

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.58

**И. В. КАРНАЦЕВИЧ
Г. Г. БИКБУЛАТОВА
К. В. РЯПОЛОВ**

Омский государственный
педагогический университет

Омский государственный
аграрный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТАРНОГО СТОКА ПО СУТОЧНЫМ ИНТЕРВАЛАМ

Математическая модель увлажнения и иссушения почвы в процессе преобразований атмосферной влаги на поверхности водосборов под влиянием стока и испарения позволяет генерировать цепи гидрографов стока с суточным разрешением на основании использования в качестве исходных данных базы метеорологических элементов. Приведены первые результаты генетического описания стока по данным метеорологических станций и контроля их корректности.

Ключевые слова: метеорологические элементы, суточные расчетные интервалы, сток.

Сток воды с поверхности суши, формирующий водотоки и водоёмы, является важнейшим видом природных ресурсов — водными ресурсами территории. Поскольку 99,8 % от общего количества водотоков и водоёмов на планете не изучено в гидрометрическом отношении, то есть в большинстве малых и средних рек в необжитых областях континентов никогда не производились измерения уровней,

скоростей и расходов воды, гидрологам не известны водные ресурсы обширнейших территорий. К счастью, существует метод расчета стока по исходным данным об атмосферном увлажнении и теплообеспеченности территории — метод гидролого-климатических расчетов проф. В. С. Мезенцева [1], с помощью которого местный сток вычисляется по результатам измерений метеорологических станций. Чем

выше увлажнение почвы и чем меньше тепловые ресурсы климата, тем большим оказывается слой стока с речных водосборов, чем меньше выпадает осадков и выше тепловые ресурсы местности, тем больше влаги успевает испариться и меньше остается на сток.

В 1960—1980-х гг. в Омске по уравнениям Мезенцева были выполнены массовые расчеты стока по *месячным и декадным* интервалам для сотен точек — метеостанций нескольких регионов СССР [2, 3, 4]. Точность расчета вычисленного стока оказывалась вполне достаточной для многих практических целей, особенно в масштабе географических исследований. В настоящей статье описываются первые результаты массовых расчетов стока *по суточным интервалам* — расчетов, которые стали возможными в 2010 г. только благодаря внедрению в исследовательскую работу *компьютеров* и возможность оперативного использования больших *электронных баз* метеорологических данных, выставленных в Интернете, а также некоторым усовершенствованиям расчетной схемы математической модели ГКР, сделанным в 1990-х гг. в Омске [5, 6].

Уравнение водного баланса небольшого, элементарного участка суши для любого по длительности интервала времени при условии отсутствия притока с соседних участков и отсутствия поливов записывается в виде :

$$KX + W_1 - W_2 = Z + Y, \quad (1)$$

где KX — общее увлажнение, то есть истинные (в отличие от измеренных, исправленные на приборные недоучеты) атмосферные осадки в сумме с конденсацией (роса, внутрпочвенная конденсация), а также перераспределенной во времени влагой предшествующего расчетного интервала (снег, выпавший в декабре прошлого года, тает в Сибири, например, только в апреле).

W_1 и W_2 — запасы влаги в деятельном слое почвогрунтов на начало и конец расчетного интервала, $KX + W_1 - W_2 = H$ — суммарное увлажнение — влагоресурсы процессов стока и испарения; Z — суммарное испарение, Y — сток (поверхностный и подземный).

Единственным членом уравнения водного баланса, зависящим от тепловых ресурсов, является суммарное испарение Z . По Дальтону, для того, чтобы испарить с площади 1 кв. м слой воды высотой 1 мм, нужно затратить $L = 2,51$ МДж/м² тепловой энергии. Эта константа называется удельной теплотой парообразования (испарения). Чтобы испарить Z мм воды, расходуется LZ МДж/м² тепловой энергии.

Атмосферные осадки измеряются (со значительными погрешностями) на сотнях метеостанций, и, если значения осадков используются для вычисления влажности почвы, суммарного испарения и стока, то элементарный исследуемый участок суши должен быть небольшим (площадью в несколько сотен квадратных метров или несколько квадратных километров), чтобы слой осадков X , измеренный прибором с площадью приемной поверхности 200 см² (то есть, с позиций картографии, практически в точке), оказался репрезентативным для всего участка вокруг метеостанции.

Мозаичность полей изогьет при выпадении ливней и обложных дождей изучена статистически все-

ма слабо, однако о структуре процесса выпадения воды из движущихся облаков можно судить по работе [7]. Обложные осадки выпадают часами (десятки часов) без перерыва с постоянной интенсивностью на больших территориях, ливневые осадки начинаются и кончаются внезапно, характеризуются малой продолжительностью, переменной интенсивностью (от 1 до 17 мм/мин). Продолжительность ливня составляет от нескольких минут до 1—1,5 часов. В Санкт-Петербурге ливень наблюдался однажды в течение 21 часа, в Сибири и на Дальнем Востоке наблюдались ливни продолжительностью до 40 часов. Поля (пятна) осадков при ливнях имеют характерные размеры (диаметр) в несколько сотен метров, при обложных же дождях — несколько десятков километров. «Сплошного покрытия осадками исследуемой территории не наблюдалось ни разу», — пишет Ж. Д. Алибегова.

При обложных дождях большие площади, в том числе и приемная поверхность осадкомерного прибора, орошаются достаточно равномерно, при выпадении же ливня над метеостанцией данные этой метеостанции для соседнего водосбора значительных размеров, даже с площадью в несколько десятков квадратных километров, оказываются совершенно нерепрезентативными, а средний слой осадков на водосборе может оказаться в 2—3 раза меньшим, чем в осадкомерном сосуде. Может оказаться, по теории вероятностей, и такой случай, когда над водосбором выпадают многочисленные ливни, а над метеостанцией, расположенной в центре водосбора, не выпадет ни одного миллиметра осадков.

Практикой и теорией гидрометеорологии установлено [8, с. 106], что только сеть приборов с плотностью, равной один прибор на 1,5—2 км², может обеспечить стопроцентную вероятность только *регистрации* осадков, выпавших на площади размером примерно в 25 км². На площади же в 600 км² для обеспечения 100%-ной вероятности обнаружения только самого факта выпадения осадков необходима плотность сети осадкомеров, равная один прибор на 10 км²! Фактически же на севере Западной Сибири, например, один прибор приходится на площадь в 28 000 км², а не на 2 или 10 км²!

Ресурсами атмосферного увлажнения деятельного слоя почвогрунтов являются атмосферные осадки X (мм). Однако в холодных странах твердые осадки зимой не участвуют в качестве ресурсов влаги — ни в изменении влажности почвогрунтов, ни в процессах формирования стока и испарения. Весной, при снеготаянии, они добавляются к влагоресурсам первых расчетных интервалов теплого периода. В связи с такого рода перераспределениями влаги для обозначения фактического естественного увлажнения за расчетный интервал при использовании уже исправленных на недоучет прибором осадков пришлось ввести в 1960-х гг. понятие об общем увлажнении расчетного интервала KX . Обозначение KX оказалось неудачным — следовало бы обозначить эту величину одной буквой.

Сток Y вычисляется гидрологами на основании измерений расходов воды в гидрометрических створах сотен больших и средних рек и представляет собой количество воды, собранное силами гравитации с поверхности речного водосбора, имеющего площадь в тысячи или сотни квадратных километров.

При географическом анализе результатов гидролого-климатических расчетов следует иметь в виду, что исходные данные об измеренном стоке рек, о температуре воздуха, об атмосферных осадках

представляют собой хронологические ряды, точнее векторы измеренных значений физических величин в точках пространства, выбранных случайно и часто весьма нерепрезентативно. Например, огромное большинство метеостанций расположено в населенных пунктах на берегах рек, то есть в долинах, в понижениях рельефа, над которыми атмосферные осадки, как известно, оказываются всегда меньшими из-за адиабатического расширения воздушных масс. А поскольку водораздельные пространства занимают большую часть территории по сравнению с долинами рек, на них и следовало бы размещать осадкомерные приборы.

Точность производимых режимных измерений на сетях национальных гидрометеорологических служб не превышает: $\pm 10\%$ — в отношении измеренных расходов воды, $\pm 10-15\%$ — для жидких осадков, $\pm 50-100\%$ — для твердых осадков.

При вычислении удельных значений стока гидрологами используется постоянное номинальное значение площади водосбора реки до створа, в котором измеряются расходы воды, но для многих речных бассейнов в условиях равнинного рельефа и малых уклонов, особенно в аридной зоне, значение площади водосбора в разные годы оказывается различным, причем его невозможно определить без специально организованных дорогостоящих работ. Поэтому модуль или слой годового стока, вычисленный по результатам измерений с использованием номинальной постоянной площади водосбора, получается в разные годы со значительными ошибками, которые невозможно оценить.

На огромных пространствах аридной зоны отсутствует речная сеть постоянных водотоков, отсутствуют стоковые станции и стоковые площадки. Но даже в пустынях иногда выпадают дожди и наблюдается поверхностный сток.

На территориях России, особенно Сибири, в том числе в Омской области, сеть метеостанций и гидрометрических постов крайне редкая — расстояния между точками наблюдений измеряются десятками или сотнями километров. Северная половина Западной Сибири относится к наименее изученным в гидрометеорологическом отношении областям континента. На севере, в Ямало-Ненецком автономном округе на площади около 1 млн кв. км расположены лишь 36 метеорологических станций. На Ямале, где имеется около 8 000 водотоков, ни один из которых не изучен в гидрометрическом отношении, все 10 метеостанций располагаются на побережьях полуострова, а не на водораздельных пространствах. Таким образом, на севере Западной Сибири одна метеостанция приходится на площадь в 28 000 кв. км, то есть на территорию размером 280 км на 100 км!

В горных странах, где очень мало метеостанций, а сток и осадки зависят, в основном, от высоты водосбора над уровнем моря и экспозиции склонов, число неизученных водотоков выражается сотнями тысяч. В условиях такой слабой изученности невозможно точно оценить водные ресурсы водосборов, поэтому среднюю ошибку в определении годового стока в 20–30% следует считать вполне приемлемой.

...

Для определения слоя местного элементарного климатического стока используется система уравнений, основанная на фундаментальных физических законах сохранения энергии и материи. Уравнение водного баланса (1) выражает равенство приходной и расходной статей влагосодержания деятельного

слоя поверхности водосбора. Уравнение теплового баланса участка суши, согласно исследованию [5], записывается в виде

$$Tz = T_k - T_{\text{крио}} = Lz + P', \quad (2)$$

где Tz — теплоэнергетические ресурсы (ТЭР) суммарного испарения и нагревания воздуха, T_k — теплоэнергетические ресурсы климатических процессов,

$T_{\text{крио}}$ — ежегодные сезонные затраты тепла на компенсацию воздействий холода,

L — удельная теплота парообразования,

P' — затраты тепла на нагревание воздуха (турбулентный теплообмен).

Для практических расчетов годовой суммы ТЭР испарения можно воспользоваться эмпирической зависимостью

$$Tz = 17,6 \sum t_{>0} + 400, \quad (3)$$

где $\sum t_{>0}$ — сумма средних месячных положительных температур воздуха за год,

Tz — ТЭР испарения в МДж/м²год.

В уравнениях (1) и (2) фигурирует одна и та же переменная — это суммарное испарение Z . Максимальное значение этой переменной ограничивается, с одной стороны, *влагоресурсами* H , с другой — значением водного эквивалента *тепловых ресурсов* Tz/L . Понятие «водный эквивалент теплоресурсов» в начале 20-го века было введено Э. М. Ольдекопом в теорию гидрологических расчетов под именем «максимально возможного испарения».

Например, в Нубийской пустыне годовая норма осадков равна 1 мм/год, следовательно, годовая норма суммарного испарения не превышает 1 мм/год — больше этого количества испарение в естественных условиях (без орошения) оказаться не может, а годовая норма стока равна нулю. На севере Индии, у подножия Гималаев, в Черрапунджи в средний год выпадает 12 000 мм осадков, сток в Индийский океан достигает 10 900 мм/год. Испарение здесь ограничено теплоресурсами и равно 1100 мм/год.

Зависимость суммарного испарения от теплоресурсов и влагоресурсов выразим аналитически в виде уравнения связи В. С. Мезенцева, отказавшись от использования сослужившей гидрологам в течение столетия верой и правдой величины максимально возможного испарения Z_m :

$$Z = \frac{Tz}{L} \left[1 + \left(\frac{LH}{Tz} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (4)$$

где n — параметр, комплексно характеризующий условия стока (местные уклоны земной поверхности, тип и физические свойства почвогрунтов водосбора). В теплых странах в равнинных условиях $n = 3$.

Если расчетным интервалом является *средний* многолетний годовой период, то в уравнении водного баланса и уравнении связи вместо H следует использовать годовую норму атмосферных осадков X , поскольку влажность в любой местности остается постоянной в течение столетий ($W_1 = W_2$), так как климат в масштабе тысячелетий не меняется, но при расчетах за внутригодовые интервалы среднего года и конкретных лет обязательно нужно учитывать перераспределение влаги почвой с одного расчетного интервала на другой. При расчетах суммарного увлажнения, стока, дефицитов влаги за внутри-

Исходные данные и результаты расчетов элементов водного баланса элементарного водосбора методом конечных разностей (фрагмент)

| Год | Мес. | Дата | tcp | X, мм | Кпопр. | KX, мм | Zm, мм | V ₁ | Z, мм | H, мм | Y, мм |
|------|------|------|-----|-------|--------|--------|--------|----------------|-------|-------|-------|
| 1967 | 4 | 29 | 8 | 0 | 1,39 | 0 | 2,26 | 0,71 | 1,26 | 1,34 | 0,08 |
| 1967 | 4 | 30 | 13 | 0 | 1,39 | 0 | 3,68 | 0,7 | 2,02 | 2,14 | 0,12 |
| 1967 | 5 | 1 | 19 | 0 | 1,15 | 0 | 5,38 | 0,69 | 2,88 | 3,05 | 0,17 |
| 1967 | 5 | 2 | 11 | 7 | 1,15 | 8,05 | 3,11 | 0,68 | 1,68 | 1,78 | 0,1 |
| 1967 | 5 | 3 | 6 | 0 | 1,15 | 0 | 1,7 | 0,7 | 0,93 | 0,99 | 0,06 |
| 1967 | 5 | 4 | 8 | 0 | 1,15 | 0 | 2,26 | 0,7 | 1,23 | 1,3 | 0,07 |
| 1967 | 5 | 5 | 15 | 0 | 1,15 | 0 | 4,25 | 0,69 | 2,27 | 2,39 | 0,13 |
| 1967 | 5 | 6 | 15 | 0 | 1,15 | 0 | 4,25 | 0,68 | 2,22 | 2,33 | 0,12 |
| 1967 | 5 | 7 | 17 | 0 | 1,15 | 0 | 4,81 | 0,67 | 2,46 | 2,58 | 0,12 |
| 1967 | 5 | 8 | 4 | 0 | 1,15 | 0 | 1,13 | 0,65 | 0,57 | 0,6 | 0,03 |
| 1967 | 5 | 9 | 2 | 0 | 1,15 | 0 | 0,57 | 0,65 | 0,28 | 0,3 | 0,01 |
| 1967 | 5 | 10 | 5 | 0 | 1,15 | 0 | 1,42 | 0,65 | 0,7 | 0,73 | 0,03 |
| 1967 | 5 | 11 | 9 | 0 | 1,15 | 0 | 2,55 | 0,64 | 1,25 | 1,3 | 0,05 |
| 1967 | 5 | 12 | 13 | 1 | 1,15 | 1,15 | 3,68 | 0,63 | 1,78 | 1,85 | 0,07 |
| 1967 | 5 | 13 | 9 | 0 | 1,15 | 0 | 2,55 | 0,63 | 1,22 | 1,26 | 0,05 |
| 1967 | 5 | 14 | 7 | 1 | 1,15 | 1,15 | 1,98 | 0,62 | 0,94 | 0,97 | 0,04 |
| 1967 | 5 | 15 | 8 | 3 | 1,15 | 3,45 | 2,26 | 0,62 | 1,08 | 1,12 | 0,04 |
| 1967 | 5 | 16 | 7 | 5 | 1,15 | 5,75 | 1,98 | 0,63 | 0,97 | 1,01 | 0,04 |
| 1967 | 5 | 17 | 7 | 0 | 1,15 | 0 | 1,98 | 0,65 | 0,98 | 1,02 | 0,04 |
| 1967 | 5 | 18 | 12 | 0 | 1,15 | 0 | 3,4 | 0,64 | 1,65 | 1,72 | 0,07 |
| 1967 | 5 | 19 | 14 | 0 | 1,15 | 0 | 3,96 | 0,63 | 1,89 | 1,96 | 0,07 |

годовые расчетные интервалы (месяцы, декады, сутки) ресурсами влаги являются не атмосферные осадки этих расчетных интервалов, а суммарное увлажнение H , равное сумме атмосферных осадков X (точнее, общего увлажнения KX) и изменений ресурсов почвенной влаги ($W_1 - W_2$). Это и осложняет решение задачи, поскольку требует решения замкнутой цепи систем уравнений с четырьмя неизвестными (W_1 , W_2 , Z и Y). Выше записаны лишь два уравнения (1) и (4).

Еще два недостающих уравнения получим, связав среднюю влажность почвы W_{cp} с начальным и конечным значениями влажности W_1 и W_2 , в виде

$$W_{cp} = 0,5(W_1 - W_2), \quad (5)$$

а также связав среднюю относительную (выраженную в долях наименьшей влагоемкости $W_{нв}$) влажность $V_{cp} = W_{cp}/W_{нв}$ с коэффициентом увлажнения $\beta_n = H/Z_m$ [1, 5]:

$$(V_{cp})^r = \beta_n = LH/Tz. \quad (6)$$

В формуле (6) величина r — параметр, зависящий от влажности разрыва капиллярных связей в почве и характеризующий ее способность подводить влагу к испаряющей поверхности.

Система уравнений (1), (4), (5) и (6) решается методом конечных разностей за сотни последовательных расчетных интервалов, в результате чего получают численные значения испарения Z , стока Y , суммарного увлажнения H и влажности почвогрунтов V . В первой пробной версии программы ГКРсут, написанной с.н.с. Института математики СОРАН канд. ф.-м. наук С. А. Хрущевым в 2010 г., для простоты предполагается, что все твердые осадки (с ноября по март включительно) тают в первой половине апреля. Безусловно, в дальнейшем начало теплого периода в каждом году будет определяться точно — в результате анализа хода температур — так же как и вклад талых вод в ежесуточное увлажнение периода снеготаяния. В табл. 1 представлен фрагмент первых расчетов элементов водного баланса по *суточным* интервалам.

Для оценки корректности расчетных суточных значений стока следовало бы сравнить их с результа-

тами точных измерений на стоковых площадках, например полученных в Валдайской гидрологической лаборатории ГГИ, однако, необходимые массивы исходных метеорологических и гидрометрических данных в настоящее время в нашем распоряжении отсутствуют. Поэтому приходится ограничиться материалами Западной Сибири, опубликованными в работах 1969–2008 гг. [2, 3, 4, 9], где приведены многочисленные таблицы и графики сравнения измеренного и рассчитанного стока для месячных и декадных расчетных интервалов.

Работа по оценке корректности расчетов стока всегда осложняется недостатком гидрометрических данных, относящихся к небольшому водосбору, расположенному близ метеостанции, с одной стороны, и полной непригодности вычисленных значений слоя месячного и ежегодного стока в зоне недостаточного увлажнения — по причинам, описанным выше, — с другой. Кроме того, при расчетах исправления осадков, особенно твердых, измеренных на метеостанции, большие погрешности вносятся из-за того, что поправочные коэффициенты, приведенные в Справочнике по климату СССР для среднего года, приходится вводить для конкретных зим. В последних версиях программы ГКРсут к суммам твердых осадков малоснежных и средних по снежности зим вводились номинальные, опубликованные в Справочнике по климату СССР, поправочные множители; в многоснежные зимы эти коэффициенты редуцировались таким образом, что в самую многоснежную за все годы зиму поправочный коэффициент получался равным 1,0.

В принципе, рассчитанные для точки и измеренные на водосборе значения стока сравнивать неправомерно из-за того, что элементарный сток безынерционен во времени, тогда как гидрометрический связан с процессами добегания потоков до гидрометрического створа. Чем больше площадь водосбора, тем существеннее влияние на значение измеренного стока времени добегания воды до створа.

Специально для целей сравнения рассчитанного стока с измеренным в Омске в 1960–1970-х гг. были построены вручную (без использования ГИС-технологий) 166 карт гидрометрического слоя месячного и годового стока центральной части Западно-Сибирской равнины площадью около 1 млн кв. км [10]. Для построения карт использовались режимные измерения Гидрометслужбы в 180 створах рек исследованной территории с площадями водосборов от 200 кв. км до 30 000 кв. км. Карты ежегодного годового слоя стока в мм/год были построены в пределах интервала от 1950 г. до 1971 г., карты ежемесячного слоя стока в мм/мес. были построены для каждого из годовых интервалов с 1964 г. до 1975 г.

Сравнение рассчитанного стока с измеренным удастся выполнить лишь для юга лесной зоны Западной Сибири, где имеется довольно густая сеть гидропостов на реках. Здесь, в условиях чрезвычайной ровности территории слой стока рек не зависит от площади водосбора [11]. Южнее, в зоне недостаточного увлажнения, слой стока с больших водосборов оказывается, как известно, намного меньшим, чем с малых, на малых же водосборах измерений практически нет. Стоковые гидрометрические площадки в Западной Сибири отсутствуют.

Слой измеренного стока определялся по картам [10] для пуансонов метеостанций, или вычислялся по материалам измерений расходов воды в реке (р. Армянка — д. Чукманка, $F=478 \text{ км}^2$, р. Демьянка — юрты Лымкоевские, $F=30\,600 \text{ км}^2$, р. Тара —

с. Муромцево, $F=16\,400 \text{ км}^2$, р. Васюган — с. Средний Васюган, $F=31\,700 \text{ км}^2$, р. Туртас — с. Мостовое, $F=9850 \text{ км}^2$). Несмотря на то, что площади водосборов рек превышают площадь приемного отверстия осадкомера в триллион раз, во многих случаях (конкретные годы и месяцы) значения расчетного стока отличаются от измеренных не более чем на 10–20 %!

В те годы и месяцы, когда значения слоя стока — рассчитанного и измеренного — значительно отличаются друг от друга, очевидно, имело место несоответствие измеренных на метеостанции осадков среднему увлажнению водосбора — чаще всего это вызвано ливнями, выпавшими над прибором. Изучение этой серьезной проблемы ждет своих исследователей. Во время снеготаяния весьма существенную роль в генезисе стока играют такие факторы подстилающей поверхности, как состояние почвогрунтов под снегом, перераспределение влаги в понижениях рельефа и другие факторы, не учитываемые описанной выше математической моделью. Учет этих влияний на сток можно будет производить в среде ГКР путем введения соответствующих коэффициентов к зимним осадкам или варьированием значений параметра n для конкретной метеостанции и для конкретных лет.

Первые результаты генетического построения гидрографов стока с суточным разрешением по данным метеостанций весьма обнадеживают. На рис. 1 представлен фрагмент непрерывной цепи гидрографов стока, полученной при массовых расчетах по системе уравнений ГКР, использующих ежесуточные данные измерений атмосферных осадков и температур воздуха на метеорологической станции Тара (1945–1975 гг.). В табл. 2 и 3 приведены месячные и годовые суммы значений слоя элементарного климатического стока и измеренного слоя стока в районе станции Тара, а на рис. 2 представлены графически данные табл. 3. Слой гидрометрического стока в разные годы колеблется от 20 до 130 мм, расчетные значения слоя годового стока — от 13 до 215 мм/год. В табл. 4 и на рис. 3–5 показаны результаты сравнения стока, рассчитанного по суточным интервалам по материалам станции Тобольск, с измеренным на соседних водосборах [10]. На рис. 6 представлены результаты массовых расчетов гидрографов стока по данным метеостанции Тобольск.

Сравнение расчетного стока с измеренным показывает, что рассчитанный сток близок к измеренному не только в целом за год, но и во внутригодовом ходе; это позволяет надеяться, что и суточные значения расчетного стока — не случайные числа. Следовательно, модель преобразований влаги на поверхности водосборов, используемая для расчетов стока, представляет собой работоспособную схему, дающую уже сегодня весьма удовлетворительные результаты. После усовершенствования же расчетной схемы и проверки ее на стоковых площадках можно будет использовать расчетные гидрографы для массового исследования закономерностей географического распределения элементарного климатического стока на территориях, где гидрометрическая сеть крайне редка или отсутствует.

В теплых странах и в теплое время года в холодных странах элементарный сток образуется лишь в часы выпадения осадков и не зависит от тепловых ресурсов, а значение параметра n является константой, определяемой водопроницаемостью почвогрунтов и уклонами земной поверхности. В холодных



Рис. 1. Расчетный гидрограф элементарного стока, полученный по исходным метеоданным ст. Тара для маловодного 1967 г. Ось ординат — суточные слои стока в мм

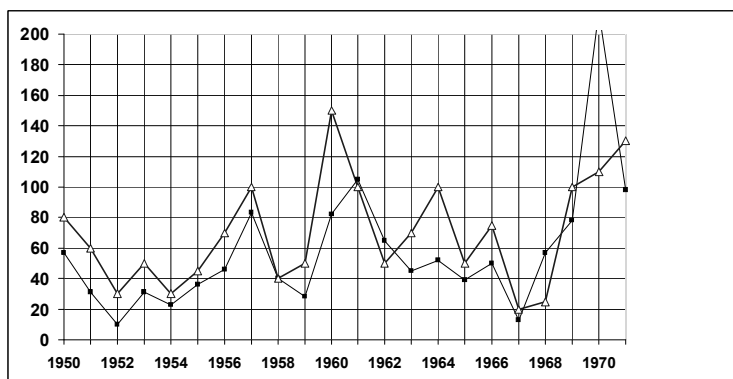


Рис. 2. Рассчитанный и измеренный (определенный по картам Атласа гидрометрического стока) слой годового стока (в мм/год) в районе метеостанции Тара

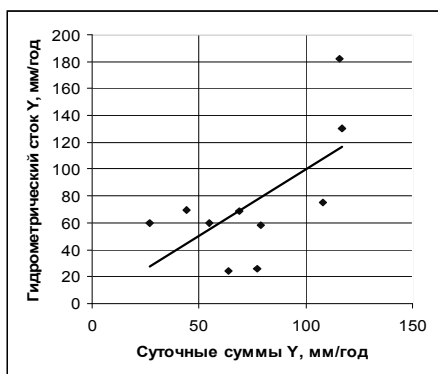


Рис. 3. Контроль рассчитанных значений суточного стока — ежегодные суммы слоя стока по данным метеостанции Тобольск. Коэффициент корреляции $r = 0,637$, $r^2 = 0,40$

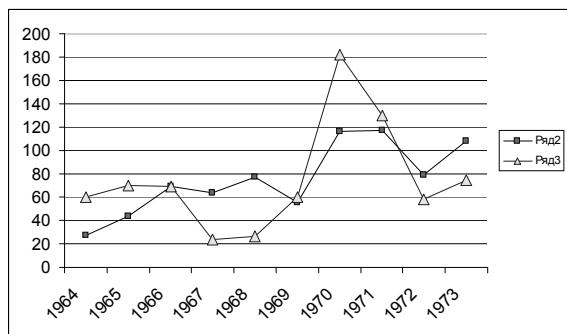


Рис. 4. Сравнение рассчитанного по данным метеостанции Тобольск слоя годового стока с измеренным

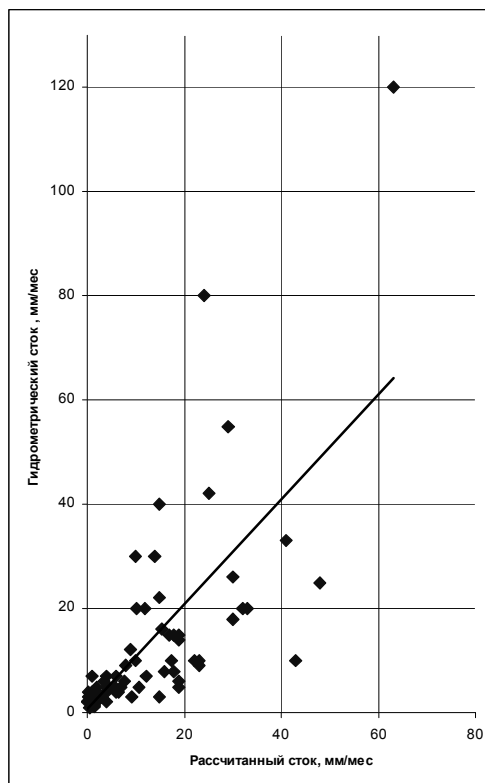


Рис. 5. Сравнение рассчитанного по суточным интервалам слоя стока с значениями измеренного слоя стока [10]. Коэффициент корреляции $r = 0,70$.

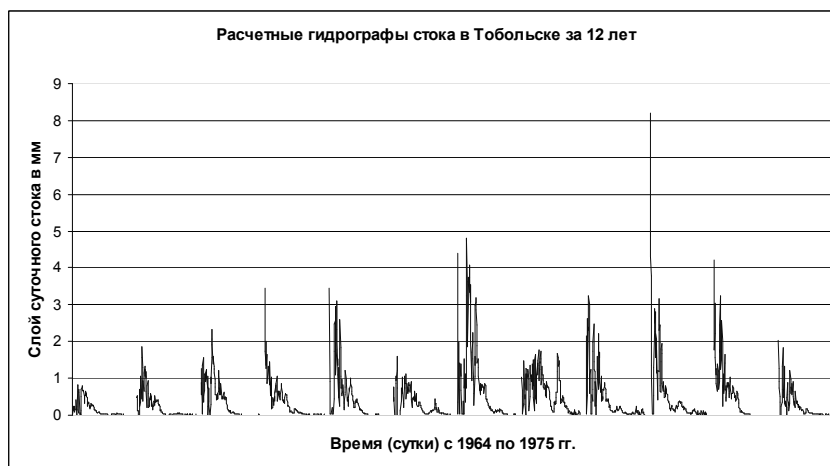


Рис. 6. Метеостанция Тобольск. Цепь расчетных гидрографов стока с суточным разрешением, полученная по метеорологическим данным

Таблица 2
Месячные суммы слоя стока
в районе метеостанции Тара в 1967 г.

| Месяц | Усут, мм/мес | Уизм, мм/мес |
|-------|--------------|--------------|
| 4 | 3 | 2 |
| 5 | 2 | 1 |
| 6 | 1 | 0,5 |
| 7 | 1 | 0,5 |
| Сумма | 7 | 4 |

Таблица 3
Сравнение рассчитанных и измеренных значений
слоя годового стока (в мм)
в районе метеостанции Тара

| Год | Урасч | Уизм | Год | Урасч | Уизм |
|------|-------|------|------|-------|------|
| 1950 | 57 | 80 | 1961 | 105 | 100 |
| 1951 | 31 | 60 | 1962 | 65 | 50 |
| 1952 | 10 | 30 | 1963 | 45 | 70 |
| 1953 | 31 | 50 | 1964 | 52 | 100 |
| 1954 | 23 | 30 | 1965 | 39 | 50 |
| 1955 | 36 | 45 | 1966 | 50 | 75 |
| 1956 | 46 | 70 | 1967 | 13 | 20 |
| 1957 | 83 | 100 | 1968 | 57 | 25 |
| 1958 | 40 | 40 | 1969 | 78 | 100 |
| 1959 | 28 | 50 | 1970 | 215 | 110 |
| 1960 | 82 | 150 | 1971 | 98 | 130 |

Таблица 4
Расчитанный и измеренный слой годового стока в мм.
Метеостанция Тобольск

| Год | Урасч | Уизм | Год | Урасч | Уизм |
|------|-------|------|------|-------|------|
| 1964 | 27 | 60 | 1969 | 55 | 60 |
| 1965 | 44 | 70 | 1970 | 116 | 182 |
| 1966 | 69 | 69 | 1971 | 117 | 130 |
| 1967 | 64 | 24 | 1972 | 79 | 58 |
| 1968 | 77 | 26 | 1973 | 108 | 75 |

странах ежегодно самым сложным для аналитического описания расчетным периодом является период снеготаяния, однако благодаря быстродействию современных вычислительных машин и безграничным возможностям программирования исследователь получил возможность улучшать результаты, вводя в расчет в любом месте с помощью условных переходов характеристики, учитывающие конкретные влияния многих факторов стока. Например, если в дни снеготаяния наблюдается понижение

температуры до отрицательной (возврат холодов), то элементарный сток прекращается.

Расчет стока с суточным разрешением по данным метеостанций о температурах воздуха и об атмосферных осадках — весьма перспективное направление исследования географических и гидрологических закономерностей стоковых процессов, с одной стороны, и единственный из известных на сегодня перспективных методов изучения водных ресурсов миллионов неизученных водосборов на всех континентах.

Выводы

1. Метод расчета местного климатического стока, основанный на совместном решении уравнений водного и теплового балансов (метод Мезенцева), позволяет строить гидрографы с суточным разрешением по массовым данным метеостанций с точностью, вполне приемлемой для целей изучения стока при отсутствии гидрометрических данных. Развитие единственного существующего уже полвека генетического метода описания стока потребует, безусловно, немало усилий в области компьютерного экспериментирования. Например, предполагается построить для хорошо освещенной метеорологическими и стоковыми данными определенной территории тысячи ежедневных карт осадков и отбраковывать данные тех станций, где вырисовываются бычьи глаза, обусловленные ливнями. Затем следует обновить базу данных территории и производить расчеты стока по обновленным данным метеостанций — все это лишь для оценки корректности рассчитанных значений стока, испарения и влажности почвы.

2. Совершенствование метода путем варьирования значений параметров уравнения связи, особенно в период снеготаяния, позволит увеличить точность расчета. Для контроля точности расчетов на нескольких метеостанциях 1-го класса необходимо построить стоковые площадки и установить самописцы уровня (и расхода) воды. Строить стоковые площадки отдельно от метеостанции намного дороже, особенно если учесть эксплуатационные расходы и затраты на охрану приборов. Персонал же метеорологов, привыкший к дисциплине, легко освоит обслуживание водомерных устройств.

3. В условиях сплошного регулирования стока водохранилищами, тотального перераспределения водных ресурсов каналами и водоводами, перераспределения, без которого в ближайшие столетия человечеству не обойтись, гидрографы стока, получаемые по метеоданным, будут характеризовать местный, а не зарегулированный сток, то есть местные водные ресурсы.

4. Развитие и внедрение в практику генетического метода описания стока с суточным разрешением — это новое направление исследований в тепловодно-балансовой гидрологии суши, новый, весьма перспективный раздел учения о генезисе стока.

Библиографический список

1. Мезенцев, В. С. Метод гидролого-климатических расчетов и опыт его применения для районирования Западно-Сибирской равнины по признакам увлажнения и теплообеспеченности / В. С. Мезенцев // Труды Омск. с.-х. ин-та. — Омск, 1957. — Т. 27. — 121 с.

2. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиорации Степного края / В. С. Мезенцев [и др.]. — М. : Колос, 1974. — 239 с.

3. Карнацевич, И. В. Расчеты стока в гидромелиоративных характеристиках по данным метостанций / И. В. Карнацевич // Гидрология и гидротехнические мелиорации. — Омск : Изд. Омск. с.-х. ин-та, 1982. — С. 23–28.

4. Карнацевич, И. В. Динамика тепла и влаги в районе Омска за 20 лет (1953—1974 гг.) / И. В. Карнацевич // Мелиоративные и гидролого-климатические расчеты и характеристики. — Омск : Изд. Омск. с.-х. ин-та, 1984. — С. 17–25.

5. Карнацевич, И. В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири. Ч. I : учеб. пособие / И. В. Карнацевич // Изд. Омск. с.-х. ин-та. — Омск, 1989. — С. 76.

6. Карнацевич, И. В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири. Ч. II : учеб. пособие / И. В. Карнацевич // Изд. Омск. с.-х. ин-та. — Омск, 1991. — С. 82.

7. Алибегова, Ж. Д. Пространственно-временная структура полей жидких осадков / Ж. Д. Алибегова. — Л. : Гидрометеоздат, 1985. — 230 с.

8. Литвинов, И. В. Осадки в атмосфере и на поверхности Земли / И. В. Литвинов. — Л. : Гидрометеоздат, 1980. — 208 с.

9. Возобновляемые ресурсы теплообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик : монография / И. В. Карнацевич [и др.] // Омск : Изд. ФГОУ ВПО Ом ГАУ, 2007. — 270 с.

10. Карнацевич, И. В. Метод реконструкции стока неизученных рек Западной Сибири с помощью атласа карт изолиний слоя стока за конкретные годы и месяцы : учеб. пособие / И. В. Карнацевич. — Омск : Изд. Омск. с.-х. ин-та, 1986. — 96 с.

11. Воскресенский, К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза / К. П. Воскресенский. — Л. : Гидрометеоздат, 1962. — 546 с.

КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор (Россия), профессор кафедры физической географии Омского государственного педагогического университета.

Адрес для переписки: e-mail: ikar.omsk@gmail.com
БИКБУЛАТОВА Гульнара Гафуровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры эффективных технологий и управления в АПК института повышения квалификации, доцент кафедры комплексного использования и охраны водных ресурсов Омского государственного аграрного университета.

Адрес для переписки: e-mail: bikbul-g-g@mail.ru
РЯПОЛОВ Константин Владимирович, аспирант кафедры комплексного использования и охраны водных ресурсов Омского государственного аграрного университета.

Статья поступила в редакцию 28.03.2011 г.

© И. В. Карнацевич, Г. Г. Бикбулатова, К. В. Ряполов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО УВЛАЖНЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В статье рассматриваются особенности территориального распределения атмосферного увлажнения на территории Сибири и Дальнего Востока, приводятся новейшие карты осадков, построенные с учетом данных последних лет.

Ключевые слова: Сибирь, Дальний Восток, атмосферное увлажнение, осадки.

Рассматриваемая в статье территория обширна и при этом является малоизученной. В ходе исследования территории для получения значений атмосферного увлажнения были проанализированы ряды наблюдений со значениями осадков за каждый день года на 108 станциях Западной, Восточной Сибири и Дальнего Востока. При этом ряды данных насчитывают в среднем 70 лет наблюдений по 2006 год включительно. Предварительная обработка данных осуществлялась с помощью программы WEATHER, составленной Е. Б. Березиным. Были получены годовые, среднемесячные суммы осадков, а также наибольшие и наименьшие за период наблюдений суммы осадков за каждый из 12 месяцев года и за год на каждой станции. Затем данные обрабатывались с помощью MS Excel, а после в геоинформационной системе (ГИС) Golden Software SURFER были построены карты атмосферного увлажнения. Диаграммы внутригодового распределения осадков были построены с помощью ГИС MapInfo.

Рассмотрим предварительно климатические условия исследуемой территории. Значения атмосферных осадков на рассматриваемой территории приводятся в соответствии с результатами, полученными автором с помощью компьютерной программы WEATHER с учетом данных последних лет наблюдений.

В климатическом отношении Западная Сибирь представляет собой переходную область от Восточно-Европейской равнины к Восточной Сибири. Сюда, через Урал, распространяется атлантическое влияние. Вместе с тем здесь сильно сказывается и влияние сибирского антициклона, что проявляется в заметном усилении континентальности климата в направлении с запада на восток. В целом для климата Западной Сибири характерны продолжительная, и суровая зима и сравнительно теплое, а на юге даже жаркое лето. По сравнению с другими зонами Западной Сибири наиболее длительная и суровая зима характерна для зоны тундры; лето здесь очень короткое и прохладное, влажность всегда высокая, облачность значительная. Средняя годовая температура воздуха: -10°C , -8°C , средняя температура самого теплого месяца в году — июля — не выше 10°C , а средняя месячная температура самого холодного месяца — января — -25 – 28°C . Осадков выпадает сравнительно мало — до 300 мм в год. Снег лежит

продолжительное время, но мощность его относительно невелика. Лесной зоне свойственны холодная зима и сравнительно теплое и влажное лето. Средняя годовая температура воздуха -1°C – $+2^{\circ}\text{C}$, температура самого теплого месяца — июля — равна 10 – 20°C , а самого холодного — января — составляет -19°C [1, с. 13–22]. Осадков выпадает 450–500 мм в год, причем наибольшее количество их отмечается в июле и августе. Снежный покров лежит около 200 дней и отличается значительной мощностью — 50–100 см. Степь и лесостепь также отличаются холодной зимой; средняя температура воздуха самого холодного месяца — января — равна -16°C . Лето жаркое; средняя температура июля 22 – 23°C . Воздух суше, чем в лесной зоне. Осадков выпадает около 300 мм в год (рис. 1). На Алтае климатические условия, как и всюду в горных областях, сильно зависят от высоты места. В целом климат Алтая суров, несмотря на относительно южное географическое положение. Это объясняется свободным доступом к Алтаю с севера сухих и холодных воздушных течений со стороны Ледовитого океана. В высокогорных районах зима суровая, а лето прохладное. Алтай относится к числу районов, весьма обильно орошенных. Особенно в этом отношении выделяются западные горные хребты Алтая, далеко выдвинувшиеся на соседние равнины и первыми перехватывающие влагу западных воздушных течений. Центральный и восточный Алтай более беден осадками: сюда поступают уже обедненные влагой воздушные массы. В отличие от Восточной Сибири, на территории района вечная мерзлота имеет небольшое распространение. Она встречается только в самой северной его части — в зоне тундры (севернее широты устья Оби) [2, с. 13–19].

Климатические условия Восточной Сибири в значительной мере определяются ее географическим положением внутри Азиатского материка. Большое влияние на климатические условия района оказывает формирующийся в зимнее время в центре Азии сибирский антициклон — область высокого давления, мощный отрог которого занимает всю Восточную Сибирь. В условиях устойчивого антициклонального типа погоды зима отличается малой облачностью и преобладанием штилей, что влечет за собой сильное выхолаживание. Ясная, суровая, малоснежная, устойчивая и продолжительная зима и довольно

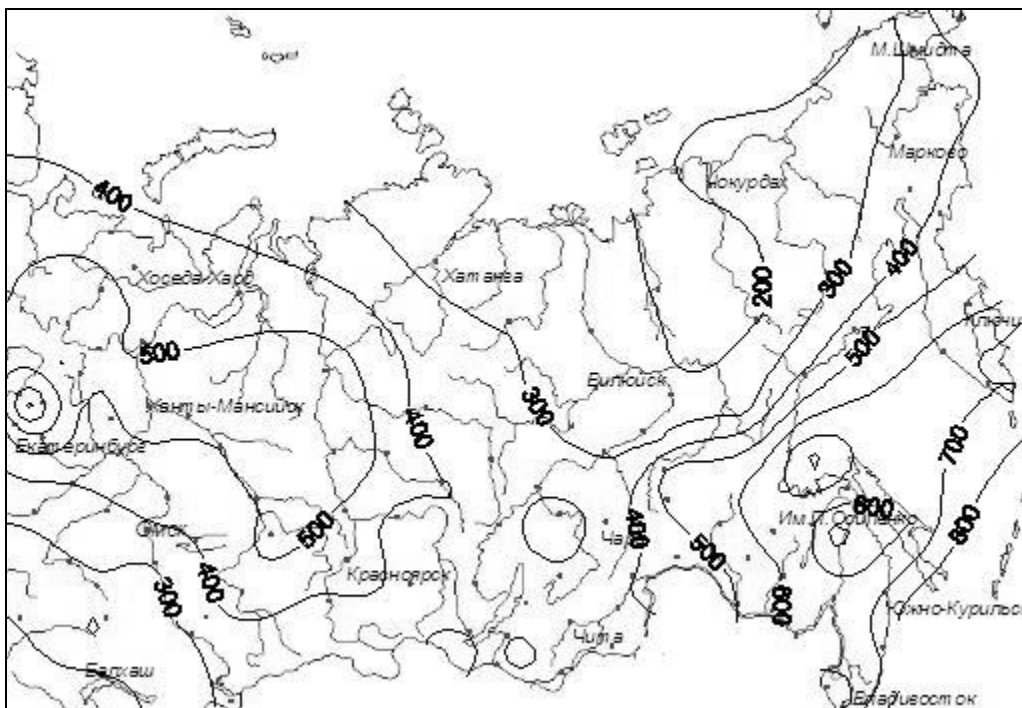


Рис. 1. Годовые суммы осадков в средний год, мм/год

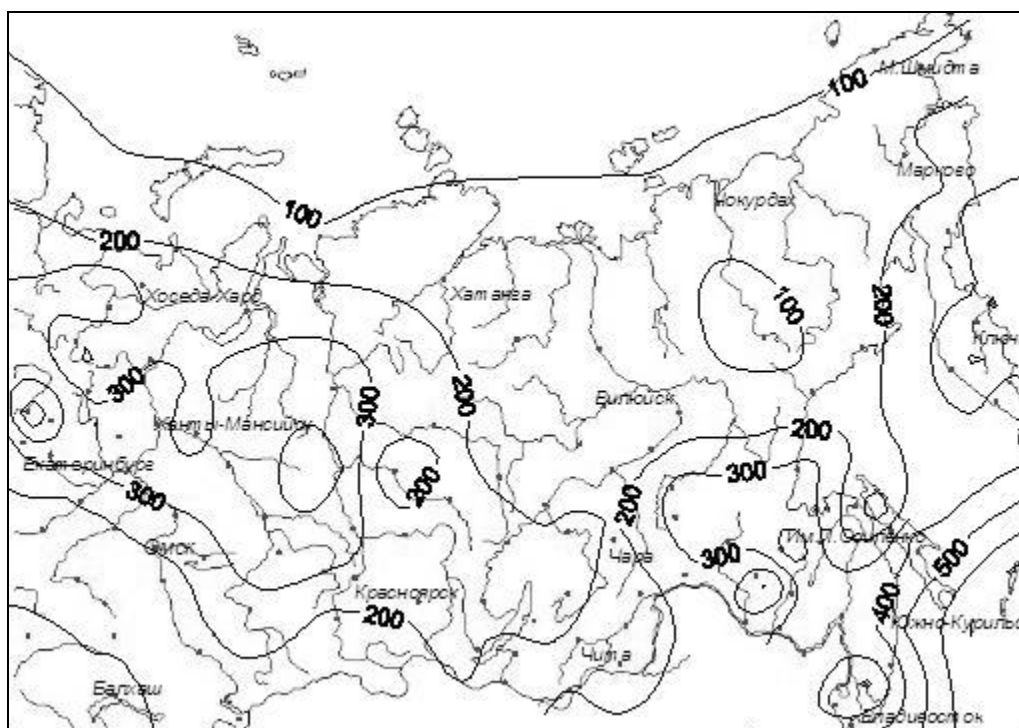


Рис. 2. Минимальные годовые суммы атмосферных осадков за все годы наблюдений, мм/год

засушливое, короткое и жаркое лето — таковы основные черты климата Восточной Сибири. Морозы, например, в районе Верхоянска и Оймякона достигают $-60-70^{\circ}\text{C}$. Это самые низкие температуры воздуха, какие наблюдаются на земном шаре, поэтому район Верхоянска и Оймякона называют полюсом холода. Средние месячные температуры воздуха самого холодного месяца — января — колеблются от $-25-40^{\circ}\text{C}$ на юге района до -48°C в Верхоянске. Летом суточные температуры воздуха повышаются иногда до $30-40^{\circ}\text{C}$. Средние месячные температуры самого теплого месяца — июля — в север-

ной части района (в зоне тундры) около 10°C , на юге, в верховьях Енисея (Минусинская котловина), до 21°C . Переход температуры воздуха через 0°C на Крайнем Севере наблюдается в середине июня, осенью — в середине сентября, а в южных частях района (Минусинская котловина) — в двадцатых числах апреля и в середине октября [3, с. 60–86]. На преобладающей части района количество осадков не превышает 200–400 мм в год. Чрезвычайно бедна осадками Лено-Вилуйская низменность (200 мм). Еще меньше выпадает осадков на севере, в Приполярноморской низменности, где годовая их сумма

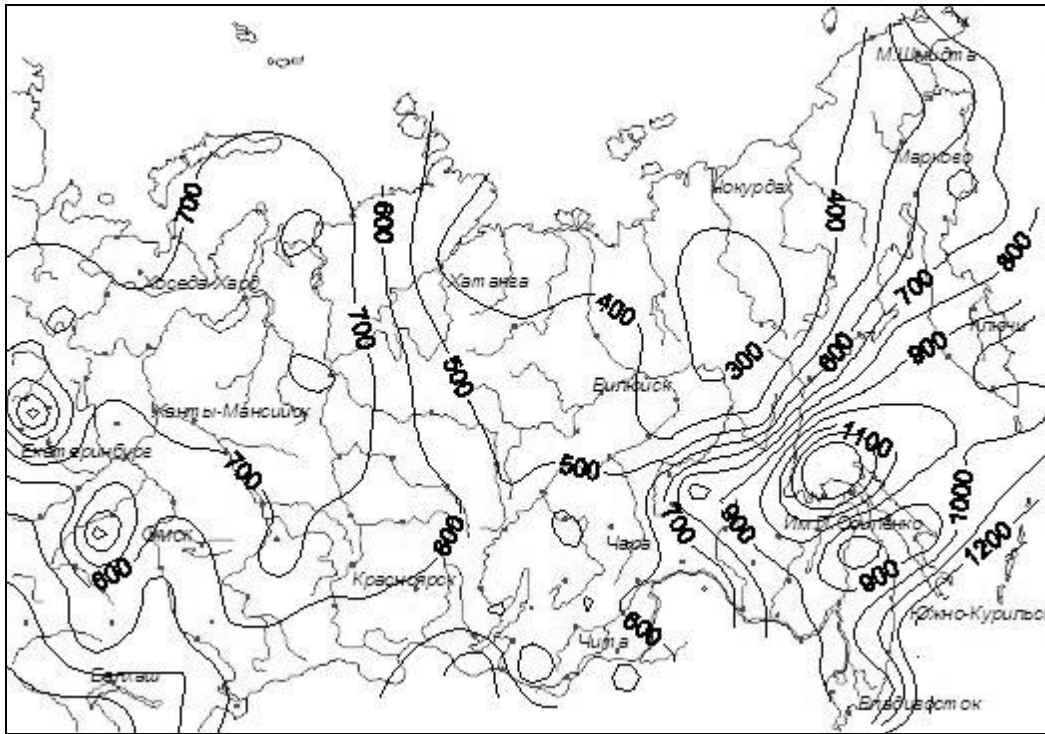


Рис. 3. Максимальные годовые суммы атмосферных осадков за период наблюдений, мм/год

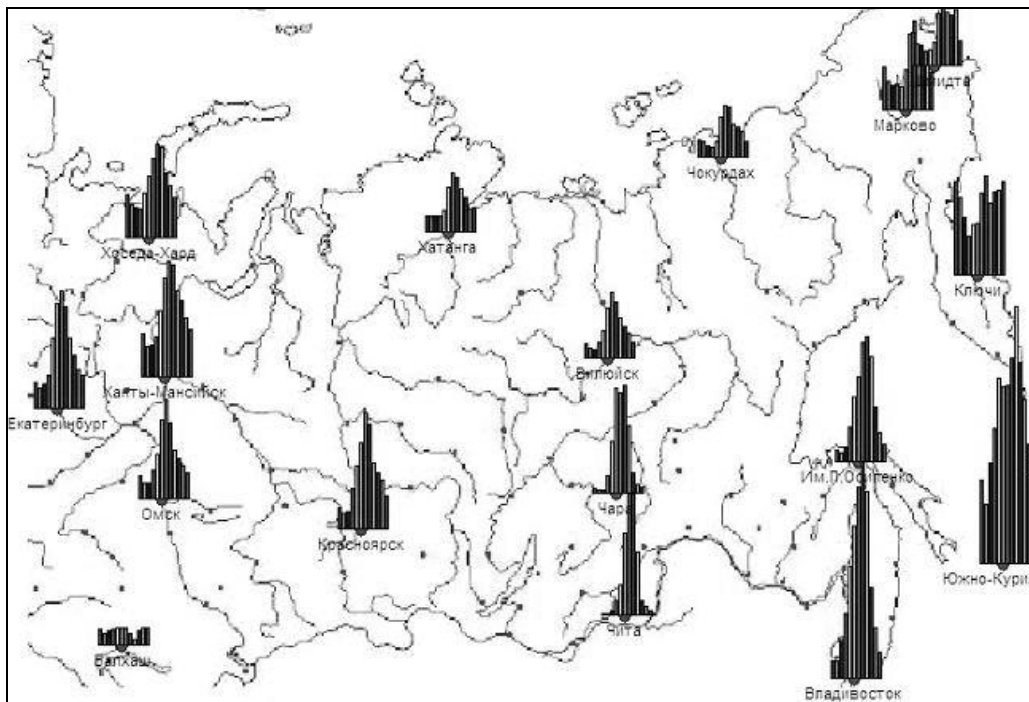


Рис. 4. Внутригодовой ход осадков в средний год на территории Сибири и Дальнего Востока, в 1см диаграммы 30 мм

не превышает 100 мм (рис. 1, 2). Примерно такое же количество осадков выпадает на островах арктической зоны. Более увлажнены Саяны, где годовая сумма осадков достигает 600–700 мм. Большая часть осадков (70–80%) выпадает летом в виде дождей, носящих обычно обложной характер. В холодную часть года осадков мало — не более 50 мм. Снежный покров отличается небольшой мощностью; только в бассейне Енисея и в пределах Средне-Сибирского плоскогорья выпадает сравнительно много снега. Менее всего снега выпадает в бассейнах Яны и Индигирки. В условиях сурового климата Восточной

Сибири, с его продолжительной малоснежной и холодной зимой, характерной особенностью района является повсеместное распространение вечной мерзлоты. Мощность вечномерзлотного слоя в северных и центральных районах достигает 200–500 м и более. В южных частях района (Забайкалье, бассейн Верхнего Енисея) мощность вечной мерзлоты уменьшается, появляются более или менее значительные участки, лишенные мерзлоты (талики). Наличие вечной мерзлоты создает сложные гидрогеологические условия. Запасы грунтовых вод на большей части территории Восточной Сибири очень бедны; грунто-

вые воды представлены преимущественно верховодкой, не участвующей в питании рек. Суровый климат и вечная мерзлота определяют своеобразие режима вод территории Восточной Сибири. При полной непроницаемости мерзлых грунтов, малых потерях на фильтрацию и испарение поверхностный сток здесь сравнительно высок, несмотря на малое количество атмосферных осадков. Вечная мерзлота является причиной слабого питания рек грунтовыми водами и широкого распространения явления перемерзания, а также образования наледей [4, с. 22–27].

Климатические условия Дальнего Востока резко отличны от других районов. Климат в основном формируется здесь под влиянием взаимодействия материка и океана и носит название муссонного климата. Его основными чертами являются суровая и мало-снежная зима и относительно теплое и обильное осадками лето. Зимой, вследствие большого охлаждения, на материке устанавливается область высокого давления (сибирский антициклон); она охватывает территорию Восточной Сибири и Дальнего Востока. В то же время над Тихим океаном устанавливается низкое давление. В результате такого соотношения давления над сушей и над океаном зимой воздух как бы стекает с материка к океану. В центре области высокого давления над сушей преобладает затишье, а к периферии наблюдаются слабые ветры, постепенно усиливающиеся по направлению к морю. Летом, наоборот, материк сильно нагревается, и поэтому давление над сушей становится низким. Море в это время значительно холоднее суши, и над ним устанавливается высокое давление, а потому летом ветры дуют с океана на материк. Зима в условиях муссонного климата отличается преобладанием штилевой погоды или очень слабыми ветрами, обилием солнечного света, малым количеством осадков, незначительным снежным покровом и жестокими морозами. Наиболее отчетливо эти черты проявляются в удаленных от моря районах, например, в Забайкалье, где в среднем за зиму выпадает не более 10 мм осадков. Снега здесь выпадает так мало, что санный путь устанавливается не ежегодно. Если зимой большая часть Дальнего Востока находится в условиях полярного климата, то летом по климатическим условиям в южной части он приближается к субтропикам. Общій тепловой режим Дальнего Востока отличается континентальностью, увеличивающейся по мере удаления от моря вглубь материка. По сравнению с Европейской частью страны температура воздуха здесь на тех же широтах значительно ниже. Так, например, Приморье, расположенное на широте Крыма, по средней температуре самого холодного месяца — января — приближается к Архангельску [5, с. 46–85]. Годовое количество осадков, за исключением Приморья, где оно местами достигает 800 мм, в общем мало отличается от средней полосы Европейской части страны и составляет большей частью 450–600 мм в год (рис. 1, 3). Однако распределение осадков в течение года имеет существенные особенности по сравнению с Европейской частью: они обильны в период теплой части года и исключительно малы в зимнее время (рис. 4). Летние муссоны несут с океана большое количество влаги, тогда как зимние характеризуются большой сухос-

тью. При этих условиях до 95 % осадков выпадает в теплую часть года и лишь около 5 % падает на холодную. Наибольшее количество осадков (до 70–80 % их годовой суммы) выпадает в июле и августе. Дожди на Дальнем Востоке носят ливневой характер, охватывают большие территории и отличаются высокой интенсивностью. Особенно интенсивные ливни наблюдаются в Приморье. Бывают случаи, когда за одни сутки выпадает до 150–250 мм (рис. 3). Почти весь Дальний Восток, за исключением Приморья и южной половины Камчатки, расположен в зоне вечной мерзлоты, что, наряду с особенностями муссонного климата, накладывает свой характерный отпечаток на режим рек района — они многоводны летом и бедны водой зимой [6, с. 17–28]. Для Дальнего Востока характерно широкое развитие поверхностной заболоченности, особенно в пределах обширных низменностей — Зее-Буреинской, Нижне-Амурской, Приханкайской и в Биробиджане заболоченность достигает 15–20 %.

Внутригодовое распределение осадков можно проследить на карте (рис. 4). Анализируя локализованные диаграммы, можно заметить, что основная часть осадков приходится на летний период, особенно, на территории Восточной Сибири, где количество зимних осадков в несколько раз меньше количества летних. На Дальнем Востоке разница не так заметна (станции Марково, Ключи, Южно-Курильск).

В заключение необходимо отметить, что работа по исследованию распределения тепла и влаги на рассмотренной в статье территории продолжается, так как знание закономерностей тепло- и влагообеспеченности позволяет прогнозировать развитие различных природных процессов и явлений и способствует своевременному принятию решений в случае возникновения чрезвычайных ситуаций (противопожарных, противопаводковых и других мер).

Библиографический список

1. Ресурсы поверхностных вод. Т. 15. Вып. 3 / Под ред. В. Е. Водограцкого. — Л. : Гидрометеиздат, 1973. — 424 с.
2. Ресурсы поверхностных вод. Т. 15. Вып. 2 / Под ред. Н. А. Паниной. — Л. : Гидрометеиздат, 1972. — 408 с.
3. Ресурсы поверхностных вод. Т. 16. Вып. 1 / Под ред. А. П. Муранова. — Л. : Гидрометеиздат, 1973. — 724 с.
4. Ресурсы поверхностных вод. Т. 17 / Под ред. М. С. Протасьева. — Л. : Гидрометеиздат, 1972. — 652 с.
5. Ресурсы поверхностных вод. Т. 18. Вып. 1 / Под ред. А. П. Муранова. — Л. : Гидрометеиздат, 1966. — 782 с.
6. Ресурсы поверхностных вод. Т. 18. Вып. 4 / Под ред. М. Г. Васильевского. — Л. : Гидрометеиздат, 1973. — 264 с.

БИКБУЛАТОВА Гульнара Гафуровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры эффективных технологий и управления в АПК института повышения квалификации, доцент кафедры комплексного использования и охраны водных ресурсов Омского государственного аграрного университета. Адрес для переписки: e-mail: bikbul-g-g@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.10.2010 г.

© Г. Г. Бикбулатова

ОСОБЕННОСТИ АЭРОФОТОСЪЕМКИ СО СВЕРХЛЕГКИХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье рассмотрены особенности выбора цифровых фотокамер и расчета параметров аэрофотосъемки, выполняемой со сверхлегких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Изложен способ оперативной оценки качества аэрофотосъемки с БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, выбор цифровых фотокамер, расчет параметров аэрофотосъемки, фотограмметрическая обработка снимков.

Проведение работ по многоцелевому крупномасштабному картографированию и мониторингу территорий выполняется с помощью аэрофотосъемки. Для поддержания информации на современном уровне необходимо системное обновление уже имеющегося картографического материала. Сокращение парка самолетов, пригодных для аэрофотосъемки, отсутствие новых образцов самолетов и конкуренция со стороны космических съемочных систем сверхвысокого разрешения, — все это повышает потребность в разработке аэрофотосъемочных комплексов на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). При локальном обновлении картографического материала интенсивно используемых земель целесообразно использовать сверхлегкие БПЛА массой до 5 кг [1]. Сверхлегкие БПЛА обладают высокой мобильностью и относительно низкой ценой. Областью рационального применения БПЛА является съемка населенных пунктов, площадью до 10 кв. км. Населенные пункты — это наиболее активно развивающиеся территории. По данным переписи населения 2002 года в России насчитывалось 152290 сельских населенных пунктов, обновление плановых материалов которых необходимо производить один раз в пять лет. В городе Омске на протяжении последних десяти лет ведутся работы по созданию и эксплуатации аэрофотосъемочных комплексов на базе сверхлегких БПЛА.

Несмотря на всю простоту любительской съемки с БПЛА, при проведении аэрофотосъемочных работ для целей картографирования возникает ряд проблем:

- выбор аэрофотосъемочной аппаратуры;
- расчет параметров и проектирование аэрофотосъемки;
- оперативная оценка качества материалов аэрофотосъемки.

Первая задача связана с выбором аэрофотосъемочной аппаратуры. На сверхлегкие БПЛА возможна установка аппаратуры, не превышающей по массе 1 кг. Из одного килограмма полезной нагрузки на аэрофотосъемочное оборудование выделяется не более 0,5 кг. Цифровых фотокамер такой весовой категории на рынке достаточно много. Необходимо оптимально подобрать камеру для целей аэрофотосъемки. Наиболее важными характеристиками камер для аэрофотосъемки являются: наличие функции ручной фокусировки, физический размер матрицы, светосила объектива, разрешающая способность снимков, угол захвата и вес камеры. Паспортные характеристики современных цифровых фотокамер ведущих производителей записываются в единую таблицу (табл. 1).

Кроме паспортных характеристик, представленных в табл. 1, необходимо вычислить производительность для каждой камеры. Производительность

Основные характеристики цифровых фотокамер

Таблица 1

| Название фотокамеры | Длина матрицы, пкс. | Ширина матрицы, пкс. | Длина матрицы, мм | Ширина матрицы, мм | 1 пиксель, мм | Фокусное расстояние, мм | Светосила объектива | Вес, г |
|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|--------------------|---------------|-------------------------|---------------------|--------|
| Nikon P7000 | 3648 | 2736 | 8.0 | 6.0 | 0.0022 | 28 (экв.) | 2.8 | 360 |
| Samsung EX1 | 3648 | 2736 | 8.0 | 6.0 | 0.0022 | 24 (экв.) | 1.8 | 356 |
| Panasonic DMC-LX5 | 3648 | 2736 | 8.4 | 6.3 | 0.0023 | 24 (экв.) | 2.0 | 231 |
| Olympus E-P1 | 4032 | 3024 | 17.3 | 13 | 0.0043 | 34 (экв.) | 2.8 | 335 |
| Sony NEX5 | 4592 | 3056 | 23.4 | 15.6 | 0.0051 | 16 | 2.8 | 297 |
| Canon PowerShot S95 | 3648 | 2736 | 8.0 | 6.0 | 0.0022 | 28 (экв.) | 2.0 | 170 |
| Samsung NX100 | 4592 | 3056 | 23.4 | 15.6 | 0.0051 | 20 | 2.8 | 282 |

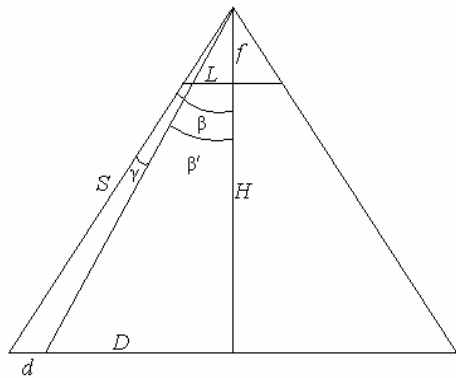


Рис. 1. Связь размера пикселя снимка с местностью:
f — фокусное расстояние камеры в эквиваленте для 35 мм кадра;
L — длина половины диагонали матрицы, для 35 мм кадра она составит 21.6 мм;
H — высота фотографирования во время АФС;
D — длина половины диагонали снимка на местности

цифровой камеры при аэрофотосъемке выражается в необходимом количестве снимков на один квадратный километр (кв. км.) территории. Высокая производительность будет у камеры с меньшим количеством снимков на кв. км. Для расчета количества снимков на один кв.км. необходимо вычислить оптимальное расстояние между маршрутами аэрофотосъемки и центрами фотографирования (ц.ф.) на маршруте.

Расстояние между маршрутами аэрофотосъемки и ц.ф. на маршруте рассчитывается с учетом точности ГЛОНАСС/GPS навигации и особенностей пилотирования БПЛА. Параметры удержания самолета на маршруте следующие:

- поперечное смещение от оси маршрута ± 10 м;
- удержание БПЛА на запроектированной высоте ± 15 м;
- расстояние от запроектированного центра фотографирования до точки срабатывания затвора фотоаппарата ± 5 м;
- изменение угла крена БПЛА на маршруте между двумя снимками 10° ;
- изменение угла тангажа БПЛА на маршруте между двумя снимками 6° .

Приведенные параметры полета БПЛА были получены в результате постобработки множества материалов производственной и экспериментальной аэрофотосъемки.

Для расчета производительности фотокамер необходимо получить максимально допустимую высоту фотографирования при заданном масштабе создаваемого фотоплана. Связь размера крайнего пикселя снимка с местностью показана на рис. 1. Величина крайнего пикселя снимка на местности не должна превышать 0,07 мм в масштабе создаваемого фотоплана [2]. Расчет разрешающей способности снимка следует производить для пикселей наиболее удаленных от центра кадра. Из рис. 1 следует:

$$S = \frac{d \cdot \cos(\gamma - \beta)}{\sin \gamma}; \quad (1)$$

$$H_{\max} = S \cdot \cos \beta. \quad (2)$$

Максимально допустимая высота аэрофотосъемки вычисляется по формуле (2), угол в рассчитывается исходя из величины фокусного расстояния камеры и размера кадра.

Для расчета расстояния между маршрутами, обеспечивающего 30 % поперечное перекрытие, по формуле (3) вычисляется половина поперечного угла захвата камеры, где $L_{\text{попереч}}$ — половина ширины кадра:

$$\beta'' = \text{arcctg} \left(\frac{f}{L_{\text{попереч}}} \right). \quad (3)$$

Высота полета $H_{\text{пол}}$ определяется с учетом погрешности барометрического датчика по формуле (4):

$$H_{\text{пол}} = H_{\text{max}} - 20 \text{ м}. \quad (4)$$

Половина ширины захвата местности камерой вычисляется по формуле (5):

$$D = H_{\text{пол}} \cdot \text{tg} \beta''. \quad (5)$$

Расстояние между маршрутами, в идеальных условиях, получается, по формуле (6):

$$B_{y^0} = 2 \cdot P_y \cdot D, \quad (6)$$

где $P_y = 0,7$, при 30 % поперечном перекрытии снимков.

Для обеспечения сплошного покрытия земной поверхности снимками необходимо учесть максимальные отклонения БПЛА от запроектированного маршрута. Минимальное значение половины ширины захвата местности во время аэрофотосъемки с учетом совокупности погрешностей навигационных данных и пилотирования летательного аппарата вычисляется по формуле (7):

$$D_{\min} = (H_{\text{пол}} - 15 \text{ м}) \cdot \text{tg}(\beta - 5^\circ) - 10 \text{ м}. \quad (7)$$

Предельное отклонение между двумя маршрутами составит:

$$\delta D = 2 \cdot (D - D_{\min}). \quad (8)$$

Расстояние между маршрутами с учетом поперечного смещения БПЛА относительно оси маршрута, удерживания высоты полета и углов наклона камеры, вычисляется по формуле (9):

$$B_y = B_{y^0} - \delta D. \quad (9)$$

Расстояние между центрами фотографирования на маршруте рассчитывается по аналогии с расстоянием между маршрутами по формуле (10) [3]:

$$B_x = B_{x^0} - \delta D. \quad (10)$$

Необходимое количество снимков для покрытия территории земли площадью один квадратный километр вычисляется по формуле (11):

$$N_{\text{сн}} = \frac{1000000 \text{ м кв.}}{B_y \cdot B_x}. \quad (11)$$

По формулам (1) – (11) для выбранных фотоаппаратов вычисляется расстояние между маршрутами аэрофотосъемки и центрами фотографирования на маршруте при создании фотопланов масштаба 1:2000 и производительность цифровых камер выраженная в количестве снимков на один квадратный километр. Результаты, полученные в ходе вычисления, приведены в табл. 2.

По параметрам цифровых фотокамер: вес камеры, светосила объектива и количество снимков на один квадратный километр выставляются баллы. Расчет баллов осуществляется по формуле (12):

Таблица 2
 Параметры аэрофотосъемки с БПЛА для создания фотоплана масштаба 1:2000

| Название фотокамеры | Рабочая высота фотографирования, м | Расстояние между маршрутами, м | Расстояние между центрами фотографирования на маршруте, м | Количество снимков на 1 кв. км |
|---------------------|------------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|
| Nikon P7000 | 285 | 84 | 78 | 152 |
| Samsung EX1 | 221 | 76 | 68 | 194 |
| Panasonic DMC-LX5 | 221 | 76 | 68 | 194 |
| Olympus E-P1 | 424 | 101 | 100 | 99 |
| Sony NEX5 | 282 | 102 | 92 | 107 |
| Canon PowerShot S95 | 285 | 84 | 78 | 152 |
| Samsung NX100 | 402 | 112 | 108 | 83 |

Таблица 3
 Оценка основных характеристик цифровых фотокамер по десятибалльной шкале

| Фотокамера | Вес камеры | Светосила объектива | Физический размер пикселя | Кол-во снимков на 1 км кв. | Средний балл | Шаг в баллах |
|---------------------|------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Nikon P7000 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0,9 | |
| | | | | | | 1,6 |
| Samsung EX1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 2,6 | |
| | | | | | | 1,2 |
| Panasonic DMC-LX5 | 7 | 8 | 0 | 0 | 3,8 | |
| | | | | | | 0,5 |
| Olympus E-P1 | 1 | 0 | 7 | 9 | 4,3 | |
| | | | | | | 1,0 |
| Sony NEX5 | 3 | 0 | 10 | 8 | 5,3 | |
| | | | | | | 0,2 |
| Canon PowerShot S95 | 10 | 8 | 0 | 4 | 5,4 | |
| | | | | | | 0,6 |
| Samsung NX100 | 4 | 0 | 10 | 10 | 6,0 | |

$$N_{\text{баллы}} = \frac{P_{\text{max}} - P_{\text{камеры}}}{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) \cdot 0,1}, \quad (12)$$

где P_{max} , P_{min} — максимальное и минимальное значение соответствующего параметра из выбранных камер; $P_{\text{камеры}}$ — значение соответствующего параметра для оцениваемой камеры.

Для расчета количества баллов характеризующих качество изображения, выраженное через физический размер одного пикселя матрицы, используется формула (13):

$$N_{\text{баллы}} = \frac{P_{\text{камеры}} - P_{\text{min}}}{(P_{\text{max}} - P_{\text{min}}) \cdot 0,1}. \quad (13)$$

Параметры, по которым производилась оценка фотокамер, подобраны таким образом, чтобы между ними не было взаимосвязи и они не дублировали друг друга. Результаты оценки параметров фотокамер представлены в табл. 3. По каждой камере вычисляется средний балл, который дает совокупную оценку основных несвязанных между собой параметров фотокамер. Лучшим считается фотоаппарат, получивший наибольший средний балл. По результатам оценки, лучшими для целей аэрофотосъемки

признаны камеры Sony NEX5, Canon PowerShot S95 и Samsung NX100. Оптимизация выбора цифровой фотокамеры для целей аэрофотосъемки позволяет почти в два раза повысить производительность съемки за один полет. Это влечет за собой сокращение времени на выполнение работ и уменьшение количества посадок на неподготовленную площадку, что минимизирует вероятность поломки БПЛА. Подбор камер с учетом физико-оптических характеристик повышает качество отснятого фотоматериала.

Вторая задача связана с расчетом параметров и проектированием аэрофотосъемки. Расчет параметров аэрофотосъемки производится по формулам (1) – (10) для выбранных фотокамер. Вычисленные значения заносятся в табл. 2.

Проектирование аэрофотосъемки выполняется по вычисленным параметрам в программе построения маршрутов. Программа является приложением к ГИС MapInfo и позволяет обеспечить быстрое планирование маршрутов полета (рис. 2). Для составления проекта достаточно задать параметры съемки, выделить рабочую область и указать направление маршрутов. Все параметры построения проекта сохраняются в таблицах ГИС MapInfo, что позволяет редактировать маршруты непосредственно на

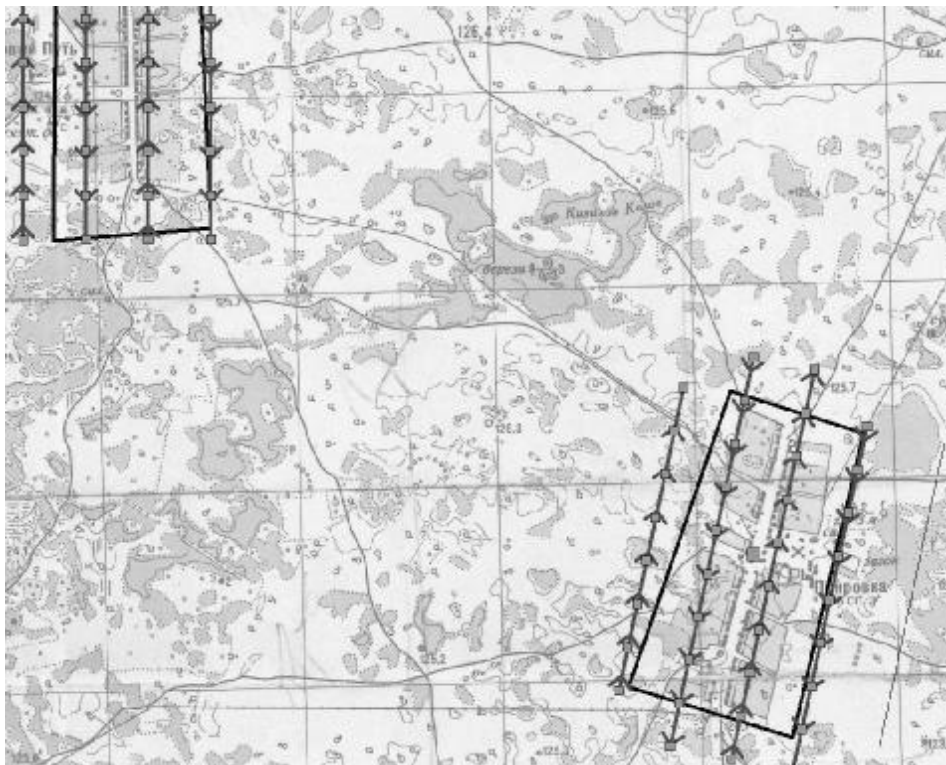


Рис. 2. Проект аэрофотосъемки

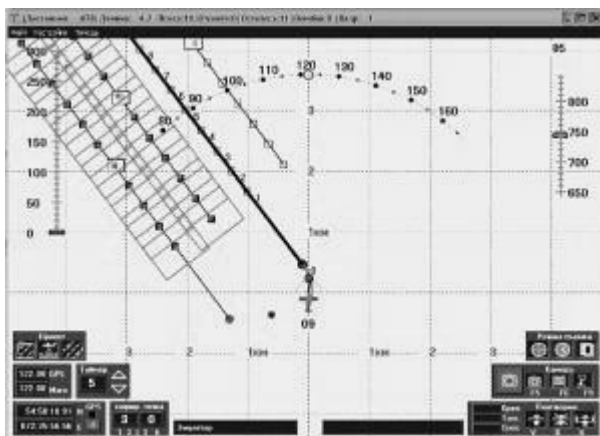


Рис. 3. Навигационная программа

объекте работ и загружать их в навигационную программу [4].

Проектирование аэрофотосъемки позволяет использовать полученные данные в навигационной программе (рис. 3). При управлении БПЛА с помощью навигационной программы, можно осуществлять полет по запроектированным маршрутам. Выполнение аэрофотосъемки по запроектированным маршрутам позволяет применять для создания ортофотопланов существующие цифровые фотограмметрические станции (ЦФС), что существенно сокращает затраты на выполнение работ и создание специализированного программного обеспечения.

Третья задача связана с оперативной оценкой качества материалов аэрофотосъемки. Для этой цели разработано и внедрено в производство программное обеспечение в виде приложения к ГИС MapInfo. Программа по данным, полученным с борта летательного аппарата в момент фотографирования, строит

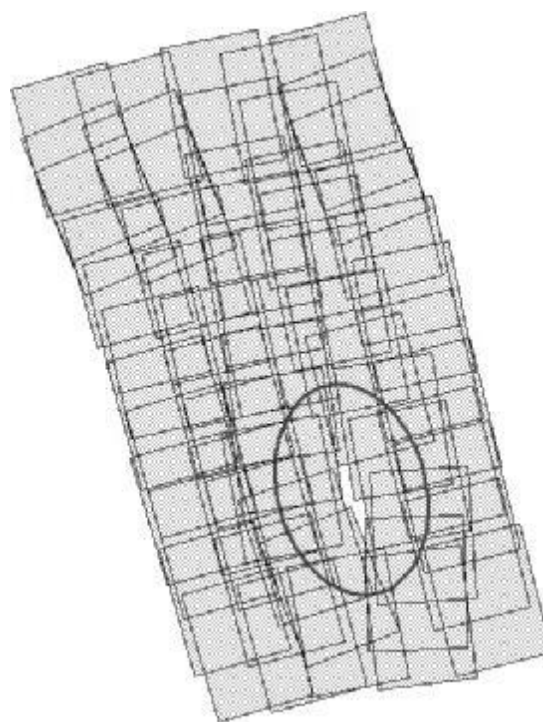


Рис. 4. Построение условных рамок снимков во время аэрофотосъемки

условные рамки снимков (рис. 4), по которым оценивается покрытие заданной территории аэрофотосъемкой. Разработанная методика оценки качества аэрофотосъемки в реальном времени позволяет избежать повторных выездов на отснятые участки.

Комплексное решение проблем связанных с выбором фотокамер, расчетом параметров и оператив-

ной оценкой качества аэрофотосъемки позволяет использовать сверхлегкие беспилотные летательные аппараты как полнофункциональные аэрофотосъемочные комплексы.

Библиографический список

1. Скубиев, С. И. Инновационная деятельность Государственного университета по землеустройству / С. И. Скубиев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2009. — № 9. — С. 50.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. — М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 2002. — 100 с.
3. Костюк, А. С. Расчет параметров и оценка качества аэрофотосъемки с БПЛА / А. С. Костюк // Дистанционные

методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 1. : сб. матер. VI Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2010». Т. 4. — Новосибирск : СГГА, 2010. — 180 с.

4. Индустриальные геодезические системы. Специальное программное обеспечение [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://geosystems.aero/category/software> (дата обращения : 25.04.11).

КОСТЮК Александр Сергеевич, аспирант кафедры геодезии.

Адрес для переписки: e-mail: kas-55@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 25.04.2011 г.

© А. С. Костюк

УДК 551.524

**А. В. КАРАЕВА
И. В. КАРНАЦЕВИЧ**

Омский государственный педагогический университет

ЧИСЛО СУТОК В РАЗНЫЕ ГОДЫ С ВЫСОКИМИ ЛЕТНИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ СТРАН

Произведен подсчет теплых и жарких дней за каждое лето на ряде метеостанций России и сопредельных стран. Составлены графики и карты изотерм.

Ключевые слова: максимальная температура воздуха, число дней.

В различных сферах человеческой деятельности — в быту, на производстве, транспорте, изысканиях, в проектировании, строительстве и эксплуатации, в военном деле, туризме, в медицине — всюду используются и учитываются количественные данные об экстремальных температурных условиях, которые наблюдаются в данной местности.

Материалы многолетних наблюдений по 233-м метеорологическим станциям территории СССР с начала наблюдений до 2006 г., в основном за 20-й век, получены из Интернета на сайте Всероссийского НИИ гидрометеорологии (г. Обнинск) [1]. Система управления базой данных (СУБД WEATHER) разработана в 2006–2010 гг. Е. Б. Березиным и И. В. Карнацевичем [2].

Максимальная температура — наибольшее значение температуры (наиболее высокая температура), зафиксированное за сутки на метеорологической станции специальным прибором — максимальным термометром. В северных областях Сибири, в условиях резко континентального климата амплитуды колебаний экстремальных температур воздуха достигают 100–105 градусов, в республиках Средней Азии — 75 градусов. На побережьях Северного Ледовитого океана в Сибири летом иногда наблюдается максимальная температура воздуха 34–36 градусов [3, с. 96].

Для исследования географического распределения в разные годы числа суток с высокими летними температурами на территории России и сопредельных стран были использованы данные о температурах воздуха, полученные в результате ежесуточных измерений на 21-й метеорологической станции исследуемой территории. В табл. 1 перечислены названия этих метеостанций.

На рис. 1–4 показаны графики колебаний числа дней с максимальными дневными температурами выше 25° и выше 30°. В Омске, например, число дней с температурой выше 25 градусов составляет в некоторые холодные летние периоды всего 20 суток, а в жаркие летние месяцы — 70–80 суток. В Москве за 58 лет наблюдений (данные на сайте [1]) наибольшие температуры воздуха наблюдались в 1972, 1981, 1996, 1998 гг. и равнялись 35° трижды: июль, август 1972 г. и июль 1981 г. (табл. 2)

В 2010 году лето в областях Центральной России отличилось аномально жаркой погодой, когда температура в Москве 29 июля превысила все известные рекорды, составив, по данным Гидрометеобюро Москвы и Московской области, значение +38,2° (данные на сайте [4]).

Считать это значение аномальным нет никаких статистических оснований. По теории вероятностей, в тысячелетнем вариационном ряду могут наблю-

**Метеорологические станции,
материалы которых использовались
при анализе числа дней с высокими летними температурами воздуха**

| № | Название станции | с.ш. | в.д. |
|----|----------------------------|-------|--------|
| 1 | Хатанга | 72° | 102,5° |
| 2 | Туруханск | 65,8° | 87,9° |
| 3 | Анадырь | 64,8° | 177,6° |
| 4 | Архангельск | 64,6° | 40,5° |
| 5 | Якутск | 62,0° | 129,7° |
| 6 | Подкаменная Тунгуска (Бор) | 61,6° | 90,2° |
| 7 | Санкт-Петербург | 60,0° | 30,3° |
| 8 | Магадан | 59,5° | 150,7° |
| 9 | Таллинн | 59,4° | 24,6° |
| 10 | Бодайбо | 57,9° | 114,2° |
| 11 | Томск | 56,4° | 85,0° |
| 12 | Москва | 55,9° | 37,6° |
| 13 | Курган | 55,4° | 65,4° |
| 14 | Омск | 55,0° | 73,4° |
| 15 | Самара | 53,3° | 50,2° |
| 16 | Иркутск | 52,3° | 104,3° |
| 17 | Саратов | 51,5° | 46,0° |
| 18 | Благовещенск | 50,3° | 127,6° |
| 19 | Астрахань | 46,4° | 48,0° |
| 20 | Сочи | 43,5° | 39,8° |
| 21 | Ташкент | 41,3° | 69,4° |

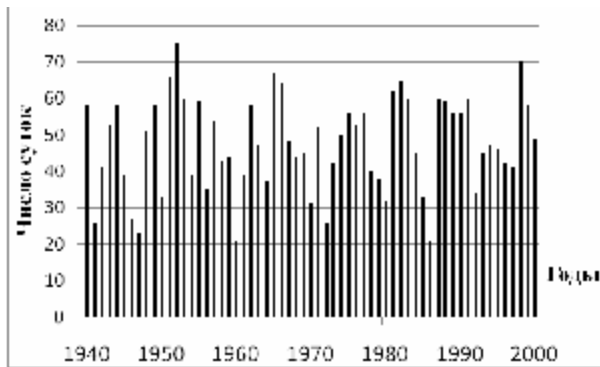


Рис. 1. Динамика многолетнего хода числа суток с температурой выше 25° в Омске

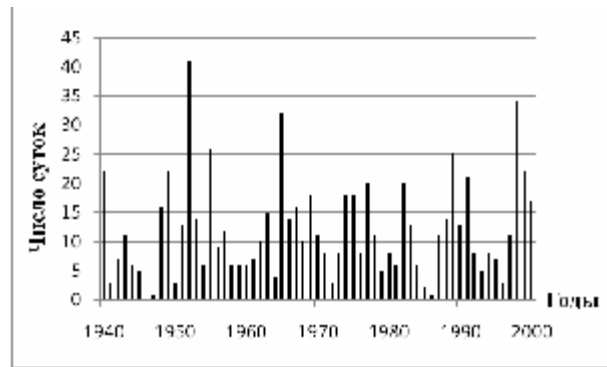


Рис. 2. Динамика многолетнего хода числа суток с температурой воздуха выше 30° в Омске

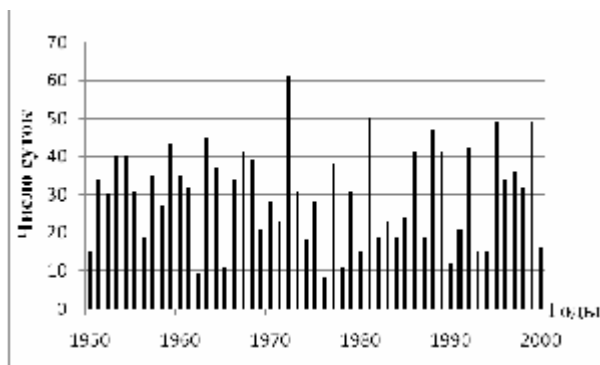


Рис. 3. Динамика многолетнего хода числа суток с температурой воздуха выше 25° в Москве

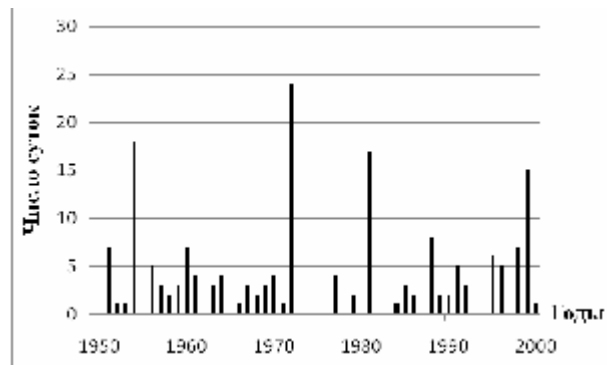


Рис. 4. Динамика многолетнего хода числа суток с температурой воздуха выше 30° в Москве

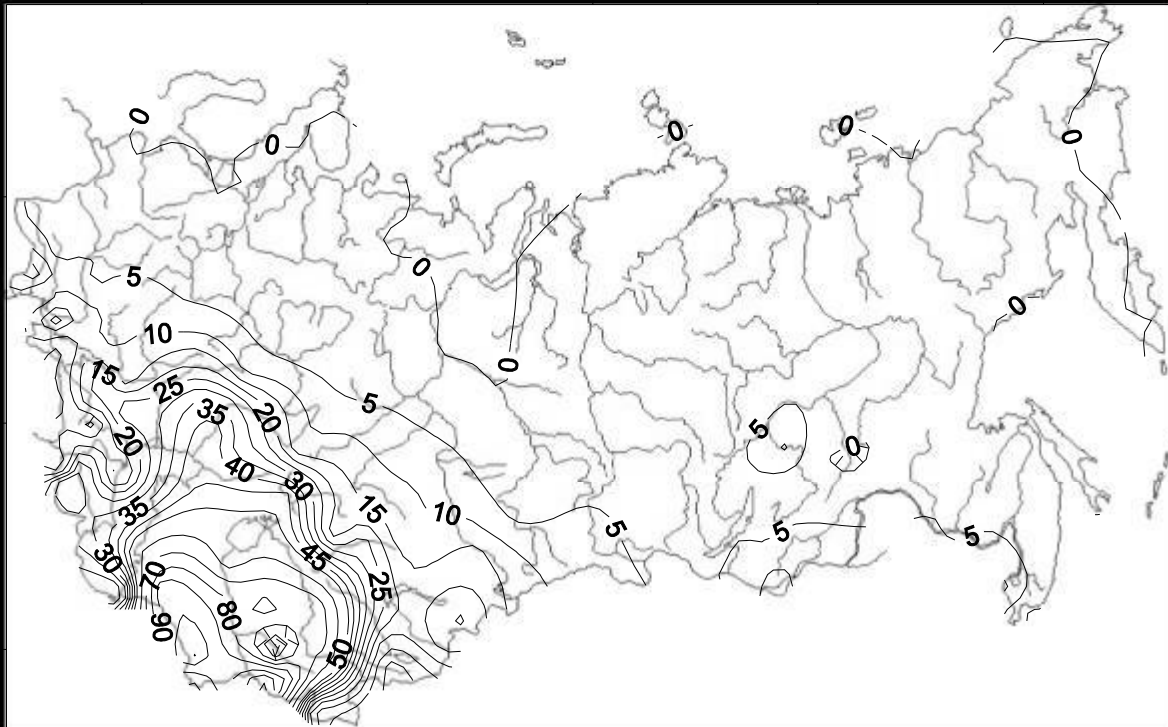


Рис. 6. Географическое распределение числа суток с температурой воздуха выше 35° в средний год

в Хатанге — 18, в Туруханске — 32, в Подкаменной Тунгуске — 46, в Якутске достигают максимума — 55 суток. На низменных равнинах Средней Сибири отчетливо прослеживается влияние внутриматерикового положения территорий на распределение летних температур. Годовая норма теплых дней в Якутске превышает аналогичную норму в Центральной России и на северо-востоке Восточно-Европейской равнины.

Благодаря удаленности от океана и особенностям радиационного режима Байкальской горной страны число суток с высокими летними температурами там больше, чем на восточных и северных окраинах материка, проявляется ярко выраженная тенденция их роста от северных широт к южным. Так в более северном Бодайбо максимальное число теплых суток составило 59, тогда как в Иркутске — 69.

На окраинах Северо-Востока Сибири в Анадыре и Магадане господствуют суровые природные условия, по причине которых температура воздуха редко поднимается выше 25°. На метеостанции Анадырь число теплых суток за год не превышало 4-х, в Магадане — 2-х. Малое число суток с высокими летними температурами в пределах Северо-Востока Сибири объясняется рядом факторов. Строение рельефа и окружающие территорию холодные акватории обуславливают свободное проникновение холодных континентальных арктических масс воздуха Северного Ледовитого океана. Оказывают влияние на климат Азиатский максимум, Алеутский минимум, циркуляционные процессы на арктическом фронте [5, с. 185].

Сравнив рис. 5 и 6, мы увидим, что изолинии числа суток с температурой выше 25° охватывает всю территорию России и сопредельных государств, за исключением окраин Северо-Востока Сибири, тогда как число суток с температурой выше 35 градусов в Прибалтике, на большей части территории России (особенно на севере, в центральной части

Сибири и Дальнего Востока) равны нулю, лишь в отдельных районах Забайкалья и юга Приморья их число достигает 5 суток. Район, где температура воздуха превышает 35 градусов более 5 суток за средний год охватывает территорию от центральной части Восточно-Европейской равнины и юга Западной Сибири до степей Средней Азии, где приобретает максимальное значение — 90 суток.

Библиографический список

1. Сайт Роскомгидромета. — URL: <http://www.meteo.ru> (дата обращения : 28.03.11).
2. Карнацевич, И. В. Вероятностные прогнозы экстремальных температур воздуха на территории Сибири [Текст] / И. В. Карнацевич, Е. Б. Березин, Т. В. Бережанская // Омский научный вестник/ Сер. Ресурсы Земли. Человек. — Омск : ОмГТУ, 2010. — № 1(94). — С. 256–260.
3. Карнацевич, И. В. Экстремальные температуры воздуха в Сибири [Текст] : справочник / И. В. Карнацевич. — Омск : Изд-во Омск. гос. педагог. ун-та, 2010. — 146 с.
4. Интернет-журнал о метеорологии и астрономии Meteoweb. — URL: <http://www.meteoweb.ru> (дата обращения : 25.03.11).
5. Раковская, Э. М. Физическая география России [Текст] : учеб. для студ. пед. высш. учеб. заведений. В 2 ч. Ч. 2. / Э. М. Раковская, М. И. Давыдова. — М. : Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2001. — 304 с.

КАРАЕВА Алена Викторовна, студентка 5-го курса географического факультета (группа 51). Адрес для переписки: e-mail: alenakaraeva@mail.ru
КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор (Россия), профессор кафедры физической географии.

Статья поступила в редакцию 12.04.2011 г.

© А. В. Караева, И. В. Карнацевич

УДК 551.577

**И. В. КАРНАЦЕВИЧ
А. В. КАРАЕВА**

Омский государственный
педагогический университет

САМОЕ СУХОЕ ЛЕТО В ОМСКЕ

В сообщении сделан анализ необычно малого летнего естественного атмосферного увлажнения в 2010 г. в Омске — с апреля по октябрь выпало всего 145 мм осадков.

Ключевые слова: атмосферные осадки, Омск, 2010 год.

Ежесуточные наблюдения за температурой воздуха в Омске производятся с 1888 года. В 2010 г. за теплое время года — с апреля по октябрь включительно — в Омске выпало всего 145 мм атмосферных осадков, хотя в прошлые годы, например, в предыдущие 4 года за тот же временной интервал выпадало в 2–3 раза больше осадков (табл. 1), а средняя за 120 лет сумма летних осадков равнялась 287 мм.

Анализ табл. 2 показывает, что в северной лесостепи осадков за летний интервал 2010 года выпало значительно больше, чем в Омске, на соседних

метеостанциях и на юге области зарегистрировано меньшее количество влаги, а в Русской Поляне, например, дождей выпало в августе значительно больше [1].

Вероятно, это объясняется ливнем, выпавшим в августе непосредственно над дождемерным прибором метеостанции Русская Поляна, так как на других метеостанциях южной лесостепи в августе фоновые осадки были порядка 15–30 мм/мес.

Тот факт, что в Омске летняя сумма осадков оказалась наименьшей за все годы наблюдений, вовсе

Таблица 1

Суммы атмосферных осадков в Омске за последние 5 лет, мм

| Месяц | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 | Год | Сумма за 04–10 |
|-------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|----------------|
| 2006 | 20 | 10 | 17 | 22 | 19 | 71 | 52 | 62 | 19 | 46 | 60 | 49 | 447 | 291 |
| 2007 | 30 | 22 | 8 | 42 | 72 | 136 | 105 | 73 | 25 | 14 | 20 | 20 | 567 | 467 |
| 2008 | 9 | 26 | 18 | 17 | 25 | 34 | 55 | 35 | 51 | 19 | 36 | 10 | 335 | 236 |
| 2009 | 29 | 19 | 5 | 27 | 37 | 60 | 163 | 144 | 45 | 20 | 19 | 27 | 595 | 496 |
| 2010 | 11 | 16 | 24 | 6 | 27 | 44 | 20 | 22 | 13 | 13 | 55 | 35 | 286 | 145 |

Таблица 2

Суммы атмосферных осадков в 2010 г., мм

| Станция | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 10 | Сумма за 04–10 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----------------|
| Тара | 11 | 32 | 41 | 58 | 36 | 33 | 11 | 222 |
| Большеречье | 7 | 42 | 57 | 59 | 46 | 18 | 21 | 250 |
| Тюкалинск | 10 | 19 | 41 | 25 | 61 | 20 | 10 | 186 |
| Называевск | 16 | 38 | 66 | 37 | 49 | 19 | 8 | 233 |
| Калачинск | 10 | 14 | 22 | 24 | 27 | 7 | 9 | 113 |
| Омск | 6 | 27 | 44 | 20 | 22 | 13 | 13 | 145 |
| Таврическое | 4 | 22 | 29 | 24 | 27 | 3 | 7 | 116 |
| Полтавка | 13 | 13 | 31 | 23 | 14 | 6 | 5 | 105 |
| Русская Поляна | 26 | 11 | 27 | 23 | 55 | 7 | 13 | 162 |

не говорит о какой-то аномалии. Наименьшая за 120 лет сумма осадков — одна из многочисленных реализаций случайного сочетания многих факторов, определяющих выпадение осадков в одноименные внутригодовые интервалы разных лет. Чем длиннее будет ряд наблюдений, тем меньшее, согласно теоретической частотной кривой распределения, значение летних осадков появится в ряду наблюдений. Например, через несколько десятков или сотен лет, по теории вероятностей, за апрель — октябрь в Омске выпадет 100 или 90 мм осадков. Кстати, это может случиться один раз примерно в 1000 лет, например, в следующее лето, а может наблюдаться только через 900 или 1500 лет.

Несмотря на сухое лето 2010 года, в хозяйствах Омской области и на дачных участках урожайность поливных сельскохозяйственных культур едва ли значительно отличалась от средней многолетней. Дело в том, что, несмотря на критику в адрес мелиораторов, на проклятия, которые экологи адресуют ирригаторам, в зоне недостаточного увлажнения и рискованного земледелия, каковой является южная половина Омской области, все земледельцы, в том

числе жители Омска, имеющие дачные участки, являются полноценными и полноправными ирригаторами, не представляющими себе ни одно лето без поливов. Урожайность поливных культур в Омске в сухое лето 2010 года — одно из свидетельств апофеоза мелиоративной науки и практике орошаемого земледелия в условиях нехватки естественного атмосферного увлажнения.

Библиографический список

1. Агрометеорологический бюллетень [Текст]. — Омск : ГУ «Омский ЦГМС-Р», 2010. — № 1—26.

КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор (Россия), профессор кафедры физической географии.

КАРАЕВА Алена Викторовна, студентка 5-го курса географического факультета (группа 51).

Адрес для переписки: e-mail: alenakaraeva@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.04.2011 г.

© И. В. Карнацевич, А. В. Караева

Книжная полка

Курошев, Г. Д. Геодезия и топография [Текст] / Г. Д. Курошев. — 3-е изд., стер. — М. : Академия, 2009. — 173 с. — ISBN 978-5-7695-6477-2.

В учебнике описаны основные этапы истории развития геодезических измерений и топографических съемок. Приведены общие сведения о погрешностях измерений, правила и методы измерения углов и расстояний, решения задач по определению плановых координат и высот пунктов местности. Дано описание наиболее распространенных приборов, применяемых для проведения полевых и камеральных работ. Рассмотрены способы и технологии полевых наземных и аэротопографических съемок, содержание топографических карт.

Короновский, Н. В. Геология [Текст] : учеб. для вузов по экол. специальностям / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. — 6-е изд., стер. — М. : Академия, 2010. — 445 с. — ISBN 978-5-7695-7038-4.

В книге рассмотрены форма, строение и физические свойства Земли, а также основные геологические, географические, геофизические и геохимические сведения о строении и составе земного шара и земной коры. Освещены экзогенные и эндогенные процессы, их взаимодействие и взаимообусловленность, рассмотрены их роль и значение в формировании и развитии земной коры и рельефа Земли. Изложены природа тектонических движений и деформаций, причины сейсмической активности, покровных оледенений и других геологических явлений в свете новой глобальной концепции — тектоники литосферных плит. Учебник написан с учетом новейших данных, полученных в результате геолого-геофизических, космических и океанологических исследований.

Булах, А. Г. Общая минералогия [Текст] : учеб. для вузов по специальности «Геология» / А. Г. Булах, В. Г. Кривовичев, А. А. Золотарёв. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Академия, 2008. — 410 с. — ISBN 978-5-7695-4681-5.

В учебнике изложены современные теоретические и прикладные аспекты минералогии. Приведены характеристика и внешние диагностические признаки главных породообразующих и рудных минералов. В настоящем издании номенклатура минералов дана в строгом соответствии с рекомендациями Международной минералогической ассоциации. С новейших позиций теории изоморфизма охарактеризованы закономерности вариаций химического состава минералов и взаимосвязи их кристаллохимических особенностей и свойств. Рассмотрены главнейшие типы минеральных месторождений, начала прикладной и поисковой минералогии и главные области промышленного использования минералов. Дан обзор методов минералогических исследований, используемых при поиске, разведке и разработке месторождений полезных ископаемых.