

УДК 550.83: 556.38

Ր.Տ. ՄԻՆԱՅԱՆ, Վ.Ս. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

УТОЧНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОТОКОВ НА ОСНОВАНИИ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ

Получение полевых данных о строении рельефа региональных водоупорных пород вулканических областей является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому для достижения максимально возможной информации из имеющегося материала, наряду с традиционными, предлагается использовать нестандартные способы обработки. Один из таких – тренд-анализ, примененный впервые для уточнения пространственного положения палеодолин в пределах Варденисского хребта.

Для установления распределения подземного стока вулканических регионов и вероятных путей их движения обычно составляются карты и разрезы регионально-водоупора. При их построении используются, главным образом, данные буровых скважин и геофизических исследований [1,2]. Однако значительные мощности лав, превышающие несколько сот метров, сложное морфологическое строение вулканических хребтов приводят к неравномерности в распределении точек наблюдений (буровых скважин и пунктов электрозондирования); из-за сложности дневного рельефа хребтов сильно искажаются графики электрозондирования, особенно для территорий, расположенных на гипсометрических отметках свыше 2500-2600 м, а на некоторых участках практически невозможно их выполнение. Во всех указанных случаях при обработке полевых материалов для получения дополнительной и необходимой информации по уточнению пространственного распределения подземного стока нами, наряду с традиционными способами, рекомендуется также применение тренд-анализа результативных карт. Так как этот способ анализа для целей гидрогеологии вулканических районов используется впервые, то на нем остановимся несколько подробнее [3].

Известно, что термин “тренд” означает любые систематические изменения, которые наблюдаются, например, на карте изучаемого признака. Тренд-анализ в нашем понимании – это применение математического аппарата для разделения двух компонентов поля: регионального и локального. При исследовании распределения подземного стока, когда определяются глубины залегания регионального водоупора и местоположение русла палеодолин, результаты полевых наблюдений в первом приближении обусловлены следствием таких морфологических факторов, как общий наклон палеорельефа (региональная аномалия) и наличие палеодолины (локальная аномалия). Аппроксимирующая функция регионального тренда может быть линейной (линейный тренд), параболической (параболический тренд) или же более сложной – кубической и более высокого порядка. Тренд-анализ обычно рассматривается как один из вариантов статистического метода множественной регрессии, и поэтому все приемы обработки данных могут быть взяты из регрессионного анализа.

Рассматриваемый нами тренд представлен в виде линейной функции между географическими координатами (X , Y) пунктов зондирования и буровых скважин и глубин залегания (H) регионального водоупора. В качестве примера рассмотрим

тренд-анализ карты регионального водоупора для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Варденисского нагорья. По данным условных координат 88-ми точек наблюдений (электроразведки и буровых скважин) и фактических глубин залегания кровли регионального водоупора решены линейные уравнения первой (линейный тренд) и второй (параболический тренд) степени.

Уравнение для поверхности тренда первой степени записано в следующей форме:

$$H_p = b_0 + b_1 Y + b_2 X, \quad (1)$$

где Y (ордината), X (абсцисса) – географические (условные) координаты; H_p – расчетная глубина залегания кровли регионального водоупора; b_0 , b_1 и b_2 – искомые полиномиальные коэффициенты.

Решена следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} \sum H_p &= b_0 n + b_1 \sum Y + b_2 \sum X, \\ \sum H_p Y &= b_0 \sum Y + b_1 \sum Y^2 + b_2 \sum YX, \\ \sum H_p X &= b_0 \sum X + b_1 \sum YX + b_2 \sum X^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Суммирование в этих и последующих уравнениях проводится от 1 до $n = 88$. С использованием исходных данных определены следующие промежуточные расчетные величины:

$$\begin{aligned} \sum Y &= 1130, & \sum X &= 820, & \sum H_p &= 163785 \\ \sum Y^2 &= 15971, & \sum X^2 &= 11045, \\ \sum H_p Y &= 1539797, & \sum H_p X &= 2051297, & \sum YX &= 10158. \end{aligned}$$

Для решения уравнение (2) записано в матричной форме

$$\begin{bmatrix} n & \sum Y & \sum X \\ \sum Y & \sum Y^2 & \sum YX \\ \sum X & \sum YX & \sum X^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum H_p \\ \sum H_p Y \\ \sum H_p X \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Подставим в уравнение (3) вычисленные промежуточные значения

$$\begin{bmatrix} 88 & 1130 & 820 \\ 1130 & 15971 & 10158 \\ 820 & 10158 & 11045 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 163785 \\ 1539797 \\ 2051297 \end{bmatrix}.$$

Решением матричного уравнения относительно полиномиальных коэффициентов установлены

$$b_0 = 2309.3; \quad b_1 = 0.26; \quad b_2 = -35.12.$$

Подставив полученные значения коэффициентов в уравнение (1), окончательно для линейной поверхности тренда имеем

$$\bar{H}_p = 2309.3 + 0.26Y - 35.12X. \quad (4)$$

С помощью этой формулы определены расчетные величины (\bar{H}_p) глубин залегания регионального водоупора, а затем вычислены разности фактических (H_p – по полевым наблюдениям) и расчетных величин ($\Delta H' = H_p - \bar{H}_p$). На основании

данных \bar{H}_p и $\Delta H'$ составлены две карты – для поверхностей линейного тренда и разностей тренда первой степени. Анализ обеих карт показывает, что наличие отклонений от общего наклона палеорельефа свидетельствует о том, что полученные

разности $\Delta H'$ не случайны и содержат компоненты второго и более высокого порядка, т.е. обосновывается нелинейность рассматриваемого тренда. Для еще большего приближения к действительным природным условиям строения палеорельефа решено уравнение для поверхности тренда второго порядка. Оно записано в виде

$$H_p = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4Y^2 + b_5XY \quad (5)$$

и содержит такие компоненты, как квадраты географических координат и их смешанные произведения. При решении уравнения (5) повторена процедура решения уравнения (1). При этом уравнение (5) в матричной форме будет

$$\begin{bmatrix} n & \sum Y & \sum X & \sum Y^2 & \sum YX & \sum X^2 \\ \sum Y & \sum Y^2 & \sum YX & \sum Y^3 & \sum Y^2X & \sum YX^2 \\ \sum X & \sum YX & \sum X^2 & \sum Y^2X & \sum YX^2 & \sum X^3 \\ \sum Y^2 & \sum Y^3 & \sum Y^2X & \sum Y^4 & \sum Y^3X & \sum Y^2X^2 \\ \sum YX & \sum Y^2X & \sum YX^2 & \sum Y^3X & \sum Y^2X^2 & \sum Y^2X^2 \\ \sum X^2 & \sum YX^2 & \sum X^3 & \sum Y^2X^2 & \sum YX^3 & \sum X^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sum H_p \\ \sum H_p Y \\ \sum H_p X \\ \sum H_p Y^2 \\ \sum H_p YX \\ \sum H_p X^2 \end{bmatrix}$$

Оно решено на ЭВМ с помощью стандартной программы. Результаты решения приводятся ниже.

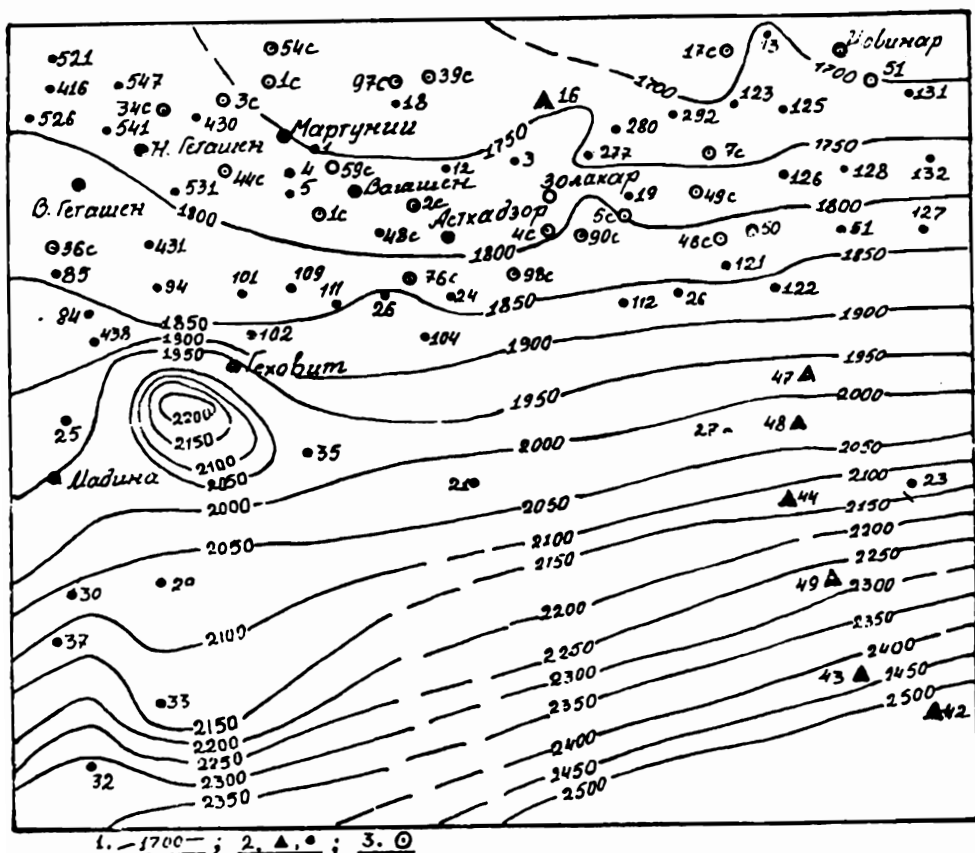


Рис. 1. Поверхность тренда второй степени, построенная для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Варденисского нагорья. 1 — изолинии, метр; 2 — пункты электрозондирования; 3 — скважины, вскрывшие породы регионального водоупора.

$$\begin{aligned} \Sigma H_n &= 163785, & b_0 &= 2334,973, \\ \Sigma H_n Y &= 1540757, & b_1 &= 7,860839, \\ \Sigma H_n X &= 2049750, & b_2 &= -56,1493, \\ \Sigma H_n Y^2 &= 21023416, & b_3 &= 0,545202, \\ \Sigma H_n YX &= 18490079, & b_4 &= -1,41674, \\ \Sigma H_n X^2 &= 28640256. & b_5 &= 1,482188. \end{aligned}$$

После постановки полиномиальных коэффициентов в выражение (5) для уравнения поверхности тренда второго порядка получена формула

$$\bar{H}_p = 2335,0 + 7,86X - 56,15Y + 0,54X^2 - 1,42Y^2 + 1,48XY. \quad (6)$$

Путем вычитания из фактического (H_p) расчетных значений (\bar{H}_p), т.е.

$\Delta H'' = H_p - \bar{H}_p$, составлены новые две карты: для поверхности тренда второй степени (рис. 1) и для разностей значений карты регионального водоупора (H_p) и тренда второй степени (\bar{H}_p) (рис. 2).

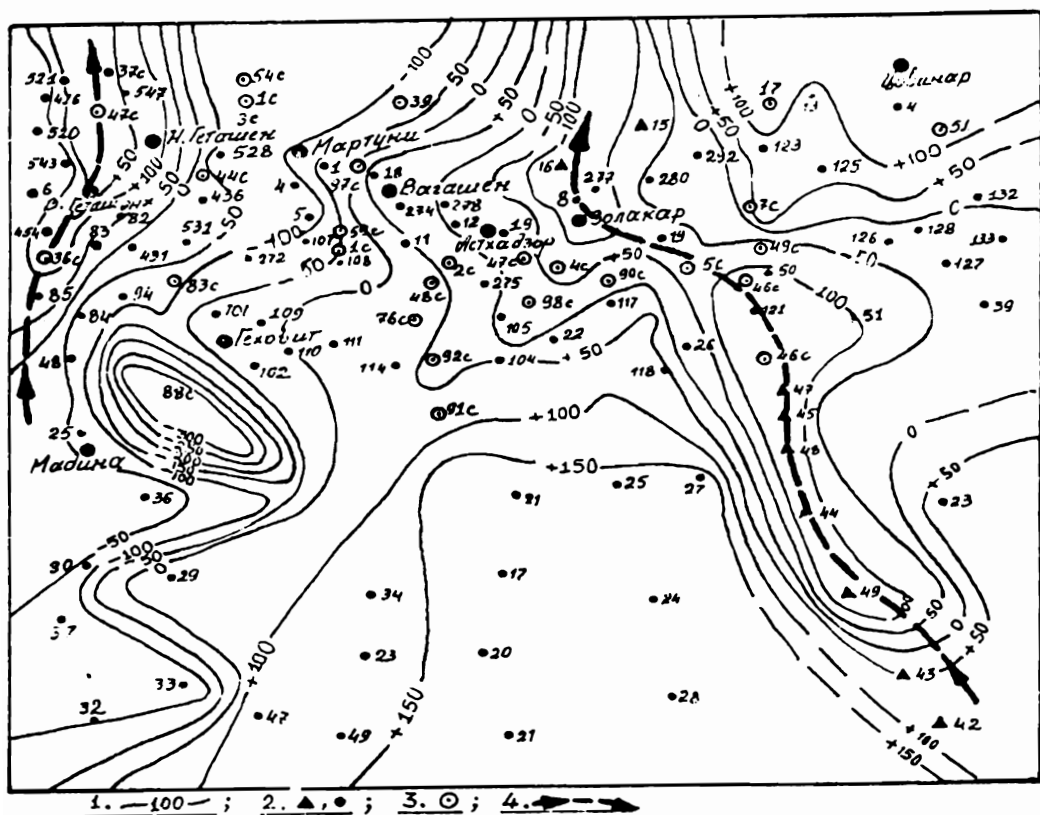


Рис. 2. Карта разностей значений карты регионального водоупора и тренда второй степени для планшета К-38-139-Г (Мартуни) Вardeniского нагорья. 1 — изолинии, метр; 2 — пункты электророндирования; 3 — скважины, вскрывшие породы регионального водоупора; 4 — палеодолина.

В обоих случаях вычитание тренда от первичной карты регионального водоупора ($\Delta H' = H_{\Phi} - \bar{H}_p$, $\Delta H'' = H_{\Phi} - \bar{\bar{H}}_p$) использовано как фильтр высокой пропускной способности, устраняющий крупномасштабные структурные вариации из сводной карты и сохраняющий мелкомасштабные характерные черты палеорельефа региона.

Рассмотрение результативных карт регионального водоупора, составленных с использованием формул (4) и (6), показывает, что достаточно хорошо картируются два подземных водотока (палеодолины) соответственно в западной и восточной частях площади. Однако, учитывая более высокую степень точности построения рельефа регионального водоупора по значениям $\Delta H''$, конфигурацию палеодолин по этой карте (рис.2) следует считать более близкой к действительным условиям. Это обстоятельство особенно важно при определении мест заложения скважин на воду. Следует также отметить, что с помощью этих формул рассчитаны дополнительные значения глубин регионального водоупора, что позволило (с определенной точностью) получить информацию по уточнению распределения подземного стока исследуемых площадей.

Кафедра геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

Поступила 11. 02. 1998

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Армянской ССР. Гидрогеология. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1974, т. VIII.
2. Изучение подземных вод вулканических областей геофизическими методами. Составитель Р.С. Минасян. М.: Недра, 1989.
3. Крамбейн У., Грейболл Ф. Статистические модели в геологии. М.: Изд-во Мир, 1969.

Ի.Ս. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Վ.Պ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ՍՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ՋՐԱՀՈՍՔԵՐԻ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԴԻՐՔԻ ՃՇԳՐՏՈՒՄԸ
ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՎԵՐՈՒՈՒԾՄԱՆ
ՀԻՍԱՆ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ստորերկրյա ջրահոսքերի բաշխվածության պարզաբանման համար կազմված քարտեզագրական նյութերի մշակման և նրանց լրացման նպատակով առաջարկվում է կիրառել դաշտային տվյալների մաթեմատիկական տրենդ-վերլուծում: Այն առաջին անգամ օգտագործված է հրաբխածին շրջաններում կատարված հյուլտերկրաբանական և երկրաֆիզիկական նյութերի համատեղ մշակման և մեկնաբանման համար:

Հնանունների տարածական դիրքի ճշգրտման նպատակով տվյալների տրենդ-վերլուծման արդյունավետությունը և անհրաժեշտությունը ցույց է տրված Վարդենիսի լեռնաշղթայում կատարված համայնր աշխատանքների օրինակի վրա: