НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.583

И. В. КАРНАЦЕВИЧ
В. С. АКИМОВА

Омский государственный педагогический университет

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск

КРИТЕРИЙ СТАБИЛЬНОСТИ КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В КЛИМАТОЛОГИИ

Приведены факты из области математической статистики и теории вероятностей, из анализа которых следует, что прогнозы предстоящего потепления глобального климата научно не обоснованы.

Ключевые слова: температура воздуха, выборки, тренды, критерии, коэффициенты вариации.

Проблема изменений климата, точнее, колебаний средней температуры воздуха в многолетии, если и существует, то лишь для исследователей, не имеющих представления о колебательных процессах, о математической статистике и теории вероятностей. Во Вселенной происходят колебательные процессы, тренды многих из них нисходящие, но приращения функций, описывающих векторы физических величин в этих процессах, исчезающе малы в сравнении со средними квадратичными ошибками измерений.

Систематические ежесуточные наблюдения за температурой воздуха производятся, как известно, всего лишь в течение последних 100 – 150 лет, причем первый год наблюдений на каждой станции — случайная дата. Знак же трендов меняется при усечении вектора в начале. Тренды разных метеостанций в отношении векторов средних годовых температур имеют разные знаки. Уже только поэтому нельзя утверждать, что тренд глобальной температуры един.

Достоверности трендов выражаются малыми значениями интеграла вероятности Гаусса, но даже если все метеостанции в умеренных и высоких широтах показали бы растущий тренд, нет никаких оснований экстраполировать его приращение на будущее — опять-таки из-за того, что в первый год

Таблица 1

Коэффициенты вариации средних годовых температур воздуха

Метеостанция	Годы	Cv
Санкт-Петербург	1890 – 2006	0,0021
Киев	1890 – 2006	0,0047
Одесса	1894 – 2005	0,0023
Сочи	1890 – 2006	0,0031
Астрахань	1890 – 2006	0,0032
Алма-Ата	1921 – 2005	0,0034
Якутск	1891 – 2006	0,0023
Верхоянск	1902 – 2006	0,0041
Омск	1890 – 2006	0,0040
Иркутск	1890 – 2006	0,0041

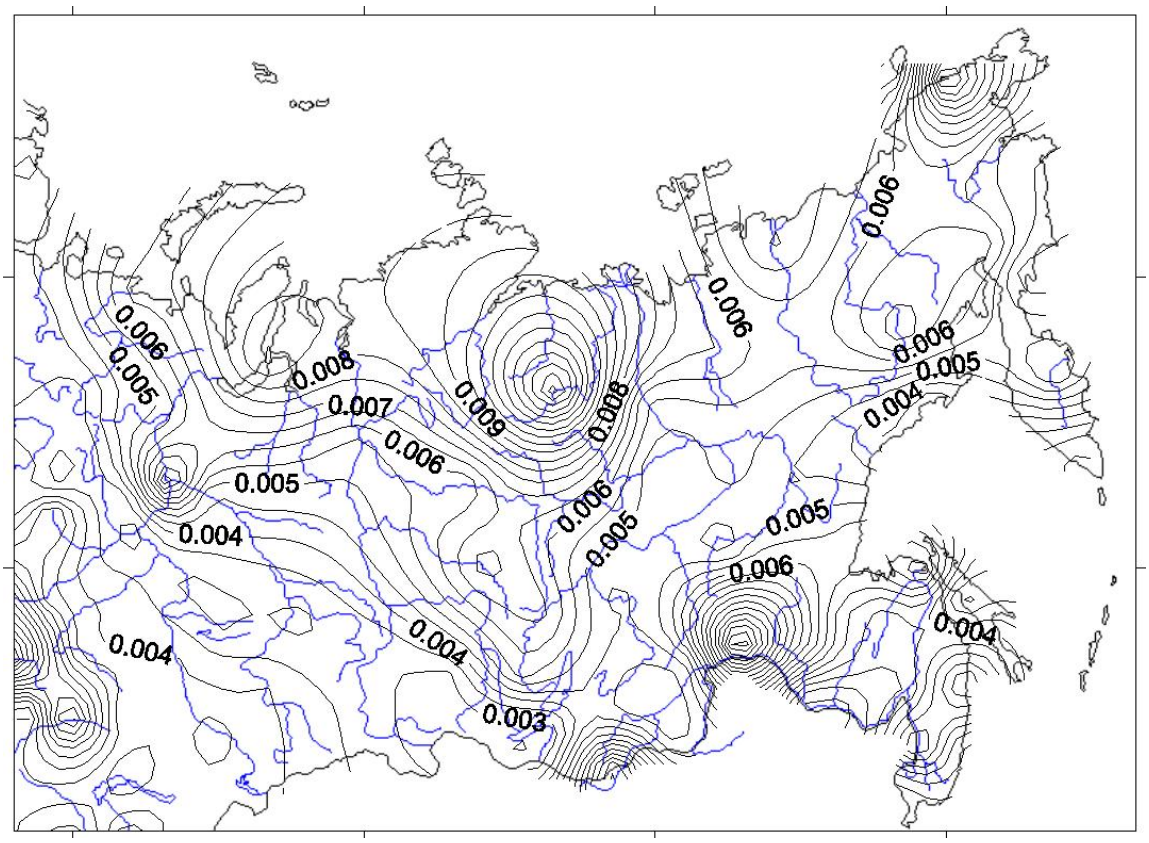

Рис. 1. Коэффициент вариации средних годовых температур воздуха в многолетних рядах наблюдений 120 метеостанций Сибири и соседних стран

выборки значение признака — случайное число, причем точно так же случайно число, находящееся в последнем году выборки. Но если первое очень малое, а последнее очень большое, то тренд получится растущим и наоборот.

Специалистам-климатологам следовало бы определить и утвердить (чисто условно) значение разграничительного критерия оценки понятий «изменения» и «колебания» климата. Такого критерия до сих пор не существует. В работах [1, 2] предприняты попытки обоснования понятия стабильности вариационного ряда исходя из количественной оценки коэффициента вариации. В работах [3, 4] предлагается количественный критерий условного разграничения математических понятий «колебания» и «изменения», а также рассматриваются различные аспекты проблемы.

В табл. 1 приведены значения коэффициентов вариации многолетних рядов наблюдений за температурой на метеостанциях территории СССР, а на рис. 1 представлено поле изолиний коэффициента вариации средних годовых температур воздуха, полученное в результате статистической обработки ежесуточных измерений температуры воздуха на 120 метеорологических станциях Сибири и соседних территорий. Обращают на себя внимание очень малые, исчезающе малые значения Cv, что говорит о постоянстве.

В табл. 1 представлены вычисленные для длинных рядов средних годовых температур воздуха, полученных в 20-м столетии на метеостанциях Советского Союза, коэффициенты вариации, не превышающие 0,005. На рис. 1 приведена карта изолиний коэффициента вариации средних годовых температур воз-

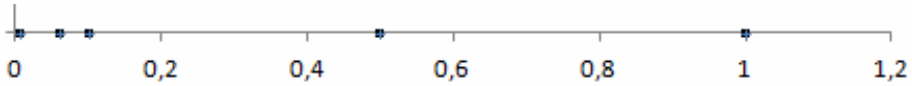

Рис. 2. Шкала значений коэффициента вариации Cv

духа в многолетних рядах наблюдений по данным 120 метеостанций Сибири и соседних стран. Всё это свидетельствует, что климат не меняется.

На рис. 2 для наглядности представлена шкала коэффициентов вариации Cv. Рассмотрим отрезки шкалы от нуля до соответствующей метки Cv. Поскольку масштаб графика — Cv = 1,0 в 15 см, длина отрезка Cv = 0,01 соответствует 1,5 мм. Коэффициент вариации средних годовых расходов воды в р. Тобол у Кургана, например, равен Cv = 1,20 (отрезок длиной 18 см), коэффициент вариации средних годовых расходов воды в р. Иртыш у Омска Cv = 0,25 выразится отрезком длиной 38 мм, а для рек Ямала получим при Cv = 0,10 отрезок длиной 15 мм. Предлагаем читателю мысленно отложить эти значения на шкале рис. 2. Колебание роста солдат в дивизии Британской армии (от 145 см до 195 см) характеризуется Cv = 0,06 (отрезок длиной 9 мм). Очень незначительны колебания диаметров одинаковых монет Банка России достоинством 10 коп. выпуска 2010 г. и средних годовых температур воздуха [1]. Это значение Cv = 0,004 соответствует отрезку длиной 0,6 мм = 600 мкм. Практически такое же малое значение Cv = 0,003 характеризует многолетний ряд суммарного годового расхода воды рек нашей планеты, что говорит о стабильности глобального круговорота воды и энергии климата планеты.

По аналогии с разбросом (распределением) диаметров одинаковых монет, характеризующимся исчезающе малым коэффициентом вариации, в котором первая значащая цифра появляется лишь в третьей позиции после запятой (рис. 1), следует считать среднюю годовую температуру воздуха в многолетних рядах величиной постоянной для текущего тысячелетия.

Вывод. В климатологии для разграничения понятий «колебания» и «изменения» следует ввести временно, вплоть до более строгого обоснования, следующий условный критерий оценки стабильности процесса: если коэффициент вариации многолетнего ряда значений переменной меньше, чем 0,005, средняя арифметическая этой переменной стабильна, то есть не меняется при удлинении ряда и может быть принята за математическое ожидание на ближайшие столетия. Это будет означать, что в ближайшие столетия климат не изменится, и, по крайней мере для огромного большинства практических приложений, изменения будут незаметны и могут быть проигнорированы.

Библиографический список

1. Карнацевич, И. В. Изменчивость диаметров одинаковых монет как аналог изменчивости глобального климата / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 238—240.

2. Карнацевич, И. В. Зависимость коэффициента вариации средней температуры воздуха от продолжительности интервала усреднения / И. В. Карнацевич, К. А. Мадиева // Омский научный вестник. Сер. Ресурсы Земли. Человек. — 2013. — № 2 (124). — С. 132—134.

3. Карнацевич, И. В. О стабильности климата Земли и критериях его колебаний и изменений / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2004. — № 4 (29). — С. 164—167.

4. Карнацевич, И. В. Инопланетяне и изменения климата / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2006. — № 9 (46), декабрь. — С. 326—329.

КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии Омского государственного педагогического университета.
Адрес для переписки: ikar.omsk@gmail.com
АКИМОВА Виктория Станиславовна, старший преподаватель кафедры проектирования дорог Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.
Адрес для переписки: vist5@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.01.2014 г.
© И. В. Карнацевич, В. С. Акимова

Книжная полка

Короновский, Н. В. Геология : учеб. для вузов / Н. В. Короновский, Н. А. Ясаманов. — 8-е изд., испр. и доп. — М. : Academia, 2012. — 448 с. — Гриф УМО по классич. университетскому образованию. — ISBN 978-5-7695-9022-1.

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Экология и природопользование» (квалификация «бакалавр»). 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. Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 551.482

И. В. КАРНАЦЕВИЧ
В. С. АКИМОВА

Омский государственный педагогический университет

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск

РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ПО ДАННЫМ СТАНДАРТНЫХ МЕТЕОНАБЛЮДЕНИЙ

В статье приводятся результаты массовых расчетов местного элементарного стока в суточном разрешении по данным метеостанций за тысячи последовательных суточных интервалов. Для компьютерных расчетов использовались: электронная БД meteo.ru, пакет программ, представляющий собой СУБД и модуль вычисления методом конечных разностей элементов текущих водных балансов из системы уравнений В. С. Мезенцева.

Ключевые слова: текущие водные балансы, элементарные водосборы, гидрографы местного стока.

В конце XIX века крупнейший российский климатолог А. И. Воейков сформулировал в поэтической форме мысль, высказанную Фалесом Милетским 2 000 лет назад: «Реки — продукт климата». Во втором десятилетии XXI века, благодаря созданию и публикации в Интернете электронных баз данных [1] и новой концепции тепловлагообмена на поверхности водосборов в холодных странах планеты [2, 3], стало возможным генерировать достаточно точные, как показывает контроль, значения местного элементарного стока с площадок метеорологических станций исключительно по ежесуточным данным стандартных метеорологических наблюдений.

Используя систему уравнений В. С. Мезенцева [4–6], задавая среднюю суточную температуру воздуха, характеризующую тепловые ресурсы и суточную сумму атмосферных осадков KX, характеризующих поступление воды на поверхность водосбора, гидролог получает за каждый расчетный интервал методом конечных разностей следующие элементы водного баланса: конечную и среднюю за интервал влажности деятельного слоя почвогрунтов W_2 и Wср, суммарное испарение Z и местный элементарный сток Y. При этом ресурсами стока и испарения являются, по Мезенцеву, не атмосферные осадки, а суммарное увлажнение

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

До 2011 г. гидрографы стока в суточном разрешении гидрологи строили лишь по материалам ежесуточных измерений уровней воды H в постоянных створах больших рек, используя для определения расходов воды Q кривую зависимости расходов от уровней Q = f(H). Теперь же стало возможным строить многолетние цепи гидрографов стока, вычисленного генетическим методом [7] по суточным интервалам, задавая многолетние массивы температуры и осадков по ближайшей к исследуемому водосбору метеорологической станции (рис. 1–8).

Приведенные выше графики свидетельствуют о триумфе *гидрометеорологии*, которая в итоге двухсотлетнего параллельного развития метеорологии и гидрологии получила единую систему аналитического описания процессов преобразования воды на поверхности водосборов под влиянием гравитационного и теплового дренирования водосборов. Процессы эти описываются уравнениями водного баланса и теплоэнергетического баланса. У гидрологов появилась возможность начать разработку *нового направления в глобальном изучении местного элементарного стока — направления, основанного на использовании детальных данных наблюдений метеорологических станций.* Это особенно важно для практики расчетов стока неизученных областей суши, для определения водных ресурсов неизученных водосборов, число которых на планете исчисляется миллионами.

Созданная трудами тысяч безвестных работников Метеорологической службы дореволюционной России, Советского Союза и Российской Федерации база *метеорологических* данных ежесуточных измерений характеристик атмосферного увлажнения и теплообеспеченности позволяет вычислять с достаточной для многих инженерных целей точностью значения элементов водного баланса, то есть сугубо *гидрологические* характеристики. Задача ближайшего десятилетия — создать БД и Атлас карт элементов водных балансов всех континентов за каждые сутки, месяц, год всего интервала лет наблюдений каждой метеорологической станции.

Сравнение рассчитанного стока, влажности почвы, суммарного испарения с измеренными значениями за месячные и годовые интервалы цепей конкретных лет [8, 9] показывает, что рассчитанные значения суммарного испарения близки к измеренным не только в месячных суммах, но и во внутримесячном (подекадном) и суточном ходе. На некоторых станциях рассчитанные суммы испарения слабо коррелируют с измеренными значениями. Причина

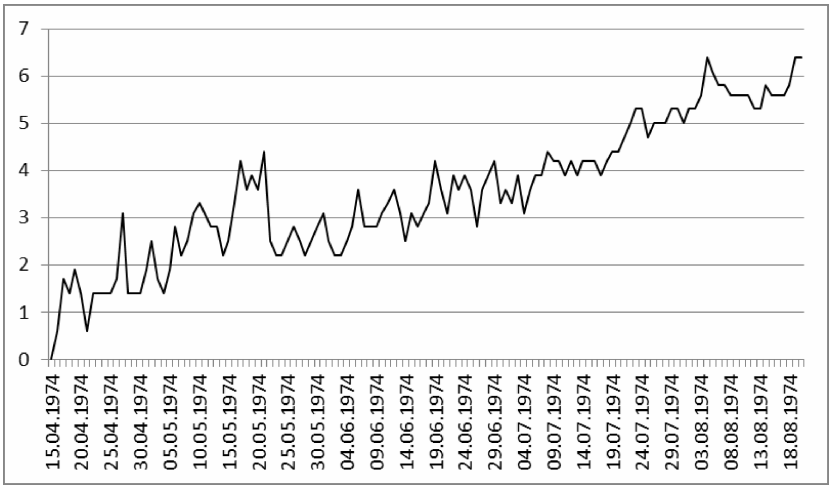

Рис. 1. Владивосток. Ежесуточные значения водного эквивалента ТЭР (теплоэнергетических ресурсов) испарения Zm, мм/сут, полученные по средним суточным температурам воздуха с середины апреля до середины августа 1974 г.

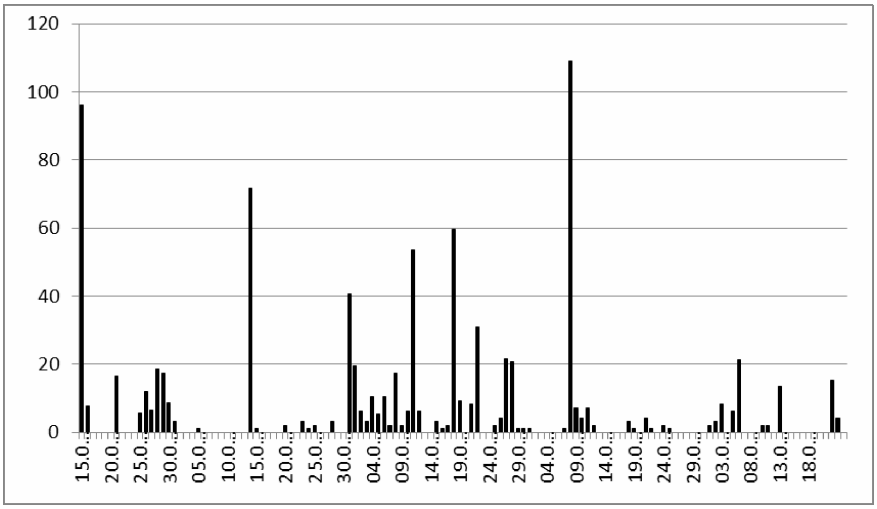

Рис. 2. Владивосток. 1974 г. Суточные слои атмосферных осадков КХ, мм/сут с поправками на недоучет. Твердые осадки зимнего периода перенесены на 15 апреля

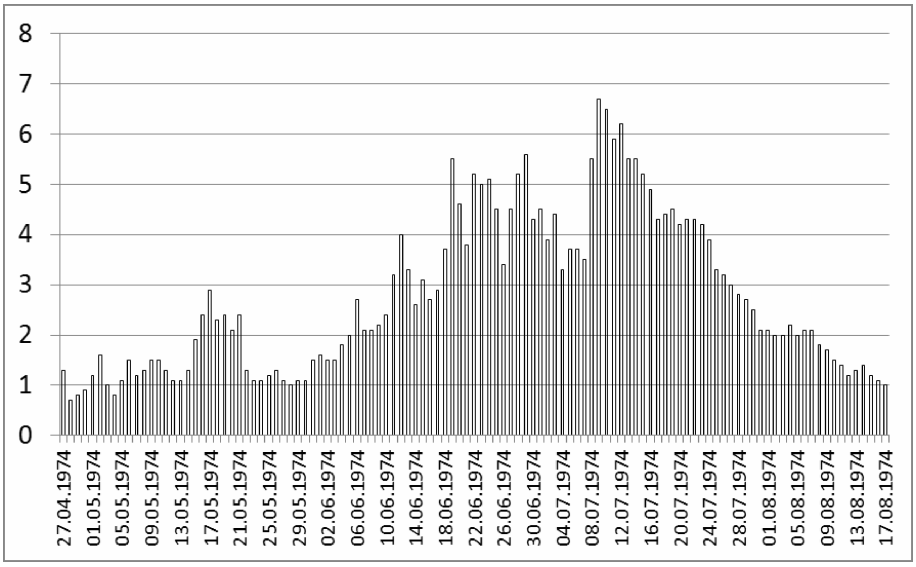

Рис. 3. Владивосток. 1974 г. Рассчитанный по суточным интервалам гидрограф местного стока Y (мм/сут) получен расчетом по исходным данным о максимально возможном испарении (Zm — рис. 1) и ежесуточных осадках (КХ — рис. 2)

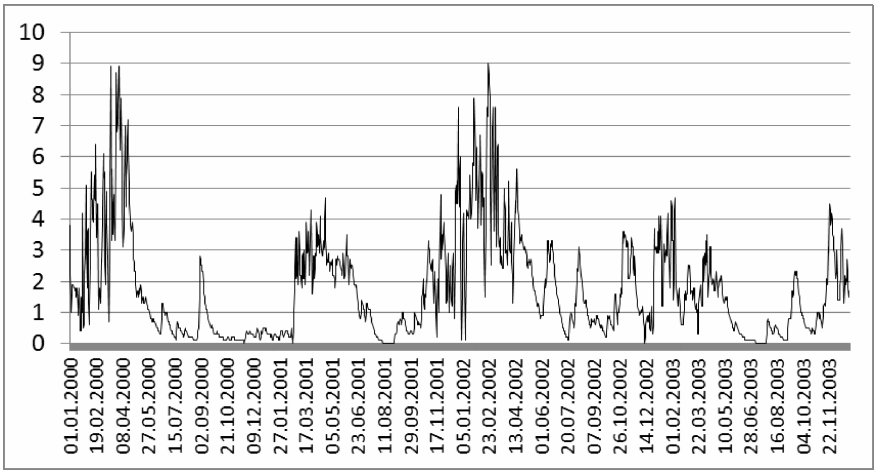

Рис. 4. Цепь гидрографов рассчитанного по данным метеорологической станции Сочи элементарного стока Y, мм/сут. 1460 суток подряд в 2000–2003 гг.

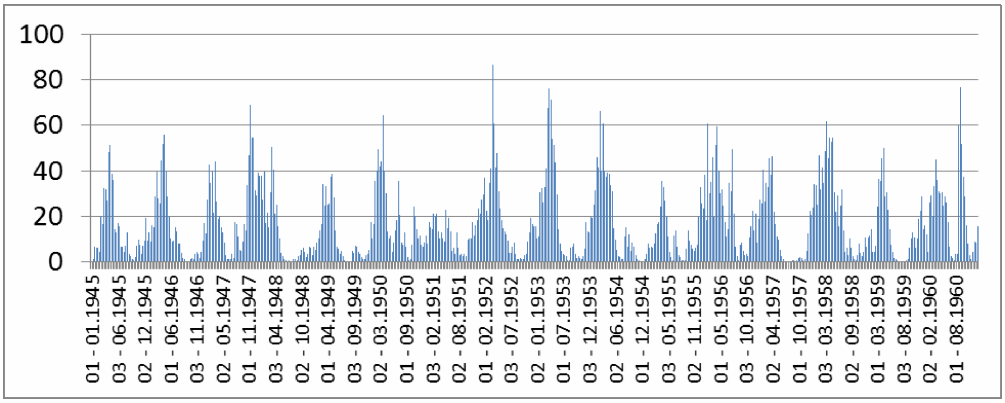

Рис. 5. Цепь ежедекадных рассчитанных по суточным интервалам значений слоя стока (мм/декаду) за 16 лет — с 1945 по 1960 гг. Метеостанция Сочи

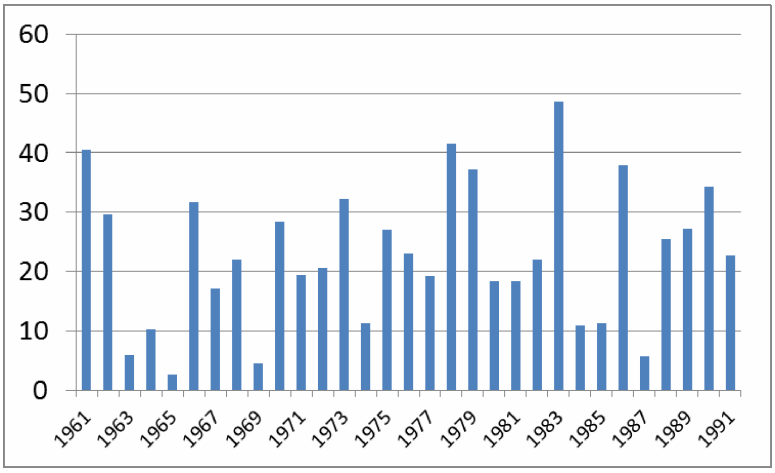

Рис. 6. Рассчитанные по данным о средних суточных температурах воздуха и суточным суммам атмосферных осадков метеостанции Астрахань за 31 год (6200 расчетных интервалов) значения годового слоя местного стока с элементарных площадок (мм/год)

этого заключается не в недостатках расчетной модели, а в известных гидрологам и метеорологам несоответствиях в площадном распределении влаги, а также, безусловно, в ошибках измерений, которые контрольным органам гидрометеорологической службы не удавалось до сих пор обнаруживать. Если бы метод расчета был некорректным, тесных корреляционных связей не наблюдалось бы ни в одном случае.

В теплых странах и в теплое время года в области сезонномерзлых почвогрунтов элементарный сток образуется лишь в часы выпадения осадков и мало зависит от тепловых ресурсов, а значение параметра n является местной константой, определяемой водопроницаемостью почвогрунтов и уклонами земной поверхности. В холодных странах ежегодно самым сложным для аналитического описания рас-

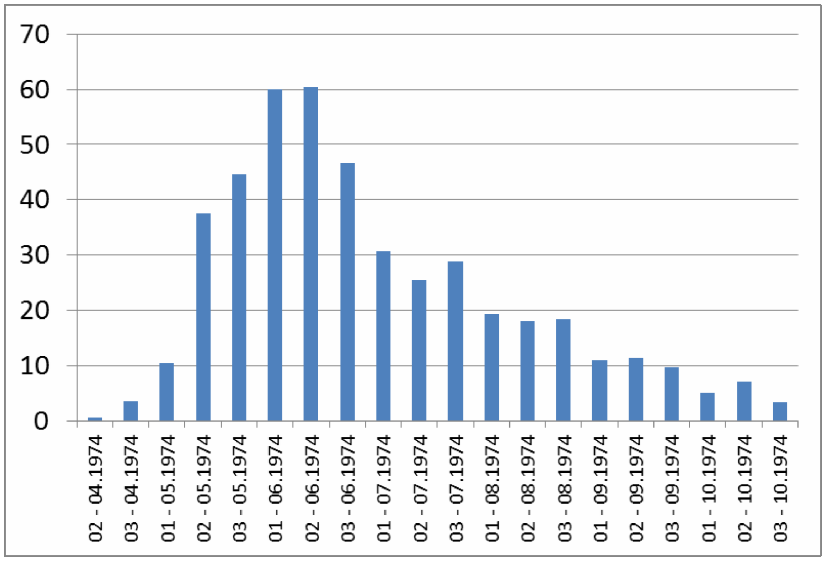

Рис. 7. Ежедекадные значения рассчитанного слоя стока в 1974 г. по ежесуточным данным метеорологических наблюдений станции Петропавловск-Камчатский

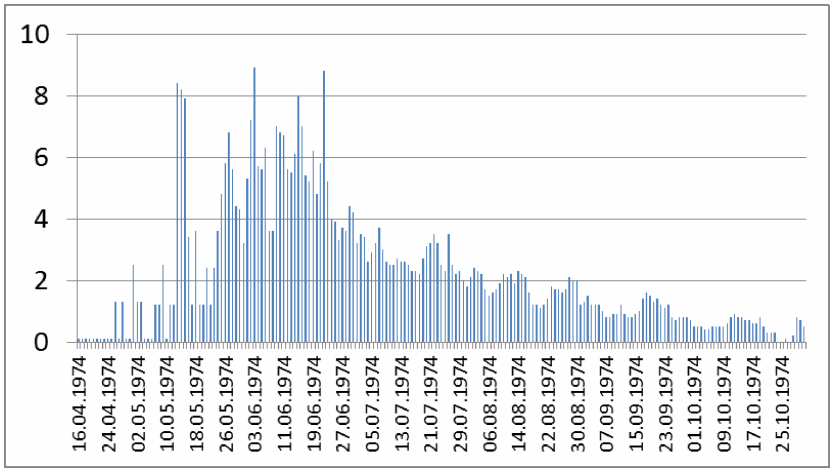

Рис. 8. Ежесуточные значения рассчитанного слоя стока в 1974 г. по ежесуточным данным метеорологических наблюдений станции Петропавловск-Камчатский

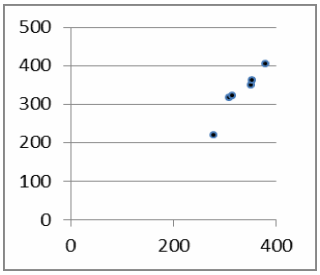

Рис. 9. Сравнение годового слоя стока (мм/год) за 1967–1972 гг. Метеостанция Туруханск — река Турухан – Янов Стан (F=10100 кв. км). По оси абсцисс отложены данные гидрометрических измерений. Коэффициент корреляции r=0,956

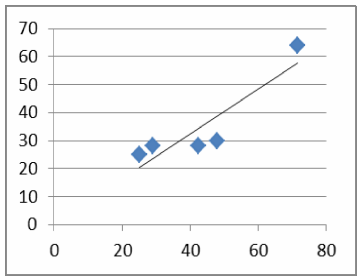

Рис. 10. Корреляция рассчитанных по суточным интервалам ежегодных сумм слоя стока в районе метеостанции Верхоянск и значений слоя годового стока по ежесуточным замерам уровней воды в реке Турагас с площадью водосбора 98,0 кв. км до створа 1,2 км от устья за 1971–1975 гг. Коэффициент корреляции связи r=0,910

четным периодом является период снеготаяния, однако, благодаря быстродействию современных вычислительных машин и большим возможностям численного экспериментирования, исследователь имеет возможность улучшать результаты, вводя в расчет — в любом месте программы с помощью условных переходов — команды, позволяющие менять параметры системы уравнений в течение нескольких расчетных интервалов. Безусловно, найденные решения должны быть универсальными для всех метеостанций куста.

В монографии [9] выполнена *проверка результатов расчета путем сравнения стока и испарения с опубликованными данными измерений Гидромет-*

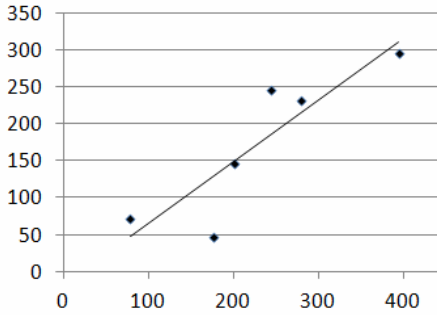

Рис. 11. Корреляция рассчитанных по суточным интервалам ежегодных слоев стока в районе Владивостока (в мм/год) за 1967 – 1972 гг. с данными измерений в реке Суйфун с площадью водосбора до гидрометрического створа Тереховка, равной 15 500 кв. км (r=0,88)

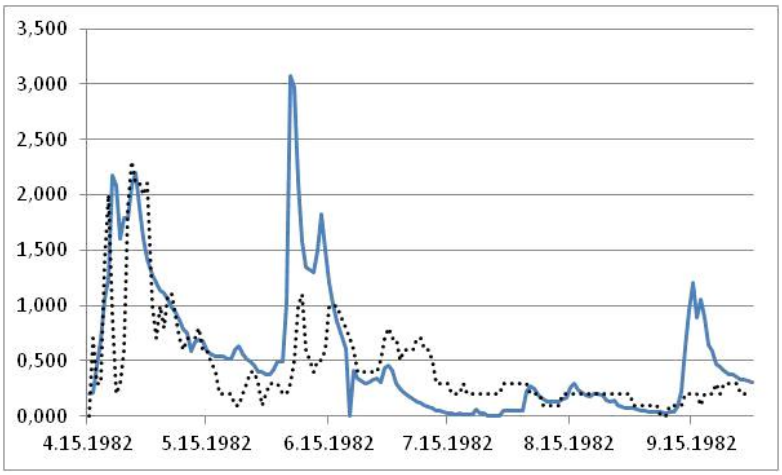

Рис. 12. Совмещенные графики стока летом 1982 г. Свердловск — река Черная. Расчетные данные — пунктирная линия

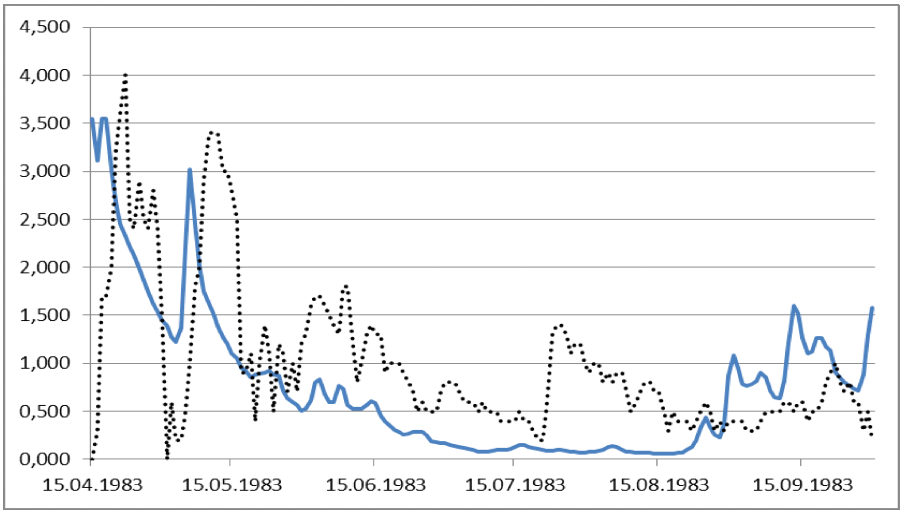

Рис. 13. Совмещенные графики стока с апреля до сентября 1983 г. Свердловск — река Черная

службы, причем проверка массовая (подряд несколько лет по месяцам) и относящаяся ко всем природным зонам. Значения коэффициентов корреляции, часто превышающие 0,90, свидетельствуют о том, что расчетный метод вычисления элементов водного баланса по данным стандартных наблюдений метеостанций позволяет достаточно точно описывать расходные статьи водного баланса — суммарное испарение и сток.

Для развития гидрологии неизученных областей суши следует создавать, в первую очередь, метеорологические посты, а также стоковые площадки с самописцами на действующих метеорологических станциях, предусматривать создание стоковых площадок на новых метеостанциях. Стандартные стоковые площадки могли бы успешно обслуживать и охранять метеорологи — люди в высшей степени дисциплинированные в силу знаний основ *метрологии*. Стоковые площадки нужны не только для измерения стока, но и для контроля рассчитанных значений стока и уточнения алгоритмов управления изменяемыми параметрами в системе уравнений ГКР

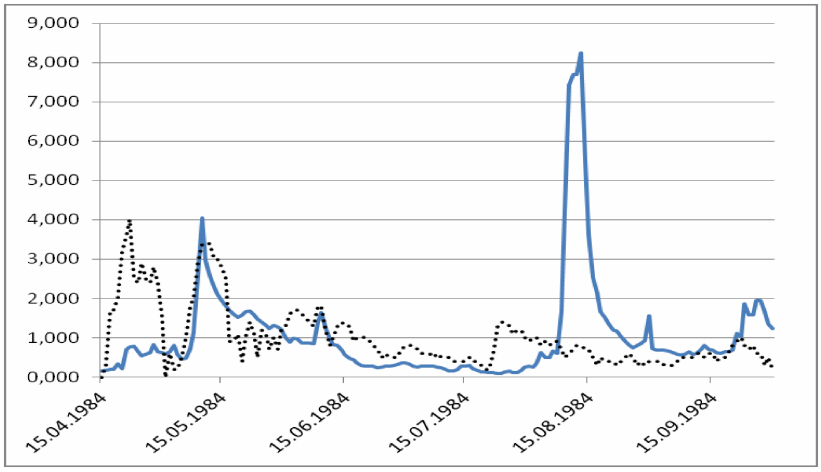

Рис. 14. Совмещенные графики стока в 1984 г. Свердловск — река Черная

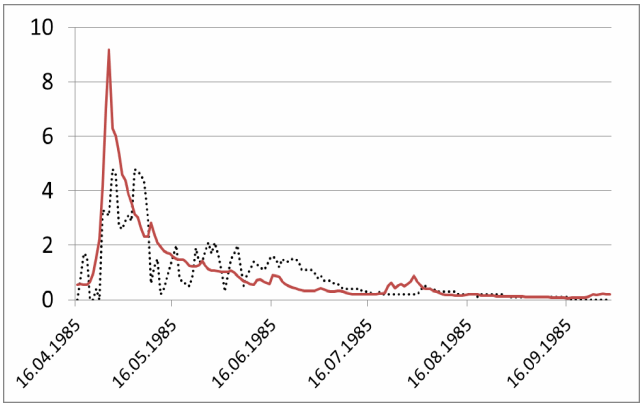

Рис. 15. Совмещенные графики стока Свердловск — река Черная за 1985 г.

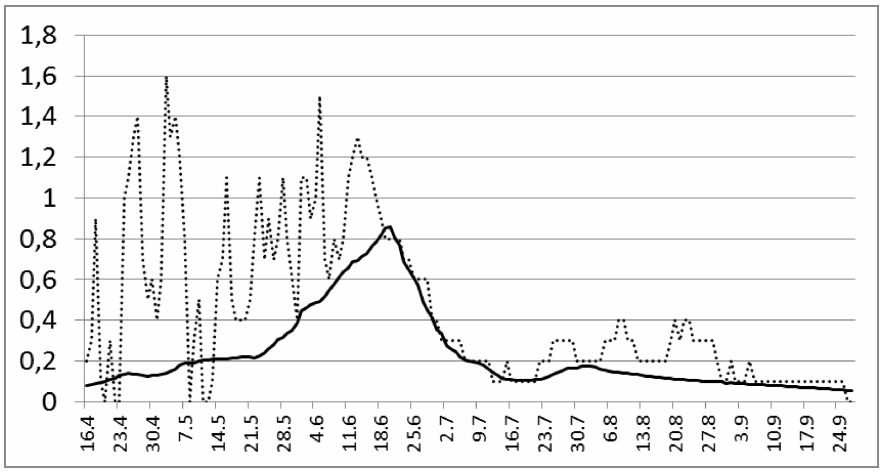

Рис. 16. Рассчитанный местный сток по данным метеостанции Тобольск (пунктирная линия) и гидрометрический сток в р. Агитка – юрты Митькинские. 1985 г.

с целью получения в ближайшем будущем универсальной для всех областей суши единой аналитической модели текущих водных балансов.

Одним из важнейших разделов инженерной гидрологии является изучение дождевых паводков, которые образуются во всех природных зонах под влиянием ливней или обложных осадков. На рис. 3, 4, 8 представлены гидрографы стока, полученные расчетом по ежесуточным данным наблюдений трех приморских метеостанций. На рис. 9–11 приведены графики контрольного сравнения рассчитанных по суточным интервалам и измеренных в ближайших к метеостанции реках суммарных годовых значений стока, а на рис. 12–17 произведено ежесуточное сравнение слоев рассчитанного по температурам и осадкам станции Свердловск (Екатеринбург) и измеренного стока в реке Черная в створе ж.-д. станции Сагра (северные предместья Екатеринбурга). Площадь водосбора реки до гидрометрического створа составляет 220 кв. км, а площадь приемного отверстия осадкомера Третьякова составляет 200 кв. см, т.е. в 11 млрд раз меньше. Несмотря на такую

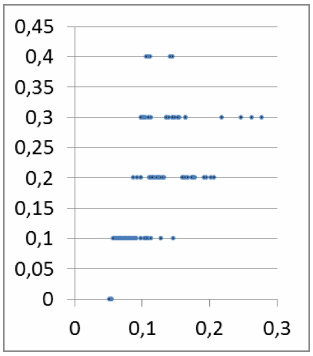

Рис. 17. Корреляционная связь рассчитанных по станции Тобольск и измеренных значений ежесуточного слоя стока с водосбора реки Агитка. Июль–сентябрь 1985 г. r=0,60 воды в районе Тобольска и в 125 км к ЮВ на водосборе р. Агитка

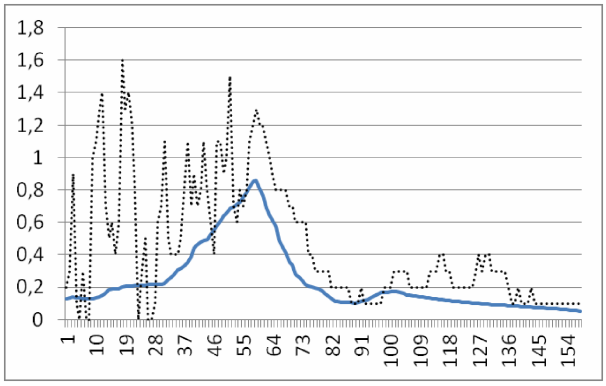

Рис. 19. То же, что на рис. 17, но со сдвигом рассчитанного стока вперед по шкале времени на 7 суток. По оси абсцисс число суток от начала (16 апреля)

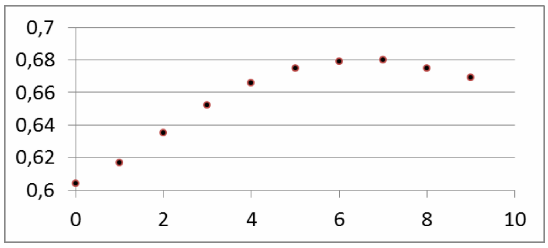

Рис. 18. Зависимость коэффициента корреляции (ось ординат) от сдвига рассчитанных значений (в сутках)

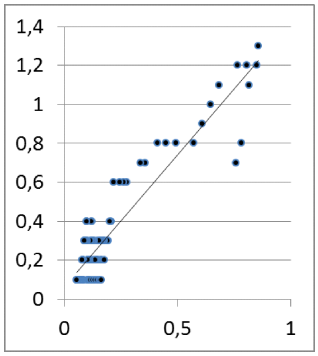

Рис. 20. То же, что на рис. 17 при сдвиге на 7 суток. r=0,68

Таблица 1

Зависимость коэффициента корреляции от сдвига ординат элементарного стока вперед относительно ординат гидрометрического стока. Тобольск — р. Агитка. 1985 г.

Сдвиг, сутки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент корреляции	0,60	0,62	0,63	0,65	0,66	0,67	0,68	**0,68**	0,68	0,67

разницу, результаты измерения атмосферных осадков на метеостанции оказываются репрезентативными для огромной площади водосбора.

Несоответствия рассчитанного элементарного стока и гидрометрического объясняются не только различиями в слое осадков — средних для водосбора и измеренных осадкомером на станции, но и эффектом добегания стока в реке до створа, где производят измерения уровней. Пик рассчитанного паводка приурочен к истинной дате, а пик паводка в водотоке представляет собой результат трансформирования потоков, приходящих к створу из разных частей площади через несколько суток после истинной даты элементарных пиков.

Для того, чтобы определить время добегания волн паводков до наблюдательного створа, были вычислены коэффициенты корреляции ежесуточных значений слоя стока — измеренного и рассчитанного — при последовательном сдвиге на одни сутки вперед данных метеорологического расчета стока. Значения коэффициента корреляции при сдвиге на 1 – 5 суток сначала увеличиваются, затем, после достижения максимума, начинают уменьшаться. Число суток от начала до максимума и есть время добегания пика волны трансформированного водосбором паводка. На рис. 16 – 20 представлены результаты такого эксперимента, произведенного сравнением ежесуточного слоя стока, полученного расчетом по данным метеостанции Тобольск с 16 апреля до 20-х чисел сентября 1985 г., и ежесуточных слоев стока воды в реке Агитка, вычисленных по ежесуточным расходам воды, опубликованным в Гидрологическом ежегоднике [10] за те же 150 суток. Сдвиг местного элементарного стока вперед выполнен с 16 по 25 апреля. Водосбор реки Агитка находится в 125 км к ЮВ от метеостанции Тобольск, площадь водосбора до створа юрты Митькинские равняется 3430 кв. км.

Таким образом, теснота связи намного повысилась после сдвига рассчитанных ординат вперед на 6 – 7 суток. При дальнейшем сдвиге значения коэффициента корреляции начинают уменьшаться (табл. 1). Средняя скорость добегания паводочной волны за 7 суток (168 часов) до гидрометрического створа при длине реки 120 км составляет 0,20 м/с. Наибольшая интенсивность стока элементарного 1,6 мм/сут, гидрометрического трансформированного — 0,85 мм/сут.

Выводы.

1. Расчеты стока по данным метеорологических станций — новое и весьма перспективное направление в инженерной гидрологии. Его следует развивать,

произведя расчеты стока по многолетним данным всех метеостанций земного шара и составив по результатам расчетов кадастр местного стока всех континентов.

2. Для контроля результатов расчета необходимо сопоставить эти результаты с массовыми материалами измерений на стоковых площадках метеостанций, организацию которых следует начинать незамедлительно. Многолетние данные наблюдений за стоком на стоковых площадках позволят уточнить алгоритм расчетов и получить универсальный компьютерный комплекс для расчета паводков (наводнений) по стандартным метеоданным.

3. На необжитых территориях для изучения водных ресурсов миллионов неизученных водотоков и их динамики следует создавать не гидрометрические устройства, а метеорологические посты. Это намного дешевле и проще, чем гидрометрия.

4. Изучение элементарного стока не означает отказ от речной гидрометрии на крупных и средних водотоках, но станет самым рациональным путем в деле изучения гигантских пространств Сибири, Канады, Амазонии и других областей суши в отношении наводнений.

Библиографический список

1. Meteo.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.meteo.ru (дата обращения 29.06.2013).

2. Карнацевич, И. В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Теплоэнергетические ресурсы климата и климатических процессов / И. В. Карнацевич. — Омск, 1989. — 75 с.

3. Карнацевич, И. В. Расчеты тепловых и водных ресурсов малых речных водосборов на территории Сибири : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Водный баланс и водные ресурсы / И. В. Карнацевич. — Омск, 1991. — 80 с.

4. 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-т. — Омск, 1957. — Т. 27. — 121 с.

5. Мезенцев, В. С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В. С. Мезенцев, И. В. Карнацевич. — Л. : Гидрометеоиздат, 1969. — 168 с.

6. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций Степного края / Под ред. В. С. Мезенцева. — М. : Колос, 1974. — 240 с.

7. Карнацевич, И. В. Перспективы генетического метода расчета элементарного стока по суточным интервалам / И. В. Карнацевич, Г. Г. Бикбулатова, К. В. Ряполов // Омский научный вестник. — 2011. — № 1 (104). — С. 224—231.

8. Карнацевич, И. В. Массовые расчеты ежесуточных сумм испарения с поверхности водосборов по данным наблюдений метеостанций / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 241—246.

9. Карнацевич, И. В. Расчеты суммарного испарения по данным метеостанций / И. В. Карнацевич. — Saarbrьcken : Palmarium Academic Publishing, 2013. — 168 с. — ISBN 10-365-998-697.

10. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. 1985 г. — Т. 1. РСФСР. Вып. 11. Бассейн Иртыша. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 1987. — 382 с.

КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии Омского государственного педагогического университета.
Адрес для переписки: ikar.omsk@gmail.com
АКИМОВА Виктория Станиславовна, старший преподаватель кафедры проектирования дорог Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.
Адрес для переписки: vist5@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.01.2014 г.
© И. В. Карнацевич, В. С. Акимова

Книжная полка

Russell, J. Гидрогеология / Jesse Russell. — М. : VSD, 2012. — 96 с. — ISBN 978-5-5100-1976-6.

Гидрогеология (от др.-греч. «водность» + геология) — наука, изучающая происхождение, условия залегания, состав и закономерности движений подземных вод. Также изучается взаимодействие подземных вод с горными породами, поверхностными водами и атмосферой.

Евдокименков, В. Н. Современные методы и алгоритмы обработки и анализа комплекса космической, геолого-геофизической и геохимической информации для прогноза углеводородного потенциала неизученных участков недр / В. Н. Евдокименков, Д. М. Трофимов, М. К. Шуваева. — М. : Физматлит, 2012. — 320 с. — ISBN 978-5-9221-1389-2.

Изложены основные направления применения методов комплексной обработки и анализа результатов многоспектральных космических съемок и анализа результатов многоспектральных космических съемок в сочетании с геолого-географическими и геохимическими данными в интересах прогноза перспектив нефтегазоносности поисковых объектов. Рассмотрены физические основы дистанционного зондирования Земли из космоса и возможность использования получаемых данных для целей прогноза нефтегазоносности поисковых объектов. Приводятся структура программно-математического обеспечения для комплексной обработки многоспектральных данных ДЗЗ в сочетании с геолого-геофизическими материалами и примеры его практического использования для оценки перспектив геологической изученности. Для специалистов в области нефтяной геологии, а также студентов и аспирантов высших учебных заведений, специализирующихся в области обработки данных ДЗЗ.

УДК 551.524

И. В. КАРНАЦЕВИЧ
В. С. АКИМОВА

Омский государственный педагогический университет

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск

САМЫЕ ХОЛОДНЫЕ И САМЫЕ ТЕПЛЫЕ ЗИМЫ В ОМСКЕ И ИХ ЧАСТОТНЫЕ ОЦЕНКИ

В статье приводятся результаты статистического прогноза сумм отрицательных средних месячных температур воздуха, основанного на анализе 123-летнего вектора непрерывных срочных наблюдений в Омске.

Ключевые слова: температура воздуха, вековые прогнозы, Омск.

Самая холодная зима в Омске с 1888 по 2014 гг. продолжалась с начала ноября 1968 до конца марта 1969 гг. Минимальные ночные температуры воздуха достигали в некоторые дни: −45° (9 декабря 1968 г.), −44° (21 января 1969 г.), −43° (9 февраля 1969 г.). Самая теплая зима наблюдалась в 2002 г. В табл. 1 приведены средние месячные температуры этих зим.

Наиболее объективной количественной характеристикой суровости зимы является сумма S средних месячных отрицательных температур воздуха (см. последний столбец табл. 1). Как часто могут повторяться такие суровые и такие мягкие зимы в Омске? К сожалению, ряды инструментальных наблюдений на метеорологических станциях всех континентов насчитывают 100−200 лет. Результаты анализа были бы гораздо достовернее, если бы мы располагали рядами длительностью в тысячу или 10 000 лет. Однако и 123-летний ряд наблюдений на омских метеостанциях позволит нам получить количественные оценки частоты повторяемости таких зим. Уже сейчас читатель может сделать вывод о том, что такие зимы наблюдаются 1 раз в 123 года, то есть примерно 1 раз в столетие, то есть около 8 раз за тысячелетие.

В работах [1−4] приведены фактические данные и результаты анализов основного показателя приземного термического режима воздушных масс в районе г. Омска, свидетельствующие о стабильности средних годовых температур воздуха за период инструментальных измерений на омских метеорологических станциях с 1888 г. до 2012 г. Поскольку глобальный климат не меняется, а вектор (хронологическая последовательность) омских температур, как и все другие выборки, т.е. многолетние ряды температурных измерений на тысячах метеорологических станций планеты, характеризуется случайно выбранными значениями температуры первого и последнего годов, оценка тренда выборки не имеет ни малейшей информативной ценности — тем более что науке известны многократные колебания температурных характеристик в прошлом. Поэтому многолетние ряды наблюдений анализируют как вариационные ряды методами математической статистики и, используя полученные значения характеристик выборки (статистики), относят эти параметры на будущее для вероятностного прогноза, основанного на постулате о неизменности климата.

Любой прогноз — рискованное предприятие, так как основан на предположении о том, что статистики, вычисленные по короткой выборке, можно распространять на будущее без изменений, а также потому, что отсутствует общепринятый количественный критерий, строго разграничивающий понятия «колебания» и «изменения». Однако некоторую пользу практике ведения хозяйства научные оценки приносят. Например, данные наук о Земле свидетельствуют о неизменности уровня воды в Мировом океане в течение последних 7−8 тысяч лет, что говорит о стабильности глобального климата, которая объясняется неизменностью притока солнечной энергии и огромной инерционностью теплосодержания водных масс Океана, льдов Антарктиды и Гренландии, а также многолетней мерзлоты в Сибири и Канаде.

Климат планеты не может измениться за несколько столетий — для этого нужны тысячелетия. Поэтому мы считаем, что в ближайшие сотни лет значения температурных статистик (частотных оценок) останутся неизменными, а следовательно, вероятностный прогноз позволит оценить частоту возникновения определенных значений признака редкой повторяемости.

Таблица 1

Средние месячные температуры воздуха в Омске в течение самой холодной и самой теплой зимы за годы наблюдений

Зима	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	Сумма S
1968/69	−13,6	−23,4	−30,0	−25,2	−14,1	−106,3
2001/02	−3,4	−15,4	−8,2	−7,7	−1,9	−36,6

Таблица 2

Ежегодные суммы отрицательных средних месячных температур воздуха в Омске с начала наблюдений (зима 1889/90 г.) до 2011 г.

Год	S	Год	S	Год	S	Год	S	Год	S
1889	−82,0	1914	−47	1939	−70,1	1964	−67,2	1989	−51,9
1890	−81,5	1915	−66	1940	−71,3	1965	−51,8	1990	−49,1
1891	−85,4	1916	−72,7	1941	−76,8	1966	−74,6	1991	−62,3
1892	−89,5	1917	−74,2	1942	−83,8	1967	−80,9	1992	−57,5
1893	−82,6	1918	−63,1	1943	−74,0	1968	−55,1	1993	−55,3
1894	−65,0	1919	−87	1944	−63,4	1969	−106,3	1994	−78,7
1895	−84,9	1920	−71,2	1945	−86,6	1970	−61,3	1995	−71,7
1896	−85,1	1921	−80,3	1946	−67,8	1971	−71,0	1996	−51,4
1897	−86,3	1922	−67,5	1947	−79,4	1972	−72,4	1997	−48,7
1898	−89,6	1923	−61,5	1948	−62,2	1973	−66,9	1998	−73,5
1899	−58,6	1924	−65,1	1949	−66,3	1974	−65,5	1999	−62,3
1900	−75,7	1925	−57,2	1950	−79,9	1975	−61,8	2000	−50,1
1901	−68,4	1926	−66,7	1951	−79,5	1976	−65,4	2001	−71,8
1902	−72,4	1927	−77,5	1952	−70,1	1977	−84,2	2002	−36,6
1903	−73,8	1928	−82,3	1953	−77,1	1978	−59,6	2003	−66,0
1904	−75,2	1929	−81	1954	−93,7	1979	−67,2	2004	−57,0
1905	−74,4	1930	−79	1955	−76,4	1980	−65,3	2005	−60,4
1906	−64,3	1931	−79,1	1956	−83,8	1981	−54,5	2006	−62,9
1907	−74,6	1932	−62,1	1957	−72,6	1982	−67,7	2007	−66,0
1908	−88,1	1933	−81,5	1958	−64,8	1983	−39,1	2008	−68,9
1909	−77,8	1934	−73,6	1959	−62,0	1984	−50,9	2009	−71,9
1910	−67,7	1935	−64,9	1960	−81,2	1985	−83,6	2010	−74,85
1911	−78,3	1936	−76	1961	−64,4	1986	−64,5	2011	−77,8
1912	−71,3	1937	−63,1	1962	−49,8	1987	−64,9		
1913	−73,7	1938	−76	1963	−61,8	1988	−68,0		

В табл. 2 приведены ежегодные значения сумм S средних месячных отрицательных температур воздуха в Омске за 123 года, причем суммирование произведено за каждую зиму (с ноября по март), а не так, как это делается формально в климатических справочниках, когда при вычислении средней годовой температуры суммируются средние месячные значения конца предыдущей зимы (с января по март) и начала последующей зимы (ноябрь и декабрь).

Поскольку никакой правильной, ритмической закономерности в хронологической последовательности этих сумм, характеризующих суровость зим, не наблюдается, можно рассматривать данную совокупность чисел как вариационный ряд и применить к его анализу твердо установленные математиками законы теории вероятностей. Значения признака S колеблются в выборке за 123 года от −36,6 в 2002 г. до −106,3 зимой 1968−1969 г. при среднем значении выборки −70,1. Если суммы отрицательных температур ранжировать (от наибольшего значения 106,3 до наименьшего 36,6) и каждую сумму разделить на среднее значение Scp = 70,1 (нормализовать), получим убывающий ряд модульных коэффициентов k = S/Scp (от 1,52 до 0,52). Для того, чтобы выразить в процентах вероятность превышения каждого члена ранжированного ряда, нужно порядковый номер члена убывающей последовательности умножить на 100 и разделить на n + 1, где n — число членов ряда. Добавление единицы производится для того, чтобы вероятность превышения последнего члена ряда никогда не получилась бы равной 100 %. Для удобства выполним статистический анализ и составим вероятностный прогноз величины S, опустив знак «минус», но помня о том, что речь идет о суммах отрицательных температур воздуха. В табл. 3 приведены значения модульных коэффициентов и вероятностей их превышения P%.

По результатам вычислений, представленных в табл. 3, построена кривая обеспеченностей (вероятностей превышения) сумм отрицательных среднемесячных температур воздуха в Омске за 123 года наблюдений (рис. 1). Поскольку эта кривая проходит через точку k = 1 и P = 50 %, она является интегралом частотной симметричной (нормальной) кривой рас-

Таблица 3

Ранжированный и нормированный ряд сумм отрицательных температур воздуха в Омске за 123 года наблюдений и вероятности превышения каждого члена ряда в процентах

P%	k=S/Sср	P%	k=S/Sср	P%	k=S/Sср	P%	k=S/Sср	P%	k=S/Sср
0,8	1,52	21,0	1,13	41,1	1,05	61,3	0,95	81,5	0,88
1,6	1,34	21,8	1,13	41,9	1,04	62,1	0,94	82,3	0,88
2,4	1,28	22,6	1,13	42,7	1,04	62,9	0,94	83,1	0,87
3,2	1,28	23,4	1,13	43,5	1,03	63,7	0,94	83,9	0,86
4,0	1,26	24,2	1,12	44,4	1,03	64,5	0,93	84,7	0,85
4,8	1,24	25,0	1,12	45,2	1,03	65,3	0,93	85,5	0,84
5,6	1,24	25,8	1,11	46,0	1,02	66,1	0,93	86,3	0,82
6,5	1,23	26,6	1,11	46,8	1,02	66,9	0,93	87,1	0,82
7,3	1,22	27,4	1,11	47,6	1,02	67,7	0,93	87,9	0,81
8,1	1,21	28,2	1,10	48,4	1,02	68,5	0,93	88,7	0,79
8,9	1,21	29,0	1,10	49,2	1,02	69,4	0,93	89,5	0,79
9,7	1,20	29,8	1,09	50,0	1,01	70,2	0,92	90,3	0,78
10,5	1,20	30,6	1,08	50,8	1,00	71,0	0,92	91,1	0,74
11,3	1,20	31,5	1,08	51,6	1,00	71,8	0,92	91,9	0,74
12,1	1,19	32,3	1,08	52,4	0,98	72,6	0,92	92,7	0,73
12,9	1,18	33,1	1,07	53,2	0,98	73,4	0,90	93,5	0,73
13,7	1,17	33,9	1,07	54,0	0,97	74,2	0,90	94,4	0,71
14,5	1,17	34,7	1,06	54,8	0,97	75,0	0,90	95,2	0,71
15,3	1,16	35,5	1,06	55,6	0,97	75,8	0,90	96,0	0,70
16,1	1,16	36,3	1,06	56,5	0,97	76,6	0,89	96,8	0,69
16,9	1,16	37,1	1,06	57,3	0,96	77,4	0,89	97,6	0,67
17,7	1,16	37,9	1,06	58,1	0,96	78,2	0,89	98,4	0,56
18,5	1,15	38,7	1,05	58,9	0,96	79,0	0,89	99,2	0,52
19,4	1,15	39,5	1,05	59,7	0,95	79,8	0,88		
20,2	1,14	40,3	1,05	60,5	0,95	80,6	0,88		

пределения Гаусса. Эту двояко изогнутую биномиальную кривую можно экстраполировать в обе стороны, например, с помощью остроумного приёма — логарифмической анаморфозы, например, с помощью клетчатки вероятностей Хазена, ось абсцисс которой прологарифмирована и проградуирована от середины (центра распределения P=50 %) в обе стороны — так, что при нанесении координат биномиальной кривой она превращается в прямую, которую можно экстраполировать графически (прозрачной линейкой), получая значения модульных коэффициентов редкой повторяемости, например, 1 раз в 1 000 (P=0,1 %) или один раз в 10 000 лет (P=0,01 %).

На рис. 2 показана клетчатка вероятностей, с помощью которой получаем значения сумм отрицательных температур воздуха в Омске S повторяемостью 1 раз в 100, 1 000 и 10 000 лет, умножая на среднее многолетнее значение (70,1) модульные коэффициенты k, снятые с прямой для значений P%.

В табл. 4 представлены результаты вычисления сумм отрицательных средних месячных температур воздуха в Омске за самые холодные и самые теплые зимы. Для количественной оценки в процентах суровости текущей, точнее, прошедшей зимы следует сумму температур за пять зимних месяцев разделить на 70,1 и отложить полученный модульный коэффициент на оси ординат рис. 2, затем по прямой k=f(P) определить соответствующее значение P.

Отметим интересный факт: все точки на рис. 2 лежат на прямой линии связи или близко от нее, однако первая точка (0,8; 1,52) оказалась в стороне от общей закономерности. Модульному коэффициенту 1,52 должна соответствовать вероятность превышения около 0,1 % (если передвинуть точку влево до прямой k=f(P). Это можно объяснить только тем, что такие суровые зимы, какой была в Омске зима 1968/69 г., имеют место один раз в 1 000 лет, хотя реализация ее попала в 123-летнюю выборку. Не скоро теперь в Омске можно ждать такой суровой зимы арктического типа! Пройдет несколько столетий, прежде чем повторятся такие низкие и длительно удерживающиеся температуры, какие наблюдались в зимний сезон 1968/69 г.

Самая теплая зима 2002 г. (модульный коэффициент k=0,52) — вовсе не аномальна. Один раз в 1 000 лет (P=0,1 %) может быть ещё более теплая зима с мо-

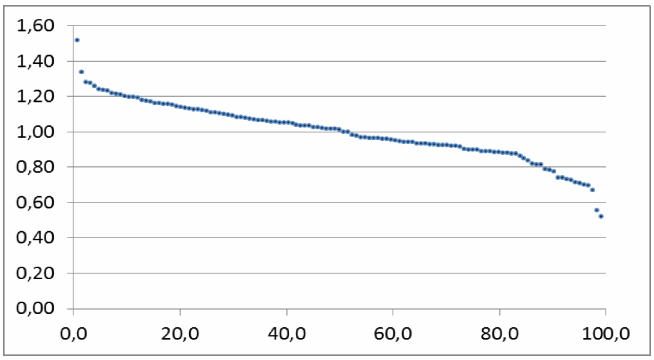

Рис. 1. Кривая вероятностей превышения ежегодных сумм среднемесячных отрицательных температур воздуха в Омске

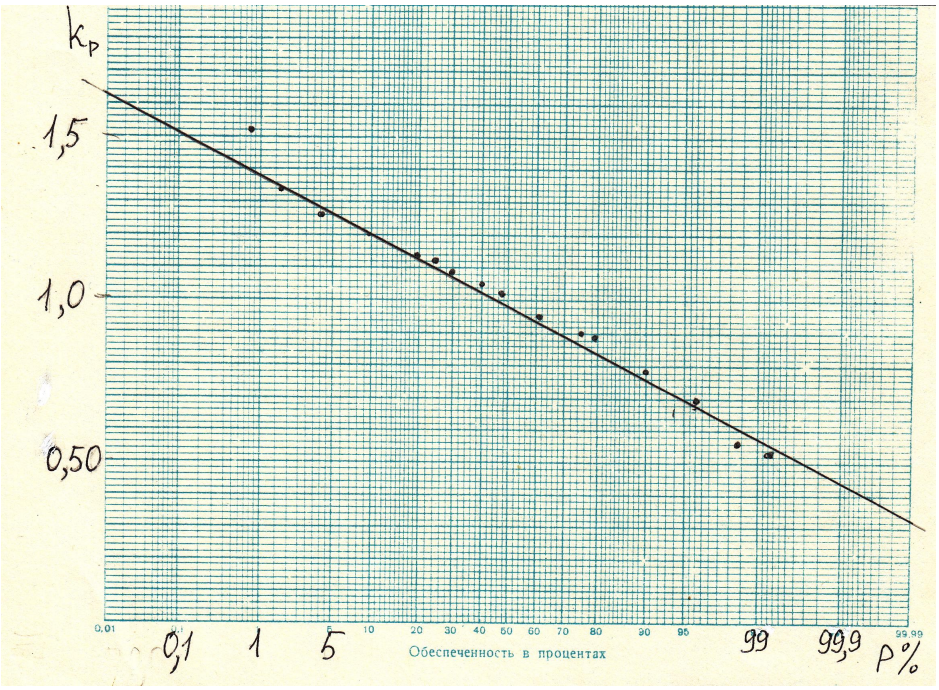

Рис. 2. Графическая экстраполяция спрямленной с помощью логарифмической анаморфозы биномиальной эмпирической кривой, представленной на рис. 1

Таблица 4

Прогнозные значения сумм отрицательных среднемесячных температур воздуха в Омске повторяемостью 1 раз в 1000 лет и 1 раз в 10 000 лет

Вероятность превышения P%	0,01	0,1	1	50	99	99,9	99,99
Модульный коэффициент k	1,62	1,51	1,37	1	0,57	0,44	0,32
Сумма S	113,4	106	96	70,1	40,0	30,8	22,4

дульным коэффициентом 0,44, а однажды за 10 000 лет наступит зима, оцениваемая модульным коэффициентом 0,32 (табл. 4). Глобального потепления не происходит, поэтому если в следующем году или через 900 лет, например, будет реализована очень теплая зима, характеризующаяся значением S=0,44, а не 0,52, как в 2002 г., то можно будет сказать, что температурный режим этой зимы имеет повторяемость 1 раз в 1000 лет.

Интересно было бы подсчитать значение S для очень теплой (по крайней мере, в первой половине) зимы 2013/14 г. и оценить количественно её повторяемость, но пока данные для расчета S отсутствуют.

Выводы.

1. Климат в Омске не меняется. Колебания температурного режима в разные зимы происходили и происходят из-за различий в циркуляции атмосферных масс в разные годы, из-за различий в облачности и адвекции тепла и холода.

2. Частотное распределение фазово-однородных термических показателей подчиняется, как видно по рис. 1 и 2, закону нормального распределения Гаусса (ветви кривой симметричны относительно центра распределения). В соответствии с этим распределением и реализацией признака по принципу выбрасывания случайных чисел температурные показатели колеблются около нормы, но векторы их выборок не имеют значимого тренда.

3. Вероятность реализации каждой прошедшей зимы читатель может определить по кривой (рис. 1 или рис. 2), подсчитав сумму средних месячных отрицательных температур и разделив ее на 70 (норма).

4. Ни о каких аномалиях в природе атмосферных процессов говорить специалистам не приходится — это терминология СМИ, главной целью которых являются очередные сенсации, но отнюдь не просветительская деятельность.

Библиографический список

1. Карнацевич, И. В. О стабильности климата земли и критериях оценки его колебаний и изменений / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2004. — № 4 (29). — С. 164—167.

2. Карнацевич, И. В. Некоторые аспекты проблемы изменений климата / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. Сер. Ресурсы Земли. Человек. — 2007. — № 1 (53). — С. 113—119.

3. Карнацевич, И. В. Изменчивость диаметров одинаковых монет как аналог изменчивости глобального климата / И. В. Карнацевич // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 238—240.

4. Карнацевич, И. В. Зависимость коэффициента вариации средней температуры воздуха от продолжительности интервала усреднения / И. В. Карнацевич, К. А. Мадиева // Омский научный вестник. Сер. Ресурсы Земли. Человек. — 2013. — № 2 (124). — С. 132—134.

КАРНАЦЕВИЧ Игорь Владиславович, доктор географических наук, профессор кафедры физической географии Омского государственного педагогического университета.
Адрес для переписки: ikar.omsk@gmail.com
АКИМОВА Виктория Станиславовна, старший преподаватель кафедры проектирования дорог Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии.
Адрес для переписки: vist5@mail.ru

Статья поступила в редакцию 22.01.2014 г.

© И. В. Карнацевич, В. С. Акимова

УДК 528.486:69.057:658.562

С. Ю. СТОЛБОВА

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ДОПУСКОВ НА ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ И МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ МНОГОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ СЕРИИ 1.020

Приведены расчеты допусков вероятностно-статистическим методом на геодезические и строительно-монтажные работы для обеспечения планового и вертикального положения конструкций на стадии возведения многоэтажного пятипролетного производственного здания серии 1.020. Рассчитаны допуски на эти работы с учетом ответственности здания, производственной базы стройиндустрии, геодезического обеспечения и технологии строительства. Отмечено, что полученные величины норм точности лучшим образом соответствуют реальным условиям строительства, когда использовано значение единицы допуска симметричности установки колонн, определенной по формуле для ее расчета с введением коэффициента a=1,6 вместо a=0,6 (согласно ГОСТ 21779-82. Технологические допуски).

Ключевые слова: вероятностно-статистический метод, расчет допусков, геодезические монтажные работы, плановое и вертикальное положение, конструкции зданий.

Точность геометрических параметров конструкций зданий является одним из основных показателей качества современного строительства. Для качественного строительства зданий необходимы обоснованные нормы точности на изготовление элементов конструкций, геодезические разбивочные и строительно-монтажные работы. Обоснованность норм точности зависит от применяемых методов расчета технологических допусков при возведении строительных конструкций зданий.

Учитывая, что строительные элементы взаимосвязаны и, сопрягаясь в узлах конструкций каркаса зданий, образуют размерные цепи. Поэтому точность их возведения в настоящее время рассчитывают с использованием основных положений теории размерных цепей. Для расчета допусков в строительстве с применением теории размерных цепей применяют два метода: максимума-минимума и теоретико-вероятностный (вероятностный).

Проверочный расчет суммарного допуска (замыкающего звена цепи) при известных технологических допусках (составляющих звеньев цепи) с применением метода максимума-минимума и вероятностного выполняются соответственно по выражениям [1]:

Таблица

Расчет единиц допусков на изготовление деталей, геодезические разбивочные и строительно-монтажные работы, согласно ГОСТ [5]

Расчетные значения	ÕL	0,8+ 0,001ÕL	^{3}Õ L+25	0,01^{3}Õ L	^{3}Õ L+25+0,01 ^{3}Õ L^{2}	a	$I_{и,м}$ = a (0,8+0,001ÕL)* *(^{3}Õ L+25+0,01 ^{3}Õ L^{2}); $I_{г}$ = a$_{i}$* L,мм
400	20,00	0,82	7,52	0,54	8,06	1,0	$I^{к}_{и}$=6,61
400	20,00	0,82	7,52	0,54	8,06	0,6	$I^{к}_{н1,3,4}$=3,97
6500	80,623	0,88	18,66	3,48	22,14	1,6	$I^{к}_{в1}$=31,17
12000	109,544	0,91	22,895	5,24	28,135	1,6	$I^{к}_{в3}$=40,96
4120	64,187	0,864	16,03	2,57	18,6	1,6	$I^{к}_{в4}$=25,71
8560	92,52	0,89	20,476	4,185	24,661	0,6	$I^{р}_{м}$=13,17
9000	—	—	—	—	—	1,0	$I_{г}$=9,0
8560	92,52	0,89	20,76	4,18	24,66	1,0	$I^{р}_{и}$=21,95
6500	—	—	—	—	—	0,4	$I^{в}_{г1}$=2,6
12000	—	—	—	—	—	0,4	$I^{в}_{г3}$=4,8

$$\Delta_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_i \; ; \qquad \textbf{(1)}$$

$$\Delta^2_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n-1} \Delta^2_i \; , \qquad \textbf{(2)}$$

где D_1, D_2, D_3, D_{n-1} и D_i — допуски составляющих звеньев цепи, или технологические допуски; n — число звеньев в размерной цепи.

При проектировании и строительстве зданий и сооружений выполняются также проектные расчеты, когда по значению суммарного (функционального) допуска на возведение строительных конструкций определяются технологические допуски (решение обратной задачи).

Согласно ГОСТ [2], расчет точности конструкций предусмотрено выполнять путем подбора в назначении величин технологических допусков, т.е. способом попыток или пробных расчетов. Но расчеты допусков на составляющие звенья размерной цепи при решении обратных задач (проектные расчеты) можно выполнять тремя способами: попыток или пробных расчетов, равных допусков и равной точности.

При расчете способом попыток вопрос о рациональности распределения функционального (суммарного) допуска между технологическими не рассматривается.

В статье [3] приведены расчеты допусков на геодезические и монтажные работы для строительства многоэтажного производственного здания серии 1.020, на стадии его проектирования, двумя методами: максимума-минимума с применением способов равных допусков и равной точности и вероятностного с применением способов попыток, равных допусков и равной точности.

Анализ результатов расчетов технологических допусков методом максимума-минимума показал, что полученные значения норм точности очень жесткие. Поэтому использование его нецелесообразно при расчете точности возведения строительных конструкции зданий. Рассчитанные допуски вероятностным методом, на стадии проектирования конструкций зданий, получены более обоснованными с применением способа равной точности на все операции, кроме установки колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей. Для устранения этого положения в работе [4] предложено при определении единицы допуска на эту операцию в формулу для её расчета ввести вместо a = 0,6 (согласно ГОСТ [5], см. таблицу) значение a = 1,6. В этом случае рассчитанные допуски на эту операцию будут лучшим образом соответствовать уровню технологии возведения строительных конструкций.

Определенные таким образом технологические допуски будут априорными характеристиками точности, по которым можно проектировать точность технологических операций при изготовлении деталей, геодезических разбивочных и монтажных работах на стадиях проектирования конструкций зданий.

Однако, как показывают исследования [1, 6 – 9], рассчитанные технологические допуски на изготовление и монтаж конструкций не всегда обеспечиваются на практике.

Например, известно, что металлические формы для изготовления деталей выполняют на один-два класса точнее, чем выпускаемые элементы конструкций. На первой стадии их эксплуатации детали могут быть изготовлены точнее, чем требуется, затем формы изнашиваются и точность изготовления деталей будет соответствовать проектным. Далее, при эксплуатации, они более изнашиваются, но их на предприятиях стройиндустрии не всегда своевременно рихтуют и продолжают эксплуатировать. В результате на строительные площадки поступает часть деталей с характеристиками точности геометрических параметров, не соответствующих проектным требованиям.

Следует отметить, что при разных методах монтажа строительных элементов конструкций одна и та же проектная точность может быть реализована с различной трудоемкостью. Кроме того, по исследованиям многих авторов отмечается, что точность установки колонн по вертикали даже свободным методом монтажа в основном соответствует требованиям СНиП, а точность же установки колонн относительно разбивочных осей в нижнем сечении часто не соответствует и превышает в отдельных случаях допускаемые отклонения в полтора-два и более раз [1, 6 – 8].

По данным НИИСП Госстроя УССР, свыше 60 % обнаруженных дефектов при возведении зданий и сооружений являются причиной нарушений СНиП

и отступлений от проектов, а проведенный НИИЭС Госстроя СССР анализ показал, что 50 % брака в строительстве — это вина строителей и монтажников, 40 % — поставщиков недоброкачественных материалов, железобетонных элементов конструкций и 10 % вызваны недостатками проектов, отсутствием нужных инструментов и другими причинами [10].

Все это показывает, что решение обратных задач только по нахождению априорных характеристик точности возведения строительных конструкций зданий и сооружений недостаточно. Необходимо совершенствование метода расчета технологических допусков на стадии возведения зданий и сооружений.

При проектных расчетах точности возведения зданий математически допустимо любое распределение функционального допуска между технологическими при соблюдении условий (1) и (2).

С технической и экономической точек зрения рациональными будут только такие технологические допуски D_i, при которых будет минимальная суммарная стоимость возведения строительной конструкции. Для определения таких допусков D_i необходимо знать зависимости (законы) изменения стоимости от точности выполнения технологических операций при возведении строительной конструкции, т.е. $C = f(D_i)$.

Выполненные исследования в нашей стране и за рубежом показали, что общее соотношение между допусками на выполнение проектных размеров сборных конструкций и стоимостью их возведения аппроксимируются гиперболической кривой [6, 11, 12].

Меньшие по величине допуски на размер или положение элементов конструкций труднее выдержать при производстве работ и при этом будет ниже производительность труда и выше стоимость возведения этой строительной конструкции. Назначение излишне жестких допусков на отдельные технологические операции приводит к повышению трудоемкости и стоимости строительства.

Минимальная суммарная стоимость возведения строительной конструкции, следует полагать, будет при таких значениях технологических допусков, когда одновременно выполняются равенства (1) или (2) и (3):

$$C_1'(\Delta_1) = C_2'(\Delta_2) = C_i'(\Delta_i) = \mathbf{K} = C_{n-1}'(\Delta_{n-1}), \qquad \textbf{(3)}$$

где $C_i'(D_i)$ — стоимость выполнения технологических операций по возведению строительных конструкций с соблюдением равенства (1) или (2). Это будет идеальный способ распределения суммарного допуска между технологическими.

К сожалению, в практике строительства законы изменения стоимости от точности выполнения технологических операций при возведении строительных конструкций конкретных серий зданий изучены недостаточно. Поэтому при возведении строительных конструкций зданий для расчета допусков применяются методы максимума-минимума и вероятностный, рекомендуемые в ГОСТ [2].

При распределении суммарного допуска между технологическими применяют способы: попыток, равных допусков и равной точности. В работах [1, 13] отмечается, что достаточно близким к рациональному распределению допуска замыкающего звена между составляющими звеньями размерной цепи является способ равной точности. Поэтому при совершенствовании метода расчета технологических допусков на монтаж строительных конструкций на стадии возведения зданий примем за основу вероятностный метод с использованием способа равной точности.

При разработке проектов производства работ (ППР) необходимо учитывать накопленный опыт строительных организаций по возведению аналогичных объектов, а результаты таких расчетов включать в технологические карты строительства зданий и сооружений.

Следовательно, при расчетах технологических допусков на монтаж строительных конструкций следует учитывать сложившиеся уровни производственной базы по точности изготовления деталей, геодезического обеспечения и технологии строительства (в том числе трудоемкость выполнения отдельных операций по установке элементов в проектное положение).

В результате таких расчетов получим апостериорные характеристики точности на основе статистического анализа действительной точности изготовления деталей, поступающих на строительную площадку, геодезического обеспечения и технологии строительства, а метод расчета можно рассматривать как вероятностно-статистический.

При известной точности изготовления деталей технологические допуски на разбивочные работы и монтаж конструкций следует определять по коэффициенту точности K_{cp}, рассчитываемому по выражению:

$$K_{cp}^2 = \left(\Delta_\Sigma^2 - \sum_{i=1}^{n-1}\Delta_{iИ}^2\right) \Big/ \sum_{i=1}^{n-1}\left(I_{iГ}^2 + I_{iМ}^2\right), \qquad \textbf{(4)}$$

где $I_{iг}$ и $I_{iм}$ — единицы допусков соответственно на разбивочные работы и монтаж конструкций; D_{iu} — известные допуски на изготовление деталей, обеспечиваемые на данном этапе эксплуатации оснастки.

Для сложившихся уровней производственной базой стройиндустрии и геодезического обеспечения строительства допуски на монтаж строительных конструкций предложено рассчитывать по коэффициенту K_{cp}, определяемому по выражению:

$$K_{cp}^2 = \left[\Delta_\Sigma^2 - \sum_{i=1}^{n-1}\left(\Delta_{iИ}^2 + \Delta_{iГ}^2\right)\right] \Big/ \sum_{i=1}^{n-1} I_{iМ}^2 . \qquad \textbf{(5)}$$

Когда же известны уровни технологии строительства при выполнении отдельных монтажных операций, то допуски на остальные монтажные работы предложено определять по коэффициенту K_{cp}, рассчитываемому по выражению:

$$K_{cp}^2 = \left[\Delta_\Sigma^2 - \sum_{i=1}^{n-1}\left(\Delta_{iИ}^2 + \Delta_{iГ}^2 + \Delta_{iМИ}^2\right)\right] \Big/ \sum_{i=1}^{n-1} I_{iМО}^2 , \qquad \textbf{(6)}$$

где $D_{iМИ}$ — известные допуски на отдельные монтажные работы, мм;

$I_{iМО}$ — единицы допуска на остальные (точность которых неизвестна) монтажные работы, мм.

Использование такого метода расчета технологических допусков на монтаж конструкций, учитывающего точность изготовления деталей, геодезических разбивочных и отдельных строительно-монтажных работ, позволяет определять наиболее обоснованные нормы точности возведения сборных зданий и сооружений.

Приведем примеры с разными вариантами вероятностно-статистических расчетов допусков на геодезические разбивочные и монтажные работы при

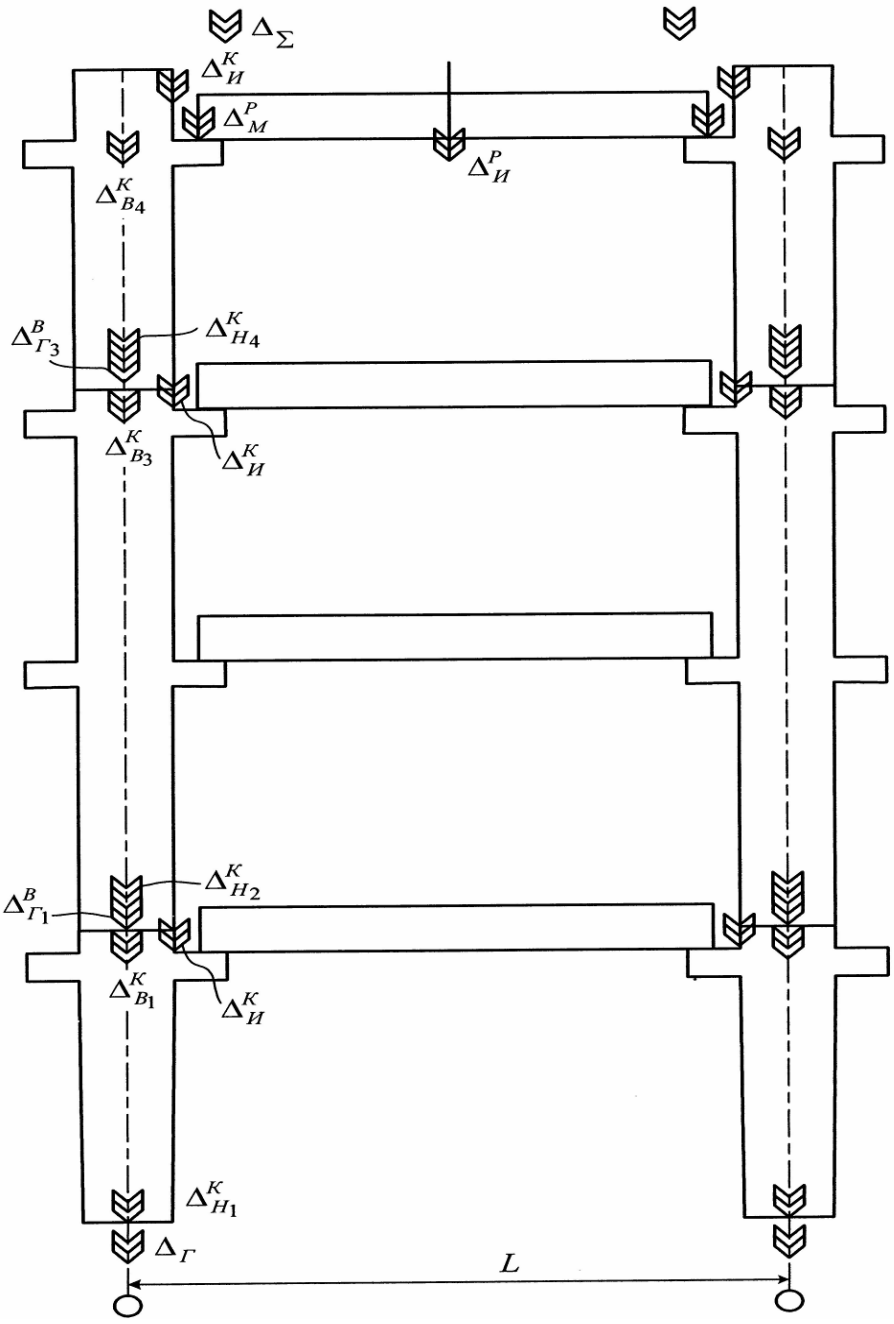

Рис. 1. Размерная цепь среднего пролета четырехэтажного здания (высота колонн 1-го этажа — 6,5 м, 2–3-го этажей — 12 м и 4-го этажа — 4,12 м, L=9 м)

строительстве четырехэтажного пятипролетного производственного здания серии 1.020 в городе Омске. Плоская размерная цепь среднего пролета здания приведена на рис. 1.

Основное уравнение размерной цепи при расчете вероятностным методом имеет вид:

$$\Delta^2_\Sigma = (\Delta_Г)^2 + 2\left(\Delta^K_И\right)^2 + \left(\Delta^P_И\right)^2 + 2\left(\Delta^K_{H1}\right)^2 + 2\left(\Delta^K_{H2}\right)^2 + 2\left(\Delta^K_{H4}\right)^2 + 2\left(\Delta^K_{B1}\right)^2 + 2\left(\Delta^K_{B3}\right)^2 + 2(\Delta_{B4})^2 + 2\left(\Delta^B_{Г1}\right)^2 + 2\left(\Delta^B_{Г3}\right)^2 + 2\left(\Delta^P_М\right)^2, \quad (7)$$

где $D_Г$, $D^K_И$, $D^P_И$, D^K_{H1}, D^K_{H2}, D^K_{H4}, D^K_{B1}, D^K_{B3}, D^K_{B4}, $D^K_{Г1}$, $D^K_{Г3}$, $D^P_М$ — соответственно допуски на разбивку осей на исходном горизонте, изготовления граней колонн, изготовления длин ригелей, смещения низа колонн с разбивочных осей (симметричности установки колонн) первого, второго и четвертого этажей, отклонение колонн от вертикали (совмещение ориентиров) первого, третьего и четвертого этажей, передачу осей на верх колонн первого и третьего этажей, монтаж ригелей; D_S — суммарный допуск.

Учитывая, что допуск $\Delta_i = K_{cp} \cdot I_i$, при расчете вероятностным методом с применением способа равной точности выражение (7) примет вид:

$$\Delta^2_\Sigma = K^2_{cp}\begin{bmatrix} (I_Г)^2 + 2(I^K_И)^2 + (I^P_И)^2 + 2(I^K_{H1})^2 + \\ + 2(I^K_{H2})^2 + 2(I^K_{H4})^2 + 2(I^K_{B1})^2 + 2(I^K_{B3})^2 + \\ + 2(I^K_{B4})^2 + 2(I^B_{Г1})^2 + 2(I^B_{Г3})^2 + 2(I^P_М)^2 \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где K_{cp} — число единиц допуска или коэффициент точности, принимаемый одинаковым для всех техно-

логических операций; I_i — единицы допуска на технологические операции, представленные в выражении (7), мм.

Единицы допусков на изготовление деталей, разбивочные работы и монтаж конструкций определяют по формулам, приведенным в табл. согласно ГОСТ [5].

Вероятностно-статистический метод расчета допусков на геодезические и монтажные работы при применении способа равной точности с учетом:

1. Уровня производственной базы стройиндустрии. По проекту суммарный (функциональный) допуск $D_S = D_f = 80$ мм.

На основании выполненных исследований в работе [9] установлена точность изготовления конструкций $\Delta_И^K = 16{,}12$ мм; $\Delta_И^P = 39{,}04$ мм. При расчете технологических допусков вероятностно-статистическим методом с применением способа равной точности средний коэффициент K_{cp} на разбивочные работы и монтаж конструкций определим по выражению:

$$K_{cp}^2 = \frac{\left[(\Delta_\Sigma)^2 - \left[2\left(\Delta_И^K\right)^2 + \left(\Delta_И^P\right)^2\right]\right]}{\left[\begin{array}{l}(I_\Gamma)^2 + 2\left(I_{H1}^K\right)^2 + 2\left(I_{B1}^K\right)^2 + 2\left(I_{\Gamma1}^B\right)^2 + 2\left(I_H^K\right)^2 + \\ + 2\left(I_{B3}^K\right)^2 + 2\left(I_{\Gamma3}^B\right)^2 + 2\left(I_{H4}^K\right)^2 + 2\left(I_{B4}^K\right)^2 + 2\left(I_M^P\right)^2\end{array}\right]}. \quad (9)$$

1.а) вариант расчета.

Подставив в выражение (9) значения известных допусков на изготовление деталей и единиц допусков (согласно ГОСТ [5], см. табл., в том числе рассчитанное значение $I_H^K = 3{,}97$ мм при а = 0,6), получим:

$$K_{cp} = 66{,}00/84{,}86 = 0{,}78.$$

Величины технологических допусков вычисляем по формуле $\Delta_i = K_{cp} \cdot I_i$, они будут: $\Delta_\Gamma = 7{,}02$ мм; $\Delta_{\Gamma1}^B = 2{,}03$ мм; $\Delta_{\Gamma3}^B = 3{,}74$ мм; $\Delta_{H1}^K = \Delta_{H2}^K = \Delta_{H4}^K = 3{,}10$ мм; $\Delta_{B1}^K = 24{,}31$ мм; $\Delta_{B3}^K = 31{,}95$ мм; $\Delta_{B4}^K = 20{,}05$ мм; $\Delta_M^P = 10{,}27$ мм.

1.б) вариант расчета.

Подставив в выражение (9) значения известных допусков на изготовление деталей и единиц допусков (согласно ГОСТ [5], см. табл., а значение $I_H^K = 10{,}57$ мм, рассчитанное при а = 1,6), получим:

$$K_{cp} = 66{,}00/88{,}19 = 0{,}75.$$

Величины технологических допусков будут: $\Delta_\Gamma = 6{,}75$ мм; $\Delta_{\Gamma1}^B = 1{,}95$ мм; $\Delta_{\Gamma3}^B = 3{,}60$ мм; $\Delta_{H1}^K = \Delta_{H2}^K = \Delta_{H4}^K = 7{,}93$ мм; $\Delta_{B1}^K = 23{,}38$ мм; $\Delta_{B3}^K = 30{,}72$ мм; $\Delta_{B4}^K = 19{,}28$ мм; $\Delta_M^P = 9{,}88$ мм;

2. Уровней производственной базы стройиндустрии и геодезического обеспечения строительства. В работе [3], при расчете теоретико-вероятностным методом с использованием способа попыток, отмечалось, что по СНиП 3.01.03-84 [14] для зданий до пяти этажей рекомендуется разбивку осей выполнять со среднеквадратической погрешностью $m_\Gamma / L = 1/3000$. При пролете 9 м значение $m_\Gamma = 9000/3000 = 3{,}0$ мм, а тогда для зданий с показателем ответственности $g_n = 0{,}95$, согласно [15], допуск будет $\Delta_\Gamma = 4 \cdot m = 4 \cdot 3 = 12$ мм. Среднеквадратическая погрешность передачи осей на вышележащие горизонты теодолитом 2Т-30П при двух положениях вертикального круга при высоте до 10 м $m_\Gamma = \pm 0{,}6$ мм, а при высоте до 20 м $m_\Gamma = \pm 1{,}0$ мм.

Тогда для здания с показателем ответственности $g_n = 0{,}95$, согласно [15], допуски передачи разбивочной оси на верх колонны первого и третьего этажей будут соответственно равны: $\Delta_{\Gamma1}^B = 0{,}6 \cdot 4 = 2{,}4$ мм; $\Delta_{\Gamma3}^B = 1{,}0 \cdot 4 = 4{,}0$ мм.

При расчете технологических допусков с учетом уровня производственной базы было определено, что допуски на разбивку осей равны по варианту 1.а) $\Delta_\Gamma = 7{,}02$ мм, а по варианту 1.б) $\Delta_\Gamma = 6{,}75$ мм, т.е. значительно меньше, чем требует СНиП 3.01.03-84.

Учитывая, что современные средства измерения и технология производства геодезических разбивочных работ позволяет повысить точность разбивки осей без значительных дополнительных затрат, зададимся среднеквадратической погрешностью $m_\Gamma / L = 1/5000$. В этом случае $m_\Gamma = 9000/5000 = 1{,}8$ мм, а допуск при показателе ответственности здания $g_n = 0{,}95$ будет $\Delta_\Gamma = 4 \cdot m_\Gamma = 7{,}2$ мм.

Имеем $D_S = 80$ мм; $\Delta_И^K = 16{,}12$ мм; $\Delta_И^P = 39{,}04$ мм; $\Delta_\Gamma = 7{,}2$ мм; $\Delta_{\Gamma1}^B = 2{,}4$ мм, $\Delta_{\Gamma3}^B = 4{,}0$ мм.

Определим коэффициент точности на монтаж конструкций, согласно выражению (5), по формуле:

$$K^2{}_{cp} = \frac{(\Delta_\Sigma)^2 - \left[2\left(\Delta_И^K\right)^2 + \left(\Delta_И^P\right)^2 + (\Delta_\Gamma)^2 \cdot\right.}{2\left(I_{H1}^K\right)^2 + 2\left(I_{H2}^K\right)^2 + 2\left(I_{H4}^K\right)^2 + 2\left(I_{B1}^K\right)^2 + \cdot}\ ®$$

$$® \frac{\left. + 2\left(\Delta_{\Gamma1}^B\right)^2 + 2\left(\Delta_{\Gamma3}^B\right)^2\right]}{2\left(I_{B3}^K\right)^2 + 2\left(I_{B4}^K\right)^2 + 2\left(I_M^P\right)^2}. \quad (10)$$

2.а) вариант расчета.

Подставив в выражение (10) значения известных допусков на изготовление деталей, геодезические разбивочные работы и единиц допусков на монтажные операции (согласно ГОСТ [5], см. табл., в том числе рассчитанное значение $I_H^K = 3{,}97$ мм при а = 0,6), получим значения коэффициента точности $K_{cp} = 65{,}28/8404 = 0{,}78$. Величины технологических допусков вычисляем по формуле $\Delta_i = K_{cp} \cdot I_i$, они будут иметь значения: $\Delta_{H1}^K = \Delta_{H2}^K = \Delta_{H4}^K = 3{,}10$ мм; $\Delta_{B1}^K = 24{,}31$ мм; $\Delta_{B3}^K = 31{,}95$ мм; $\Delta_{B4}^K = 20{,}05$ мм; $\Delta_M^P = 10{,}27$ мм.

2.б) вариант расчета.

Подставив значения известных допусков на изготовление деталей, геодезические разбивочные работы и единиц допусков на монтажные операции (согласно ГОСТ [5], см. табл., в том числе рассчитанное значение $I_H^K = 10{,}57$ мм при а = 1,6), получим значения коэффициента точности $K_{cp} = 65{,}28/90{,}85 = 0{,}72$. Величины технологических допусков будут иметь значения: $\Delta_{H1}^K = \Delta_{H2}^K = \Delta_{H4}^K = 7{,}61$ мм; $\Delta_{B1}^K = 22{,}44$ мм; $\Delta_{B3}^K = 29{,}49$ мм; $\Delta_{B4}^K = 18{,}51$ мм; $\Delta_M^P = 15{,}80$ мм;

3. Уровней производственной базы стройиндустрии, геодезического обеспечения и технологии строительства. Опыт строительства каркасных зданий показывает, что допуски на установку колонн

относительно разбивочных осей являются жесткими и на практике при свободном методе монтажа конструкций трудно выполнимы. На точность взаимного положения верха двух колонн оказывают влияние погрешности разбивочных работ, установки колонн относительно разбивочных осей в нижнем сечении и отклонение колонн от вертикали.

Как показывают анализ литературных источников [1, 6, 7, 12] и наши исследования [8], допуски по установке колонн по вертикали практически выполняются даже с некоторым запасом, точность же установки колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей при свободном методе монтажа конструкций не всегда соответствует нормативным требованиям.

Поэтому, предусматривая это обстоятельство, на стадии разработки проектов работ (ППР) необходимо учитывать также уровни технологии строительства, т.е. обеспечиваемую точность выполнения технологических операций при возведении зданий заданным методом монтажа конструкций.

Имеем $D_s = D_f = 80$ мм; $\Delta_И^K = 16{,}12$ мм; $\Delta_И^P = 39{,}04$ мм; $\Delta_Г = 7{,}2$ мм; $\Delta_{Г1}^B = 2{,}4$ мм; $\Delta_{Г3}^B = 4{,}0$ мм. Зададимся значениями допусков симметричности установки колонн (в нижнем сечении относительно разбивочных осей) равными $\Delta_{H1}^K = \Delta_{H2}^K = \Delta_{H4}^K = 12{,}0$ мм.

Определим коэффициент точности $K_{ср}$ на установку колонн по вертикали и монтаж ригелей, согласно выражению (6), по формуле:

$$K_{ср}^2 = \frac{\left[(\Delta_\Sigma)^2 - \left[2(\Delta_И^K)^2 + (\Delta_И^P)^2 + (\Delta_Г)^2 + \right.\right.}{\left[2\left(I_{B1}^K\right)^2 + 2\left(I_{B3}^K\right)^2 + \right.} ® \\ ® \frac{\left.\left. + 6\left(\Delta_{H1,2,4}^K\right)^2 + 2\left(\Delta_{Г1}^B\right)^2 + 2\left(\Delta_{Г3}^B\right)^2\right]\right]}{\left. + 2\left(I_{B4}^K\right)^2 + 2\left(I_M^P\right)^2\right]}. \quad (11)$$

3.а) вариант расчета.

Подставив, в выражение (11), величины известных допусков и единиц допусков на установку колонн по вертикали и монтаж ригелей, получим значение коэффициента точности $K_{ср} = 58{,}28/83{,}53 = 0{,}70$.

Величины технологических допусков будут иметь значения: $\Delta_{B1}^K = 21{,}82$ мм; $\Delta_{B3}^K = 28{,}67$ мм; $\Delta_{B4}^K = 18{,}00$ мм; $\Delta_M^P = 9{,}22$ мм.

3.б) вариант расчета.

Зададимся значением допуска на монтаж ригелей, согласно СНиП 3.03.01-87 [16], $\Delta_M^P = 16{,}00$ мм. Определим коэффициент точности $K_{ср}$ на установку колонн по вертикали, согласно выражению (12):

$$K_{ср}^2 = \frac{\left[(\Delta_\Sigma)^2 - \left[2(\Delta_И^K)^2 + (\Delta_И^P)^2 + (\Delta_Г)^2 + \right.\right.}{\left[2\left(I_{B1}^K\right)^2 + \right.} ® \\ ® \frac{\left.\left. + 6\left(\Delta_{H1,2,4}^K\right)^2 + 2\left(\Delta_{Г1}^B\right)^2 + 2\left(\Delta_{Г3}^B\right)^2 + 2(\Delta_M^P)^2\right]\right]}{\left. + 2\left(I_{B3}^K\right)^2 + 2\left(I_{B4}^K\right)^2\right]}. \quad (12)$$

Подставив величины известных допусков и единиц допусков на установку колонн по вертикали, получим значение коэффициента точности $K_{ср} = 53{,}71/81{,}43 = 0{,}66$. Величины технологических допусков будут иметь значения: $\Delta_{B1}^K = 20{,}57$ мм; $\Delta_{B3}^K = 27{,}03$ мм; $\Delta_{B4}^K = 16{,}97$ мм.

Анализируя полученные значения технологических допусков, можно констатировать, что нормы точности наилучшим образом соответствуют реальным уровням производственной базы стройиндустрии, геодезического обеспечения и технологии строительства при расчетах с использованием единицы допуска симметричности установки колонн, определенной со значением а = 1,6 вместо а = 0,6 по ГОСТ [5].

Таким образом, перераспределив значения технологических допусков на отдельные операции с учетом уровней производственной базы стройиндустрии, геодезического обеспечения и технологии строительства, может быть выполнена собираемость конструкций с соблюдением функциональных допусков на возведение многоэтажных производственных зданий серии 1.020.

Библиографический список

1. Столбов, Ю. В. Основы расчета и анализа точности возведения сборных зданий и сооружений : учеб. пособие / Ю. В. Столбов. — Омск : СибАДИ, 1981. — 63 с.

2. ГОСТ 21780-2006. Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Расчет точности. Госстрой СССР. — М. : Изд-во стандартов, 2007. — 15 с.

3. Столбова, С. Ю. Методы расчета точности геодезических и монтажных работ для обеспечения планового и вертикального положения конструкций многоэтажных зданий / С. Ю. Столбова // Омский научный вестник. — 2013. — № 2 (124). — С. 139—143.

4. Столбова, С. Ю. О расчете единицы допуска на установку колонн относительно разбивочных осей при возведении зданий и сооружений / С. Ю. Столбова, И. П. Савицкий // Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений : материалы I Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. — Кн. 2. — С. 223—227.

5. ГОСТ 21779-82 (СТ СЭВ). Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Технологические допуски. Госстрой СССР. — М. : Изд-во стандартов, 1982. — 22 с.

6. Возведение каркасных жилых и общественных зданий / М. Я. Егнус [и др]. — М. : Стройиздат, 1972. — 296 с.

7. Столбов, Ю. В. Исследование точности монтажа конструкций каркаса сборных железобетонных сооружений / Ю. В. Столбов // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. — 1978. — № 4. — С. 29—31.

8. Столбова, С. Ю. Геодезические исследования точности планового и вертикального положения железобетонных конструкций при возведении многоэтажного производственного здания / С. Ю. Столбова // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 264—269.

9. Столбова, С. Ю. Анализ точности геометрических параметров изготовленных железобетонных колонн и ригелей для возведения многоэтажного производственного здания / С. Ю. Столбова // Омский научный вестник. — 2013. — № 1 (118). — С. 259—263.

10. Столбов, Ю. В. Статистические методы контроля качества строительно-монтажных работ / Ю. В. Столбов. — М. : Стройиздат, 1982. — 87 с.

11. Столбов, Ю.В. Точность монтажа и трудоемкость геодезической выверки железобетонных конструкций / Ю. В. Столбов, Н. С. Воловник. — М., 1990. — Деп. В ВНИИНТПИ Госстроя СССР, 02.07.90, № 10732. — 49 с.

12. Столбов, Ю. В. Экономическое обоснование допусков на геодезические и строительно-монтажные работы при возведении зданий и сооружений / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова, О. Ю. Хуторная // Землеустроительное и кадастровое обеспечение комплексного развития территории и недвижимости : сб. тр. — Омск : ИПК Макшеевой Е. А., 2010. — С. 131—135.

13. Дунаев, П. Ф. Размерные цепи / П. Ф. Дунаев. — М. : Машгиз, 1963. — 308 с.

14. СНиП 3.01.03-84. Геодезические работы в строительстве. Госстрой СССР. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. — 28 с.

15. Столбов, Ю. В. Назначение точности возведения строительных конструкций с учетом ответственности зданий и сооружений / Ю. В. Столбов, С. Ю. Столбова // Вестник СибАДИ. — Омск : Изд-во СибАДИ, 2006. — С. 134—137

16. СНиП 3.03.01-87. Несущие и ограждающие конструкции. Госстрой СССР. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1988. — 140 с.

СТОЛБОВА Светлана Юрьевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), заведующая кафедрой «Недвижимость и строительный бизнес».
Адрес для переписки: ssu0810@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.03.2014 г.
© С. Ю. Столбова

УДК 553.982«612.4»(470.56)

Р. А. КАТКОВ
В. И. КИСЛУХИН

Тюменский государственный нефтегазовый университет

ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И НЕФТЕНОСНОСТЬ СРЕДНЕГО ДЕВОНА МАРТЫНСКОЙ ЗОНЫ НЕФТЕНАКОПЛЕНИЯ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

В статье представлены особенности геологического строения и нефтеносность среднего девона Мартынской зоны нефтенакопления Оренбургской области. В ней рассмотрена промышленная ценность объекта, которая связана, со Среднедевонским нефтегазоносным комплексом, в пределах которого установлены нефтяные залежи.

Ключевые слова: геологическое строение, нефтеносность, горизонт, тектоника, залежь.

Мартынская зона нефтенакопления расположена в Бузулукском нефтегазоносном районе и административно находится на территории Первомайского района Оренбургской области.

Литолого-стратиграфическая характеристика разреза выполнена согласно «Унифицированной стратиграфической схеме архея, протерозоя и палеозоя», составленной на основе «Решения Межведомственного совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы» [1, 2].

Отложения среднепалеозойско-нижнемезозойского осадочного чехла залегают с большим стратиграфическим несогласием непосредственно на размытой поверхности фундамента. Осадочный чехол представлен терригенно-карбонатным разрезом общей толщиной отложений, изменяющейся от 4528 до 4705 м. Его большую часть составляют отложения палеозойского возраста, формирование которых происходило практически непрерывно с эйфельского века среднего девона по татарское время поздней перми [3].

В составе среднего отдела (D2) девонской системы (D) палеозойской группы (PZ) выделяются эйфельский и живетский ярусы.

Эйфельский ярус (D2ef) включает в себя отложения бийского горизонта нижнего подъяруса и афонинского надгоризонта верхнего подъяруса.

Бийский горизонт (D2bs) согласно залегает на койвенском и сложен глинистыми микрозернистыми известняками с прослоями аргиллитов. Доля карбонатов заметно сокращается к подошве горизонта. Толщина в пределах изучаемого месторождения весьма выдержана.

Афонинский надгоризонт (D2af) имеет трехчленное строение. В подошве его залегает клинцовский горизонт (D2kl), представленный пачкой терригенных алеврито-аргиллитовых пород, черных, известковистых, битуминозных. В средней части залегает мосоловский горизонт (D2ms), сложенный известняками органогенными, биогенными, строматопоровокоралловыми темно-серыми, почти черными, микро, тонкозернистыми, участками пористыми, средней крепости, трещиноватыми, в разной степени перекристаллизованными с редкими прослоями темно-серых, почти черных, плитчатых аргиллитов и мергеля. С проницаемыми карбонатами связан продуктивный пласт Д5, который развит по площади месторождения практически повсеместно и имеет срав-

нительно высокую и отчетливо выдержанную общую толщину 64 — 96 м.

Кровельную часть афонинских отложений маркирует черноярский горизонт (D2cr), представленный аргиллитами темно-серыми до черных, плотными, плитчатыми, известковистыми с прослоями известняков темно-серых, плотных, крепких, тонкозернистых и алевролитов серых, средней крепости, известковистых. Его толщина составляет в среднем 10 м. Толщина эйфельского яруса в целом изменяется от 207 до 226 м.

С кровлей афонинского надгоризонта отождествляется региональный ОГ Даф. ОГ Даф формируется на границе терригенно-карбонатных отложений воробьевского горизонта и афонинских карбонатов и уверенно прослеживается на всей площади изучаемых месторождений.

Живетский ярус (D2zv) представлен в объеме старооскольского надгоризонта (D2st), включающего воробьевский, ардатовский и муллинский горизонты.

Воробьевский горизонт (D2vor) в нижней части сложен песчаниками с подчиненными прослоями алевролитов. Песчаники светло-серые, буроватые, средней крепости, пористые, кварцевые, разнозернистые. Алевролиты темно-буровато-серые, крепкие, слабопористые, кварцевые, песчанистые, разнозернистые, трещиноватые. К терригенной пачке пород, залегающих в нижней части горизонта, приурочен продуктивный пласт Д4. Литологически пласт представлен песчаниками, содержащими прослои алевролитов и глин. Общая толщина пласта изменяется от 16 до 32 м. В средней части горизонта присутствуют известняки темно-серые, коричневато-серые до черных, плотные, крепкие, шламово-детритовые, неравномерно глинистые, тонкокристаллические, доломитизированные. Верхняя часть представлена аргиллитами темно-серыми до черных, плотными, средней крепости, скорлуповато-плитчатыми, алевритистыми, неравномерно известковистыми. Заканчивается разрез этого горизонта алеврито-глинистой (аргиллитовой) пачкой толщиной до 20 м, которая служит покрышкой залежей продуктивных коллекторов пласта Д4. Толщина горизонта составляет 40 — 67 м.

Ардатовский горизонт (D2ard) в нижней части слагается песчаниками и алевролитами. Песчаники светло-серые, реже голубовато- и буровато-серые, плотные и пористые, кварцевые, мелкозернистые, алевритовые. Алевролиты серые и буровато-серые, крепкие, плотные, кварцевые, мелкозернистые, неравномерно глинистые. К нижней части ардатовского горизонта приурочен нефтенасыщенный горизонт Д3. В средней части — аргиллиты темно-серые с зеленоватым оттенком, прослоями голубовато-серые, скорлуповато-плитчатые, некрепкие, гидрослюдистые, неравномерно алевритовые с прослоями алевролитов и известняков. В кровле ардатовского горизонта залегают плотные известняки (толщиной до 25 м) серые, светло-коричневато-серые, плотные, крепкие, участками пористые, биоморфно-детритовые, фораминиферово- и стромато-порово-коралловые, слабо перекристаллизованные и доломитизированные. Толщина ардатовского горизонта — 71 — 99 м.

В отложениях ардатовского горизонта прослеживается интерференционный горизонт Дард. ОГ Дард формируется вблизи кровли плотных известняков ардатовского горизонта, прослеживается без затруднений по всей изучаемой площади как положительное, динамически выраженное колебание.

Муллинский горизонт (D2ml) представлен переслаиванием алевролитов темно-буровато-серых, средней крепости, плитчатых, кварцевых, среднемелкозернистых, аргиллитов темно-серых, плотных, скорлуповато-плитчатых, гидрослюдистых и известняков серых со слабым коричневатым оттенком, тонкокристаллических, плотных, крепких, участками глинистых, слабопесчанистых. Горизонт имеет толщину 15 — 40 м.

Мартынская зона нефтенакопления находится в южной части Бузулукского нефтегазоносного района (НГР) Волго-Уральской нефтегазоносной области (НГО).

Промышленная ценность связана в основном со среднедевонским нефтегазоносным комплексом, в пределах которого установлены нефтяные залежи в афонинских (пласт Д5), воробьевских (Д4) и ардатовских (Д3) отложениях.

Таким образом, в результате поискового и разведочного бурения, сейсморазведочных работ, ГИС и опробований в пределах Мартынской зоны нефтенакопления выделено четыре подсчетных объекта: пласты Д31 и Д32 ардатовского горизонта, пласт Д4 воробьевского горизонта, пласт Д5 мосоловского горизонта афонинского надгоризонта (средний девон).

Мартынская зона нефтенакопления приурочена к наиболее погруженной юго-западной части Бузулукской впадины и отличается увеличенной мощностью отложений среднего девона (рис. 1). По среднедевонским отложениям рассматриваемый район выделяется в Южно-Бузулукскую палеовпадину, для которой характерен режим длительного непрерывного осадконакопления в эйфельское время.

Главными особенностями палеовпадины являются повышенные мощности афонинских карбонатных отложений и терригенных толщ воробьевского и ардатовского горизонтов. С этими отложениями связаны карбонатные пласты-коллекторы пласта Д5 и терригенные пласты Д4, Д3, которые являются основными объектами разработки. Карбонатные и терригенные отложения, содержащие перечисленные пласты-коллекторы, перекрыты мощными глинистыми покрышками, толщины которых составляют около 10 м для ардатовских, 35 — 40 м для воробьевских и более 10 м для афонинских пластов. Наличие таких покрышек способствовало формированию и сохранению в рассматриваемом районе высокопродуктивных залежей легких нефтей.

Залежи продуктивных пластов пластовые сводовые, литологически и тектонически экранированные.

В горизонте Д3 проведена детальная корреляция и выделены два подсчетных объекта — пласты Д31 и Д32. Литологически горизонт сложен терригенными отложениями, представленными песчаниками, алевролитами с прослоями аргиллитов.

Пласт Д31 в песчаной фации прослеживается в центральной и восточной частях. Залежь пластовая сводовая, на западе ограничена зоной глинизации, выделенной по данным бурения. С юга залежь экранируется региональным разломом.

Площадь распространения коллекторов пласта Д32 более обширна и несколько смещена в западном направлении по сравнению с зоной развития проницаемых пород вышезалегающего пласта Д31. Залежь пластовая сводовая, тектонически экранированная.

Пласт Д4 представлен двумя зональными интервалами (ЗИ): верхним и нижним. Верхний ЗИ характеризуется практически повсеместным развитием коллекторов, нижний ЗИ представлен двумя литоти-

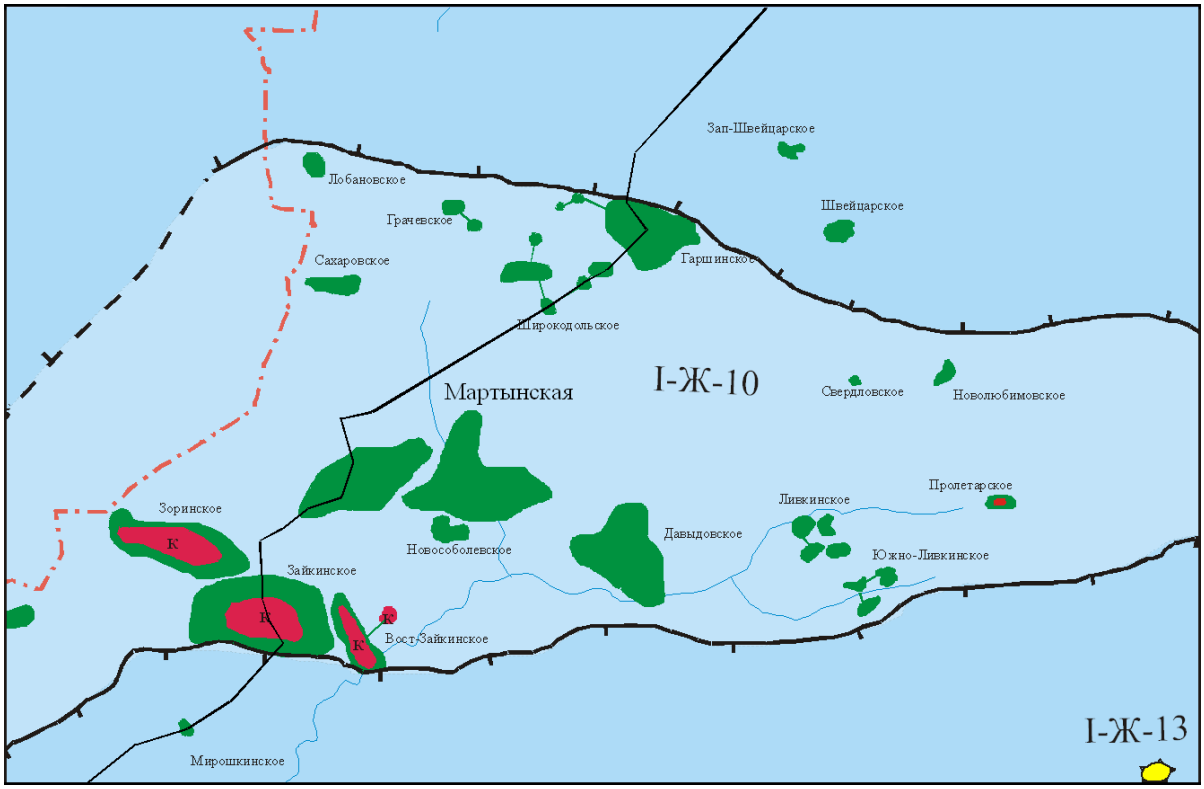

Рис. 1. Выкопировка из Обзорно-тектонической схемы Оренбургской области
Условные обозначения:
Месторождения: — нефтяные, — газовые, — газонефтяные и нефтегазовые,
— граница области.
Границы структурно-тектонических элементов и нефтегазогеологических районов:
— I порядка, — II порядка
I-Волго-Уральская антеклиза
I-Ж Бузулукская впадина
I-Ж-10 Камелик-Чаганская система дислокаций
I-Ж-13 Рубежинский прогиб

пами: непроницаемыми породами и линзовидными прослоями коллекторов. Продуктивность пласта по результатам самостоятельного испытания высокая. Залежь пластовая сводовая, тектонически экранированная.

В отличие от вышезалегающих, пласт Д5 сложен переслаиванием серых, темно-серых до черных в разной степени доломитизированных, органогенных, скрытокристаллических, пористых, кавернозных, иногда глинистых известняков. Зона развития коллекторов пласта Д5, к которой приурочена основная залежь, вытянута в субширотном направлении в виде относительно широкой полосы. Залежь с юга ограничена разломом, остальные границы контролируются литологическим экраном. Кроме того, выявлены локальные зоны глинизации.

По сложности геологического строения Мартынская зона нефтенакопления относится к сложным, по величине запасов — к крупным.

На исследуемой площади наблюдаются проявления тектонических нарушений. Они характеризуются как разрывом сплошности отражающих горизонтов, так и флексурообразным рисунком осей синфазности, что также может свидетельствовать либо о присутствии малоамплитудных смещений, либо о смещении пород без разрыва сплошности.

Библиографический список

1. Пирсон, С. Дж. Справочник по интерпретации данных каротажа / Сильвейн Дж. Пирсон ; пер. с англ. под ред. С. Г. Комарова. — М. : Недра, 1966. — С. 384—397.

2. Решение Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами (Ленинград, 1988 г.). Девонская система. — Л. : ВСЕГЕИ, 1990. — 60 с.

3. Геологическое строение и нефтегазоносность Оренбургской области. — Оренбург : Оренбургское кн. изд-во, 1997. — 272 с.

КАТКОВ Роман Андреевич, аспирант кафедры геологии месторождений нефти и газа.
Адрес для переписки: strelets-k-r@yandex.ru
КИСЛУХИН Владимир Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа.

Статья поступила в редакцию 27.03.2014 г.
© Р. А. Катков, В. И. Кислухин