

УДК 911.2:551.4 (477.9)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ
БАССЕЙНОВО-ЛАНДШАФТНОГО МЕТОДА**

Олиферов А. Н., Огородник И. Н.

Среди актуальных географических проблем все большее значение приобретают исследования, посвященные оптимизации природопользования.

Как отмечает С. И. Зотов [1], кроме таких принципиальных вопросов как пространственно-временная изменчивость и устойчивость геосистемы, нахождение оптимальных единиц природопользования, моделирование и прогнозирование состояния природной среды, все возрастающую роль приобретает информационное обеспечение природоохранной деятельности. Естественно, что последнее возможно только на основании развития ГИС-технологий, т.е. путем создания геоинформационных систем.

Особенности структуры и функции природопользования определяются бассейновым уровнем организации системы. Последняя состоит из следующих блоков: организационного и информационного обеспечения системы мониторинга, геоинформационной системы и управленческого блока в лице пользователей системы (рис. 1). Характеристика упомянутой выше ГИС и является в основном предметом настоящего исследования.

Бассейново-ландшафтный метод рассмотрен в ряде работ. В первую очередь – это монография Л. М. Корытного и Л. А. Безрукова [2], где этот метод называется геосистемно-гидрологическим. Основной объект в их разработках – бассейн как функциональная геосистема.

Бассейн обладает интегрирующим фактором – постоянным водным потоком, направленным по углу падения склонов и по тальвегам. В бассейне выделяется два горизонтальных функциональных уровня (склоны и гидрографическая сеть), три основных вертикальных (воздушный, топографический и подземный), а также дополнительные – водный (снежный и ледовый).

Сущность речного бассейна выражают его структуры, из которых главные, склонового строения и гидрографической сети, тесно связаны между собой. К функциям относятся трансформация осадков, дренаж и транзит вод, рельефообразующая деятельность и прочее.

Таким образом, речной бассейн представляет собой открытую географическую динамическую систему, развивающуюся в пространстве и во времени. Определенными интегральными характеристиками ее служат балансы: тепловой, водный, твердого вещества, газовый и биологический.

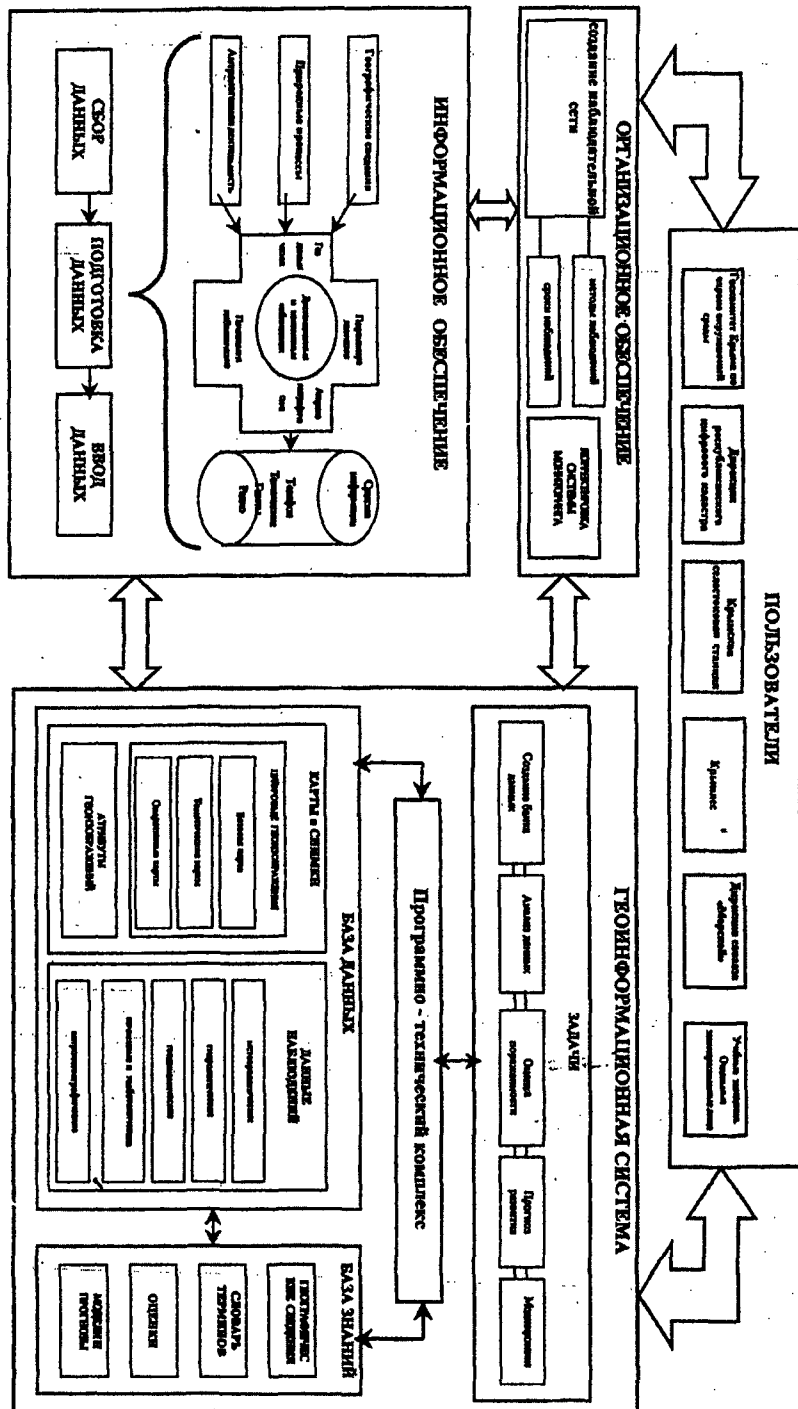


Рис. 1. Схема ИИС для целей природопользования в бассейне реки Ворон

Первоначальный вариант геоинформационной системы был разработан нами для целей мониторинга неблагоприятных природных процессов в отдельном речном бассейне [3]. В своих разработках ГИС мы исходили из положения о том, что бассейново-ландшафтные системы – оптимальные территориальные единицы мониторинга природной среды [1]. Использование элементарных бассейново-ландшафтных систем в качестве оптимальной единицы мониторинга:

1. Позволяет рационально разместить наблюдательную сеть, используя их функциональную целостность. Наблюдательную сеть необходимо размещать по пути потоков вещества, как между ландшафтами типичных элементарных бассейнов, так и в замыкающих створах. Это позволит получить информацию о состоянии природной среды, как на компонентном, так и на интегральном уровне. Для этого нами предложено в конкретных случаях изменить наблюдательную сеть [3].

2. Способствует комплексности наблюдений. Как известно, существующая наблюдательная сеть предназначена для получения информации о состоянии природных компонентов. Между тем, практика природопользования требует использования интегральных показателей состояния природной среды. К таким комплексным показателям относятся количественные и качественные характеристики речного стока (гидрологические, химические, биологические), характеризующие природно-хозяйственные условия бассейново-ландшафтных систем.

3. Обеспечивает принцип создания единой наблюдательной сети и уменьшает влияние ведомственности, проводит наблюдения по единой программе и методикам.

Таким образом, осуществление рационального природопользования является достаточно сложным процессом и требует применения ГИС-технологии. В свое время одним из авторов была составлена краткая сводка мирового опыта использования ГИС в природопользовании и охране окружающей среды [3]. Это дает возможность непосредственно перейти к составленной нами ГИС для информационного обеспечения природопользования на основе бассейново-ландшафтного метода.

Выбор бассейна реки Ворон в качестве базового модельного был не случайным. Именно в нем наиболее интенсивно проявляются неблагоприятные природные процессы. Коэффициент селеносности (отношение длины русел рек и временных водотоков, по которым проходят сели, к общей длине русел в бассейне) для бассейна р. Ворон составил 0,88 и для бассейна его притока Ай-Серез – 0,89. Коэффициент пораженности обвалами и осыпями – отношение площади, занятой обвалами и осыпями, ко всей площади бассейна - равен 0,15 (р. Ворон) и 0,25 (Ай-Серез). Пораженность оползнями для р. Ворон - 0,011.

Коэффициент густоты горизонтального расчленения для бассейна р. Ворон – 5-7 км²/км², для р. Ай-Серез – 8-16 км²/км².

При прохождении селевого паводка 1911 г. в долине р. Ай-Серез погибло 6 детей, в 1998 г. в селе около с. Ворон погиб один человек. В 1956 г. убытки от селя в

долинах р.р. Ворон и Ай-Серез составили 6 млн. руб. В бассейне р. Ворон зарегистрировано 12 активных оползней. Все это заставило разработать систему природопользования, основой которого стала ГИС.

В процессе создания локальной ГИС мы поэтапно решали следующие задачи: 1) формализация данных природопользования; 2) определение необходимых технических средств; 3) выбор программного обеспечения; 4) создание баз данных; 5) анализ данных мониторинга.

Логически БД «Бассейн реки Ворон» состоит из трех подсистем: «Карты и снимки», «Данные наблюдений» и «Базы знаний».

Сердцевину системы «Бассейн реки Ворон» образует картографический блок, состоящий из серии компьютерных карт, созданных при помощи инструмента геоинформационной технологии [4]. Карты в ГИС выполняют одновременно несколько функций. Они выступают как пространственные модели изучаемых геосистем, документы для принятия решений, средства оперативной передачи пространственно-временной информации.

Картографическая информация представлена в виде "базовой карты" – карты ландшафтов, которая содержит наиболее характерные сведения о территории. Отраслевого блока, представляющего собой серию электронных тематических карт: а) компонентных - пунктов мониторинга, гидрографическая, гидрологическая, гипсометрическая, микроформ рельефа, геологического строения, четвертичных отложений, противоденудационной устойчивости пород, геоморфологическая, неблагоприятных природных процессов и т.д., б) комплексных - антропогенной нагрузки; в) оценочно-прогнозных – интенсивности развития процессов, горизонтального и вертикального расчленения, углов наклона склонов; г) оперативных карт, непосредственно связанных с поступающими данными – карты смыва, выветривания и др. за определенный временной интервал.

Затем была произведена оценка этих материалов: физическое состояние (степень деформации), актуальность (даты выпуска и последней редакции), наличие вспомогательной информации (авторы, издатели, выходные данные проекции и т.п.) и отобраны источники для цифровых карт.

После этого для каждого источника было спланировано содержание электронной базы данных.

На третьем этапе выполнялась символизация векторной модели, составление электронной карты по уровням нагрузки, контроль и редактирование символизированной электронной карты.

Анализ рельефа осуществлен с использованием цифровой модели рельефа (ЦМР). При помощи внутренних встроенных функций Arc View и модулей Arc View Spatial Analyst, ArcView 3D Analyst была построена ЦМР бассейна реки Ворон. ЦМР бассейна послужила основой решения следующих задач - построения карт кривизны земной поверхности, крутизны земной поверхности и экспозиций склонов (рис. 2).

Для выявления зависимости рационального природопользования от количественных характеристик рельефа были построены карты горизонтального и вертикального расчленения рельефа. Основой для расчета параметров расчленения

рельефа послужила карта микроводосборов и линий стока, для построения которых использовалось расширение Hydrologic modeling v 1.1. (рис. 3).

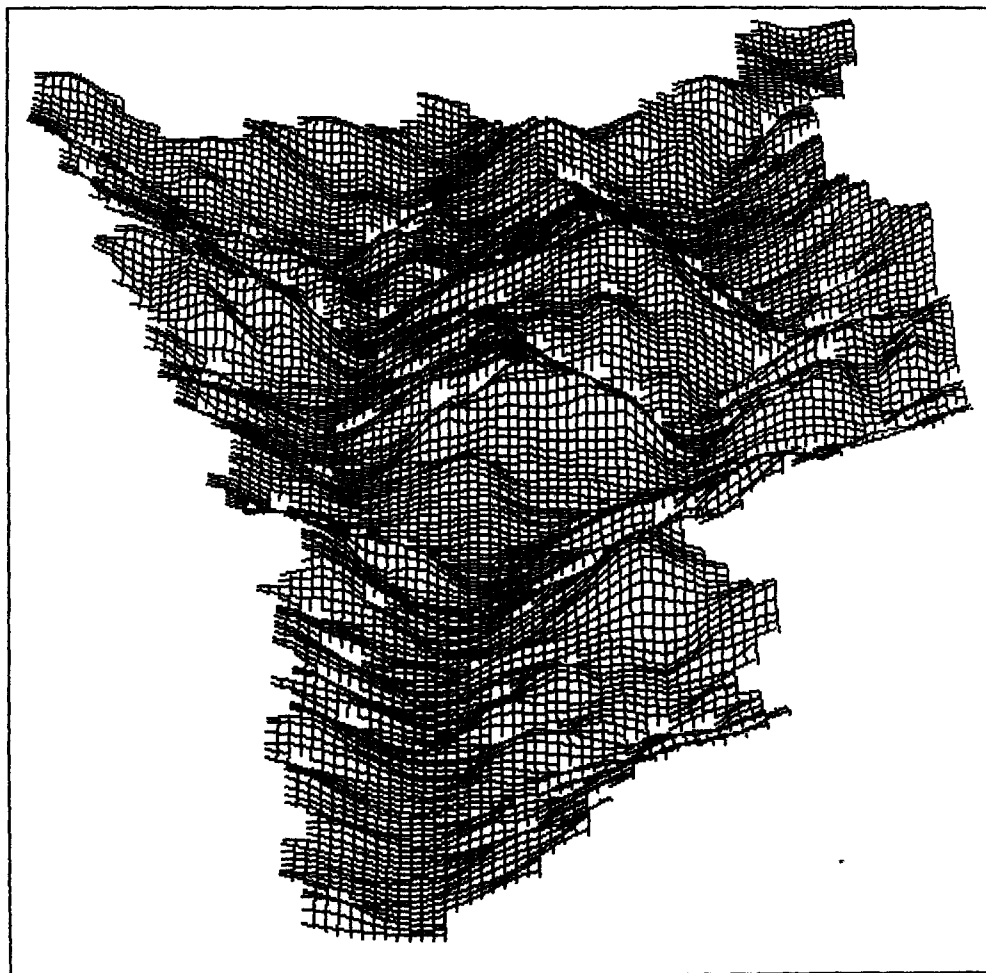


Рис.2. Трехмерная компьютерная блок-диаграмма рельефа базового модельного бассейна реки Ворон

Анализ динамики неблагоприятных природных процессов, затрудняющих природопользование, проведен с помощью ArcView и модуля ArcView Spatial Analyst были рассчитаны среднеголетние, максимальные и минимальные значения смыва и выветривания для каждой площадки за весь период наблюдений. Кроме того, для оценки интенсивности процесса выветривания (смыва) по площадкам были определены отклонения скорости выветривания (смыва) от среднеголетнего значения скорости.



Рис. 3. Карта микроводосборов

Наиболее интенсивному плоскостному смыву подвержены склоны, сложенные титонским и таврическим флишем, поэтому для расчета параметров твердого стока для зоны флиша была составлена карта углов наклона склонов, позволяющая точно определить площади равноуклонных зон. Для выделения участков, сложенных флишевыми породами, использовалась геологическая карта бассейна реки Ворон. Для определения интенсивности плоскостного смыва в пределах равноуклонных зон данные площадок были осреднены и вычислены среднемноголетние, максимальные и минимальные значения смыва для каждой зоны. Кроме того, были рассчитаны среднемноголетние, максимальные, минимальные значения смыва по сезонам и месяцам для каждой равноуклонной зоны.

В представленных таблицах даны некоторые характеристики микроводосборов в бассейне реки Ворон.

Таблица 1

Сводная таблица характеристик микроводосборов

Площадь водосбора, км ²	Количество водосборов, шт.	Общая площадь	
		км ²	%
0,05-0,300	68	9,820	19,03
0,301-0,500	65	14,976	29,59
0,501-0,800	21	14,568	28,75
0,801-1,200	5	5,630	10,45
1,201-1,500	2	3,224	5,52
1,501-1,800	2	3,782	6,66
	163	52,000	100,00

Таблица 2

Основные параметры микроводосборов в бассейне реки Ворон
(фрагмент таблицы vodosbor.dbf)

Number	Area	Perimeter	Min	Max	Range	Mean	Goriz	Vert
1	255700.0	3560.0	675.00	875.00	200.00	781.53	6.7891	200
2	279300.0	3040.0	675.00	860.84	185.83	739.84	5.5878	200
4	993000.0	5740.0	362.08	694.41	332.33	522.39	6.4109	400
3	1276700.0	8780.0	400.00	849.89	449.89	637.26	5.9616	500
73	245100.0	2680.0	263.48	545.00	281.52	403.25	5.9469	300
78	427700.0	3880.0	198.39	490.00	291.61	358.38	6.2921	300
100	141700.0	2400.0	275.00	470.63	195.63	348.16	6.4155	200
99	511700.0	4360.0	170.03	450.00	279.97	254.08	5.7109	300
102	260100.0	3880.0	154.98	350.00	195.01	212.28	6.2769	200
101	333300.0	3680.0	154.98	450.00	295.01	259.04	5.2432	300
108	213400.0	3680.0	170.04	401.57	231.53	242.23	6.4272	300
107	197800.0	2880.0	155.00	475.00	320.00	272.31	7.8131	400
104	281400.0	3020.0	275.00	505.27	230.27	418.46	5.9146	300
116	256100.0	2940.0	179.00	368.23	189.22	254.05	6.1602	200
111	215100.0	3160.0	140.17	270.21	130.04	180.28	5.9256	200
105	253700.0	4560.0	172.49	425.00	252.51	238.16	6.4567	300
103	717300.0	5080.0	190.87	492.82	301.95	330.37	6.8075	400
140	231200.0	2840.0	125.43	455.30	329.86	271.96	4.8182	400
162	352900.0	3500.0	5.00	323.82	318.82	134.29	7.1813	400
163	190580.5	1889.6	0.02	85.00	84.98	17.53	8.2456	100

Таблица 3

Основные параметры эрозионной сети бассейна реки Ворон

Длина тальвегов, м	Количество тальвегов		Протяженность	
	штук	%	км	%
0-200	1998	78,97	160,3	49,20
201-300	320	12,65	77,1	23,66
301-400	112	4,43	38,1	11,69
401-500	60	2,37	26,1	8,01
501-600	21	0,83	11,3	3,47
601-700	14	0,55	9,1	2,79
701-900	5	0,20	3,8	1,17
	2530	100,00	325,8	100,00

С помощью электронных карт было количественно определено распределение разнотипных селевых очагов в бассейне р. Ворон и ее притока - р. Ай-Серез, а также проделан ряд других вычислений, характеризующих динамику селей в модельном бассейне.

Нами была составлена электронная карта природопользования, на которую нанесены подсистемы речного бассейна (склоновая, водораздельная, русловая и долинная). Для каждой из них разработаны необходимые мероприятия по природопользованию (лесомелиоративные, мелиоративно-гидротехнические, агротехнические) (рис.4).

В северной, верхней приводораздельно-склоновой подсистеме, в целях проведения рационального природопользования рекомендуются лесохозяйственные мероприятия. Главной задачей природопользования здесь является регулирование поверхностного стока путем улучшения водоохранной роли леса. Здесь необходимо проведение следующих мероприятий: охрана горных лесов от вырубki; защита лесов от вредителей (непарный шелкопряд, дубовая листовертка, большой дубовый усач) и болезней. Для этого необходимо одымливать гексохлорановыми шашками, собирать вручную гусениц, применять биологические меры защиты; охрана горных лесов от пожаров. Необходимо увеличить обеспечение противопожарной службы современной техникой (пожарными машинами и вертолетами); реконструкция низкополнотных насаждений.

В пределах водораздельно-склоновой овражно-балочной верхней подсистемы бассейна, сложенной известняками и конгломератами, в целях рационального природопользования рекомендуются фитомелиоративные мероприятия на склонах и простые гидротехнические сооружения в руслах. Склоны здесь сложены скальными породами, на которых подготовку почвы под лесные насаждения невозможно производить с помощью бульдозеров, экскаваторов и плугов различных систем.

Поэтому фитомелиоративные мероприятия сводятся к залуживанию склонов дикорастущими видами травянистых растений (астрагал колючий, оносма, чабрец, дубровник и др.). Борьба с оползнями сводится к вывозу земляных масс оползня на самосвалах.

Что же касается мероприятий в гидрографической сети, то здесь для предотвращения селевых и эрозионных процессов рекомендуются следующие мероприятия: устройство каменных барражей в тальвегах потоков, сборно-решетчатых железобетонных барражей или поперечных сооружений из отработанных автопокрышек.

Средняя и нижняя склоново-водораздельная подсистема бассейна сложена легко разрушающимися флишевыми породами таврической серии и средней юры. Крутые, расчлененные эрозией склоны в целях предотвращения эрозии, селей и оползней требуют проведения агролесомелиоративных мероприятий и создания простых склоновых гидротехнических сооружений. При облесении горных склонов подготовку почвы следует проводить дифференцированно в зависимости от крутизны склона – сплошная обработка почвы, которая может производиться без оборота пласта с помощью рыхлителей, на склонах $8-12^{\circ}$ – плоская обработка почвы и на склонах круче 13° – террасирование с помощью универсального бульдозера. Кроме террас в этой подсистеме рекомендуется использовать склоновые гидротехнические сооружения: а) водозадерживающие валы-канавы, изготавливаемые с помощью плантажного плуга; б) водозадерживающие валы-канавы на террасах, изготавливаемые с помощью универсального бульдозера и плантажного плуга;



Рис. 4. Карта рекомендуемых мероприятий по рациональному природопользованию в бассейне р. Ворон

в) водозадерживающие траншеи, изготавливаемые с помощью универсального бульдозера и экскаватора.

Борьба с оползнями здесь сводится к вывозу земляных масс оползня на самосвалах.

Доменная подсистема бассейна р. Ворон, занятая виноградниками и в меньшей степени садами, требует для осуществления оптимизации природопользования следующих мероприятий: обработка садов и виноградников попереk склона при уклонах более 10° ; террасирование склонов крутизной более 10° для закладки новых виноградных плантаций; сооружение и расчистка селеотводящих каналов; обвалование русел рек Ворон и Ай-Серез.

Для русловой и балочной подсистемы рекомендуются гидротехнические сооружения: строительство каменных или железобетонных сборно-решетчатых запруд-барражей в руслах притоков; сооружение земляных запруд, снабженных замками и водосбросами в руслах притоков; сооружение селеотводящих каналов в нижней части русел основных притоков, пересекающих виноградные плантации; сооружение подпорных стенок и опоясок в руслах основных рек; обвалование русел главных рек бассейны; сооружение защитных стенок, ограждающих усадьбы и участки виноградников; сооружение каменных порогов в руслах балок; сооружение лотков в местах пересечения дороги селевыми руслами.

Кроме перечисленных мероприятий для разных подсистем бассейна р. Ворон, для всей его территории необходимо запретить выпас скота на крутых склонах балок и оврагов, особенно ранней весной, когда почва увлажнена.

В заключение необходимо отметить, что наиболее оптимальное решение проблемы рационального природопользования может быть найдено на стыке различных подходов, различных научных направлений, методов исследований, в которых важное место занимают методы геоинформационной технологии.

Литература

1. Зотов С. И. Бассейново-ландшафтная концепция природопользования. // Известия РАН. Сер. географическая, 1992. № 6. С. 55-56.
2. Корытный Л. М., Безруков Л. А. Водные ресурсы Ангаро-Енисейского района (геосистемный анализ). Новосибирск: «Наука», Сибирское отделение, 1990. 214 с.
3. Огородник И. Н. Использование ГИС в природопользовании и охране окружающей среды // Труды международной научной конференции «Проблемы формирования экологического мировоззрения». Симферополь, 1998. С. 208 – 209.
4. Кошкарев А.В., Каракин В.П. Региональные геоинформационные системы. М.: Наука, 1987. 126 с.

Статья поступила в редакцию 6 мая 2003 г.