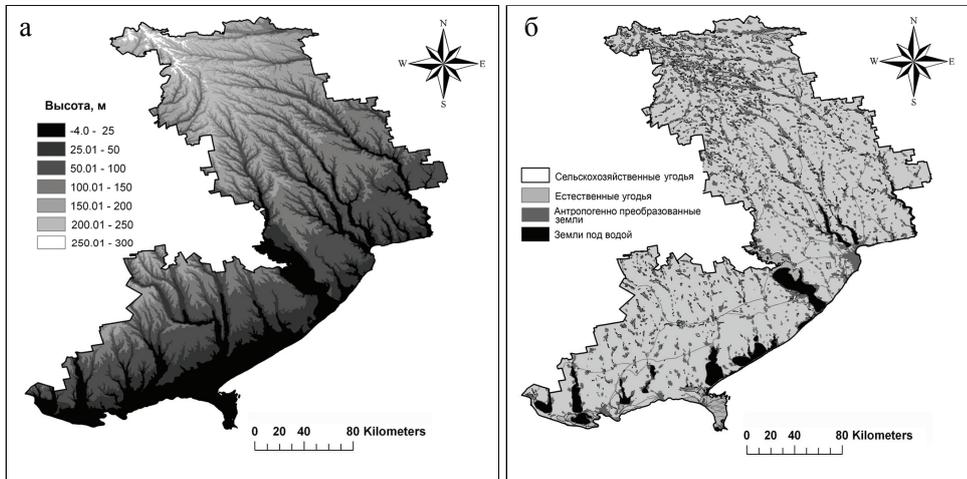


Рис. 1. Цифровая модель рельефа (а) и карта типов землепользования (б) Одесской области

Карты осадков и приземной температуры воздуха построены по данным метеорологических наблюдений и в комментариях не нуждаются. Представляется целесообразным оценить точность оценки и картографирования переменных, за которыми наблюдения или измерения либо не ведутся (как за испаряемостью), либо ведутся, но лишь в отдельных точках (как за гранулометрическим составом).

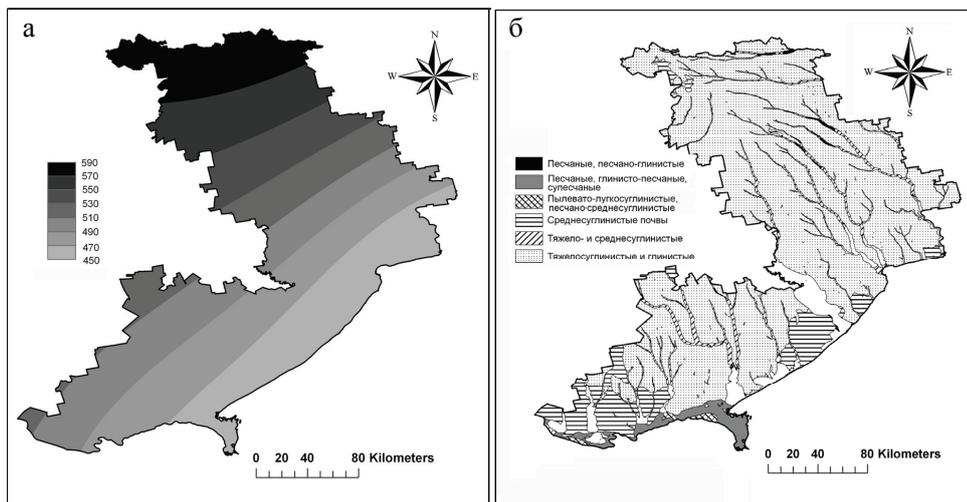


Рис. 2. Карты пространственного распределения норма атмосферных осадков, мм/год (а) и гранулометрического состава почв (б) территории Одесской области

Рассчитанные методом Будыко-Зубенок годовые величины испаряемости по данным наблюдений на метеостанциях области изменяются от 853 (Любашовка) до 963 (Болград) миллиметров в год. При этом распределение годовых слоев испаряемости по исследуемой территории достаточно сложное. По данным удаленных от моря метеостанций в целом имеет место увеличение годовой испаряемости с севера на юг, однако на побережье Черного моря отмечается снижение испаряемости относительно «зональных» значений до 850 мм (Одесса) и 848 мм (Белгород-Днестровский), объясняемое более высокой здесь влажностью и меньшим дефицитом насыщения воздуха. Самая же высокая испаряемость в пределах первоначально рассмотренной территории (включая прилегающие к Одесской области с запада и востока части Молдовы и Украины) характерна для южной части Республики Молдова – 980-990 мм (Комрат, Чадыр-Лунга).

Сопоставление построенной карты нормы испаряемости с результатами расчета испаряемости или испарения с водной поверхности (которое для суши близко к испаряемости и часто принимается в качестве испаряемости), выполненных для всей территории Украины или ее части различными методами [6, 10, 2, 8, 19], в целом подтверждает слои испаряемости, полученные с использованием метода Будыко-Зубенок.

Анализ построенной карты гранулометрического состава почв (рис. 2 б) и приводимых в табл. 1 величин гидравлической проводимости почв области показывает, что значения гидравлической проводимости почв тяжелого гранулометрического состава (№№ 4-6 в табл. 1), на которые приходится около 90 % пахотных земель в регионе, хорошо согласуются с величинами интенсивности установившейся инфильтрации, которые были определены с помощью искусственного дождевания небольших стоковых площадок [18, 17, 13, 5]. Это дает основания считать, что значение гидравлической проводимости при насыщении для почв региона, полученных с помощью педотрансформационной функции (1), достаточно надежны.

### **Выводы**

Созданная прикладная база данных пространственно-координированной информации, состоящая из сопряженного набора цифровых растровых и векторных слоев пространственных данных, характеризующих природные и хозяйственные условия территории Одесской области, решает задачу обеспечения оценки потенциала нитратного загрязнения поверхностных и грунтовых вод на основе математической модели, разработанной в Университете Аристотеля г. Салоники (Греция) и уже достаточно широко апробированной в разных странах Европы. Выполненный анализ показал достаточную для данного масштаба пространственную и атрибутивную точность цифровых слоев данных. Созданные цифровые слои пространственно-распределенных данных помимо целевого назначения могут быть использованы при решении широкого класса задач для территории Одесской области.

## Список литературы

1. Будыко М. И. Тепловой баланс земной поверхности. – Л.: Гидрометеиздат, 1956. – 255 с.
2. Гонченко С. Д., Лобода Н. С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 259. – С. 106-120.
3. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. – М.: Изд-во СП «Дата+», 1999. – 491 с.
4. Зубенок Л. И. Испарение на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 264 с.
5. Игошин Н. И., Сизов В. А., Хан К. Ю., Кириченко В. И. Определение противозерозионной устойчивости почв методом искусственного дождевания // Эродированные почвы и повышение их плодородия. – Новосибирск: Наука, 1985. — С. 105-108.
6. Каганер М. С., Дюкель Н. Г. Исследование испарения с водной поверхности на территории Украины и Молдовы // Материалы УкрНИГМИ. – 1980. – Вып. 175. — С. 94-105.
7. Кліматичний кадастр України [Електронний ресурс]: стандартні кліматичні норми за період 1961-1990 рр. – Київ, Центральна геофізична лабораторія, 2006.
8. Лобода Н. С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
9. Лозовіцький П. С. Моніторинг якості води річки Дунай у м. Кілія / Причорноморський екологічний бюлетень. – 2011. – №4 (42). — С. 158-182.
10. Михайлов В. Н., Исулова М. В., Магрицкий Д. В. Водный баланс крупнейших дельт мира // Вест. Моск. ун-та, Серия 5. – География, 2001. — № 5. – С. 3-8.
11. Описание и получение данных SRTM. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/srtm.html#>. D0.9C.D0.B8.D1.81.D1.81.D0.B8.D1.8F\_SRTM.
12. Ротар М. Ф., Лиходедова О. Г. Пестициды в геологической среде и некоторые последствия их применения в Украине. – Одесса: ИНВАЦ, 2007. — 170 с.
13. Светличная И. А. Формирование и предвычисление притока ливневых вод на малых водосборах лесостепной и степной зон Украины и Молдавии (по материалам экспериментальных исследований и водно-балансовых станций). Автореф. дис...канд. географ. наук. – Одесса: ОГМИ, 1984. — 17 с.
14. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики / За ред. О.О.Світличного. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. — 295 с.
15. Стан навколишнього природного середовища в Одеській області / Бюлетень, Частина III. – Одеса: Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Одеській області, 2009. — 68 с.
16. Статистичний щорічник Одеської області за 2011 рік. — Одеса: Державний комітет статистики України, Головне управління статистики в Одеській області, — 2012. — 541 с.
17. Хан К. Ю., Игошин Н. И., Гайворон А. И. О противозерозионной стойкости некоторых типов почв юга Европейской территории Союза // Научн. техн. бюл. по проблеме «Теоретические и практические вопросы почвозащитного земледелия». – Вып. 1 (28). — Курск, 1981. — С. 3-7.
18. Швейбс Г. И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 184 с.
19. Шерешевський А. І., Синицька Л. К. Розрахункове випаровування з водної поверхні на території України // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 11-26.
20. Common methodology to elaborate and improve water-sensitive and vulnerability zones maps according to EU WATER philosophy. B. Manos, V. Aschonitis, O. Papadopoulou, N. Kazakis, K. Voudouris, Ch. Moulougianni, P. Papanagiotou.- Aristotle University of Thessaloniki, 2010. — 19 p.
21. Dane J. H., Puckett W. Field soil hydraulic properties based on physical and mineralogical information // Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils / Van Genuchten, M.Th. et al. (Eds.), University of California, Riverside, 1994. – P. 389-403.
22. Knisel W. G., Leonard R. A., Davis F. M. Agricultural management alternatives: GLEAMS model simulations // Proc. Computer Simulation Conf., Austin, Texas, 1989, July 24-27. – P. 701-706.
23. Manos B., Moulougianni Ch., Bournaris Th. Tools for impact assessment of EU policies in agriculture and environment // 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos Greece, June, 2011. – P. 19-24.
24. Manos B., Papathanasiou J., Bournaris T., Voudouris K. A multicriteria model for planning agricultural regions within a context of groundwater rational management // Journal of Environmental Management. – 2010. – Vol. 91. — P. 1593-1600.
25. PCRaster manual, version 2: [електронний ресурс]. – Utrecht: Faculty of Geographical Sciences Utrecht University & PCRaster Environmental Software. – 1998. – 368 p. – Режим доступа: <http://pcraster.geo.uu.nl/documentation/pcrman/book1.html>.
26. Pebesma E. J. Gstat user's manual. – Utrecht, The Netherlands, 2001. – 100 p.
27. Tomlinson R. F. Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers, Fourth Edition. – Redlands, California: ESRI Press, 2011. – 268 p.

28. *Transnational integrated management of water resources in agriculture for the EU WATER emergency control*. – Режим доступу: <http://www.eu-water.eu/index.shtml>.

## References

- [1] *Budyko M. I.* 1956. *Teplovy balans zemnoy poverhnosti*. L.: Gidrometeoizdat.
- [2] *Gopchenko E. D., Loboda N. S.* 2001. Otsinyuvannya pryrodnykh vodnykh resursiv Ukrainy za metodom vodno-teplovogo balansu. *Nauk. Pratsi UkrNDGMI*. Vyp. 259: 106-120.
- [3] *DeMers M. N.* 1999. *Georaphycheskie informatsionnye sistemy*. M.: Izd-vo SP «Data+».
- [4] *Zubenok L. I.* 1976. *Isparenie na kontinentah*. L.: Gidrometeoizdat.
- [5] *Igoshin N. I., Sizov V. A., Khan K. Yu., Kirichenko V. I.* 1985. *Opreделение protivoerozionnoy ustojchivosti pochv metodom iskusstvennogo dozdevaniya. Erodirovannye pochvy i povyshenie ikh plodorodiya*. 105-108. Novosibirsk: Nauka.
- [6] *Kaganer M. S., Dyukel N. G.* 1980. *Issledovanie ispareniya s vodnoi poverhnosti na territorii Ukrainy i Moldovy*. *Materialy UkrNIGMI*. Vyp. 175: 94-105.
- [7] *Klimatychnyi kadastr Ukrainy [Elektronnyi resurs]: standartni klimatychni normy za period 1961-1990 pp.* 2006. Kyiv: Tsentralna geofyzychna observatoriya.
- [8] *Loboda N. S.* 2005. *Raschety i obobscheniya kharakteristik godovogo stoka rek Ukrainy v usloviyah antropogennogo vliyaniya*. Odessa: Ekologiya.
- [9] *Lozovitskyi P. S.* 2011. *Monitoring yakosti vody richky Dunay u m. Kiliya. Prychernomorskyi ekologichnyi byuletен №4 (42): 158-182*.
- [10] *Mikhailov V.N., Isupova M. V., Magritskiy D. V.* 2001. *Vodnyi balans krupneishih del't mira*. *Vestn. Mosk. un-ta. Seriya 5. Geografiya № 5: 3-8*.
- [11] *Opisanie i poluchenie dannykh SRTM*. – Режим доступу: [http://gis-lab.info/qa/srtm.html#\\_D0.9C.D0.B8.D1.81.D1.81.D0.B8.D1.8F\\_SRTM](http://gis-lab.info/qa/srtm.html#_D0.9C.D0.B8.D1.81.D1.81.D0.B8.D1.8F_SRTM).
- [12] *Rotar M. F., Likhodedova O. G.* 2007. *Pestitsydy v geologicheskoy srede i nekotorye posledstviya ikh primeneniya v Ukraine*. – Odessa: INVATS.
- [13] *Svetlichnaya I. A.* 1984. *Formirovaniye i predvychnisleniye pritoka livnevnykh vod na malyykh vodosborakh lesostepnoy i stepnoy zon Ukrainy i Moldavii (po materialam eksperimentalnykh issledovaniy i vodno-balansovykh stantsiy)*. Avtoref. diss. kand. geogr. nauk. Odessa: OGMI.
- [14] *Svetlitchnyi O. O., Plotnitskiy S. V.* 2008. *Osnovy geoinformatyky*. Za red. O. O. Svitlychnogo. Sumy: VTD «Universytetska knyga».
- [15] *Stan navkolyshnego pryrodnogo seredovyscha v Odeskiy oblasti*. *Byuletен, Chastyna III*. 2009. Odesa: Derzavne upravlinnya navkolyshnego pryrodnogo seredovyscha v Odeskiy oblasti.
- [16] *Statystychnyi schorichnyk Odeskoyi oblasti za 2011 rik*. 2012. Odesa: Derzavnyi komitet statystyky Ukrainy, Golovne upravlinnya statystyky v Odeskiy oblasti.
- [17] *Khan K. Yu., Igoshin N. I., Gajvoron A. I.* 1981. *O protivoerozionnoy stojkosti nekotorykh tipov pochv yuga Evropejskoy territorii Soyuza*. *Nauchn. tekhn. byl. po probleme «Teoreticheskie i prakticheskie voprosy pochvozaschitnogo zemledeliya»*. Vyp. 1 (28): 3-7.
- [18] *Shvebs G.I.* 1974. *Formirovaniye vodnoy `erozii, stoka nanosov i ih ocenka*. L.: Gidrometeoizdat.
- [19] *Shereshevskiy A. I., Sinic`ka L. K.* 2003. *Rozrahunkove viparuvuvannya z vodnoi poverhni na teritorii Ukraini*. *Nauk. praci UkrNDGMI*. Vip. 252: 11-26.
- [20] *Manos B., Aschonitis V., Papadopoulou O., Kazakis N., Voudouris K., Moulougianni Ch., Papanagioutou P.* 2010. *Common methodology to elaborate and improve water-sensitive and vulnerability zones maps according to EU WATER philosophy*. Aristotle University of Thessaloniki.
- [21] *Dane J. H., Puckett W.* 1994. *Field soil hydraulic properties based on physical and mineralogical information*. *Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. Van Genuchten, M.Th. et al. (Eds.), 389–403. University of California, Riverside.
- [22] *Knisel W. G., Leonard R. A., Davis F. M.* 1989. *Agricultural management alternatives: GLEAMS model simulations*. 701-706. *Proc. Computer Simulation Conf.*, Austin, Texas, July 24-27.
- [23] *Manos B., Moulougianni Ch., Bournaris Th.* 2011. *Tools for impact assessment of EU policies in agriculture and environment*. 3rd International Conference on Environmental Management, Engineering, 19–24. Planning and Economics (CEMEPE 2011) & SECOTOX Conference, Skiathos Greece, June.
- [24] *Manos B., Papathanasiou J., Bournaris T., Voudouris K.* 2010. *A multicriteria model for planning agricultural regions within a context of groundwater rational management*. *Journal of Environmental Management*. Vol. 91: 1593-1600.
- [25] *PCRaster manual*, version 2. 1998. Utrecht: Faculty of Geographical Sciences Utrecht University & PCRaster Environmental Software. <http://pcraster.geo.uu.nl/documentation/pcrman/book1.html>.

- [26] *Pebesma E. J.* 2001. Gstat user's manual. Utrecht, The Netherlands.
- [27] *Tomlinson R. F.* 2011. Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers, Fourth Edition. Redlands, California: ESRI Press.
- [28] *Transnational integrated management of water resources in agriculture for the EU WATER emergency control.* <http://www.eu-water.eu/index.shtml>.

Стаття поступила 23 января 2014 г.

**Світличний О. О., Плотницький С. В.**

кафедра фізичної географії та природокористування,  
Одеський нац. університет ім. І. І. Мечникова,  
2, Дворянська вул., Одеса-82, 65082, Україна

## **ГЕОІНФОРМАЦІЙНА БАЗА ДАНИХ ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛУ НІТРАТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ І ГРУНТОВИХ ВОД**

### **Резюме**

Представлено обґрунтування структури, методики та результатів побудови геоінформаційної бази даних для забезпечення оцінки потенціалу нітратного забруднення поверхневих і підземних вод території Одеської області. База даних включає базові та похідні цифрові шари просторової інформації, що характеризують рельєф, гідрографічну мережу, ґрунтовий покрив, типи землекористування, а також просторовий розподіл параметрів математичної моделі оцінки, в якості якої обрана регресійна модель, розроблена в Університеті Аристотеля м. Салоніки (Греція). У базі даних використовується растрова і векторна моделі просторових даних, але основною моделлю є растрова з розміром растру 3710 x 3632 і розміром комірки растру 92,6 м.

**Ключові слова:** поверхневі води, ґрунтові води, нітратне забруднення, Одеська область, геоінформаційна база даних.

**Svetlitchnyi A. A., Plotnitsky S. V.**

Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Department of Physical Geography,  
2, Dvorianskaya St., Odessa-82, 65082, Ukraine,

## **GEOINFORMATION DATABASE FOR EVALUATION OF POTENTIAL NITRATE POLLUTION OF SURFACE WATER AND GROUNDWATER**

### **Abstract**

Presented by the rationale for the structure, methods and results of creation of the geoinformation database for assessing the potential nitrate-made pollution of surface and groundwater in Odessa region. The database includes basic derivatives and digital layers of spatial information characterizing relief, hydrographic network, soil cover, land-use and spatial distribution parameters of the mathematical model of evaluation, which is selected as a regression model, developed at the Aristotle University of Thessaloniki (Greece). The database is used raster and vector spatial data models, but the basic model is a raster with the size of the raster 3710 x 3632 and with the raster cell size 92.6 m.

**Keywords:** surface water, ground water, nitrate contamination, Odessa region, geoinformation database.