

## ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Гайдукова Екатерина Владимировна*

канд. техн. наук, доцент кафедры гидрофизики и гидропрогнозов

*Чупин Игорь Вячеславович*

студент

Российский государственный гидрометеорологический университет

(РГГМУ)

г. Санкт-Петербург

### ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНОЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ В БАССЕЙНЕ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

*Аннотация:* в статье рассматривается методика определения оптимальной плотности гидрологической сети применительно к бассейну Балтийского моря. Авторами проведены расчеты, проанализированы результаты и сделаны выводы о достаточном количестве пунктов наблюдений для получения надежных, репрезентативных гидрологических характеристик.

*Ключевые слова:* режимная гидрологическая сеть, репрезентативный критерий, градиентный критерий, корреляционный критерий, оптимальное число постов.

#### *Введение.*

Сеть гидрологических постов предназначена для изучения вод суши, сбора информации о процессах, происходящих на водных объектах. Информация, получаемая на режимных гидрологических станциях, должна отображать зональные характеристики стока, гарантировать получение надежных данных о пространственных и временных изменениях нормы стока. Кроме того, результаты наблюдений на соседних водных объектах должны быть взаимосвязаны с целью применения при необходимости для описания поля стока метода гидрологической аналогии. Критерии оптимизации режимной гидрологической сети (репрезентативный  $F_{\text{репр}}$ , градиентный  $F_{\text{град}}$  и корреляционный  $F_{\text{кор}}$ ) позволяют

вычислить рациональное число пунктов наблюдений необходимое для получения достоверных и репрезентативных гидрологических характеристик с минимальными материальными затратами.

В исследовании определялись критерии для нахождения оптимального числа постов в бассейне Балтийского моря, и оценивалась возможность представления достаточного количества данных для составления гидрологических прогнозов, обслуживания потребителей, предсказания стихийных гидрологических явлений существующим числом постов [2].

#### *Методика исследования.*

Более тридцати лет для определения оптимальной плотности размещения пунктов наблюдения широко применяется метод И.Ф. Карасёва [1] (развитие этого метода приводится в работе В.В. Коваленко и И.И. Пивоваровой [3], в которой впервые теоретически получены критерии оптимальной сети из пространственной стохастической модели формирования речного стока).

Предложенные Карасёвым критерии выражаются в следующих неравенствах:

$$F_{\text{град}} \geq \frac{8 \sigma_0^2}{(\text{grad } Y)^2} Y_{\text{ср}}^2, \quad (1)$$

$$F_{\text{кор}} \leq \frac{\sigma_0^4}{a^2 C_v^4}, \quad (2)$$

где  $\sigma_0$  – погрешность определения нормы стока;  $\text{grad } Y$  – градиент стока;  $Y_{\text{ср}}$  – средняя на участке норма стока;  $\sigma$  – относительная случайная ошибка определения стока по гидрометрическим данным равная, в первом приближении, 0.05;  $a=1/L_0$ ,  $L_0$  – радиус корреляции, т. е. расстояние, при котором корреляционная функция  $r(l)$  проходит через ноль.

Оптимальное число режимных стоковых станций  $N_{\text{опт}}$  в речном бассейне определяется по формуле (3), где оптимальная площадь  $F_{\text{опт}}$ , приходящаяся на одну режимную станцию, должна находиться в диапазоне, определяемом неравенством (4):

$$N_{\text{опт}} = F / F_{\text{опт}}, \quad (3)$$

$$F_{\text{репр}} < F_{\text{град}} \leq F_{\text{опт}} \leq F_{\text{кор}}. \quad (4)$$

*Определение критерииев оптимизации.*

Была сформирована база по доступным данным бассейна Балтийского моря, включающая координаты станций, площади водосборов, ряды наблюдений за стоком. Всего в базу данных вошла 81 станция с периодом наблюдения в среднем 45 лет. На рис. 1 показан Бассейн Балтийского моря со станциями наблюдения за стоком.

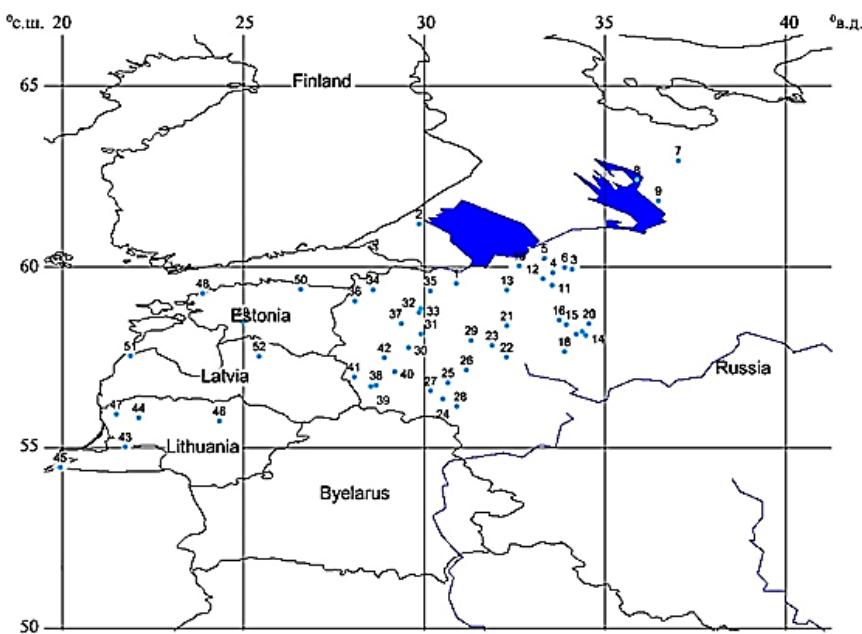


Рис. 1. Расположение станций наблюдений за стоком в бассейне Балтийского моря

Для нахождения репрезентативного критерия был построен график зависимости модуля стока от площади водосбора  $q = f(F)$ . На графике наблюдаются изменения модуля стока с увеличением площади водосбора. В зоне от 0 до  $F_{\text{репр}}$  модуль стока увеличивается и/или уменьшается с ростом площади водосбора реки. Репрезентативная площадь определялась по специально разработанной методике, в основе которой лежат критерии оценки однородности Стьюдента и Фишера. Соответствующие значения ряда (площадь водосбора и модуль стока) ранжировались по возрастанию площади, и значения модуля стока представлялись как бы в «хронологическом» порядке; таким образом, возможно применение критериев однородности.

Для нахождения корреляционного критерия необходимо определение радиуса корреляции стока  $L_0$ , который находился путем аппроксимации корреляционной функции рядов стока (рис. 2). Координаты корреляционной функции: по оси  $x$  – расстояние между постами  $L$ , по оси  $y$  – коэффициент корреляции  $r$  между рядами наблюдений за стоком тех же рек. Для получения экспоненциальной зависимости данные корреляционной функции были усреднены на интервале по  $\Delta L = 20$  км. Касательная к экспоненциальной зависимости указывает, что радиус корреляции равняется 1429 км.

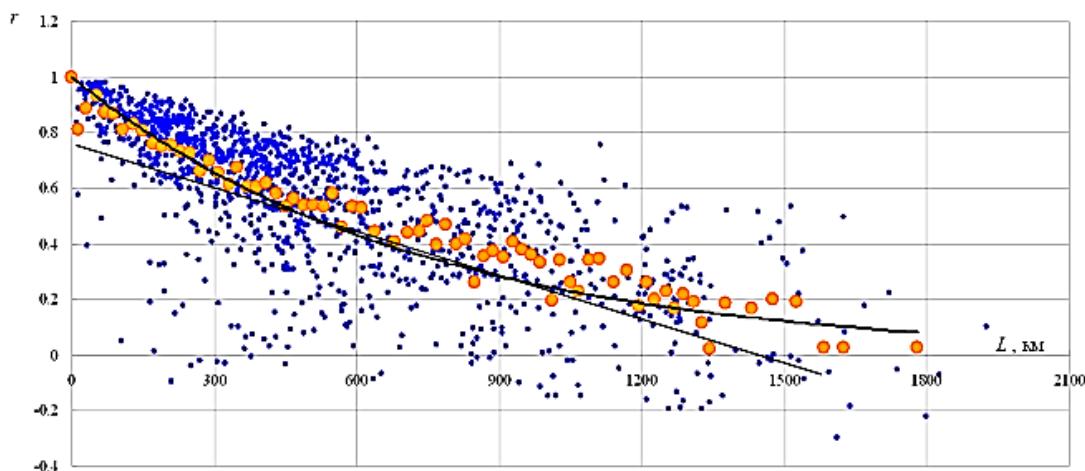


Рис. 2. Корреляционная зависимость

Для расчета градиентного критерия требуются осредненные для района характеристики: средняя норма стока и градиент стока, которые находились с помощью компьютерного приложения *Surfer*.

#### *Результаты исследования.*

Результаты по нахождению оптимальных площади и числа постов представлены в таблице 1. Получено, что репрезентативный критерий «перекрывает» остальные значения критериев. Нарушение приведенной в методике Карасёва цепочки неравенств (4) (но при соблюдении в любом случае неравенства  $F_{\text{репр}} \leq F_{\text{опт}}$ ) приводит к тому, что сеть постов не будет оптимальной при заданном уровне погрешности: либо вычисление нормы стока, либо интерполяция будут проводиться с большими погрешностями.

Таблица 1

Результаты нахождения критериев оптимизации и оптимальной  
численности сети

Критерии		
репрезентативности $F_{\text{репр}}, \text{км}^2$	градиентный $F_{\text{град}}, \text{км}^2$	корреляционный $F_{\text{кор}}, \text{км}^2$
1750	1370	1095
неравенство для определения оптимальной площади		
$F_{\text{кор}} < F_{\text{град}} < F_{\text{репр}} \leq F_{\text{опт}}$		
оптимальная площадь $F_{\text{опт}}, \text{км}^2$		
1800		
оптимальное число постов		
118		

Оптимальное число режимных постов, приходящихся на рассматриваемую территорию (площадью  $212566 \text{ км}^2$ ), должно стремиться к 118. Современное число постов, работающих на территории Северо-Западного УГМС, равняется 52 (число работающих постов в Прибалтийских государствах неизвестно). Подобное соотношение цифр позволяет сделать вывод о репрезентативности и надежности информации поступающей с режимной гидрологической сети бассейна Балтийского моря.

### *Список литературы*

1. Карасёв, И.Ф. О принципах размещения и перспективах развития гидрологической сети [Текст]: Труды ГГИ / И.Ф. Карасёв. – 1968. – Вып. 164. – С. 3–36.
2. Коваленко, В.В. Прогнозирование изменений фрактальной размерности многолетнего речного стока [Текст]: География и природные ресурсы, № 4 / В.В. Коваленко, Е.В. Гайдукова, К.Б.Г. Арман. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 136–143 с.
3. Коваленко, В.В. Оптимизация режимной гидрологической сети на основе стохастической модели формирования речного стока [Текст] / В.В. Коваленко, И.И. Пивоварова. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2000. – 43 с.