

могут дать положительных результатов. Он будет полезен также для створов и участков с резким изменением стока, которое наблюдается при слиянии водотоков или впадении крупного притока в главную реку.

Использование карт, относящихся к разным периодам в зонах активного антропогенного влияния, дает возможность оценить его масштабы. Особенно это относится к случаям перераспределения площадей водосборов и стока при мелиорации заболоченных территорий.

Таким образом, использование топографических карт в гидрологии может быть расширено для гидрологического обоснования водохозяйственных проектов, включая проекты комплексного использования и охраны водных ресурсов с учетом антропогенного воздействия на водный режим.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришанин К.В. Устойчивость русел рек и каналов. — Л., 1974.
2. Железняков Г.В. Теоретические основы гидрометрии. — Л., 1968.
3. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. — Л., 1972.
4. Сергутин В.Е. О гидравлично-гидрометрическом способе определения расхода воды в открытых потоках. — Метеорология и гидрология, 1976, № 6.
5. Невский В.В. Использование гидроморфометрических зависимостей для определения максимальных расходов воды. — Транспортное строительство, 1971, № 11.
6. Барышников Н.Б., Субботина Е.С. Об изменении морфометрических характеристик по длине реки. — Метеорология и гидрология, 1976, № 3.
7. Филиппович И.М. О средних скоростях течения рек. — В кн.: Вопросы водохозяйственного строительства. Минск, 1969.
8. Крят В.М. Методика оценки водных преград. — М., 1978.
9. Можухин О.А. Расчет среднемеженного уровня рек при изображении их на топографических картах. — Геодезия и картография, 1973, № 5.

УДК 628.111

Б.М. ГОНЧАРОВ, и.о. доц. (БПИ)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРА СМЕЩЕНИЯ ДОЖДЯ

Смещение дождя является одним из факторов, определяющих условия формирования стока. Причем, как это показано в [1], значение имеет как модуль, так и направление, т.е. вектор скорости смещения дождя.

В настоящей работе рассматривается возможность определения вектора смещения дождей по данным плювиографических наблюдений. Использование этих данных позволит уже теперь сделать предварительные выводы о значимости этого явления, целесообразности организации специальных наблюдений. Под смещением дождя в настоящей работе понимается направленное перемещение его фаз по территории.

Предварительный анализ данных плювиографических наблюдений на Прибалтийской воднобалансовой станции показывает, что дожди могут иметь устойчивый вектор смещения (постоянные во всех точках водосбора модуль и направление), неустойчивый вектор смещения или быть несмещающимися (одноименные фазы дождя наблюдаются во всех точках водосбора одновременно либо момент прохождения этих фаз носит случайный характер).

При устойчивом векторе для установления самого факта смещения дождя достаточно иметь данные одновременных плевниографических наблюдений по двум пунктам. Однако для определения вектора смещения этих данных недостаточно. Поясним это на примере. Пусть в пунктах А и В (рис. 1), расстояние между которыми L , прохождение одной и той же фазы дождя (например, максимума интенсивности) наблюдалось в моменты T_A и T_B , причем $T_B > T_A$. Тогда условный вектор смещения дождя (условность в том смысле, что направление смещения дождя предполагается совпадающим с направлением прямой, соединяющей пункты А и В) будет определяться направлением от В к А и модулем $|\vec{AB}| = \frac{L}{T_B - T_A}$. Полученное направление

и модуль не определяют, однако, действительный вектор смещения дождя. Так, если фронт дождя проходит по линии BM , то действительное направление смещения дождя будет совпадать с направлением прямой AB' (нормаль к прямой BM), а его модуль $|\vec{AB'}| = |\vec{AB}| \cos \alpha'$. Если же фронт дождя проходит по линии BN , то направление смещения будет совпадать с направлением прямой AB'' (нормаль к прямой BN) а его модуль $|\vec{AB''}| = |\vec{AB}| \cos \alpha''$. Эта неопределенность устраняется, если имеются данные одновременных наблюдений по трем (А, В, С) или более пунктам. В случае трех пунктов

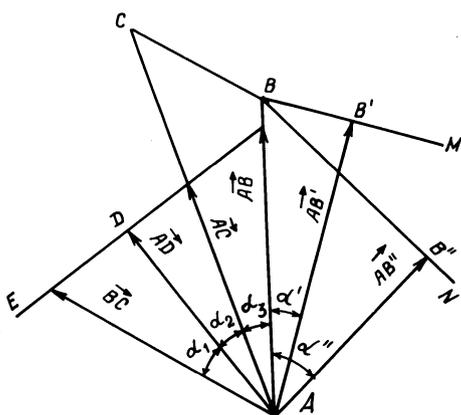


Рис. 1. Определение вектора смещения дождя графическим способом.

наблюдений будут известны три условных вектора \vec{AB} , \vec{AC} , \vec{BC} (при двух пунктах наблюдений известен только один условный вектор).

Модуль $|\vec{AD}|$ действительного вектора смещения дождя связан с условными векторами уравнением $|\vec{AD}| = |\vec{BC}| \cos \alpha_1 + |\vec{AC}| \cos \alpha_2 + |\vec{AB}| \cos \alpha_3$. Причем концы условных векторов, приведенных к общему началу (за общее начало принята точка А), будут лежать на одной прямой DE , определяющей положение фронта дождя в некоторый момент времени. Прямая AD , нормальная к прямой DE , устанавливает действительный вектор смещения дождя. Таким образом, при устойчивом векторе смещения дождя направление его будет определяться нормалью к прямой, проходящей через концы условных векторов, приведенных к общему началу. Модуль вектора смещения равен произведению модуля условного вектора на косинус угла между условным и действительным векторами.

При неустойчивом векторе смещения дождя его можно характеризовать осредненным модулем и направлением. При этом правило определения осредненного вектора остается таким же. Однако в этом случае концы условных векторов, приведенных к общему началу, не лежат на одной прямой.

Будет иметь место некоторое отклонение. Ошибка в определении осредненного вектора зависит от числа использованных пунктов наблюдений: чем их больше, тем меньше ошибка.

Число получаемых условных векторов равно числу сочетаний, которые можно составить из n пунктов наблюдений по два и определяется известной

$$\text{формулой } C_n^{(2)} = \frac{n!}{2!(n-2)!} .$$

При большом числе пунктов наблюдений определение вектора лучше производить аналитически. Методику определения рассмотрим на примере дождя, наблюдавшегося на Прибалтийской водно-балансовой станции 14 августа 1969 г. Для определения вектора смещения дождя были построены плювиограммы, полученные на 8 постах этой станции, и по ним определены моменты прохождения характерной фазы на каждом посту.

В качестве характерной фазы принималось начало 10-минутного периода с наибольшей средней интенсивностью дождя. Затем для каждого из 28 сочетаний постов были определены расстояния между ними (расстояния определялись по схеме расположения постов), разность моментов прохождения характерной фазы, модули и направления условных векторов. Координаты Y_K и X_K концов условных векторов приведены к общему началу в выбранной системе координат $X-Y$. За общее начало принята точка $X=0$; $Y=0$. Методом наименьших квадратов определены постоянные K и a уравнения прямой регрессии $Y_K = KX_K + a$, проходящей через концы условных векторов и указывающей положение фронта характерной фазы в некоторый момент времени. Значения постоянных $K = -0,526$ и $a = -1,44$ найдены путем решения системы нормальных уравнений вида

$$K \sum_1^{28} X_i^2 + a \sum_1^{28} X_i - \sum_1^{28} X_i Y_i = 0;$$

$$K \sum_1^{28} X_i + 28a - \sum_1^{28} Y_i = 0.$$

Устойчивость вектора смещения дождя оценена коэффициентом корреляции между координатами Y_K и X_K . При устойчивом векторе коэффициент равен 1. В данном примере коэффициент корреляции равен $0,81 \pm 0,13$ при доверительной вероятности 0,99.

Направление вектора смещения дождя будет параллельно прямой $Y = -\frac{1}{K} X$, проходящей через начало координат перпендикулярно к прямой

$Y = KX + a$. Точка пересечения прямых $Y = KX + a$ и $Y = -\frac{1}{K} X$ ($X_0 = -0,594$,

$Y = -1,13$) определяет положение конца вектора смещения дождя, за начало которого принята точка $X = 0$; $Y = 0$. Модуль вектора $|\vec{V}|$ установлен по формуле

$|\vec{V}| = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$, равен 1,27 м/с. Полученному значению $-\frac{1}{K} = 1,9$ соот-

ветствует азимут вектора смещения дождя 118 град (в данном примере направление вектора смещения дождя противоположно направлению прямой

$$Y = -\frac{1}{K} X).$$

Подводя итоги, можно сказать, что для определения вектора смещения дождя необходимо иметь данные определенных плювиографических наблюдений не менее чем по трем пунктам территории. Ошибка в определении неустойчивого вектора смещения дождя зависит от числа пунктов наблюдений и уменьшается с увеличением этого числа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаронок Б.М. Особенности формирования стока в условиях смещающихся дождей. — В сб.: Водное хозяйство и гидротехническое строительство. Минск, 1981, вып. 11.

УДК 532.517.4

Э.П. КОВАЛЕНКО, канд. техн. наук, зам. директ. (ЦНИИКИВР)

К ПОСТРОЕНИЮ ПЛАНА ПОВЕРХНОСТНЫХ СКОРОСТЕЙ ПРИ ПЛАВНО ИЗМЕНЯЮЩЕМСЯ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ВОДЫ

Знание осредненных поверхностных скоростей, кроме теоретического, представляет существенный практический интерес. Так, знание распределения осредненных поверхностных скоростей важно для организации защиты от загрязнения и очистки потока от плавающих загрязнителей, а также для лесосплава и судоходства.

При решении таких задач широкое применение находит способ, основанный на линеаризации системы дифференциальных уравнений неустановившегося движения воды для решения этой системы методом итерации [1, 4].

Базисным вопросом, на который необходимо дать ответ при использовании такого способа, является наличие совместимости и единственности решения линеаризованной системы уравнений. В статье анализируются условия, при которых такая система уравнений совместна и имеет единственное решение при построении плана поверхностных скоростей плавно изменяющегося неустановившегося движения воды в случае, когда решение плановой задачи распределения средних на вертикали скоростей известно [1].

Система дифференциальных уравнений движения в рассматриваемом случае приводится к виду [2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial H}{\partial x} = i_{0x} - \frac{1}{g} (v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_x}{\partial t}) - \frac{v v_x}{K_M^2}; \\ \frac{\partial H}{\partial y} = i_{0y} - \frac{1}{g} (v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial t}) - \frac{v v_y}{K_M^2}, \end{cases} \quad (1)$$