

Физико-географические исследования

УДК 551.48

С.В. Будник

РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ КРЫМА ПО ФАКТОРАМ, ИМЕЮЩИМ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА НАНОСОВ

Проводится анализ факторов, оказывающих преимущественное влияние на среднегодовой сток наносов в бассейнах рек Крыма, предлагается районирование территории Крыма по факторам, имеющим преимущественное влияние на формирование среднегодового стока наносов. Приводится описание используемого метода районирования. Влияние физико-географических условий на формирование стока наносов различно. Перечисляются основные факторы, влияющие на формирование стока наносов и описывающую их модель по районам. Так, в первом районе гидрографические характеристики определяют характер зависимости, а почвенные и гидрологические – ее адекватность. Во втором районе характер зависимости в основном определяется гидрографическими и почвенными характеристиками, а точность – гидрологическими и почвенными. Предложенное районирование может быть использовано при планировании различных водоохранных мероприятий, при проектировании различных гидротехнических сооружений и т. п.

Ключевые слова: сток наносов, модель, районирование, адекватность, факторы.

Сток наносов – сложный и многокомпонентный процесс перемещения вещества в твердом виде водными потоками. Специалисты не имеют единого мнения о роли того или иного физико-географического фактора в процессе формирования взвешенных наносов, на их количественную и качественную стороны. Выдвигается ряд концепций, в которых ведущую роль в формировании наносов одни ученые отводят климату, другие – литологии, третьи – биоклиматическим условиям и т.п.

Задачей исследований было проведение анализа факторов, оказывающих преимущественное влияние на среднегодовой сток наносов в бассейнах рек Крыма и районирование территории по условиям, имеющим преимущественное влияние на его формирование.

Материалы и методы исследований

Районирование территории является одним из важнейших приемов географической науки. Это один из способов упорядочения информации. Ранее нами [1; 2] был предложен метод районирования, опирающийся на типологическое объединение объектов районирования, то есть здесь учитывается качественное сходство территорий относительно их влияния на формирование какого-либо явления. В предлагаемом методе территории, связанные потоками вещества и энергии, делятся на однородные участки, где напряженность потоков однородна. В качестве отправной таксономической единицы при районировании взят речной бассейн, так как его территория связана потоками вещества и энергии. Для бессточных территорий рекомендуется выделять замкнутые контуры с выраженной направленностью поверхностного стока к определенному понижению рельефа.

Алгоритм метода включает в себя следующие основные положения: количественное выражение данных; корреляционный анализ; многофакторный регрессионный анализ; анализ адекватности полученных моделей исходным данным; трехмерное представление модели с $n - m$ числом переменных, используя понятие «функции влияния» или иначе «преобразующего оператора», применяемое для описания моделей типа «черного ящика»; разбивка графических моделей на интервалы с одинаковым ходом изменения параметров по осям X и Y с последующим анализом влияния факторов в интервалах; районирование исследуемой территории по однотипности воздействия факторов согласно выделяемым интервалам (картируя интервалы).

Данный метод районирования целесообразно применять с целью выявления однородных участков, где зависимая переменная определяется однородным набором данных и формой зависимостей. К примеру, с учетом целей сельского хозяйства можно выявить для конкретной территории какой набор факторов будет здесь определять урожайность конкретной культуры, что можно использовать с целью выявления первоочередности проведения хозяйственных мероприятий для повышения урожайности конкретной культуры, не вступающих в противоречие с состоянием природных объектов.

Возможность объединения количественных данных по различным речным системам в один ряд определяется степенью однородности имеющихся данных по каждой системе критерием Стьюдента.

Из имеющегося набора данных корреляционным анализом определяются наиболее коррелирующие факторы с характеристиками, отражающими процессы перемещения и развития.

Затем проводится многофакторный регрессионный анализ, для выяснения формы взаимосвязей факторов и степени этой взаимосвязи. Многофакторный анализ рекомендуется проводить методом Брандона или любым другим, где есть перемножение факторов.

Затем исходный ряд переменных представляют в виде функций влияния, то есть по полученной многофакторной зависимости поочередно перемножаются все факторы кроме одного, для получения трехмерных графических моделей, где одна переменная – результирующий фактор, вторая – фактор, оставшийся не перемноженным, и третья – произведение остальных факторов, то есть функция влияния. Таким образом, мы можем отследить влияние конкретного фактора на процесс при суммарном воздействии остальных факторов.

Полученные таким образом трехмерные модели разбиваем на интервалы согласно изменению градиентов по обеим осям. В каждом интервале проводим корреляционный анализ данных и определяем наиболее значимые факторы в интервале. Затем границы интервалов наносим на карты, получаем столько карт, сколько факторов в модели. Последующим наложением карт и сравнением значимости факторов в интервалах определяем границы районов территорий с определенным набором факторов, отвечающих за процесс в данном районе.

Рассматривалась часть Крымского полуострова, на которой есть постоянные водотоки и посты наблюдений за стоком наносов. Остальная часть полуострова имеет временные водотоки, на которых наблюдения за стоком воды и наносов не производятся, в основном это равнинная часть Крыма, где имеется множество бессточных участков. Здесь даже на реках, формирующихся в горной части Крыма, не редко может отсутствовать сток в маловодные годы и периоды года. Так, на реке Салгир ближе к устью часто наблюдается пересыхание русла, сток воды в русловых отложениях и т.п. То есть как таковой сток наносов практически не развивается, сформировавшиеся потоки воды временных водотоков редко приобретают значительную размывающую и транспортирующую способность.

Результаты и обсуждение

Анализ режимных материалов наблюдений гидрометслужбы за стоком наносов в бассейнах рек Крыма показал, что в целом по Крыму наибольшее влияние на формирование стока наносов оказывают такие факторы, как: расход воды, густота речной сети, уклон склона, площадь водосбора, средняя высота водосбора, лесистость территории, длина реки от наиболее удаленной точки речной системы, влажность завядания и общая пористость почвы (0-20 см слоя), скорость впитывания воды в почву. Однако аппроксимация моделей стока наносов с этими факторами показала высокую относительную ошибку расчета. Поэтому данные были разбиты на три группы согласно существующим основным водоразделам Крыма: северный склон (I район), северо-западный склон (II район) и южный склон (III район). Для сокращения перечисления факторов в случае, если влияние на формирование стока наносов оказывает ряд факторов, которые можно объединить в одну из генетических групп (водно-физические свойства почв (почвенные), гидрографические, гидрологические), перечисление факторов заменялось на указание названия группы. Под гидрографическими факторами понимаются следующие факторы: площадь водосбора, средняя высота водосбора, расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, густота речной сети и т. п. Под водно-физическими свойствами почв понимается наименьшая влагоёмкость, влажность завядания, аэрация при наименьшей влагоёмкости, общая пористость 0-20 см слоя почвы и т. п. В случае если какой-то из факторов группы оказывается более значимым, чем другие в группе, он указывается отдельно.

Для северного склона (реки бассейна Азовского моря) модель для оценки стока наносов (g_1 , т/км²) выглядит следующим образом:

$$g_1 = x_1 * x_2 * x_3 * x_4 * x_5;$$

$$x_1 = 250 + 6951000F^{-4};$$

$$x_2 = 364,3 + 79,35Cb + 1076/Cb^2;$$

$$x_3 = 1,785 - 0,00195h - 4384/h^2;$$

$$x_4 = 0,228 + 309,7Lt^{-4};$$

$$x_5 = 21920000fl^{-3,922}$$

где F - площадь водосбора, км²; Cb - скорость впитывания воды в почву, мм/мин; h - среднегодовой слой стока воды, мм; Lt - расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, км; fl - лесистость водосбора, %.

Порядок следования факторов в модели определяет их значимость: площадь водосбора, скорость впитывания воды в почву, слой стока воды, расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, лесистость водосбора. Относительная ошибка модели составляет 49 %, абсолютная ошибка = 471 т/км², коэффициент корреляции = 0,94, критерий качества 0,33.

На северо-западном склоне (реки бассейна Черного моря) значимость факторов в модели убывает в следующем порядке: густота речной сети (K , км/км²), расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, влажность завядания для слоя 0-20 см почвы (Bz , %), площадь водосбора, минимальный расход воды ($q \text{ min}$, м³/с), средняя высота водосбора (H , м), уклон водосбора средний Ic , лесистость водосбора, скорость впитывания воды в почву. Модель для оценки стока наносов (g_2 , т/км²) выглядит следующим образом:

$$g_2 = x_1 * x_2 * x_3 * x_4 * x_5 * x_6 * x_7 * x_8 * x_9;$$

$$x_1 = 0,001827K^{-7,614} \exp(13,53K);$$

$$x_2 = 5,986 * 0,8315^{Lt};$$

$$x_3 = 6,367 - 91070Bz^{-4};$$

$$x_4 = 4,93F^{-0,679};$$

$$x_5 = 1/(0,9293 - 6,607q \text{ min} + 25,34q \text{ min}^2);$$

$$x_6 = 1/(0,8279 + 0,0003443H);$$

$$x_7 = Ic/(2,738 + 1,005Ic);$$

$$x_8 = 1/(1,597 - 0,01066fl - 0,0000415fl^2);$$

$$x_9 = 1/(88,6 - 64,67Cb + 11,84Cb^2),$$

Относительная ошибка модели составляет 26 %, абсолютная ошибка = 286 т/км², коэффициент корреляции = 0,99, критерий качества 0,11.

Для южных склонов: значимость факторов в модели убывает в следующем порядке: площадь водосбора, густота речной сети, расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, средняя высота водосбора. Модель для оценки стока наносов (g_3 , т/км²) выглядит следующим образом:

$$g_3 = x_1 * x_2 * x_3 * x_4;$$

$$x_1 = 1055 - 4,737F + 0,00338F^2;$$

$$x_2 = K/(0,9713 - 0,6366K);$$

$$x_3 = 2,072 - 0,01636Lt - 239,8/Lt^2;$$

$$x_4 = 0,9993 + 45790000H^{-4}.$$

Относительная ошибка модели составляет 12 %, абсолютная ошибка = 10,5 т/км², коэффициент корреляции = 0,99, критерий качества 0,06.

Набор влияющих факторов во всех случаях различен, что и является причиной недостаточной точности обобщенных моделей.

Влияние физико-географических условий на характер и адекватность зависимостей различен. Так, в первом районе гидрографические характеристики определяют характер зависимости, а почвенные и гидрологические – ее адекватность. Во втором районе характер зависимости в основном определяется гидрографическими и почвенными характеристиками, а точность гидрологическими и почвенными.

Южные склоны Крымских гор более крутые по сравнению с северными и северо-западными, что и отразилось в составе зависимостей. Для Южных склонов (III район) преимущественное влияние на сток наносов оказывает морфометрия склонов. Из основных гидрографических характеристик здесь на характер зависимости наибольшее влияние оказывают площадь водосбора и расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, а на адекватность – густота речной сети и средняя высота водосбора.

Внутри выделенных районов влияние факторов на формирование стока наносов также оказалась неоднозначной, степень их значимости на формирование стока наносов меняется.

На основе приведенного выше метода районирования, территория исследуемых районов Крыма была продифференцирована по факторам, в наибольшей степени влияющих на формирование среднегодового стока наносов (рис.).

Порядок перечисления факторов соответствует значимости влияния фактора на среднегодовой сток наносов в данном районе.

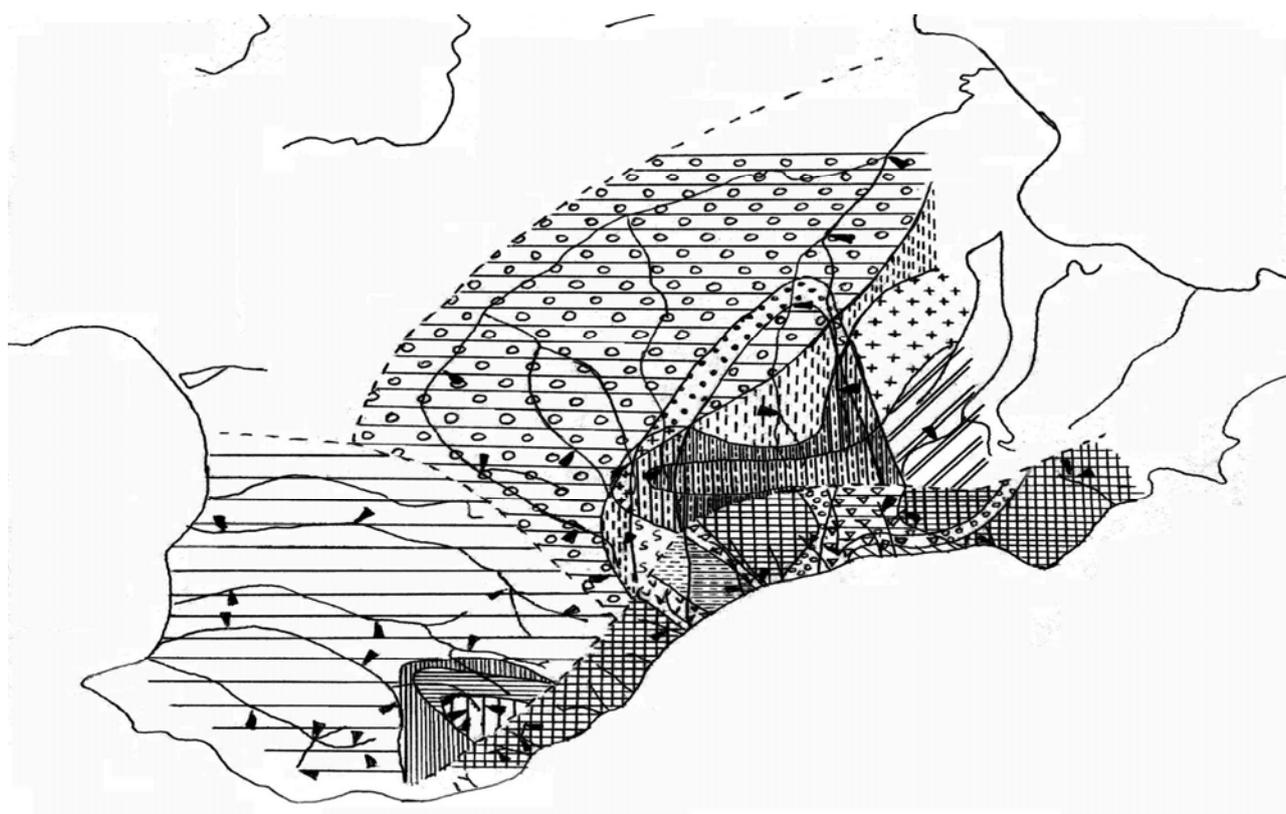


Рис. Районирование территории Крыма с постоянными водотоками по условиям, имеющим преимущественное влияние на формирование среднегодового стока наносов
Условные обозначения:

▼ - створы наблюдений за характеристиками стока воды и наносов.

I район

- 1  – лесистость, гидрография, водно-физические свойства почв;
- 2  – гидрография, лесистость, сток воды;
- 3  – гидрография, лесистость;
- 4  – гидрография, сток воды, лесистость;

II район

- 5  – гидрография, минимальный сток воды, наличие гравитационной влаги в почве, лесистость;
- 6  – длина водотока, наличие гравитационной влаги в почве;
- 7  – гидрография, наличие гравитационной влаги в почве;
- 8  – длина водотока, наличие гравитационной влаги в почве, водно-физические свойства почв;
- 9  – гидрография, водно-физические свойства почв, наличие гравитационной влаги в почве;
- 10  – гидрография, наличие гравитационной влаги в почве, минимальный сток воды, лесистость;
- 11  – длина водотока, наличие гравитационной влаги в почве, густота речной сети;
- 12  – гидрография, наличие гравитационной влаги в почве, минимальный сток воды;

III район

- 13  – площадь водосбора, длина водотока, средняя высота водосбора, водно-физические свойства почв, густота речной сети;
- 14  – площадь водосбора, длина водотока, средняя высота водосбора, густота речной сети, водно-физические свойства почв;
- 15  – площадь и средняя высота водосбора, густота речной сети, длина водотока, водно-физические свойства почв;
- 16  – площадь водосбора, густота речной сети, средняя высота водосбора, длина водотока, водно-физические свойства почв;
- 17  – площадь водосбора, густота речной сети, средняя высота водосбора, длина водотока;
- 18  – площадь водосбора, густота речной сети, средняя высота водосбора;
- 19  – площадь и средняя высота водосбора, густота речной сети;
- 20  – площадь и средняя высота водосбора, густота речной сети, длина водотока;

Заключение

Установлено, что рассмотрение формирования стока наносов в условиях Крыма целесообразно проводить по трем основным районам, согласно направления стекания рек с горного массива Крымских гор: северный склон (I район), северо-западный склон (II район) и южный склон (III район). Для каждого из перечисленных районов состав и значимость влияющих факторов отличаются, поскольку сами районы отличаются по особенностям увлажнения и направления подхода воздушных масс, а также крутизны и длины горных склонов. На северном склоне (реки бассейна Азовского моря) наибольшее влияние на формирование стока наносов оказывают: площадь водосбора, скорость впитывания воды в почву, слой стока воды, расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, лесистость водосбора. На северо-западном склоне (реки бассейна Черного моря) значимость факторов в модели убывает в следующем порядке: густота речной сети, расстояние от наиболее удаленной точки речной системы, влажность завядания для слоя 0-20 см почвы, площадь водосбора, минимальный расход воды, средняя высота водосбора, уклон водосбора средний, лесистость водосбора, скорость впитывания воды в почву. На южных склонах (III район) преимущественное влияние на сток наносов оказывает морфометрия склонов.

Районирование территорий находит широкое применение в различных отраслях науки как один из приемов обобщения в целях определения в качественной или количественной форме различных характеристик земной поверхности и т.п. Предложенное районирование может быть использовано при планировании различных водоохранных мероприятий, при проектировании различных гидротехнических сооружений и т. п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будник С.В. Системный аналитико-графический метод многокритериального районирования // Информ. Листок №7-96/р. Луганск: ИОП УААН, 1996. 4 с.
2. Будник С.В. Метод районирования, адаптированный к реализации на ЭВМ // Материали ГІС – форуму. Київ, 1998. С. 27-28.

Поступила в редакцию 20.02.18

S.V. Budnik

REGIONALIZATION OF CRIMEA TERRITORY BY THE FACTORS HAVING PRIMARY INFLUENCE ON THE FORMATION OF SEDIMENT RUNOFF

In this work the analysis of the factors having primary influence on a mid-annual drain of deposits in the basins of rivers of Crimea is carried out; division of Crimea territory into districts by the factors having primary influence on the formation of a mid-annual drain of deposits is offered. The description of a method of regionalization used is given. Influence of physical-geographical conditions on the formation of sediment runoff is various. The major factors influencing formation of a drain of deposits and a model describing them by areas are listed. So, in the first area hydrographic features define a character of dependence, and soil and hydrological features – its adequacy. In the second area a character of dependence is defined basically by hydrographic and soil characteristics, and accuracy – by hydrological and soil features. The offered regionalization can be used at planning various water-security actions, at designing various hydraulic engineering constructions, etc.

Keywords: drain of deposits, sediment runoff, model, regionalization, adequacy, factors.

REFERENCE

1. Budnik S.V. Sistemnyj analitiko-graficheskij metod mnogokriterial'nogo rajonirovanija // Inform. Listok №7-96/r. Lugansk: IOP UAAN, 1996, 4 p. (in Russ.).
2. Budnik S.V. Metod rajonirovanija, adaptirovannyj k realizacii na IVM // Materiali GIS – forumu, Kiev, 1998, pp. 27-28 (in Russ.).

Будник Светлана Васильевна,
доктор географических наук, главный научный сотрудник
Институт водных проблем и мелиорации
Национальной академии аграрных наук Украины
03022, Украина, г. Киев, ул. Васильковская, 37
E-mail: svetlana_budnik@ukr.net

Budnik S.V.,
Doctor of Geography, Main scientific employee
Institute of Water Problems and Land Improvements
National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine
Ukraine, Kiev, Vasilkovskaja st., 37, 03022
E-mail: svetlana_budnik@ukr.net