

7 Бородычев, В. В. Геопозиционный синтез мониторинговых данных и возможности их использования в режиме реального времени / В. В. Бородычев, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1(41). – С. 168–177.

8 Хатхоху, Е. И. Основные положения проектирования мелиоративных систем нового поколения / Е. И. Хатхоху, Д. В. Прус, Г. Н. Фоминова // Символ науки. – 2016. – № 5–3(17). – С. 86–89.

9 Моделирование процесса управления водно-солевым режимом почв в условиях орошения / В. В. Бородычев, Э. Б. Дедова, М. А. Сазанов, М. Н. Лытов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 2(42). – С. 26–33.

УДК 631.67:624.131.38

### **Э. И. Чембарисов**

Научно-исследовательский институт ирригации и водных проблем, Ташкент, Республика Узбекистан

**М. Н. Рахимова, Ж. Б. Мирзакобулов, Д. И. Махмудова, Б. О. Расулов**

Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Республика Узбекистан

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ПЛАСТИКИ РЕЛЬЕФА ПРИ РЕШЕНИИ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОБЛЕМ**

*В статье представлены результаты исследований использования метода пластики рельефа для решения гидромелиоративных проблем. При проведении исследований с использованием метода пластики рельефа на топографических картах выявлены границы и размеры различных зон (формирования, равновесия, рассеивания) миграции водно-солевых потоков в пределах крупных речных бассейнов Узбекистана (узбекская часть бассейнов Амударьи и Сырдарьи).*

*Ключевые слова: пластика рельефа, гидроизогипсы, морфоизографы, изоморфизм, метод.*

\*\*\*\*\*

### **E. I. Chembarisov**

Scientific Research Institute of Irrigation and Water Problems, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**M. N. Rakhimova, Zh. B. Mirzakobulov, D. I. Makhmudova, B. O. Rasulov**

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

### **THE RELIEF PLASTIC METHOD APPLICATION FOR LAND RECLAMATION PROBLEMS SOLUTION**

*The results of the study of the relief plastic method application for solving irrigation and drainage problems are presented. When conducting studies using the relief plastic method on topographic maps, the boundaries and sizes of various zones (formation, equilibrium, dispersion) of migration of water-salt flows within the large river basins of Uzbekistan were revealed (the Uzbek part of the Amudarya and Syrdarya basins).*

*Key words: relief plastic, hydroisohypses, morphoisographs, isomorphism, method.*

При проведении исследований с использованием метода пластики рельефа на топографических картах были выявлены границы и размеры различных зон (формирования, равновесия, рассеивания) миграции водно-солевых потоков в пределах крупных речных бассейнов Узбекистана: узбекская часть бассейнов Амударьи и Сырдарьи, Чирчика, Кашкадарьи, Зарафшана и Сурхандарьи.

Здесь было важно установить, с какой территории по размерам происходит вынос различных химических и загрязняющих веществ, а также выявить места их аккумуляции. Были также охарактеризованы естественные фоновые условия формирования различного химического состава (гидрохимической стадии) в зависимости от разновидностей геологических и почвенных условий верховьев речных бассейнов.

Составление карты пластики рельефа земной поверхности заключается в проведении на топографической карте линий по точкам прогиба горизонталей, эти линии называются морфоизографами [1]. В результате проведения скрупулезных работ на топографических картах различного масштаба были выделены относительные повышения и понижения независимо от гипсометрических уровней.

В современных гидрологических исследованиях существует геосистемно-гидрологический подход, при котором речные бассейны рассматриваются как геосистемы. Отображение и изучение речных бассейнов как системы или геосистемы требует применения системного картографирования в тематической картографии, в т. ч. при составлении серии гидрологических и гидрохимических карт.

Системное картографирование состояния засоления и загрязнения водно-земельных ресурсов речных геосистем было рассмотрено по следующим этапам.

На первом этапе были составлены карты пластики рельефа на основе топографических карт с привлечением аэрокосмических материалов. При этом верхняя часть речных бассейнов (горная территория) по структуре отличается от равнинной части. Обычно в пределах крупного речного бассейна по структуре выделяются три зоны (области): а) горная часть бассейна, характеризующаяся выносом твердого и химического стоков; б) промежуточная транзитная зона; в) конус выноса дельты рек (зона аккумуляции твердого и химического стоков).

На втором этапе были составлены карты систем земной поверхности, на которых выделяются различные подсистемы. Отличие карты систем земной поверхности от геоморфологических состоит в том, что подсистемы обычно имеют своеобразную «древовидную» форму и естественную границу. Например, границами подсистем на дельтовых территориях служат крупные межрусловые понижения и контактные зоны между ними. Изучение водно-солевого режима контактных зон имеет большое практическое значение, так как здесь обычно проходят коллекторно-дренажные сети с определенной степенью и типом минерализации.

На третьем этапе были исследованы связи упорядоченного изменения состояния засоления или загрязнения водно-земельных ресурсов с выявленными структурами земной поверхности в виде различных геохимических, гидрохимических и гидроэкологических карт. В итоге было показано, что изучение взаимосвязи степени и типа минерализации поверхностных вод, степени и типа засоления почв с выделенными структурами различных частей речных бассейнов позволяет выявить их закономерные изменения в пространстве и времени.

Пространственные формы перехода форм рельефа и связанной с ним смены различных частей речных бассейнов уже давно привлекали внимание многих ученых. В работах В. В. Докучаева, Н. М. Сибирцева, Л. И. Прасолова и др. имеются понятия о пластике рельефа, рассматриваются различные природные территории и их части, взаимосвязи между различными характеристиками почв и стока и рельефом. Позже этот метод применительно к условиям Узбекистана разрабатывался профессорами И. Н. Степановым и Н. И. Сабитовой [2–4].

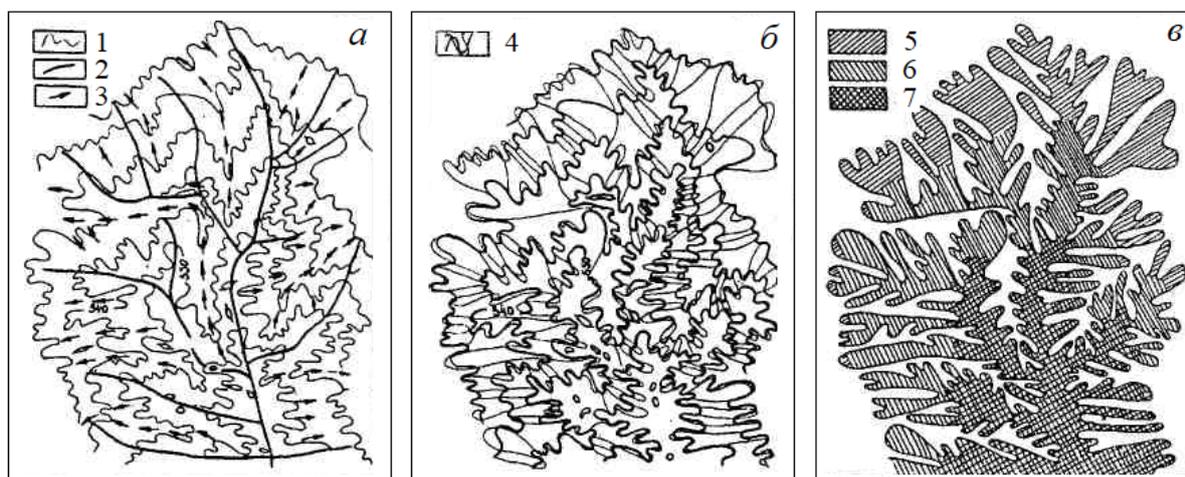
Изучением структуры земной поверхности и ландшафтов занимаются специальные разделы геоморфологии и ландшафтоведения. Их успех в познании природы во многом зависит от способов картографирования рельефа, а также самих ландшафтов. Широкое применение космических снимков и нового (пластики рельефа) метода картографирования по топокартам позволило мелиораторам, геологам, биологам, географам и гидроэкологам получить практические результаты [2–5].

В настоящее время отсутствует единая методика проведения природных границ по вспомогательным для этих целей топографическим картам и аэрокосмоснимкам.

Из существующих способов членения рельефа наиболее приемлемым для геолого-геоморфологического картографирования, выявляющего пространственные структуры земной поверхности, тем самым геометрии ландшафтных рисунков, наиболее информативным оказался метод вторых производных изолиний топографических карт (метод пластики рельефа).

При необходимости эти элементы рельефа можно расчленить на еще более мелкие единицы, а также показать те или иные параметры земного пространства (крутизну, глубину вреза, тальвег, водораздел и т. д.). При этом повторяющееся сочетание микроландшафтов, связанное с однородным комплексом мезоформ рельефа, соответствует определенному типу ландшафта.

Линия, отделяющая выпуклости рельефа от его вогнутостей (рисунок 1), названа морфоизографой [5]. Она появилась на топокарте в качестве дополнительной линии к горизонтали в результате геометрического преобразования. Здесь формы изогипс преобразованы в тождественные им формы морфоизограф, что доказывается наличием геометрических инвариантов (общие линии тока, точки соприкосновения в местах перегибов и др.).



1 – горизонталы; 2 – характерные линии; 3 – тальвеги; 4 – морфоизографы;  
5, 6, 7 – гипсометрические уровни

### Рисунок 1 – Пространственный анализ топографической карты

При изучении ландшафтных рисунков следует особо обращать внимание на проблему изоморфизма природных явлений. В частности, идея изоморфизма между изогипсами и линиями равных поверхностей (грунтовых вод) захватила широкий круг ученых. Она позволяет по изогипсам топографических карт уточнять и детализировать гидроизогипсы, строить морфогидроизографы гидрогеологических карт. На последующих этапах исследований ландшафтов это будет иметь большое значение. Это обусловлено существующей взаимозависимостью и взаимообусловленностью геоморфологических и гидрогеологических параметров, которые определяют состав и строение остальных компонентов ландшафта – почв, биоценозов. Рассматривая геолого-геоморфологическую основу как консервативный фактор в ландшафтообразовании и как легкодоступный при дешифрировании аэрофотоснимков, считаем целесообразным использовать позволяющие определить границы геосистем карты пластики рельефа, на которых выделены все без исключения формы рельефа (ландшафтов) на различных иерархических уровнях. В пределах выделенных границ в масштабе 1:50000 и 1:100000 (геосистем и элементов) были рассмотрены их пространственные проявления, т. е. про-

веден анализ геометрии ландшафтных рисунков. На предварительную карту пластики рельефа (или форм земной поверхности) не наносятся генетические разновидности элементов рельефа. Но по мере необходимости в зависимости от задачи исследований можно нанести их. Например, тектонические (локальные складки, выраженные в рельефе), развивающиеся (локальные складки, установленные методом анализа гипсометрических аномалий пойм и террас, разрывные нарушения), карстово-суффозионные (карстовые воронки, пещеры), гравитационные (осыпи, оползни), структурно-денудационные (денудационные останцы, крупные и мелкие уступы), эрозийные (сухие русла и протоки, овраги, балки, промоины), аккумулятивные (крупные и мелкие уступы речных террас, выположенные уступы, конусы выноса, наземные дельты, солончаки), эоловые (пески ячеистые, бугристые), техногенные (отвалы, насыпи, карьеры, выемки).

Геометрия ландшафтных рисунков, выявленных традиционным методом и на основе карты пластики рельефа, имеет достаточно большие отличия. Их анализ позволяет получить ряд новых научных гипотез, а также иметь интересный материал в практических исследованиях. Так как геолого-геоморфологическая основа является наиболее устойчивым компонентом ландшафта, определяющим и его геометрическую форму, остановимся на ней более подробно. Каждая система имеет свой пространственный узор, который служит ее индикационным признаком, а также характеризуется количественными параметрами: шириной, длиной, глубиной от вреза литодинамических потоков [3, 4]. Преобразование проведено по определенному правилу, названному пластикой рельефа. Суть этого правила заключается в том, что морфоизограф проводится по нормали к изогипсам в точках с нулевой кривизной. Это правило открыло большие перспективы в деле познания форм земного пространства и выявления его симметрии.

При составлении цифровых карт пластики рельефа, позволяющих установить границы и размеры речных бассейнов, были в основном использованы топографические карты масштаба 1:200000, а также в некоторых случаях карты масштаба 1:100000 и уже существующие карты масштаба 1:500000.

Кроме того, при анализе поверхностных вод бассейна р. Амударья и Сырдарья, согласно плану, к уже существующим ГИС-картам были добавлены новые карты. В процессе исследований более чем на 30 топографических картах масштаба 1:50000 были проведены границы различных природных потоков методом пластики рельефа, в основном по бассейну р. Сурхандарья (рисунок 2).

На основе существующих топографических карт и космических снимков системы Google были уточнены уже существующие карты пластики рельефа с новой ситуацией и внесены изменения для выделения территории крупных речных бассейнов Узбекистана методом пластики рельефа.

Используя теорию графов, подробно разработанную Ф. Харари [6], провели классифицирование рельефа и структуры Сурхандарьинской области на базе карты пластики рельефа.

На карте пластики рельефа Сурхандарьинской области четко выделяются флювиальные формы, русловые протоки, очень незначительно эоловые формы (пески серповидные, ячеистые, пирамидальные и т. п.), широко представлены к южной части области различные формы орошаемых полей, даже сохранились небольшие участки древнего орошения, небольшие ячеи от ручного труда с квадратной симметрией.

Согласно имеющимся данным, полученным в лаборатории гидрометрии и метрологии НИИИВП МВХ РУз, химический состав коллекторно-дренажных вод в верховьях бассейна р. Сурхандарья в большинстве случаев сульфатно-хлоридно-натриево-кальциево-магниевый (СХ-НКМ), подобный состав воды с увеличением доли этих ионов наблюдается и в среднем, и в нижнем течении реки. В низовьях реки состав воды становится сульфатно-хлоридно-натриево-магниевым (СХ-НМ).



**Рисунок 2 – Пример карты пластики рельефа для Сурхандарьинской и Кашкадарьинской областей (фрагмент «Карты систем земной поверхности и почвенного покрова части Средней Азии» масштаба 1:500000 1989 г. под редакцией И. Н. Степанова, Н. И. Сабитовой и др.)**

Минерализация дренажно-сбросных вод в целом по области не высокая и мало меняется внутри года. В большинстве районов северной зоны ее значение не превышает 1,5 г/л, в южной зоне уровень минерализации коллекторных вод значительно выше, среднегодовая величина их минерализации составляет 2,8 г/л.

Формирующийся дренажно-сбросной сток на массивах орошения составляет 1030–1190 млн м<sup>3</sup>/год и отводится в водоприемники – р. Сурхандарью и Амударью.

**Выводы.** Обострение экологической ситуации в бассейне Аральского моря в значительной мере связано с влиянием сельскохозяйственной деятельности на природную среду. Оценка изменений, происходящих в результате этого воздействия, должна лежать в основе разработки системы рационального ведения сельского хозяйства и природоохранных мер. Экологическая оценка состоит в определении фактических и возможных изменений состояния природной среды, влияющих как на развитие самого сельского хозяйства, так и на условия жизни населения.

Воздействие сельского хозяйства на окружающую среду значительно и многообразно. Существует множество методов вычисления и оценки разных аспектов этого воздействия и его опасности, но нет ни одного универсального. Сложностью подобных природных систем, подверженных влиянию многообразных естественных и антропогенных факторов, которые, в свою очередь, находятся в сложных взаимосвязях и взаимозависимостях, объясняется применение множества критериев и подходов к оценке экологической опасности. Однако, вне зависимости от природы и характера данных взаимосвязей, вместе они формируют некий набор конкретных экологических ситуаций, которые могут быть распознаны, классифицированы и ранжированы.

Поэтому в статье из множества существующих методов были выбраны метод пластики рельефа и система ArcView GIS, поскольку они являются наиболее универсальным инструментом для прогнозирования гидромелиоративного состояния речных бассейнов и подземных вод в связи с антропогенным воздействием и природными яв-

лениями, а также являются математическими моделями или, как теперь принято называть, компьютерными информационными технологиями.

#### Список использованных источников

- 1 Боков, В. А. Пространственно-временная организация геосистем / В. А. Боков. – Симферополь: СГУ, 1983. – 56 с.
- 2 Явления периодической повторяемости сходных геоморфологических ситуаций / И. Н. Степанов, Н. И. Сабитова, З. Ф. Поветухина, Н. Ф. Деева, Л. П. Пейдо // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 262(5). – С. 1217–1219.
- 3 Степанов, И. Н. Формы в мире почв / И. Н. Степанов. – М.: Наука, 1986. – 192 с.
- 4 Сабитова, Н. И. Научные основы морфогадрогеометрического метода при решении географо-гадрогеологических задач (на примере Узбекистана и прилегающих территорий): автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.01 / Сабитова Наиля Исмаиловна. – Ташкент, 2002.
- 5 Метод пластики рельефа в тематическом картографировании: сб. науч. тр. / АН СССР, Науч. центр биол. исслед., Ин-т почвоведения и фотосинтеза. – Пушкино: НЦБИ, 1987. – 160 с.
- 6 Харари, Ф. Теория графов / Ф. Харари. – М.: Мир, 1973. – 300 с.

УДК 657.471:631.67

#### А. В. Слабунова

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

#### РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТОИМОСТИ УСЛУГИ ПО ПОДАЧЕ (ОТВОДУ) ВОДЫ НА ОРОШЕНИЕ

*Целью работы являлось исследование и разработка функциональной модели определения стоимости оказания услуг по подаче (отводу) воды на орошение сельскохозяйственных культур с помощью методологии IDEF0, которая позволяет представить изучаемую систему в виде набора взаимодействующих и взаимосвязанных блоков, отображающих процессы, операции, действия, происходящие в изучаемой системе. Предлагаемая модель ориентирована на: рациональное использование водных ресурсов; улучшение мелиоративного состояния орошаемых земель; улучшение экологической обстановки на окружающей территории за счет снижения объема заборов свежей воды и уменьшения поступления в водные объекты загрязненных сбросных (дренажных) вод с орошаемых земель; сокращение материальных и финансовых затрат, связанных с подачей (отводом) оросительной воды.*

*Ключевые слова: платное водопользование, услуги по подаче (отводу) воды, эксплуатационные затраты, орошение, методология IDEF0, модель.*

\*\*\*\*\*

#### A. V. Slabunova

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

#### DEVELOPMENT OF A FUNCTIONAL MODEL FOR DETERMINING THE COST OF SERVICE ON WATER DISTRIBUTION (DIVERSION) FOR IRRIGATION

*The aim of the paper was to research and develop a functional model for determining the cost of service for water distribution (diversion) for irrigating agricultural crops using the IDEF0 methodology allowing to represent the system under study as a set of interacting and interconnected blocks that depict processes, operations, actions occurring in the studied sys-*