СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЖДЕЙ В МОНГОЛИИ

Болгов М.В., Трубецкова М.Д.

Для уточнения статистических характеристик ливневых осадков в Монголии использовался метод объединения совокупностей Менкеля-Крицкого в сочетании с выделением районов, однородных по условиям формирования ливней. При этом учитывалась географическая однородность района и оценивалась значимость статистических выводов. Произведено районирование территории Монголии по условиям формирования суточного максимума осадков. Выделены районы, в пределах которых объединение совокупности данных предоставляет существенно уточненный результат. Методом объединения совокупностей уточнены распределения сумм осадков за различные промежутки времени и установлены типы редукции дождей.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование статистических характеристик осадков является весьма актуальной задачей гидрологии. С ливнями связаны паводки на реках, наносящие серьезный ущерб народному хозяйству. Так, в 1982 г. в Улан-Баторе мощный паводок, образовавшийся в течение 20 минут после сильного ливня, обрушился на северные горные районы города. В результате погибли 87 человек, общий ущерб составил 500000 тыс. долларов США [3].

Поэтому для решения задач рационального природопользования особую важность приобретает разработка методов расчета максимальных расходов воды. Для небольших водосборов традиционным является подход, основанный на связи между характеристиками стока и ливневых осадков. Задача сводится к обработке данных плювиографических наблюдений с использованием статистических методов. В условиях достаточно редкой сети наблюдений и коротких рядов наблюдений результаты расчетов вероятности редких явлений оказываются недостоверными. Для осадков в засушливых условиях более устойчивые результаты можно получить, используя метод районирования, заключающийся в объединении независимых данных наблюдений в пределах однородного района в одну выборку.

Этот метод был применен к данным по дождевым осадкам на территории Монголии. Использовались данные о суточных максимумах жидких осадков по 56 метеостанциям, на 15 из них имеются данные плювиографических наблюдений.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОЖДЕЙ В МОНГОЛИИ

Слои осадков за различные промежутки времени подвергались совместному анализу с использованием метода объединения совокупностей Менкеля–Крицкого [2], заключающегося в следующем: с помощью формальных критериев однородности совокупности точек, выбранной с учетом географических особенностей, оцениваются и вычисляются осредненные оценки, которые используются в качестве районных значений. Основное внимание было уделено суточному максимуму осадков как необходимому параметру многих расчетных формул. Длина имеющихся рядов (зачастую включающих резко отклоняющиеся члены) позволяет получать более или менее достоверные оценки только среднего и коэффициента вариации, поэтому соотношение C_s/C_v осреднялась в пределах выделенного по $\bar{x}$ и C_v, района.

В результате было выполнено районирование территории Монголии (см. рис. 1). Всего было выделено восемь районов, в пределах которых возможно объединение наблюдений, доставляющее наиболее точный результат. Характер территориального распределения уточненных оценок среднего значительно не изменился, хотя и удалось избавиться от ряда замкнутых изолиний. Существенное изменение претерпело распределение по территории уточненной оценки C_v (см. рис. 2). Характер изменения C_v стал гораздо более закономерным, расположение изолиний пришло в соответствие с основными физико-географическими зонами. Существенно изменилось также распределение по территории суточного максимума с вероятностью 1% (см. рис. 3). Выделились две зоны повышенного максимума осадков: бассейн Орхона и юг страны, являющийся частью пустыни Гоби. Указанные зоны являются однородными районами, в пределах которых осуществлено объединение совокупностей путем осреднения индивидуальных оценок.

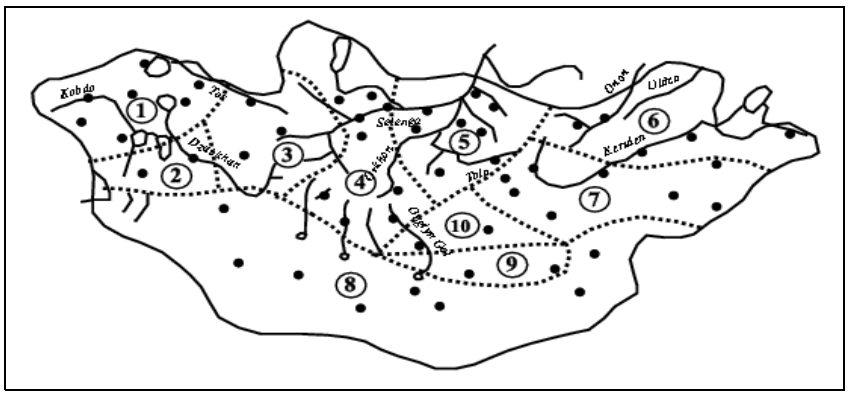
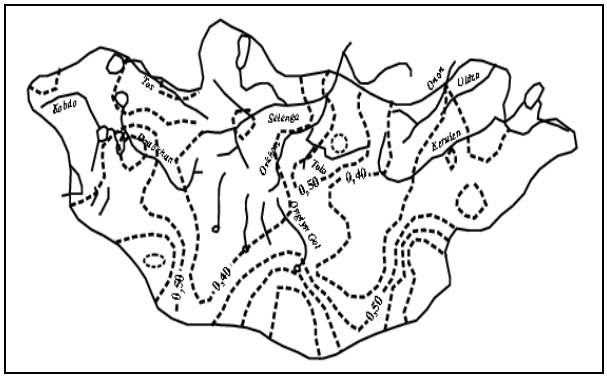
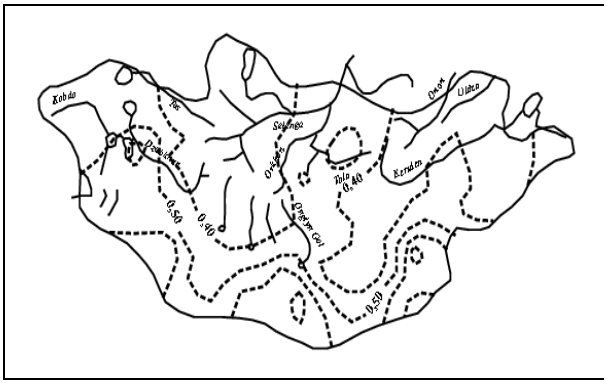


Рисунок 1. Однородные районы, в пределах которых целесообразно объединение наблюдений.

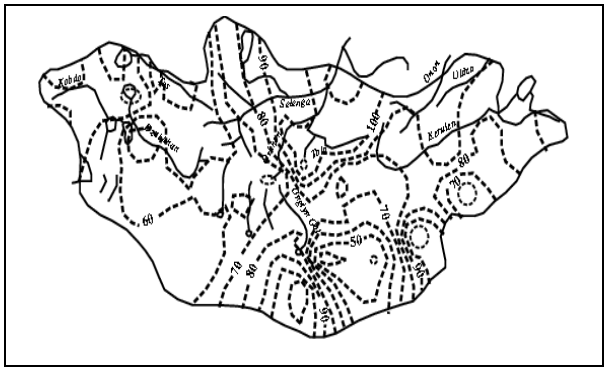


а)

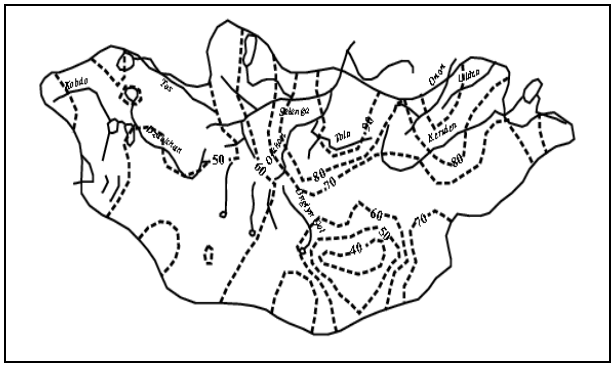


б)

Рисунок 2. Индивидуальные (а) и совместные (б) оценки параметра C_v



а)



б)

Рисунок 3. Индивидуальные (а) и совместные (б) оценки параметра $H_{1\%}$

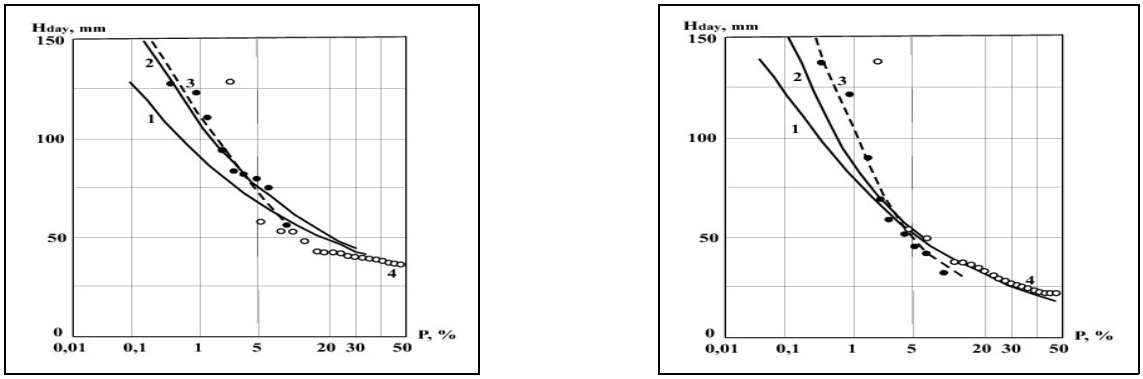
Несмотря на то, что уточненные оценки более плавно и закономерно изменяются по территории, в пределах некоторых районов (имеющих наибольшие коэффициенты вариации) все же отмечается некоторое систематическое занижение квантиля 1%-ой обеспеченности. Указанный недостаток является следствием того, что временные ряды в пределах этих районов содержат выдающиеся члены, не позволяющие получать приемлемые индивидуальные оценки коэффициента вариации. Эффект выдающихся явлений выявляется путем анализа повторяемости крайних членов с помощью кривых вероятности вероятностей. Если мы имеем n рядов длиной в среднем T лет, являющихся выборками из одной генеральной совокупности, то, образовав ряд из наибольших членов каждой выборки, мы можем указать соотношение, связывающее истинную вероятность каждого экстремума и его повторяемость в выборке наибольших величин

$$P=1-(1-p)^T, \qquad (1)$$

где $P=\dfrac{m}{n+1}$, m - порядковый номер в выборке наибольших величин, а p – искомая вероятность. Приняв T примерно равным средней продолжительности наблюдений, в однородном районе мы получаем возможность визуально сравнить результаты объединения с некоторыми

теоретическими предположениями.

Для пяти однородных районов, включающих восемь и более станций, были построены кривые вероятности вероятностей и кривые распределения индивидуальных оценок коэффициента вариации. Для трех районов, имеющих близкое к нормальному распределение выборочных оценок C_v, соответствие теоретических и эмпирических вероятности крайних членов оказалось удовлетворительным. Для двух районов, в пределах которых ряды содержат выдающиеся члены и имеют большие *Cv*, вероятности крайних членов оказались существенно заниженными. Зная эмпирическую обеспеченность появления крайних членов в совокупности экстремумов и средний период наблюдений *T*, из формулы (1) можно вычислить искомые вероятности и построить верхнюю часть кривой распределения. Результаты подобных вычислений приведены на рис. 4, на которых нанесены соответствующие эмпирические кривые для рядов, содержащих выдающиеся члены. Параметры расчетной кривой распределения вероятностей возможно определить подбором, используя полученные ранее уточненные оценки среднего.



а) б)

Рисунок 4. Кривые обеспеченности суточного максимума осадков для м.ст. Булган (а) и Далан–Дзадгад (б). Обозначения: 1 – кривая обеспеченности при осредненном в пределах района C_v; 2 – расчетная кривая обеспеченности (C_v=0.6); ---(●) – кривая обеспеченностей по формуле обеспеченности обеспеченностей; ○ – эмпирические точки.

С учетом вышеизложенного, необходимо увеличить значение C_v для бассейна Орхона до 0.6, а для района Гоби до 0.8, причем во втором районе соотношение C_s/C_v, принято равным 4. Полученные с помощью этих параметров обеспеченности крайних членов удовлетворительно соответствуют теоретической схеме.

РЕДУКЦИЯ ОСАДКОВ ВО ВРЕМЕНИ

Расчеты максимального стока требуют знания редукции осадков во времени. На территории Монголии было выделено три типа кривых редукции. Два из них близки к имеющимся в России. Третий тип характерен для засушливых районов Гоби (рис. 5, 6.)

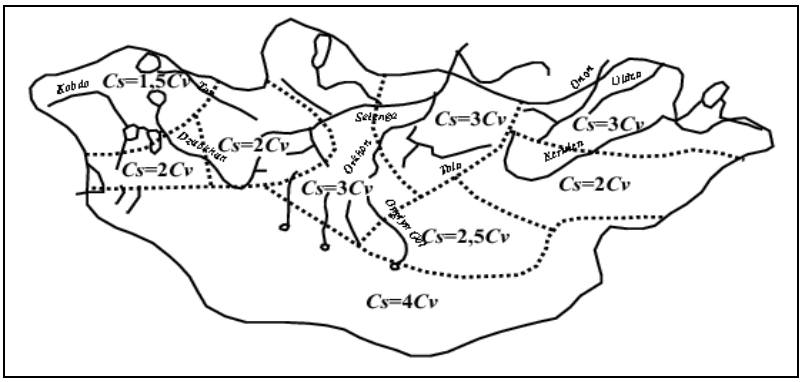


Рисунок 5. Кривые редукции осадков для территории МНР (без уточнения параметров распределений).

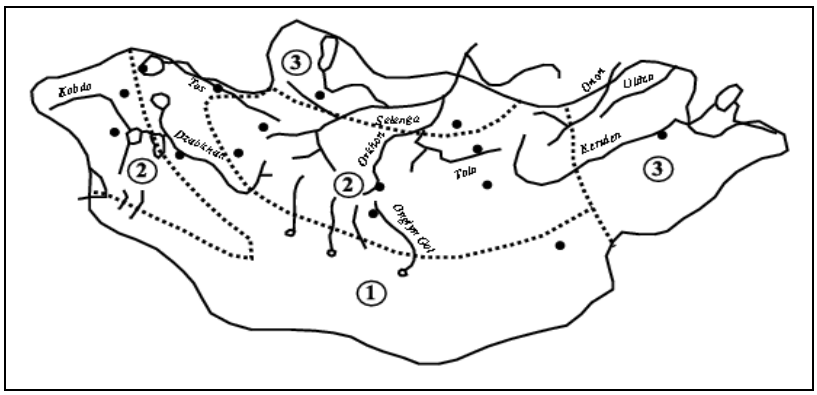


Рисунок 6. Районирование МНР по характеру кривых редукции осадков.

Ввиду того, что на некоторых станциях были зафиксированы выдающиеся ливни, а также в связи с тем, что сеть плювиографов очень редка, а наблюдения более коротки и прерывисты по сравнению с осадкомерными, была предпринята попытка уточнения кривых редукции на основе совместного анализа наблюдений. Использовалась методика построения интегральных кривых осадков, разработанная Г.А. Алексеевым [1].

В результате индивидуальной статистической обработки получены параметры распределений слоев осадков за интервалы времени до 2880 мин. и их дисперсии. Анализу на статистическую однородность с помощью соотношения географической и случайной составляющих дисперсий подвергались только (как и в случае суточного максимума) параметры "среднее" и коэффициент вариации. Соотношение Cs/C_v осреднялось в пределах района, выделенного по $\bar{x}$ и C_v.

На основании анализа однородности формирования ливней и уточненных распределений сумм осадков было произведено районирование территории. Выделено четыре типа редукции осадков во времени (рис. 7, 8).

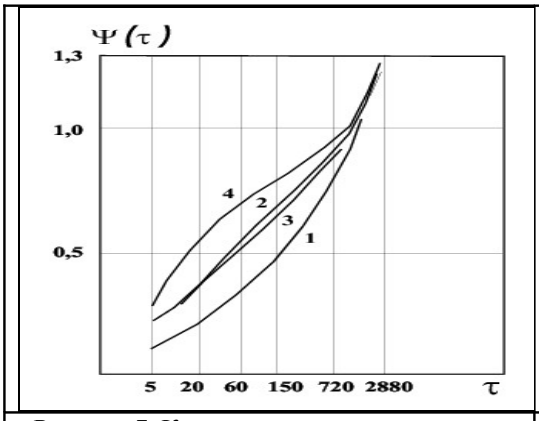


Рисунок 7. Кривые редукции осадков для территории Монголии (уточненные данные).

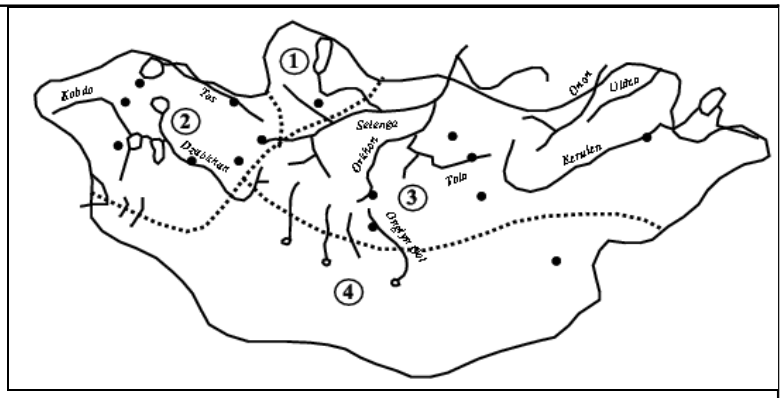


Рисунок 8. Районирование Монголии по характеру кривых редукции осадков (на основе уточнения статистических характеристик).

РЕДУКЦИЯ МОДУЛЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА

Явление редукции максимального модуля стока дождевых паводков определяется характером выпадения дождей, их пространственно-временной динамикой, склоновым и русловым регулированиям (включая потери).

Осуществив выборку наибольших в году значений q_m для водосборов с различными площадями и их статистическую обработку, мы получаем расчетную зависимость $q_m = f(F)$, соответствующую определенной вероятности превышения. Зависимость эта в логарифмических координатах выражается прямой линией, угол наклона которой определяется характером и пространственной и временной частотой выпадения ливней. Чем чаще выпадают ливни и чем большие площади они охватывают, тем меньше будет показатель степени редукции.

Для водосборов горных рек характерно наличие зон формирования и рассеивания стока. При наличии в бассейне реки зоны рассеивания стока равномерный характер редукции резко нарушается. Распластывание паводочной волны на малоприточном участке и потери на фильтрацию из русел приводят к увеличению показателя степени редукции до 1.7 - 1.8. При этом сама величина расхода

воды уменьшается с нарастанием площади водосбора. Зависимость $q_m = f(F)$ приобретает сложный характер.

Приемлемая для целей расчета зависимость может быть получена в этом случае путем модификации редукционной формулы. Редукция максимального модуля в диапазоне площадей 2 на рис. 3.17 описывается следующим известным выражением

$$q_{m_{F>F_0}} = q_{F_0}\left(\frac{F_0}{F}\right)^{n_2}\lambda p \qquad (2)$$

В качестве *Fo* принимается чаще всего 200 км^2. При пересечении потоком границы зон формирования и рассеивания стока, зависимость *q(F)* удовлетворительно описывается степенным выражением с показателем степени n_3 =1.7 - 1.8 (рис. 9).

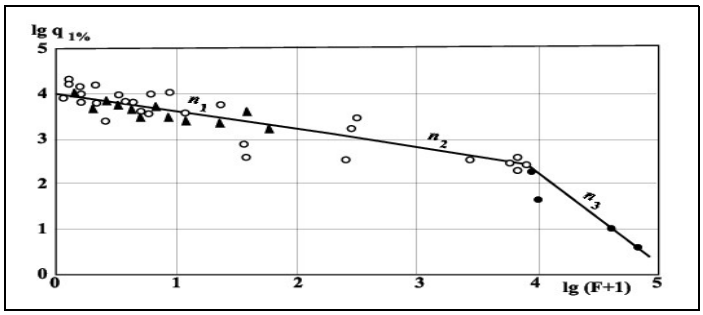


Рисунок 9. Зависимость $q_{1\%} = f(F+1)$ для рек Хентея; ● – данные гидрометрических наблюдений; ○ – метки ГВВ; ▲ – расчеты по формуле предельной интенсивности.

$$q_{m_{F>F_\Phi}} = q_{F_0}\left(\frac{F_0}{F_\Phi}\right)^{n_2}\left(\frac{F_\Phi}{F}\right)^{n_3}\lambda p \qquad (3)$$

Здесь F_ϕ - часть водосбора, располагающаяся в пределах зоны формирования стока.

Для водосборов, расположенных целиком в зоне рассеивания стока, при расчетах максимального стока пригодна редукционная формула. В этом случае интерес представляет предельное значение показателя степени редукции. Редко выпадающие, интенсивные ливни будут формировать паводочный сток на ограниченной площади. Этот паводок может рассеяться полностью, не достигнув расчетного створа. Однако расчетным в этом случае будет являться расход, сформированный частью водосбора, непосредственно прилегающей к замыкающему створу. В пределе расчетное значение расхода воды остаётся постоянным с увеличением площади водосбора. Условие *Q=const* отвечает показателю степени редукции в формуле (3), равному единице.

ВЫВОДЫ

В результате совместного анализа данных об осадках с использованием метода объединения совокупностей Менкеля–Крицкого было произведено районирование территории Монголии. Было выделено восемь районов, в пределах которых возможно объединение наблюдений, доставляющее наиболее точный результат.

Для пяти однородных районов, включающих восемь и более станций, были построены кривые вероятности вероятностей и кривые распределения индивидуальных оценок коэффициента вариации.

В результате индивидуальной статистической обработки получены параметры распределений слоев осадков за интервалы времени до 2880 мин. и их дисперсии.

Показано, что для водосборов, расположенных целиком в зоне рассеивания стока, при расчетах максимального стока пригодна редукционная формула.

Литература

1. *Алексеев Г.А.* Схема расчета максимальных дождевых расходов воды по формуле предельной интенсивности стока с помощью кривых осадков и стока. – Т. ГГИ, 1966, вып.134.
2. *Крицкий С.Н., Менкель М.Ф.* Гидрологические основы управления речным стоком. М.: Наука, 1981. 254 с.
3. Living with climate change: Mongolia, 2003, Synthesis Report (draft) of the project "Potential impacts of climate changes on grassland ecosystems and livestock in Mongolia", Ulaanbaatar, [in English and Mongolian].

STATISTICAL CHARACTERISTICS OF SHOWER PRECIPITATION IN MONGOLIA

Bolgov M.V., Trubetskova M.D.

To precise statistical characteristics of the shower precipitation in Mongolia, Menkel-Kritsky method of combination of sets was applied. It was combined with delimitation of regions homogeneous from the point of view of shower formation. Geographical uniformity of the area and significance of statistical conclusions were taken into account. The territory of Mongolia was delimitated into regions according to the conditions of the daily precipitation maximum formation. The regions were distinguished where combination of data sets gave essentially more précised result within their limits. Distributions of the precipitation sums for different time intervals were précised, and types of the rain reduction were determined using the method of combination of sets.