КККНЗ

УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРУДЫ
Выпуск 36

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

*

06
КК-142

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР

КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ТРУДЫ

ВЫПУСК 36

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ

К 50-летию Казахской Советской
Социалистической Республики

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД • 1970

06+
УДК 551.5 +63:551.5

Выпуск преследует цель показать развитие гидрометеорологической науки в Казахстане за 50 лет существования Казахской ССР.

В обзорной статье обобщаются гидрометеорологические исследования в Казахстане начиная с первых послереволюционных лет и кончая нашими днями. Излагаются вопросы гидрометеорологических исследований по проблеме анализа осадков и водных ресурсов, прогноза колебаний климата, загрязнения воздушных бассейнов и др. В конце выпуска приводится Указатель литературы КазНИГМИ.

Выпуск рассчитан на специалистов-гидрометеорологов, аспирантов, студентов и лиц, интересующихся историей гидрометеорологической науки.

Редактор выпуска
канд. физ.-мат. наук
Н. Ф. ГЕЛЬМГОЛЬЦ

Авторы обзорной статьи:

С. А. БЕДАРЕВ — *канд. биол. наук,*
Ю. Б. ВИНОГРАДОВ — канд. техн. наук,
Н. Ф. ГЕЛЬМГОЛЬЦ — канд. физ.-мат. наук,
Р. С. ГОЛУБОВ — канд. геогр. наук,
В. В. ГОЛУБЦОВ — канд. геогр. наук,
А. П. ГОРБУНОВ — канд. геогр. наук,
Р. Д. КУРДИН — канд. геогр. наук,
И. И. ПРОХОРОВ — канд. геогр. наук;
В. А. СЕМЕНОВ — канд. геогр. наук,
Л. В. ТИТОВ — мл. научн. сотр.,
И. П. ФАДЕЕВА — канд. геогр. наук
и другие специалисты института. Автор Указателя литературы КазНИГМИ — заведующая библиотекой А. С. Ильченко.

205766
Республиканская научная сельскохозяйственная БИБЛИОТЕКА

ПРЕДИСЛОВИЕ

Казахстан — страна исключительного географического разнообразия, страна степей и пустынь, лесов и гор, рек и озер, страна богатейших недр и подземных морей, страна солнца и ветра — ныне отмечает 50-летие своей государственности.

Было время, когда первый казахский ученый, просветитель-демократ, член Российского географического общества Ч. Ч. Валиханов мечтал о торжестве справедливых взаимоотношений между людьми, о развитии русско-казахского содружества, о расцвете своей страны.

Чокан Валиханов во время своего трехлетнего путешествия по странам Тянь-Шаня собрал исключительно интересный материал, наряду с вопросами этнографии он впервые изучал климат Восточного и Южного Казахстана. В 1862 г. в своем письме ректору, профессору Петербургского университета и редактору Записок и Известий Русского географического общества А. Н. Бекетову он писал: «Ради бога, Андрей Николаевич, похлопочите в Обществе, чтобы выслали мне в степь барометр, психрометр и несколько термометров. Та часть степи, в которой я живу, очень слабо исследована, а в климатическом отношении известно кое-что только о Верном». Валихановым был написан ряд трудов: «Очерки Джунгарии», «Дневник поездки на Иссык-Куль», «Описание путешествия в Кашгар и обратно в Алатавский округ» и др. Ранняя кончина ученого, в возрасте 27 лет, оборвала его деятельность. Некоторые путевые заметки и карты были восстановлены его сподвижниками Г. Н. Потаниным и П. П. Семеновым.

Великий казахский мыслитель, поэт и писатель Абай Кунанбаев также мечтал о расцвете своей страны. Как и Чокан Валиханов, в своих стихах он высмеивал идеализацию природных явлений. «Явления природы закономерны, их надо изучать, выявлять закономерности и использовать для человеческого общества, а для этого надо учиться и учиться.»

Ныне мечты казахского народа осуществились. Из рук великого Ленина казахский народ получил свободу, равенство, счастье для народа. Вот уже 50 лет советские люди Казахской ССР под руководством Коммунистической партии строят социалистическое общество, строят основы коммунизма. Выросли новые города,

крупнейшие заводы, освоено более 20 млн. га целинных и залежных земель, страна покрылась сетью шоссейных и железных дорог, авиатрасс и линий связи. Республика насчитывает ныне более 40 высших учебных заведений, многие сотни научных учреждений во главе с Казахской Академией наук. Мощного развития достигли многие науки, особенно такие, как геология, химия, металлургия, физика, математика, география. Значительного развития получила также гидрометеорологическая наука, как и вся система гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства, отразившая в своих работах всю специфику природных и социально-экономических условий страны.

В настоящем выпуске Трудов Казахского гидрометеорологического института сделана попытка отразить этапы развития гидрометеорологической науки в республике и гидрометеорологической службы за 50 лет существования Казахской ССР.

Кроме того, в выпуске помещен ряд статей, отражающих современные интересы творческого коллектива института и имеющих большое теоретическое и практическое значение.

Директор Казахского НИГМИ
канд. техн. наук *Х. А. Ахмеджанов*

РАЗВИТИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В КАЗАХСТАНЕ ЗА 50 ЛЕТ СУЩЕСТВОВАНИЯ КАЗАХСКОЙ СОВЕТСКОЙ СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Неузнаваемо изменился Казахстан за годы Советской власти. Некогда отсталая колониальная окраина России с почти поголовной неграмотностью населения, страна бескультурья и бездорожья, Казахстан ныне превратился в индустирально-аграрную республику с высоко развитой крупной промышленностью, сельским хозяйством и передовой социалистической наукой и культурой.

В 1970 г. весь советский народ, все прогрессивные люди Земли отмечают 100-летие со дня рождения В. И. Ленина — основателя первого в мире Советского государства и Коммунистической партии, вождя международного пролетариата, гениального философа и мыслителя.

Для Казахстана 1970 г. знаменателен также 50-летием существования Казахской ССР.

Не успели еще отгреметь бури гражданской войны и интервенции, как Советское правительство, следуя ленинской политике самоопределения народов, приняло 26 августа 1920 г. декрет об автономной Киргизской Советской Социалистической Республике. Согласно этому декрету, казахский народ впервые получил свою государственность, сформировал свои органы народной власти. 4 октября 1920 г. в Оренбурге открылся учредительный съезд Советов, на котором была образована Киргизская АССР, вошедшая в состав РСФСР, и избраны ее руководящие органы.

Решением 5-го съезда Советов Киргизской АССР в 1925 г. молодой республике было присвоено более правильное наименование, Казахская АССР, а на Чрезвычайном 8-м съезде Советов СССР в 1936 г. автономной Казахской республике был дан статут союзной республики.

Таким образом, в 1970 г. исполняется 50 лет государственной автономии Казахской республики, стоящей ныне равной среди равных союзных советских социалистических республик.

Экономика, народное хозяйство, транспорт, народное образование, наука, культура Советского Казахстана проделала за 50 лет

огромный путь развития. Ныне в республике уже 24 года работает Академия наук КазССР, имеется 43 высших учебных заведения, сотни исследовательских и проектных институтов, тысячи техникумов и школ. В стране полностью ликвидирована неграмотность, возникла огромная армия национальной интеллигенции. В настоящее время в республике работает 360 докторов наук и 5,5 тыс. кандидатов наук. Больших успехов достигло изучение природных ресурсов страны — ее недр, почв, растительного и животного мира, климата, водных ресурсов. По мере развития культуры, транспорта, строительства городов столица республики была в 1924 г. перенесена в Кзыл-Орду, а в 1929 г., с окончанием строительства южной части Турксиба, в Алма-Ату. Ныне столица Казахстана представляет собой крупный современный город с Академией наук, 14 высшими и сотнями средних учебных заведений, развитой промышленностью, обширной сетью научно-исследовательских и проектных институтов, учреждений культуры, здравоохранения и пр.

Большой путь развития проделала за полвека и Гидрометеорологическая служба республики, призванная обеспечивать нужды развивающегося социалистического хозяйства страны и являющаяся в то же время основой развития гидрометеорологических научных исследований.

Еще в прошлом столетии Главная физическая обсерватория, основанная в 1848 г. в Петербурге, приложила немало усилий к развитию сети метеостанций в России. Можно себе представить, каких трудностей стоила организация и поддержание станций в таких отсталых, слабонаселенных окраинах, как дореволюционный Казахстан. В начале XX в. на территории современной Казахской ССР, на которой пять раз поместилась бы Франция, действовало всего около 30 метеостанций. К началу первой мировой войны (1914—1918 гг.) количество станций возросло до 63. Однако в бурные годы империалистической войны и борьбы с внешней и внутренней контрреволюцией многие станции прекратили свою работу или были полностью разрушены. В 1920 г. действовавших станций оставалось лишь 38. Предстояла упорная работа по восстановлению сети. Огромное значение имел подписанный В. И. Лениным 21 июня 1921 г. декрет СНК РСФСР «Об организации метеорологической службы в РСФСР», давший мощный толчок большой организационной работе по реставрации и развитию сети и всей службы в целом. Работа по восстановлению сети метеостанций в Казахстане была поручена в основном Метеорологическому бюро, которое было организовано при Наркомземе республики. К началу периода коллективизации сельского хозяйства на территории Казахстана насчитывалось уже около 100 работающих метеостанций, а к концу 30-х годов число их составляло уже 210.

Большой путь развития проделало и изучение водных ресурсов республики. В дореволюционное время гидрологические наблюдения на реках производились в весьма ограниченных масштабах.

На территории нынешнего Казахстана в то время действовало лишь 25 водомерных постов.

Учитывая громадное значение водных ресурсов для народного хозяйства Страны Советов, Советское правительство еще в 1919 г. основало в Петрограде Российский гидрологический институт, который и начал проводить работы по развитию сети гидрологических станций и постов в основном через местные управления водного хозяйства. Гидрологическая сеть с этого времени начала быстро расти.

В 1929 г. решением Правительства СССР для руководства Службой были организованы Гидрометкомитеты при Наркомземах СССР, союзных и автономных республик, в которых впервые в мире были объединены метеорологическая и гидрологическая службы. В 1936 г. во главе Службы было поставлено Главное управление гидрометеорологической службы при СНК СССР и его местные управления, в частности Управление гидрометслужбы КазССР, ныне одно из крупнейших в Советском Союзе.

В настоящее время число метеостанций на территории Казахстана достигает 360, гидростанций и постов около 700. Кроме того, насчитывается около 2 тыс. осадкомерных постов.

В состав Гидрометслужбы республики, кроме республиканского управления с его многочисленными подразделениями и крупной Алма-Атинской гидрометеорологической обсерваторией, ныне входит еще четыре гидрометобсерватории, в Актюбинске, Целиноградe, Усть-Каменогорске и Балхаше, 12 областных гидрометбюро с синоптическими группами, 14 аэрологических станций, производящих температурно-ветровое зондирование атмосферы, около 60 авиаметеостанций в аэропортах, большинство также с группами прогнозов, ряд специальных гидрологических и агрометеорологических станций и др. Вся сеть организована таким образом, что территория республики в известной степени покрывается информацией по основным метеонаблюдениям, актинометрическим, агрометеорологическим, гидрологическим, наблюдениям за опасными явлениями, химизмом вод, осадков, воздуха и многими другими.

Служба оснащена сложной и совершенной техникой — дистанционными автоматическими приборами, радиолокаторами, электронным оборудованием, современными средствами связи. Существенное развитие получила служба прогнозов — метеорологических, агрометеорологических, гидрологических, авиационных и др. Нынешнее состояние Гидрометеорологической службы и ее сети не может быть поставлено ни в какое сравнение с ее состоянием даже в последние предвоенные годы.

Вместе с тем растущие запросы народного хозяйства страны, освоения недр, пустынь, целинных земель и водных ресурсов, в том числе и подземных, заставляет считать существующую сеть наблюдений все еще недостаточной и подлежащей росту как количественно, так и качественно.

Бурное развитие Гидрометеорологической службы, шедшее параллельно с развитием народного хозяйства страны, культуры, науки и техники, питало ее все новыми идеями и материалами. За 50 лет в Советском Союзе возникли крупнейшие институты, такие, как ордена Ленина Гидрометцентр СССР, ордена Трудового Красного Знамени Государственный гидрологический институт, ордена Трудового Красного Знамени Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова и многие другие, большое количество гидрометеорологических обсерваторий, зональные гидрометеорологические институты, опытные полигоны, крупные экспедиционные базы и т. д. Вся эта система научных учреждений ныне достигла весьма существенных результатов в области теоретических и практических проблем гидрометеорологической науки.

Первые попытки обобщения сетевых наблюдений по территории Казахстана были предприняты еще в 1927—1928 гг. (Очерки климата Казахстана). Еще в довоенное время, вскоре после образования Гидрометкомитетов, в Алма-Ате был создан Гидрометеорологический институт (ГИМЕИН), который в 1933 г. был преобразован в Алма-Атинскую геофизическую обсерваторию. Незадолго до войны была организована и Алма-Атинская гидрологическая обсерватория. В обеих обсерваториях постепенно стали сосредоточиваться научные силы, выполняться важные и интересные работы, преимущественно режимного и прогностического характера. Гидрологическая обсерватория много внимания уделяла изучению селей в бассейне р. Малой Алмаатинки.

В 1951 г. на базе обеих обсерваторий решением ЦК ВКП(б) и СМ СССР создается Казахский научно-исследовательский гидрометеорологический институт (Казахский НИГМИ). С этого времени научные гидрометеорологические исследования республиканского масштаба получают еще более прочную основу. За годы существования КазНИГМИ научными сотрудниками института защищено 3 докторских и около 25 кандидатских диссертаций. В институте наряду с опытными специалистами работают выпускники Казахского государственного университета им. С. М. Кирова, получившие образование по кафедрам метеорологии и гидрологии. Институт издает сборники Трудов, отдельные монографии, справочники по климатическим и водным ресурсам, методические пособия.

Ведутся научные исследования в области гидрометеорологической науки также в гидрометеорологических обсерваториях и подразделениях Управления гидрометслужбы КазССР, в некоторых высших учебных заведениях, в институтах системы Академии наук КазССР.

Ниже приводится краткий обзор научных исследований в области метеорологии и гидрологии в Казахстане за 50 лет существования Казахской ССР.

Работы в области методической и экспериментальной метеорологии

Параллельно с развитием сети метеостанций решалась и другая важнейшая задача, касающаяся методики метеорологических наблюдений, оснащения метеостанций и вообще организации всей работы метеостанций. Естественно, что эти работы проводились по единой программе в масштабах всего Советского Союза, в основном Главной геофизической обсерваторией, а позже и другими центральными научно-исследовательскими учреждениями Гидрометслужбы. Однако местные управления службы со своими органами не оставались в стороне от этих работ, особенно в вопросах, имеющих отношение к природно-климатическим особенностям обслуживаемой территории. Применительно к Казахстану это касалось засушливого климата, сильных ветров и переносов пыли и снега, измерения осадков в зимнее время, дефицитности древесины для оборудования площадок, специфики организации станций в пустынях и необжитых районах и пр. Эти вопросы требовали и до сих пор требуют к себе внимания метеорологов-методистов и метеорологов-организаторов. Большие работы велись и ведутся по методике метеонаблюдений в б. Геофизической, ныне Гидрометеорологической обсерватории. Не было ни одного методического вопроса, который бы не был изучен в обсерватории применительно к Казахстану.

Организация метеостанций в пустынях требовала решения многих специфических вопросов. Выбор места для станции, подбор кадров с учетом «моральной совместимости», обеспечение работы в условиях длительного автономного существования, радиосвязь, методы наблюдений, методы обслуживания местного хозяйства, в основном отгонного животноводства, прием и распространение прогнозов, оповещение о предстоящих штормовых явлениях и многое другое — все это должно было быть решено наилучшим образом, и роль метеорологов-методистов при этом была решающей. Были изучены и такие казалось бы простые вопросы, как освещение при ночных наблюдениях, сохранение свежести батиста на психрометре при пыльных бурях, определение видимости при отсутствии ориентиров, устройство металлических деталей и подставок к установкам на площадке, ограждение площадок и т. д.

Пустынные станции были задуманы не только как пункт наблюдений и информации, но и как очаг культуры для работников животноводства окружающих районов. И они стали такими очагами, каждая метеостанция являлась своего рода маяком в пустыне. Здесь можно было обогреться и отдохнуть, послушать радиопередачу, получить консультацию. Со временем вокруг этих метеостанций располагались фермы, базы, экспедиции, а в последующем возникли и небольшие поселки. Ныне бывшие пустынные станции в ряде случаев вытесняются с первоначального места расположения разросшимися вокруг поселками.

Опыт организации и работы пустынных станций был использован и на обычных метеостанциях. Ряд специфических вопросов решался также при организации горных метеостанций, связанных к тому же с предупредительной селевой службой.

Значительно активизировались работы в области методической и особенно экспериментальной метеорологии со времени организации при геофизической обсерватории в 1938 г. бюро поверки приборов, где работали такие опытные специалисты, как И. И. Прохоров и механик Ф. П. Качура. Через их руки проходили не только сетевые приборы, но и вновь конструируемые приборы и приспособления. Со временем бюро поверки, возглавляемое И. И. Прохоровым, стало своего рода очагом экспериментальной метеорологии. Здесь конструировались, испытывались и внедрялись различные приборы, порой опережавшие время и только значительно позже появлявшиеся в службе как серийные. Так, в 1940 г. в Алма-Ате был изготовлен первый актинограф, установленный в обсерватории (Ф. Г. Жиляев).

В годы Великой Отечественной войны М. Е. Подтягиным разработано и установлено на обсерватории приспособление, позволяющее регистрировать температуру и влажность воздуха на высоте 15 м от поверхности земли, что давало возможность оценить степень влияния подстилающей поверхности на показания приборов. Им же сконструирован оригинальный механический суммирующий анеморумбограф, позволяющий регистрировать средние скорости ветра на ленте и снимать показания без дополнительной обработки. В тот же период Л. В. Гульницким разрабатываются приборы и устройства для наблюдений солнечной радиации, в частности серия актинометрических самописцев. В 1945—1946 гг. А. Н. Новогрудским разработана первая модель дистанционного штормсигнализатора, оповещавшего наблюдателя о переходе скорости ветра через предельные значения. Н. Ф. Гельмгольцем сконструирован механический анеморумбограф, который был установлен на башне обсерватории и позволил собрать ценную информацию о суточном ходе ветра в районе Алма-Аты.

С организацией в 1951 г. Казахского НИГМИ работы в области экспериментальной метеорологии проводились и здесь. Так, Ш. А. Безверхним разработан первый сетевой озонограф, который применялся в период МГГ. Существующие ныне сетевые озонографы являются его модернизацией.

В институте проводились экспериментальные работы по новым приборам и методам, необходимым для решения задач обслуживания развивающегося народного хозяйства республики. Один из них относился к изучению ледяной корки на снежном покрове. Известно, что необъятные зимние пастбища Казахстана периодически покрываются ледяной коркой и становятся недоступными для животных. Чтобы разработать соответствующую технику для борьбы с ледяной коркой, необходимо знать ее механическую прочность в зависимости от условий погоды, в основном от температуры воз-

духа. В 1952—1953 гг. И. И. Прохоровым проведены исследования по определению связи прочности ледяной корки с ее толщиной и температурой воздуха. Для этой цели был разработан прочномер, который применялся на сети метеостанций и позволил собрать материалы для решения поставленной задачи.

В 1954 г. необходимо было провести исследования температурного режима почвы и глубины ее промерзания. Сетевая информация о температуре почвы на глубинах была весьма ограничена, однако институт успешно решил эту задачу, применяя метод экспериментального исследования. Был создан специальный термощуп, позволявший получать данные о температуре почвы на глубинах путем маршрутных обследований. Для той же цели И. И. Прохоровым был разработан и построен биметаллический термограф, позволявший регистрировать температуру почвы на четырех глубинах. Собранные при помощи этих приборов материалы позволили автору метода оценить температурный режим почвы по территории Казахстана и разработать метод расчета глубины промерзания почвы.

В последующем автором метода вопрос о промерзании почвы разработан с большими подробностями. В частности, И. И. Прохоров показал различие между проникновением нулевой изотермы и истинным промерзанием (цементацией) почвы. Оказалось, что для иссушенных почв (что при засушливой осени в Казахстане бывает очень часто) эти два явления совершенно не совпадают, например, сухая песчаная почва может остаться сцементированной лишь в верхнем слое даже при сильных морозах.

В 1956 г. перед институтом была поставлена задача исследовать снежные ресурсы на территории равнинного Казахстана и оценить особенности залегания снегозапасов в условиях защитного лесонасаждения. В числе решаемых вопросов необходимо было изучить ветровые переносы снега, а также испарение снега в условиях Северного Казахстана. Для решения этих вопросов сетевая информация не давала ответа. В связи с этим институтом были организованы специальные экспедиции по изучению снегозапасов в районы Северного Казахстана, которые продолжались в течение четырех зим. Разработанный институтом метод оценки дальности ветрового переноса снега показал, что снег транспортируется не на сотни метров, как считали, а на несколько километров. Это уточнение значительно расширило пространственные возможности снегозадержания. В частности, были обнаружены интересные особенности отложения снега в окрестностях населенных пунктов, где обычно и расположены метеостанции. Это дало представление о репрезентативности снегомерных наблюдений на метеостанциях и вообще в ближайших окрестностях населенных пунктов. Кроме того, изучалось испарение снега. Разработанные в институте снеговые испарители позволили количественно определить потери снега на испарение, которое оказалось не столь малым. По этим исследованиям в Трудах института были опубликованы содержащие много

нового статьи Ю. П. Завьяловой, И. И. Прохорова и Н. С. Ткаченко.

Строительство линий электропередачи на территории Казахстана выдвинуло в 1958 г. вопрос об исследовании максимальных скоростей ветра, особенно в порывах. В то время необходимых серийных приборов еще не существовало. Для решения поставленной задачи в институте был разработан специальный прибор — импульсомер — и регистратор скорости ветра, записывающий изменения скорости, воспринимаемые прибором М-47. Проведенные с применением этих приборов исследования позволили собрать необходимые материалы и задание было выполнено. Результаты были опубликованы Ю. П. Завьяловой и И. И. Прохоровым в Трудах института.

Постановлением ЦК КПК и СМ КазССР перед рядом институтов был поставлен вопрос об исследовании процессов ветровой эрозии почвы и разработке мероприятий по борьбе с эрозией на территории Казахстана. Казахскому НИГМИ было поручено изучение метеорологических условий, приводящих к эрозии. Надежной сетевой информации по этому вопросу, по существу, не было, поэтому сотрудником института О. Е. Семеновым были разработаны специальные устройства, определяющие количественные характеристики переноса почвы. Экспериментальные полевые исследования с применением этих приборов позволили собрать необходимые материалы для решения поставленной задачи и опубликовать ряд статей в Трудах института, полностью освещающих распространение и условия эрозии. Исследования в этой области продолжаются с использованием аэродинамической трубы. В последующем имеется в виду использовать электронную аппаратуру.

Большие экспериментальные работы проведены при выполнении комплексной темы по исследованию осадкомерных приборов. Были разработаны оригинальные устройства, которые до сих пор применяются на экспериментальных базах по исследованию осадкомеров. Смысл их заключается в параллельной установке осадкомеров и метелемеров на различных высотах, до 4 м. Этими исследованиями занимались Р. Н. Бондаренко, Н. С. Ткаченко, И. И. Прохоров и И. С. Ганжа.

В последние годы институтом проводились исследования микроклиматических условий на горных склонах и в долинах. С этой целью Л. П. Федюшиной были поставлены экспериментальные исследования в горах Заилийского Алатау, позволившие выявить ряд практически важных особенностей климата и микроклимата различных участков горного рельефа. В частности, изучался вопрос о балансе влаги, для чего были сконструированы и введены в эксплуатацию совершенно новые по идее самописцы почвенного испарения.

Все эти работы находили широкий отклик среди специалистов-метеорологов и в известной мере влияли на развитие методов наблюдений на сети метеостанций. Во многих случаях они предвос-

хищали введение на сети новых серийных приборов и позволяли решать возникающие вопросы не дожидаясь накопления соответствующих материалов на сети станций.

Изучение климатических ресурсов

Изучение климатических ресурсов страны, столь важное для всех отраслей народного хозяйства, является одной из основных задач гидрометеорологической службы. Тем более это было важно в период первоначального развития хозяйства и освоения природных богатств республики в первые годы ее существования.

При этом возникала обычная в таких случаях сложная проблема. С одной стороны, сведения о климатических условиях территории остро необходимы для рационального планирования отраслей хозяйства, во многих случаях они должны быть положены в основу первоначального планирования. С другой стороны, в быстро развивающейся стране накопление метеорологических данных, необходимых для изучения климатических ресурсов, обычно отстает от темпов развития страны в целом, ибо накопление материала по климату — процесс медленный. Достаточно сказать, что для получения надежных климатических характеристик считается необходимым иметь ряды наблюдений не менее 50—80 лет. Допускается, что не все станции будут иметь столь длинные ряды, и в таком случае применяется известный метод «приведения» к многолетию. Но для этого в каждом географическом районе должна иметься хотя бы одна длиннорядная станция. Практически на огромной территории Казахстана ко времени основания республики (1920 г.) станций с рядом в 50 лет имелось всего 8, да и в настоящее время подлинно длиннорядных станций (80 лет) имеется всего порядка 20 с небольшим.

Очевидно, что народное хозяйство республики не могло ожидать накопления достаточных рядов и предъявило свои настойчивые требования. Единственным выходом в таком случае являлся многоступенчатый анализ климатических условий — сначала по предварительным, ограниченным данным, затем более обоснованный, затем еще более детальный и надежный и т. д. Для климатологов-исследователей эта задача, по существу, соразмерна с трудом целой творческой жизни.

Трудно перечислить, сколько различных климатологических разработок, справочников, атласов было создано за 50 лет по Казахстану. И этот поток не иссякает до сих пор — создаются все новые и новые климатические материалы, все более подробные и объемистые, и они каждый раз немедленно расхватываются многочисленными потребителями. Очень много труда в этот поток вложено Главной геофизической обсерваторией, создавшей еще в прошлом веке и особенно в советское время многочисленные климатические описания, атласы, вероятностные характеристики и пр. по всей стране в целом. После революции климатические описания, справочники, атласы всесоюзного масштаба стали издаваться

Главной геофизической обсерваторией большими сериями. Так, еще в 30-х годах начали выходить справочники и атласы по температуре, давлению и ветру, осадкам, температуре почвы, снежному покрову, сыгравшие огромную роль в изучении климатических ресурсов нашей необъятной страны, в том числе и Казахстана. Однако подобные издания по необходимости были лишь фоновыми приближениями и в основном касались только одного или нескольких элементов. Достаточной детализации там найти было нельзя.

Естественно, что ученые-климатологи Казахстана непрерывно стремились создать более детальные климатологические материалы по республике или по ее отдельным районам.

К числу первых исследований, посвященных описанию климата Казахстана, можно отнести работу М. Д. Пономарева и В. Н. Борсука «Климатический очерк Казахстана» (1927 г.), в которой использован весьма ограниченный материал. Упомянем здесь также работу Н. В. Смирнова «Запасы энергии ветра в Казахстане», изданную АН СССР в 1927 г., а также работу В. Н. Лебедева «Гидрометеорологический очерк Казахстана», изданную также АН СССР в 1928 г.

Обобщения по метеорологическому режиму отдельных районов Казахстана в виде справочников, описаний, технических записок относятся уже к первым годам создания гидрометеорологической службы в Казахстане.

Важным этапом в развитии научных исследований в области метеорологии и климатологии явилась организация в 1933 г. Алма-Атинской геофизической обсерватории. В обсерватории были выполнены работы, которые в то время внесли значительный вклад в развитие климатологии Казахстана.

В 1936 г. вышел первый том Трудов Казахского управления единой гидрометеорологической службы, в котором были опубликованы работы Д. О. Святского «Колебания климата г. Алма-Аты», М. Д. Пономарева «Местные сильные ветры ИБЭ (ЭБИ) в советской Джунгарии» и другие.

Научные исследования в обсерватории не прерывались и в годы Великой Отечественной войны. В период войны в обсерватории работали такие известные метеорологи и климатологи, как Л. В. Гульницкий, М. Е. Подтягин, Н. Н. Русначенко, Л. А. Чубуков, П. И. Колосков, Е. Е. Федоров и другие.

Однако перейти от отдельных очерков и статей к более фундаментальному обобщению климатологических материалов удалось только после войны. Одним из первых обобщений был двухтомный атлас «Агроклиматическое районирование Казахстана», созданный П. И. Колосковым (1947 г.).

В то же время в Алма-Атинской геофизической обсерватории шла напряженная работа по подготовке большой серии климатических справочников по Казахстану, обобщавших все существовавшие к тому времени материалы наблюдений гидрометеорологической сети. Первый выпуск справочника увидел свет в 1948 г. и

явился к тому времени наиболее полным изданием такого рода. В справочнике можно было найти средние и экстремальные значения элементов, повтроямость различных градаций и пр., т. е., по существу, все мыслимые климатические характеристики, необходимые широкому кругу потребителей.

Работа по составлению и изданию климатических справочников была продолжена в 50-е годы Казахским НИГМИ. В 1956—1961 гг. было выпущено два дополнительных тома, в которых приводились данные по значительно большему числу станций и по некоторым дополнительным элементам. В эти же годы в институте было подготовлено и издано еще 15 томов климатического справочника, содержащих погодичные данные (до 1950 г. включительно) для большого числа станций по температуре, осадкам, снежному покрову, ветру, влажности воздуха, облачности, атмосферным явлениям, температуре почвы, ливням. Всего, таким образом, в конце 50-х годов был издан весьма обширный и подробный материал объемом 18 томов.

В составлении указанной серии справочников принимали участие широкие круги специалистов-климатологов института, Алма-Атинской обсерватории и Управления гидрометслужбы КазССР под общим руководством старейшего климатолога З. Д. Клыковой, сделавшей очень много для развития климатологической изученности Казахстана и являвшейся ответственным редактором всех перечисленных изданий.

Справочники были встречены широкими кругами потребителей с большим удовлетворением и до последнего времени являлись основой многочисленных разработок по размещению производительных сил республики, а погодичные данные до сих пор используются для изучения различного рода связей между народнохозяйственными показателями и условиями погодной и климатической среды.

Одним из важных этапов изучения климатических условий Казахстана явилась монография «Климат Казахстана», созданная в Казахском НИГМИ в основном на базе климатических справочников и вышедшая из печати под редакцией А. С. Утешева в 1959 г. К составлению этой монографии был привлечен широкий круг метеорологов, синоптиков, климатологов и географов столицы Казахстана, Москвы и Ленинграда, однако основная работа была выполнена научным коллективом КазНИГМИ. В монографии, обильно иллюстрированной картами и диаграммами, дается как общий обзор климатообразующих факторов и климатическое районирование по территории республики, так и подробный анализ распределения основных элементов климата. Монография до сих пор является единственным подробным описанием и анализом климата Казахстана и нашла широкое использование.

Более краткие характеристики климата Казахстана мы находим и в монографиях общегеографического характера. Например, в книге «Казахстан (общая физико-географическая характери-

стика)», изданной в 1950 г. Институтом географии АН СССР под редакцией А. А. Григорьева, имеется раздел о климате, написанный Л. А. Чубуковым. В книге «Очерки по физической географии Казахстана», изданной в 1952 г. АН КазССР под редакцией И. П. Герасимова, помещен большой раздел по климату, составленный А. С. Утешевым. В новейшей книге «Казахстан», изданной в 1969 г. Институтом географии АН СССР под редакцией акад. И. П. Герасимова, также имеется раздел по климату, авторы— Ю. Н. Шварева и А. С. Утешев. Можно указать и еще ряд монографий, посвященных природным ресурсам различных районов Казахстана, например б. Целинного края, Западного Казахстана или Казахстана в целом, в которых приводятся с той или иной детализацией климатические сведения. Сюда относятся работы и монографии акад. Н. Н. Пальгова, Б. Л. Дзердзеевского, Л. А. Чубукова, С. А. Сапожниковой, Б. П. Алисова, А. Н. Лебедева, И. А. Гольцберг, Т. Г. Берлянд, П. А. Воронцова и многих других. Ряд работ климатологического характера выполнен коллективом Казахского НИГМИ. Укажем такие исследования, как «Климатические условия перезимовки скота в пустынных районах Казахстана» (А. С. Утешев), «Климатические условия промерзания почвы равнинного Казахстана» (И. И. Прохоров), «Снежные ресурсы Казахстана» (Ю. П. Завьялова, И. И. Прохоров, А. Т. Кузнецов, А. С. Утешев, Н. С. Ткаченко) и другие.

Один из старейших климатологов Казахстана А. С. Утешев много труда положил на изучение такой важной характеристики климата Казахстана, как атмосферная засушливость. Разработанная им методика относительных критериев засухи во времени и пространстве дает возможность выявить явления аномальной засушливости, их территориальное распределение и повторяемость по временам года. Им опубликован ряд работ по засухе: «Атмосферные засухи северной половины Казахстана» (1953 г.), «Синоптико-климатические основы долгосрочного прогнозирования атмосферных засух по Казахстану» (совместно с М. Х. Байдалом, 1956 г.), «О сопряженности явлений засух юга ЕТС и северной половины Казахстана» (совместно с М. Х. Байдалом, 1959 г.), отдельное издание «Атмосферные засухи в Казахстане» (1963 г.) и другие.

Н. Ф. Самохваловым опубликовано обобщение «Климатические условия суховеев» (1950 г.) и «Суховеи Казахстана» (1953 г.).

Вопросам трехмерного анализа и генезиса атмосферной засушливости посвящена работа Н. Ф. Гельмгольца «Аэрологический анализ атмосферной засушливости в Западном Казахстане» (1955 г.).

В связи с растущими запросами в институте выполнен ряд работ прикладного характера. В 1961—1963 гг. проведено исследование максимальных скоростей ветра и значительно уточнено районирование территории республики по этому элементу (Ю. П. Завьялова). В 1966—1967 гг. проведено исследование голо-

ледных нагрузок на провода линий электропередач и связи, уточнено районирование нагрузок (И. М. Белоус). Проводились исследования метеорологических и климатических характеристик ветровой эрозии почв. Результаты этих исследований помогут механизаторам сельского хозяйства при разработке мероприятий по борьбе с эрозией (О. Е. Семенов, А. С. Утешев). Л. П. Федюшиной проведены капитальные исследования особенностей температурного режима на северном склоне Заилийского Алатау. Исследования имеют большое прикладное значение.

В 1969 г. в институте была впервые выполнена работа по градостроительной климатологии — «Исследование микроклимата г. Новый Узень» (И. И. Прохоров).

Кроме перечисленных капитальных работ, институтом выполнялись разовые работы справочного характера, в отдельных случаях значительного объема.

В настоящее время ведутся работы по изучению особенностей климата г. Алма-Аты применительно к проблемам градостроительства. Первоначальный анализ климата г. Алма-Аты был произведен еще в 1940 г. А. П. Москвиной.

В последнее десятилетие в Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории проведена огромная работа по созданию новой серии климатических справочников. В обработку с привлечением счетно-аналитических машин было взято максимально возможное количество станций и принята максимально возможная детализация. В настоящее время «Справочник по климату СССР», вып. 18 (Казахская ССР) издан. Он составляет пять больших томов: т. 1 — Солнечная радиация; т. 2 — Температура воздуха и почвы; т. 3 — Ветер; т. 4 — Влажность воздуха, осадки, снежный покров; т. 5 — Облачность, атмосферные явления. Руководили работой по составлению справочника Т. Ф. Зайченко, Н. А. Одинцова, З. Д. Клыкова, Ц. Г. Канович, Г. Ф. Комарова. Эта серия, превышающая по объему справочники 1948—1956 гг. примерно в 6 раз, представляет собой неоценимый материал для широчайшего круга потребителей. Готовится также новая серия справочников с погодичными данными начиная с 1951 г., которая также представит большую ценность.

Крупным этапом в изучении климатических условий страны явится предстоящее издание Атласа природных ресурсов Казахстана. Атлас издается по постановлению Совета Министров КазССР с привлечением широких кругов ученых Казахстана. В атласе на 27 картах будут представлены климатические ресурсы.

Изучение ресурсов поверхностных вод

Народнохозяйственное освоение многих районов Казахской ССР зависит прежде всего от возможностей их водообеспечения, поэтому изучение водных ресурсов республики является также одной из первоочередных проблем.

205766
Республиканская научная сельскохозяйственная БИБЛИОТЕКА

Исходными материалами для гидрологических расчетов при решении водохозяйственных задач являются данные наблюдений стационарной гидрологической сети на реках, результаты экспедиционных исследований и составленные на основании материалов наблюдений рекомендации по определению параметров стока неизученных рек.

Изучение ресурсов поверхностных вод Казахстана до Великой Октябрьской социалистической революции находилось в зачаточном состоянии. Достаточно сказать, что на территории республики действовало только 25 водомерных постов, на которых измерялись преимущественно только уровни и лишь на одном посту производились систематические измерения расходов. Все посты были расположены на крупных реках (Иртыш, Сырдарья, Или, Урал).

За период существования Советского государства, особенно за 50-летний период со дня образования Казахской ССР, гидрометеорологическая сеть на реках республики непрерывно развивалась. В настоящее время на территории Казахской ССР постоянные наблюдения за режимом рек проводятся почти на 700 постах.

Основная роль в стационарном изучении режима рек республики принадлежит Управлению гидрометслужбы Казахской ССР, в ведении которого находится более половины (412) всех постов.

Посты Гидрометслужбы отличаются наибольшей полнотой и высоким качеством наблюдений. Почти на всех постах систематически измеряются расходы воды, температура воды и ведутся наблюдения за ледовыми явлениями, на многих из них производятся измерения мутности (взвешенных наносов) и химизма воды, а на некоторых учитывается и сток влекомых наносов.

С 1952 г. на двух стоковых станциях — Западно-Казахстанской, стоковой в полупустынном районе (бассейн р. Уил) и Алма-Атинской, селестоковой в горах (бассейн р. Малой Алмаатинки) — производится стационарное изучение составляющих водного баланса речных бассейнов и условий формирования поверхностного стока на речных водосборах. Кроме того, с 1954 по 1964 г. действовала Ново-Рыбинская стоковая станция на р. Колутон в бассейне р. Ишим и с 1959 г. проводятся наблюдения за элементами водного баланса водосборов на территории Кустанайской области экспедицией Государственного гидрологического института (ГГИ).

Материалы стационарных наблюдений постов Гидрометслужбы и некоторых постов ведомственной сети систематически издаются в виде «Материалов по режиму рек и озер» (до 1936 г.) и «Гидрологических ежегодников». Систематически издаются также материалы наблюдений стоковых станций.

Экспедиционные гидрологические исследования с целью выявления ресурсов поверхностных вод получили широкое развитие на территории Казахстана только в послевоенный период.

В 1954—1957 гг. в связи с освоением целинных и залежных земель на территории пяти областей Северного Казахстана ГГИ были проведены комплексные гидрологические исследования, ре-

зультаты которых обобщены в монографиях «Ресурсы поверхностных вод районов освоения целинных и залежных земель». С 1959 по 1966 г. ленинградскими гидрологами проводились комплексные воднобалансовые исследования в Кустанайской области и на территории западных областей Казахстана, а с 1966 г. проводятся экспедиционные исследования водных ресурсов и водного баланса орошаемых и неорошаемых земель на территории трех областей Южного Казахстана.

В 1948—1957 гг. ряд гидрологических экспедиций был организован Казахским институтом энергетики. В частности, этим институтом, а затем отделом географии и Институтом гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР проводятся экспедиционные исследования по изучению элементов водного баланса на северном склоне Заилийского Алатау (на примере отдельных участков в бассейнах рек Малой Алмаатинки и Большой Алмаатинки).

Гидрологические экспедиции в некоторые районы республики в 60-х годах организовывались Казахским научно-исследовательским институтом водного хозяйства и различными проектными организациями.

Из научных обобщений, содержащих рекомендации по оценке ресурсов поверхностных вод и расчетам основных параметров стока рек Казахстана, следует отметить прежде всего монографии Б. Д. Зайкова, П. С. Кузина, К. П. Воскресенского, Д. Л. Соколовского, В. Л. Шульца, а также работы казахских исследователей З. Т. Беркалиева, А. П. Браславского и К. Б. Шергиной, В. П. Захарова, Н. Н. Пальгова, Н. С. Калачева и Л. Д. Лаврентьевой, И. С. Соседова, Ш. Ч. Чокина и других.

В 1920 г. не было почти никакой справочной литературы по гидрологии Казахстана. В 30-х годах были изданы первые Справочники по водным ресурсам отдельных районов Казахстана. Начиная с 1958 г. Главным управлением гидрометеорологической службы при СМ СССР осуществляется издание справочников «Ресурсы поверхностных вод СССР», состоящих из трех серий:

1. Справочники «Гидрологическая изученность», содержащие сведения о количестве и размерах рек и озер, их стационарной и экспедиционной изученности, сведения о литературе и неопубликованных работах, в которых имеются данные по водным объектам.

2. Справочники «Основные гидрологические характеристики», содержащие материалы наблюдений по режиму рек и озер в виде таблиц с пояснительным текстом к ним.

3. Монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР».

Издание первых двух серий по рекам Казахстана закончено в 1967 г., а в 1970 г. заканчивается издание региональных монографий по всей территории республики.

В 1965 г. сотрудниками Казахского научно-исследовательского института энергетики опубликована монография «Водноэнергетический кадастр рек Казахской ССР», представляющая собой справочное пособие по гидроэнергетическим ресурсам рек республики.

Исследованиями по оценке водных ресурсов и разработкой рекомендаций по расчетам параметров речного стока Казахский НИГМИ занимается в основном последние 12 лет. Начало этим работам было положено в 1957 г., когда Казахский НИГМИ совместно с УГМС КазССР организовал экспедиционные гидрологические исследования в западной части Карагандинской области. Результаты исследований, проведенных под руководством П. Ф. Лаврентьева, А. И. Охинченко, В. А. Семенова, В. В. Голубцова, позволили уточнить ресурсы поверхностных вод этого важного промышленного района, а полученные материалы легли в основу многих рекомендаций по расчетам поверхностного стока и используются для разведки и обоснования запасов подземных вод. В 1961—1966 гг. аналогичные экспедиционные гидрологические исследования под научно-методическим руководством КазНИГМИ проводятся гидрографическими партиями УГМС КазССР в других районах Центрального и Юго-Восточного Казахстана и в Каратау.

Результаты работ экспедиций явились существенным дополнением к материалам сетевых наблюдений за режимом рек. Они использованы при составлении «Гидрологического очерка пастбищных массивов Казахстана», переданного КазНИГМИ заинтересованными организациями в 1964 г. На основании материалов стационарных и экспедиционных наблюдений на территории Карагандинской области в 1964 г. были завершены исследования по темам: «Условия формирования весеннего стока в Центральном Казахстане» (В. А. Семенов) и «Методика расчета нормы годового стока рек и временных водотоков Центрального Казахстана» (В. В. Голубцов), нашедшие широкое практическое применение при определении расчетных параметров стока неизученных рек и в воднобалансовых расчетах при обосновании запасов подземных вод. Материалы экспедиционных исследований сыграли немаловажную роль при составлении научно-прикладных справочников по водным ресурсам Центрального и Юго-Восточного Казахстана. К составлению научно-прикладных справочников по водным ресурсам сотрудники КазНИГМИ приступили в 1962 г.

В 1965 г. закончено составление и в 1966 г. вышла из печати монография «Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 13, вып. 1 — Карагандинская область. Она включает в себя две части: а) Основные гидрологические характеристики, б) Научное обобщение данных о режиме рек, озер, водохранилищ с методическими рекомендациями по расчетам элементов водного режима как при наличии, так и при отсутствии или недостаточности наблюдений. Монография получила высокую оценку потребителей, а ее составители В. В. Голубцов, П. Ф. Лаврентьев, Э. В. Остапова, Э. В. Пакалн, М. П. Рыбкина, В. А. Семенов, Е. Г. Юрина и редактор Г. Л. Шимкевич были участниками ВДНХ СССР в 1967 г.

В 1966 г. составлен и в 1967 г. вышел из печати справочник «Основные гидрологические характеристики», т. 13, вып. 2 — Бассейн оз. Балхаш, содержащий обобщенные сведения о гидрологиче-

ском режиме рек и озер Юго-Восточного Казахстана по данным наблюдений на 474 постах УГМС КазССР и различных ведомств.

В 1969 г. вышла из печати монография «Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 15, вып. 1 — Горный Алтай и Верхний Иртыш (ч. I — «Режим рек»), в составлении которой наряду с сотрудниками Алма-Атинской ГМО и ГГИ приняли участие сотрудники КазНИГМИ В. В. Голубцов, П. Ф. Лаврентьев, Н. П. Павленко, В. А. Семенов (ответственный исполнитель и научный редактор).

В 1969 г. сотрудниками отдела водных ресурсов и баланса вод института закончено составление монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 13, вып. 2 — Бассейн оз. Балхаш (ч. I — «Режим рек»), в подготовке которой принимали участие Н. П. Павленко, Э. В. Пакалн, М. П. Рыбкина, В. А. Семенов, М. С. Хитрунова, Н. Н. Щеголева, Е. Г. Юрина и др. Часть II этой монографии («Режим озер») составлена в Алма-Атинской обсерватории УГМС КазССР под руководством Р. Д. Курдина и при участии сотрудников КазНИГМИ Н. П. Павленко и В. П. Федоровой (гл. «Режим малых озер»).

В монографиях по водным ресурсам содержатся сведения об особенностях формирования поверхностного стока, приводятся таблицы основных результатов гидрологических наблюдений с пояснительным текстом по режиму рек, озер и водохранилищ, даются характеристики гидрологического режима и водного баланса рек и озер. В них излагаются методы расчета уровней воды различной обеспеченности, среднего годового стока воды, его изменчивости и внутригодового распределения, максимального и минимального стока, приводятся данные о стоке наносов и химическом составе поверхностных вод, рекомендуются методы расчета средних величин указанных характеристик. В монографиях содержатся также данные наблюдений за испарением с водной поверхности, расчетные нормы испарения с поверхности водоемов, а также сведения о других составляющих водного баланса озер и водохранилищ. В них приводятся уточненные сведения о суммарных водных ресурсах территории в целом, а также по административным областям и отдельным речным бассейнам.

Завершение монографий и справочников по водным ресурсам расценивается как окончание большого этапа работ по научному обобщению материалов и разработке практических рекомендаций по расчетам параметров стока рек и режимных характеристик озер и водохранилищ.

Опубликованные научно-прикладные справочники «Ресурсы поверхностных вод СССР» широко используются планирующими и проектно-изыскательными организациями, занимающимися вопросами орошения, водоснабжения, энергетики, транспорта. Наличие их дало возможность планирующим и проектным организациям решать водохозяйственные задачи достаточно обоснованно и в кратчайший срок.

В 1968 г. С. П. Рыловым завершено выполнение темы «Форми-

рование и расчет стока на малых водосборах равнинного Казахстана», явившееся результатом обобщения материалов наблюдений Западно-Казахстанской и Ново-Рыбинской стоковых станций, руководство работой которых осуществлялось КазНИГМИ.

В 1969 г. в сборнике серии «Природные условия и естественные ресурсы СССР» (изд. «Наука» АН СССР), посвященном Казахстану, опубликована работа В. А. Семенова и Г. Л. Шимкевич «Реки», в которой приведена обобщенная характеристика особенностей питания, водного, ледовотермического и гидрохимического режима рек горных и равнинных районов территории Казахской ССР, дана оценка ресурсов поверхностных вод республики, ее административных областей и крупных речных бассейнов.

В 1970 г. в институте завершено составление гидрологических карт для научно-справочного Атласа Казахской ССР, подготавливаемого научно-исследовательскими организациями Казахстана к 50-летнему юбилею республики, продолжается работа по усовершенствованию методов расчета параметров стока рек при строительном проектировании, проводятся экспедиционные исследования по изучению составляющих водного баланса речных водосборов и исследования взаимосвязи поверхностных и подземных вод в районах их наиболее интенсивного использования.

В 60-х годах в системе Гидрометслужбы получили значительное развитие исследования крупных озер и водохранилищ. На оз. Балхаш и Бухтарминском водохранилище были созданы специализированные озерные гидрометеорологические обсерватории, осуществляющие комплексное изучение водного баланса и гидрометеорологического режима этих водоемов. Широкие гидрологические экспедиционные исследования были проведены Алма-Атинской гидрометеорологической обсерваторией на Алакольских озерах и в дельте р. Тентек. В настоящее время такие исследования выполняются в дельте р. Или.

Сотрудниками Балхашской ГМО выполнены интересные исследования в области метеорологического режима и теплового баланса оз. Балхаш (И. П. Снегур), а также ветроволнового режима этого водоема (М. С. Коваленко).

В. И. Коровиным в КазНИГМИ выполнены исследования связи колебаний уровней озер Балхаш и Алаколь с гидрометеорологическими факторами и солнечной активностью, разработан метод сверхдолгосрочного прогноза уровней воды этих водоемов. Результаты этих исследований опубликованы в ряде статей и обобщены в известной монографии В. И. Коровина «Влияние гидрологических условий на сток рек и уровень озер бассейнов рек Верхнего Иртыша и Балхаш-Алакольской впадины».

Под руководством Р. Д. Курдина в Алма-Атинской ГМО выполнен цикл исследований по гидрометеорологии Алакольских озер, водному балансу и уровенному режиму оз. Балхаш, результаты которых опубликованы в сборниках работ Алма-Атинской ГМО, вып. 2, 4, 5, и явились основой для составления соответствующих

разделов справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР», т. 13, вып. 2. Разработан метод измерения стока воды из речных дельт через полупогруженную тростниковую растительность, что позволило впервые оценить размеры удельного веса этой части стока и показать, что отсутствие ее учета приводит к существенному завышению потерь речного стока в дельтах на суммарное испарение.

Р. Д. Курдиным рассмотрены колебания уровней Балхаша и Алакольских озер за исторический период и на примере этих водоемов показано, что высокие и многолетние циклические колебания водного баланса и уровня воды играют огромную роль в жизни водоемов полуаридной зоны и требуют иного подхода к их изучению и использованию, чем водоемы зон достаточного и избыточного увлажнения.

Эти и другие исследования позволяют заложить основы гидрологии водоемов полуаридной и аридной зон. В настоящее время в КазНИГМИ продолжаются работы в этом направлении.

Исследования в области сельскохозяйственной метеорологии

Агрометеорологические исследования в Казахстане были начаты в 1937 г. Алма-Атинской геофизической обсерваторией и касались обоснования сроков сева яровой пшеницы, ячменя и некоторых овощных культур.

Заслуживающим внимания на данном этапе развития являлось то, что исследования проводились на нескольких опытных участках одновременно в вертикально-зональном разрезе горного склона Заилийского Алатау в комплексе с рядом научно-исследовательских и учебных учреждений (Институт физиологии растений АН СССР, КазГУ и КазСХИ). Комплексный подход к решению поставленных задач давал возможность планировать проведение экспериментальных исследований, а полученные выводы стали более убедительными. На основании результатов исследований даны практические рекомендации для использования в сельскохозяйственном производстве предгорной зоны юго-востока Казахстана.

В дальнейшем благодаря организации сети агрометстанций исследования получили значительный размах в различных природно-климатических зонах Казахстана.

Проведены полевые и лабораторные работы по определению агрогидрологических свойств почвы по всем почвенно-климатическим зонам Казахстана. В результате многолетнего труда систематизирован весь материал и подготовлен справочник по агрогидрологическим свойствам почв Казахстана. В настоящее время исследования в этом направлении продолжаются.

Из режимных и других видов работ, проводимых агрометеорологами АГМО при участии КазНИГМИ, следует отметить большую работу по подготовке и изданию областных агроклиматических справочников, которые нашли широкое применение в повседневной практической работе, например при подборе наилучших для

данных конкретных условий культур и сортов при сельскохозяйственной специализации районов, при решении вопросов, связанных с улучшением агротехники возделывания полевых культур, условий содержания и выпаса скота, условий произрастания пастбищной растительности и т. д.

Организация Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института явилась стимулом для дальнейшего развития научно-исследовательских агрометеорологических работ в трех основных направлениях: а) агрометеорологические исследования в области возделывания зерновых культур; б) изучение климатических ресурсов применительно к произрастанию пастбищной растительности; в) оценка климатических и погодных факторов применительно к проведению различных мероприятий в животноводстве.

Основной задачей исследований по изучению условий роста и развития зерновых и зернобобовых культур являлось агрометеорологическое обоснование приемов возделывания яровой пшеницы, обеспечивающих максимальное производство зерна при определенных сложившихся погодных условиях в северной половине Казахстана. С этой целью были проведены исследования по обоснованию сроков начала весенних полевых работ (Н. Ф. Самохвалов) и оптимальных сроков сева яровой пшеницы (Л. Т. Черноног, А. Д. Масловская, Д. П. Федюшина). Исследования велись по договору с Всесоюзным институтом зернового хозяйства, которому и были переданы результаты исследований.

Одновременно сотрудниками КазНИГМИ (А. Д. Копыт) и Гидрометцентра СССР проводилась работа по установлению количественных зависимостей изменения запасов продуктивной влаги от метеорологических условий под орошаемой и неорошаемой кукурузой и связи урожаев орошаемой и неорошаемой яровой пшеницы с условиями водоснабжения в северной половине Казахстана и Кулунде. На основе полученных результатов дана характеристика эффективности различных сроков и приемов обработки почвы целинных и залежных земель.

Важным этапом агрометеорологических исследований в Казахстане являлось изучение агрогидрологических свойств основных типов почв Казахстана (А. Д. Копыт) и усовершенствование методических приемов при определении влажности почвы (А. Д. Копыт, Д. П. Федюшина). Данные разработки имеют практическую значимость и широко используются при расчетах влагообеспеченности той или иной территории.

Наряду с отмеченными исследованиями в северной половине Казахстана была выполнена работа по оценке климатических ресурсов применительно к кукурузе (А. П. Федосеев и Г. Г. Белобородова). По значениям гидротермического коэффициента выделены зоны увлажнения, а по суммам температур — районы теплообеспеченности.

В последние годы выполнена работа по установлению количественных связей между урожаем яровой пшеницы и гороха с погод-

ными факторами (А. Д. Копыт, А. Д. Масловская, Д. П. Федюшина, Т. М. Ваганова). Получены формулы, позволяющие с большой заблаговременностью по текущим условиям увлажнения (запасы почвенной влаги, суммарный расход влаги, сумма осадков и другие факторы) рассчитать ожидаемый урожай, т. е. давать прогноз урожая. Проверка ряда зависимостей дала положительные результаты. Параллельно проведены исследования периода созревания и раздельной уборки урожая яровой пшеницы. При этом установлены количественные показатели влияния погодных условий на качестве зерна и величину урожая, число неблагоприятных для уборки дней и производительность комбайнов по зонам северной половины Казахстана.

Второй важной проблемой в сельском хозяйстве республики является проблема создания устойчивой кормовой базы. Вопросы рациональной системы использования естественных угодий улучшения травостоев, возделывания ценных кормовых культур не могут решаться в отрыве от конкретных почвенно-климатических условий природных зон. Поэтому изучение условий формирования урожаев естественных угодий представляет значительный интерес для построения количественных зависимостей с целью прогноза урожая травостоев с большой заблаговременностью.

Планомерная организация наблюдений за состоянием пастбищ начата УГМС Казахской ССР в 1945—1946 гг., когда была создана система гидрометеорологического обслуживания отгонно-пастбищного животноводства. В 1951 г. издано «Временное руководство по производству агрометеорологических наблюдений на пастбищах и сенокосах отгонного животноводства». К наблюдениям за состоянием и урожайностью пастбищной растительности было привлечено большое число гидрометеорологических станций. Единство методики и своевременности наблюдений потребовало разработки инструкции, которая была подготовлена силами сотрудников КазНИГМИ (А. П. Федосеев) и САНИГМИ (И. Г. Грингоф).

В связи с расширением программы и проведением более качественных наблюдений за фенологией пастбищных растений подготовлены три выпуска «Методических пособий по фенологическим наблюдениям», один из них по пустынным районам Казахстана (С. А. Бедарев).

Учитывая большую зависимость роста, развития и урожая пастбищной растительности от метеорологических факторов, проведены исследования по установлению как качественных, так и количественных оценок агрометеорологических условий, что дало возможность составления прогнозов применительно к пастбищной растительности. Накопленный материал послужил основой для подготовки и издания «Методических указаний по оценке и прогнозу агрометеорологических условий произрастания пастбищных растений». Из сотрудников КазНИГМИ, принимавших участие в выпуске методических указаний, следует отметить А. П. Федосеева, Г. Г. Белобородову, Г. Д. Герасименко, Г. И. Рябикину.

Разработанные методические приемы в настоящее время используются оперативными работниками. Однако следует указать, что разработанные методические оценки и прогнозы состояния и урожайности пастбищной растительности требуют усовершенствования применительно к кустарниковым и полукустарниковым видам, имеющим большой удельный вес в кормовом балансе. Поэтому в последние годы (1965—1969) в КазНИГМИ проведены исследования по изучению агрометеорологических условий формирования урожая растительности песчаных пустынь (С. А. Бедарев, Г. Д. Герасименко, Е. Н. Коробова). Материалы стационарных исследований КазНИГМИ и гидрометеорологических пустынных станций положены в основу разработки и усовершенствования методов прогноза урожая основных типов пастбищ северных песчаных пустынь Казахстана.

В 1964 г. в отделе сельскохозяйственной метеорологии КазНИГМИ выполнена работа и изданы «Метеорологические указания по оценке состояния пастбищной растительности с применением авиации» (С. А. Бедарев), которые широко используются в оперативной работе. Материалы аэровизуального обследования в виде рекомендаций передаются республиканским сельскохозяйственным органам для проведения ряда мероприятий (размещение скота по территории, определение и заготовка страховых запасов корма и т. д.).

С целью создания прочной кормовой базы на юге и юго-востоке Казахстана ведутся исследования по агрометеорологическому обоснованию возделывания кормовых культур (А. В. Русанова, С. И. Мирошниченко).

Погодные условия влияют не только на рост и развитие сельскохозяйственных культур и пастбищной растительности, но и на живой организм. Проведение различных мероприятий в животноводстве (окот, стрижка, летний и зимний выпас, перегон с зимних пастбищ на летние и т. д.) зависит от сложившихся и ожидаемых погодных условий. Поэтому заранее спрогнозированные условия имеют решающее значение для оперативного обслуживания и проведения всех указанных мероприятий.

В КазНИГМИ впервые в Советском Союзе проведены некоторые исследования по разработке методов оценки погодных условий применительно к животноводству (Н. А. Конюхов, Н. А. Штинов, А. И. Чекерес). В результате полученных данных подготовлен «Сборник методик по оценке к прогнозу погодных условий применительно к основным этапам работ в овцеводстве». Некоторые методики, вошедшие в сборник, внедрены в производство. Изданы «Методические указания по составлению справочников для производственных управлений районов пастбищного животноводства», которые оказали значительную помощь оперативным работникам при составлении справочников.

Сотрудниками КазНИГМИ выполнены исследования по агроклиматическому районированию применительно к летнему выпасу

овец и ведется работа по сбору материалов для общего районирования Казахской ССР.

В настоящее время разрабатываются и усовершенствуются критерии оценки погодных условий, чрезвычайно опасных для выпаса скота в зимний и летний периоды.

Дальнейшие исследования в отделе сельскохозяйственной гидрометеорологии КазНИГМИ ставят задачу разработки методов долгосрочных прогнозов агрометеорологических условий произрастания сенокосно-пастбищной растительности, сельскохозяйственных культур и условий проведения основных этапов работ в животноводстве.

Изучение солнечной радиации

Одним из основных климатообразующих факторов является солнечная радиация. Все физические процессы в земной атмосфере, как известно, существенно зависят от притока лучистой энергии солнца. Географические условия Казахстана определяют высокие значения притока солнечной радиации на его территорию.

Развитие радиационных исследований в республике началось с изучения количественных характеристик продолжительности солнечного сияния. Наблюдения за продолжительностью солнечного сияния на ряде станций начались еще в начале века (Тургай, 1903 г.; Гурьев, 1914 г.). Массовое же оснащение сети метеостанций гелиографами приходится на 40—50-е годы.

В середине 50-х годов организуется сеть актинометрических станций с наблюдениями за прямой, рассеянной и отраженной радиацией. Прямые наблюдения за радиационным балансом начались несколько позже, в конце 50-х годов.

Из 16 ныне действующих актинометрических пунктов лишь один — Алма-Ата, ГМО — работает с 1934 г.

В те давние годы основными приборами были актинометр Михельсона и пиранометр, но и с ними можно было проводить интересные и важные исследования. Начинали актинометрические работы в Алма-Ате М. М. Маркович, С. М. Горленко и Л. Н. Демченко, организовавшие наблюдения и их обработку, а затем опубликовавшие на Алма-Атинских материалах ряд статей о радиационных условиях. Был изучен радиационный режим г. Алма-Аты, прозрачность атмосферы, радиационные характеристики воздушных масс различного происхождения, влияние на элементы солнечной радиации местной горно-долинной циркуляции и даже спектральный состав солнечной радиации (С. П. Попов). Интересно, что еще в довоенные годы производились сравнительные актинометрические наблюдения в горных районах Заилийского Алатау. В большинстве работ того времени приводятся актинометрические характеристики не только города, но и его горных окрестностей, что существенно обогащает исследования.

В годы войны актинометрические работы в Алма-Атинской геофизической обсерватории не прекращались. В эти годы рабо-

тами руководил Л. В. Гульницкий. Им был расширен комплекс наблюдений, были поставлены наблюдения с фильтрами, наблюдения за освещенностью, введена непременная и непрерывная регистрация основных элементов радиационного режима. Им был написан ряд работ, существенно развивающих исследования его предшественников. Много внимания уделял Гульницкий конструированию актинометрических приборов. Работа эта, продолженная им в Институте астрофизики АН КазССР, а в последующем в Казахском политехническом институте, получила существенное развитие и ныне привела к созданию серии абсолютных актинометрических приборов, работающих на различных методах компенсации в стационарном и нестационарном режимах. Развита теория актинометрических измерений в нестационарном режиме. Многоповерхностные балансомеры при работе в нестационарном режиме позволяют исключать влияние ветра вплоть до 12 м/сек.

В Алма-Атинской геофизической обсерватории в послевоенные годы актинометрические работы продолжались под руководством В. Г. Поздеева, выполнившего подробный анализ радиационных условий в Алма-Ате на основании данных самопишущих приборов.

С организацией в 1951 г. Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института над созданием актинометрических приборов с мембранными датчиками работал И. И. Прохоров.

Однако в этот период нельзя не отметить существенного недостатка в постановке актинометрических наблюдений в Казахстане: наблюдения по-прежнему производились лишь в одном пункте — Алма-Ате, где к этому времени был накоплен огромный материал наблюдений, подвергнутый многократно обобщению и анализу разной степени детализации.

Организация актинометрической сети на территории республики была предпринята, как указывалось, только в 50-х годах, чему особенно способствовало приближение сроков Международного геофизического года (1957—1959). К началу МГГ в Казахстане работало уже 16 пунктов актинометрических наблюдений. К этому времени была создана серия стандартных приборов, выпущено Руководство по актинометрическим наблюдениям, введен порядок наблюдений не «по массам», а в стандартные сроки. С этого времени было начато изучение распределения параметров солнечной радиации по необъятным просторам солнечного Казахстана. Руководство сетью производилось силами Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории, в составе которой находится наиболее оснащенный пункт наблюдений, ныне работающий 35 лет.

По данным наблюдений актинометрических станций выполнен ряд научно-исследовательских работ, освещающих радиационный режим как всей территории Казахстана, так и отдельных его районов. В Алма-Атинской ГМО в 1967 г. издан Справочник по климату СССР, вып. 18 (Казахская ССР), ч. I, в котором обобщен материал наблюдений за солнечной радиацией и радиационным балансом со времени организации станций по 1963 г. Данные ряда

станций публикуются в актинометрических ежемесячниках, издающихся в Главной геофизической обсерватории.

В 1952 г. в КазНИГМИ были впервые в Казахстане начаты наблюдения за атмосферным озоном, для чего был использован «метод обращения» интенсивности двух диапазонов ультрафиолетовой радиации при различных высотах солнца (Ш. А. Безверхний). Сконструированный в институте самописец регистрировал интенсивность радиации в двух указанных диапазонах и получил распространение в период МГГ за пределами Казахстана.

Ш. А. Безверхним были проведены исследования режима атмосферного озона, зависимости количества озона от условий циркуляции и других атмосферно-физических факторов. Им впервые определено напряжение ультрафиолетовой радиации в Алма-Ате.

В настоящее время наблюдения за количеством озона проводятся при помощи серийных универсальных озонометров ГГО-М-83 в Алма-Ате, Гурьеве, Караганде и Семипалатинске.

Начиная с 1956—1957 гг. в Казахстане производятся чрезвычайно ценные и интересные наблюдения по тепловому балансу. В настоящее время эти наблюдения ведутся на семи станциях. Руководство осуществляется также Алма-Атинской ГМО.

В Казахском НИГМИ ведутся актинометрические работы в связи с изучением загрязнения воздушных бассейнов, в первую очередь в г. Алма-Ате (А. А. Гальперина), а также исследования радиационного режима п-ва Мангышлак (И. И. Прохоров).

Большое внимание различными организациями уделяется изучению радиационных условий гор и особенно ледников. Так, радиационные характеристики ледников, тепловой и радиационный балансы изучаются в секторе физической географии АН КазССР (П. А. Черкасов, Т. Я. Денисова, Р. Г. Головкова) и в Институте гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР (И. С. Сеседов и др.).

В системе Академии наук КазССР также ведутся экспедиционные актинометрические работы на территории республики. Весьма интенсивно работает группа проф. Л. В. Гульницкого в Казахском политехническом институте.

Исследования в области аэрологии и физики атмосферы

Как и в других отраслях гидрометеорологической науки, исследованиям в области аэрологии должно было предшествовать достаточное развитие на территории республики аэрологической сети.

Исторически раньше других получил распространение метод шаров-пилотов, дающий вертикальное зондирование ветра в атмосфере и высоту облаков. Уже в 1926—1927 гг. Главной геофизической обсерваторией были организованы шаропилотные наблюдения в Алма-Ате, Гурьеве, Кзыл-Орде, Семипалатинске. В последующем эти наблюдения получили широкое распространение, и в конце 50-х годов количество шаропилотных пунктов достигало 47. В 60-х

годах эта сеть была рационализирована и число станций несколько сокращено без ущерба для аэрологической освещенности территории.

Большое и интересное развитие получили шаропилотные наблюдения в Алма-Атинской геофизической обсерватории. В 1936 г. здесь были начаты регулярные базисные наблюдения, проводившиеся в течение 15 лет и дававшие более точные данные по ветру и, кроме того, позволявшие получать представление об интенсивности атмосферной турбулентности и вертикальном обмене. В разные годы здесь многократно производились различные серии учащенных наблюдений для исследования местной циркуляции, атмосферных фронтов, высоты облаков и пр. Эпизодически шаропилотные наблюдения проводились и в горных долинах для изучения вертикального профиля долинной циркуляции.

Еще более важное для синоптических целей температурное зондирование повсеместно в СССР (и в мире) началось в середине 30-х годов. Надо сказать, что выпуски регистрирующих зондов производились и ранее, однако результаты зондирования можно было получить лишь после нахождения спустившегося на парашюте метеорографа и доставки его к месту выпуска. Очевидно, что оперативного значения подобные выпуски не могли иметь, поэтому они производились лишь в нескольких пунктах СССР и притом только в так называемые «международные дни», т. е. по 20—30 выпусков в год.

Дело существенно изменилось после введения радиозондов, впервые в мире предложенных в СССР П. А. Молчановым в 1930 г. В середине 30-х годов производство радиозондов уже было налажено, методика отработана. В Казахстане первый радиозонд был выпущен в Алма-Ате в конце 1936 г. Радиозондирование дало в руки синоптиков и аэрологов весьма мощное средство анализа атмосферных условий, ибо результаты зондирования получались через 1,5—2 часа после выпуска и немедленно передавались в бюро погоды. Со временем, уже во второй половине 30-х годов, радиозондирование начало распространяться и на сети Казахстана.

Существенное усовершенствование метода было введено в середине 50-х годов, когда на пунктах зондирования были установлены радиолокаторы. Можно без преувеличения сказать, что с этого времени в аэрологии и службе прогнозов начинается новая эпоха. Радиолокаторы дали возможность впервые получать данные не только давления, температуры и влажности, но и ветра независимо от облачности или условий видимости. Ныне все пункты зондирования снабжены радиолокаторами, что весьма существенно дополняет объем информации. В настоящее время в республике насчитывается 14 пунктов температурно-ветрового зондирования. Зондирование производится 4 раза в сутки и достигает высот 25—30—35 км.

В 1940—1941 гг. в Алма-Ате и Актюбинске было начато также самолетное зондирование, давшее, кроме обычных данных, также

детальные сведения о физических свойствах облаков. В настоящее время самолетное зондирование производится лишь по специальной заявке синоптиков для получения информации о фронтальной облачности, обледенении самолетов, болтанке и других опасных для авиации явлениях.

В 1949—1955 гг. в Алма-Ате производилось аэростатное зондирование до высоты 700—1000 м, организованное для детального изучения физики приземного слоя атмосферы в предгорных условиях.

К настоящему времени на сети накоплен огромный и бесценный аэрологический материал, существенно расширивший наши знания о режиме состояния атмосферы, атмосферных процессах, строении циклонов и фронтов, облаках, процессах формирования осадков и т. д.

Аэрологическая техника все совершенствуется. Современное радиозондирование представляет собой весьма сложную электронно-телеметрическую систему, дающую исчерпывающую информацию о прозондированном слое. Высота облаков определяется теперь оптико-локационными приборами, дающими результат измерения на электронно-лучевом пульте, установленном в кабинете наблюдателя. Для зондирования высоких слоев атмосферы вплоть до ионосферы применяются метеорологические ракеты. Удивительно ли, что простейший метод шаров-пилотов теперь отходит в область истории и в наше время применяется лишь как вспомогательное средство.

Таким образом, за минувшие 50 лет методы аэрологических наблюдений, аэрологическая техника достигли небывалого развития и продолжают интенсивно развиваться как в СССР в целом, так в равной мере и в Казахстане. Ценность накопленного материала аэрологических наблюдений исключительно велика.

Как и в области метеорологии, накопление аэрологических наблюдательных материалов влекло за собой и развитие научных исследований.

На протяжении всего периода развития аэрологических методов и их внедрения на сети казахстанским аэрологам пришлось особое внимание уделять прежде всего методическим вопросам — методам наблюдений, тарировки и подготовки приборов и особенно методам обработки наблюдений. Эта работа была сосредоточена в основном в Алма-Атинской геофизической обсерватории, впоследствии в Казахском НИГМИ и Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории. В порядке методической помощи работникам сети выпускались методические пособия, таблицы, вспомогательные номограммы, интерполяторы, линейки для вычисления производных величин и пр. Многие предложения алма-атинских аэрологов К. И. Бергун, Н. Ф. Гельмгольца, Т. В. Масловой и других были не только внедрены на сети Казахстана, но и на сети Советкого Союза, а затем вошли и в современные Наставления. В. П. Кельберг впервые изучил вопрос физики растяжимой оболочки — основого

С 1963 г. были начаты исследования по активным воздействиям на облака. Наибольшее развитие эти работы получили в сельскохозяйственных районах Северного Казахстана с целью искусственного вызывания осадков. На первом этапе работы велись совместно с Главной геофизической обсерваторией. Исследования 1964—1968 гг. полностью подтвердили возможность получения искусственных осадков из мощных ковенктивных облаков в летнее время. Одновременно с опытами по воздействиям осуществлялись самолетные исследования аэрологических характеристик облаков, обобщенных в ряде статей (Л. В. Титов). Были также изучены ресурсы облаков, соответствующих требованиям для активных воздействий, как общие, так и отдельно для периодов летних засух. В результате работ были выяснены критерии успешности опытов по воздействиям — мощности облаков, температуры на уровне воздействия и концентрации льдообразующего аэрозоля.

В 1964 г. активные воздействия проводились также и в горных районах юго-востока Казахстана. Здесь испытывались методы предотвращения горных ливней, создающих угрозу селевых паводков. Одновременно выполнялись исследования аэрологических характеристик облаков в предгорной и горной зонах по материалам самолетного зондирования, в частности и в бассейне оз. Иссык-Куль.

В 1965 г. начаты продолжающиеся и поныне исследования горной конвективной облачности и горных ливней с привлечением радиолокаторов. Изучается размещение и распространение ливневой облачности над горной страной, перемещение облачных очагов, их развитие, связь с условиями циркуляции и т. д. Одновременно изучается методика радиолокационных измерений количества осадков в горах. Работа направлена на разрешение вопросов, связанных с селевой предупредительной службой. Параллельно ведутся интересные исследования по изучению аэрологических условий выпадения осадков над горной страной (Л. В. Будашкина).

В 1969 г. в институте начаты многолетние исследования метеорологических и аэрологических условий, сопутствующих экстремальному загрязнению воздушного бассейна г. Алма-Аты (В. А. Ананьин). В основу работ положены физические закономерности, известные из предыдущих исследований по горно-долинной циркуляции района предгорий. Производятся вертолетные подъемы и облеты района города с аппаратурой на борту, при помощи которой определяется распределение по высоте и территории как метеоэлементов, так и загрязнения воздуха. В этом вопросе особенно четко проявляются уникальные черты климата города — исключительная застойность атмосферы в нижних слоях и редкая по своей интенсивности инверсионность. Этим работам предшествовало исследование состава загрязнений городского воздуха и вклада в загрязнение источников различных категорий.

В 1969 г. начаты также большие работы по изучению климатических и атмосферно-физических условий на п-ве Мангышлак

(Х. А. Ахмеджанов). Имеется в виду изучить генезис тех тяжелых климатических условий, которые отличают этот быстро развивающийся район, рассмотреть переносы водяных паров, облачность, условия увлажнения, местные циркуляции и пр. Целью работ является изучение климатических ресурсов района и улучшение прогнозов погоды. Произведенные в 1969—1970 гг. экспедиционные работы и полеты на самолете-зондировщике уже позволили вскрыть ряд климатических особенностей района.

Исследования по краткосрочной синоптике и авиационной метеорологии

Первым синоптическим исследованием в Казахстане следует, по-видимому, считать работу В. Н. Борсука «К вопросу о воздушных течениях в Казахстане», опубликованную в 1929 г. в Трудах Общества изучения Казахстана (Киргизского края), т. 10, отдел естествознания и географии. В этой работе автор обобщает результаты аэрологического анализа поля ветра по данным шаропилотных наблюдений в Кзыл-Орде за 1926—1928 гг. и пытается указать на некоторые изменения в погоде, связанные с направлением и скоростью ветра на различных высотах.

Появление в дальнейшем научно-исследовательских работ по краткосрочной синоптике и авиационной метеорологии стало возможным с организацией в республике службы прогнозов погоды при непрерывном развитии метеорологической сети и совершенствовании аэрологических наблюдений.

Организация службы погоды в Казахстане относится к 1929 г., когда в Алма-Ате при Наркомземе Казахской АССР учреждается метеорологическое бюро, при котором было организовано синоптическое отделение, ведущее специальную службу информационного характера для обслуживания населения и учреждений республики гидрометеорологическими сведениями. Во время посевной и уборочной компаний для информации заинтересованных организаций о текущей и наблюдавшейся погоде по Казахстану здесь находился «Информационный стол», в котором работали специальные дежурные метеорологи. Однако синоптические карты и прогнозы погоды в то время еще не составлялись.

Быстрое развитие отраслей промышленности и сельского хозяйства, железнодорожного транспорта и гражданского воздушного флота в условиях плановой социалистической системы хозяйства настоятельно требовало от гидрометеорологов республики, наряду с обеспечением информацией о текущей погоде, обслуживания синоптическими прогнозами.

Учрежденное при Наркомземе Казахской АССР метеорологическое бюро в 1932 г. было реорганизовано в Гидрометкомитет. Созданное при Гидрометкомитете бюро погоды начало составлять синоптические карты и краткосрочные прогнозы погоды по городу

Алма-Ате и авиатрассам Алма-Атинского аэропорта ГВФ. Первая синоптическая карта и первый прогноз погоды были составлены в декабре 1932 г. начальником бюро погоды М. Д. Пономаревым.

Вслед за организацией Алма-Атинского бюро погоды в областных центрах республики стали создаваться гидрометбюро, синоптические группы которых стали тоже давать краткосрочные прогнозы погоды. Бурное развитие воздушного транспорта выдвигало требования форсированного развития сети авиаметеорологических станций. Первые АМСГ в Казахстане были организованы в Алма-Ате и Кустанае в 1933 г., в последующие два года появились АМСГ в Караганде, Семипалатинске, Актюбинске и Джамбуле, а перед войной, к 1940 г. их уже было 13.

В 30-е годы на смену старой изобарической синоптики в оперативную работу стал активно внедряться фронтологический метод. Применение этого метода, основанного на последовательном физическом анализе атмосферных процессов, на обширной и почти совсем неизученной в климатическом отношении территории Казахстана, представляло весьма сложную задачу. Решение ее требовало немедленного проведения научно-исследовательских работ, направленных на разработку и совершенствование приемов прогнозирования погоды в республике.

В предвоенные годы, вскоре после организации службы прогнозов в республике, синоптиками Алма-Атинского бюро погоды была выполнена серия исследований по региональным особенностям развития атмосферных процессов и явлений погоды на территории республики. М. Д. Пономарев (1936) и В. Г. Плотников (1938), а затем В. В. Тарасов (1939) и П. И. Сахаров (1940) занимались изучением местных сильных ветров в юго-восточных районах Казахстана и Советской Джунгарии. В их работах были впервые описаны синоптические условия возникновения и окончания ураганных ветров евгей и чилик и высказаны рекомендации по их прогнозу. В 1937 г. П. И. Сахаров выполнил также синоптико-метеорологическое исследование штормовых ветров на озерах Балхаш и Алаколь. В это же время появляются две работы московских синоптиков В. М. Курганской (1936) и С. Гольман (1939), посвященные изучению синоптических условий выхода южных циклонов на территорию Казахстана и Западной Сибири. Авторы классифицируют атмосферные процессы, при которых происходят подобные выходы на Казахстан, приводят карты траекторий движения циклонов по типам и описывают погодные условия, которые их сопровождают.

Интересным аэросиноптическим исследованием являлась и работа П. Г. Фаста «Шаропилотная характеристика некоторых типов синоптических процессов в районе Алма-Аты», выполненная в 1940 г. В. В. Тарасовым и С. И. Савицким в предвоенные годы изучались микросиноптические условия в бассейне р. Малой Алматинки, при которых формировались опасные для города селевые потоки.

Проводились также некоторые работы по изучению синоптических условий возникновения особо опасных явлений погоды, представляющих серьезные трудности для аэронавигации. Здесь следует указать работы Н. А. Троицкого (1937) «Грозы юго-восточного Казахстана», П. И. Сахарова и Ф. Г. Жиляева (1937) «Туманы на юго-востоке Казахстана», Н. Н. Маслова (1938) «Условия осенней и весенней распутицы в районе юго-восточного Казахстана», а также первые синоптико-климатологические описания местных авиатрасс, написанные в 1938—1939 гг. специалистами-метеорологами бюро погоды и Алма-Атинской геофизической обсерватории.

Интересные сведения об особенностях синоптических процессов Средней Азии и Южного Казахстана можно было отыскать в эти годы также в работах ташкентских синоптиков В. А. Джорджио и В. А. Бугаева, которые довольно часто публиковались в довоенных выпусках журналов «Метеорология и гидрология» и «Геофизика».

Развитие аэрологических наблюдений и особенно появление радиозондирования дало возможность в повседневной синоптической работе и при выполнении научно-исследовательских тем использовать аэрологические данные. Синоптики бюро погоды стали применять карты барической топографии, которые позволили перейти от косвенной аэрологии к трехмерному анализу пространственной структуры атмосферных фронтов и барических систем, что значительно улучшило качество прогнозов погоды в республике, особенно для гражданской авиации.

В суровые годы Великой Отечественной войны работа Гидрометеорологической службы Казахстана не ослабевала. Синоптики бюро погоды и АМСГ обслуживали, как и все гидрометеорологи республики, нужды тыла. В Казахстан были эвакуированы многие крупные специалисты-метеорологи из Москвы, Ленинграда, Киева и других городов страны. В Алма-Ате работали такие видные ученые, как П. И. Колосков, Е. Е. Федоров, Л. А. Чубуков, А. Т. Бергун, И. В. Ханевская, Г. Ф. Таубер, Л. В. Клименко и другие, что заметно способствовало повышению научного уровня гидрометеорологических исследований и росту научных кадров в республике.

В годы войны был выполнен довольно большой цикл работ по краткосрочной синоптике и авиационной метеорологии. Под руководством Л. А. Чубукова и Л. В. Клименко была составлена Е. М. Ильичевой, Е. В. Пиневич, Ф. Г. Жиляевым, Н. А. Троицким, М. Н. Шамасовой и другими серия синоптико-аэроклиматических описаний отдельных авиатрасс и аэропортов. Эти аэроклиматические работы отличаются применением анализа отдельных синоптических положений, попытками их типизации и выявлением прогностических признаков возникновения явлений погоды, опасных для авиации.

В 1942 г. Е. М. Ильичева, Е. В. Пиневич и Ф. Г. Жиляев выполнили большое исследование «Возникновение волн на холодных

фронтах в предгорьях Тянь-Шаня», в котором показали, что основной причиной возникновения волн является движение воздушных масс, направленных параллельно или под малым углом к горным хребтам, при вертикальной мощности вторжений не более 2—3 км. Такими вторжениями, как правило, бывают северные и северо-западные с медленно перемещающимися центрами антициклонов.

Интересные материалы обобщены в работе Л. А. Чубукова (1943) «Фёны в районе Алма-Аты», в которой, помимо характеристики фёнов, рассматриваются их синоптико-метеорологические признаки и предлагается новый метод анализа фёнов в горных районах. Синоптическому вопросу посвятил свое исследование и Л. В. Клименко (1942), который для района плато Устюрт выполнил описание синоптических процессов и типов погоды, а также изучил вероятность переходов одного типа в другой. В исследовании Э. М. Машкович (1942) были получены гомологи различных воздушных масс над Юго-Восточным Казахстаном.

Н. А. Троицкий (1942) в работе «Опыт типизации синоптических процессов Казахстана» сделал попытку провести типизацию синоптических процессов в Казахстане по траекториям циклонических возмущений. Незадолго до Великой Отечественной войны В. А. Бугаев и В. А. Джорджио опубликовали работу «Классификация воздушных масс СССР», в которой также приводилось синоптическое описание масс в Казахстане и Средней Азии в холодное и теплое время года с учетом физико-географических условий районов их формирования.

Дальнейшее развитие работы по краткосрочной синоптике и особенно авиационной метеорологии получили в республике в послевоенное время. К концу войны в Алма-Атинском бюро погоды и на некоторых АМСГ сформировались небольшие научно-исследовательские группы, которые начали заниматься уточнением методов прогноза туманов, метелей, сильных ветров, гроз. Научные исследования проводились под знаком непрерывно возрастающих запросов нового мощного подъема в развитии всех отраслей народного хозяйства в республике. Запросы на прогнозы погоды требовали все большей детализации и конкретизации. В связи с возросшими требованиями авиации, с появлением новых типов самолетов значительно возросли требования к авиационным прогнозам, особенно к прогнозу ухудшения видимости, высоты нижней и верхней границ облачности, условий полета через горы.

Поэтому с возникновением в Алма-Ате в 1951 г. Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института сразу была развернута большая научно-исследовательская работа в периферийных прогностических подразделениях УГМС КазССР под руководством Т. А. Дулетовой. К этому времени в составе сети оперативных органов Гидрометеорологической службы республики, помимо Алма-Атинского бюро погоды, действовало 12 областных гидрометбюро и 45 АМСГ, 19 из которых выполняли прогностиче-

скую работу. Алма-Атинское бюро погоды выросло в крупное научно-техническое подразделение. АМСГ с прогностической работой были оснащены самой новейшей техникой для производства наблюдений, а также для сбора информации и приема факсимильных карт погоды. Несколько позже на базе ГМБ в Актюбинске и Целинограде возникли зональные гидрометеорологические обсерватории, синоптические отделы которых активно включились в научно-исследовательскую работу.

Инженеры-синоптики АМСГ (Н. С. Астапенко, Н. К. Волненко, Ю. В. Кулагин, М. Ф. Соколова, И. П. Гуминская, А. Ф. Кащеева, М. Г. Шульгина) выполнили интересные работы по аэросиноптическим условиям возникновения туманов и низкой облачности в районе обслуживаемых ими аэропортов. Результаты этих работ были опубликованы в Методическом письме по региональной синоптике УГМС Казахской ССР за 1961 г. В дальнейшем они получили развитие в исследованиях научных сотрудников КазНИГМИ Г. И. Тимербаевой, Р. С. Голубова, Е. А. Середкиной и В. И. Гордюнина.

В КазНИГМИ вопросам краткосрочных прогнозов погоды и авиационной метеорологии всегда уделялось существенное внимание. Исследованиями по краткосрочной синоптике здесь непрерывно занимается в основном Р. С. Голубов, характерной особенностью исследований которого является развитие объективных расчетных методов. Первой большой работой, проведенной им в институте, была типизация синоптических процессов в Казахстане, что дало возможность описать достаточно четкими синоптическими шаблонами климат республики. В последующие годы он занимался разработкой метода прогноза дождя для города Алма-Аты по данным радиозондирования и методов прогноза гроз, струйных течений, болтанки самолетов, туманов, среднего ветра. В настоящее время по разработанной Р. С. Голубовым методике ежегодно в летние месяцы составляются прогнозы дождя для Алма-Аты и других горных районов юго-восточного Казахстана, которые учитываются при составлении предупреждений о селеопасности.

В 1956—1958 гг. в КазНИГМИ много занимались разработкой вопросов авиационных прогнозов. Были выполнены работы по анализу аэросиноптических условий и прогнозу метелей, низкой облачности, пыльных бурь, ухудшения видимости, местных сильных ветров и т. д. Значительная часть полученных при этом методических рекомендаций вошла в Руководство по авиационным прогнозам погоды (ч. III), изд. 1966 г., и нашла также применение при составлении нового Руководства по краткосрочным прогнозам погоды, которое является сейчас настольной книгой синоптиков-прогнозистов.

Характерным для исследований КазНИГМИ по синоптической проблематике было использование результатов проводимых разработок в оперативной работе службы погоды, что давало возможность пополнить арсенал методик для прогнозистов-практиков бо-

лее совершенными приемами, а также прогностическими связями. За время существования института под руководством научных сотрудников в прогностических подразделениях УГМС КазССР (АМСГ, ГМБ, бюро погоды и ГМО) выполнено большое количество научно-исследовательских работ, многие из которых опубликованы в сборниках работ по региональной синоптике Алма-Атинского бюро погоды за 1966—1968 гг., а также в Трудах и других изданиях КазНИГМИ.

Р. С. Голубовым совместно с ташкентскими синоптиками проф. В. А. Джорджио, М. В. Бурковой и Н. Н. Романовым был выполнен большой объем работ по изучению метеорологических и синоптических условий обледенения самолетов в Казахстане. Р. С. Голубовым и Т. А. Есеркеповой были проведены также исследования по изучению условий возникновения и разработке методики прогноза турбулентности в верхней половине тропосферы. При изучении этого сложного вопроса были проведены специальные полеты и получены интересные данные о пересечении самолетами струйных течений. Было выявлено также значение фронтальных разделов для определения сильной болтанки (сильные ветры, сдвиги ветров и т. д.). Были разработаны методы прогноза турбулентности на 6 часов. Ряд АМСГ Казахстана используют теперь эти методы в оперативной работе.

Большое значение для решения вопросов по краткосрочной синоптике и авиационной метеорологии имеют исследования по физике атмосферы и аэрологии, которые в институте проводит научный коллектив под руководством Н. Ф. Гельмгольца. В ряде работ сотрудников этого коллектива (В. П. Кельберга, Л. Е. Суслова, Р. Т. Орловой, Л. В. Будашкиной, Л. В. Титова и др.) были изучены аэроклиматические условия для различных районов территории Казахстана. Позже к этой серии исследований были присоединены работы по авиационной аэрологии — работы по обледенению самолетов, атмосферной турбулентности, болтанке самолетов, высоте облаков и др. Результаты исследований по авиационной тематике периодически опубликовывались в Трудах КазНИГМИ. Особый интерес представляет изданное в 1959 г. справочное пособие Н. Ф. Гельмгольца «Основные характеристики летных условий по территории Казахстана», подготовленное в виде авиационно-климатического справочника для практического использования органами авиации при планировании и организации полетов.

В последние десять лет Т. А. Есеркепова в КазНИГМИ и несколько оперативных синоптиков в УГМС КазССР (З. К. Щерба, М. А. Низовкин, А. И. Сидорова и др.) занимаются изучением местных сильных ветров в республике. Работы Т. А. Есеркеповой явились обобщением многолетних исследований ураганного ветра в Джунгарских Воротах. Она разработала способ прогноза этого опасного явления погоды, который сейчас используется синоптиками при составлении прогнозов.

Изучению циклонов в Западном Казахстане посвящена работа Т. В. Усольцевой, синоптика Алма-Атинского бюро погоды. В результате выполнения этой работы были получены важные выводы о том, что при широтных процессах наибольшее влияние на изменение давления оказывает дивергенция (на высоте 3 км), при меридиональных — адвекция температуры.

Особенности орографии на юго-востоке Казахстана вносят значительные сложности в условия формирования осадков и оказывают большое влияние на динамику атмосферных процессов в этом районе. Изучением этого вопроса и разработкой прогноза осадков в холодное полугодие для района Заилийского Алатау занимался Е. Д. Шехтман.

В своей научной и научно-оперативной деятельности при разработке вопросов краткосрочных прогнозов погоды и особенно при выполнении авиационной тематики КазНИГМИ всегда тесно взаимодействовал с зональными и центральными институтами Гидрометслужбы, управлениями Гидрометслужбы и многими другими организациями.

Весьма полезные и ценные в научном и практическом отношении сведения по краткосрочной синоптике и авиационной метеорологии для территории Казахстана содержатся также в исследованиях ученых ГМЦ СССР, НИИАК, ГГО, САНИГМИ, ЦАО. Здесь уместно вспомнить прогностические работы К. Г. Абрамович, Н. В. Петренко, А. А. Бачуриной, А. Д. Чистякова, И. Г. Пчелко, А. М. Боровикова, И. П. Мазина и др., а также аэроклиматические исследования В. М. Михеля, М. В. Завариной, Х. П. Погосяна, Н. Н. Романова.

Из приведенного обзора можно видеть, что усилиями коллектива синоптиков республики и центральных учреждений Гидрометслужбы СССР синоптическая изученность Казахстана в настоящее время является довольно высокой, хотя она и не удовлетворяет еще быстро растущих требований народного хозяйства и подлежит дальнейшему развитию. Можно даже сказать, что синоптическая наука на протяжении долгих лет впитывала в себя итоги всех смежных разделов метеорологической науки и ставила их на службу прогностической работе. Во многих отношениях синоптические исследования, особо важные для обслуживания народного хозяйства страны, даже опережали развитие других отраслей метеорологии.

Надо еще учесть, что параллельно с исследованиями по краткосрочной и авиационной синоптике велись и работы в области долгосрочных прогнозов, получивших в Казахстане большое развитие и объединивших большую группу творческих работников.

Исследования в области долгосрочных прогнозов погоды

Казахская республика с ее многоотраслевым сельским хозяйством, значительно развитой промышленностью и транспортом

весьма нуждается в долгосрочных прогнозах погоды. Необходимы они и для развития смежных географических наук: гидрологии, сельскохозяйственной метеорологии, гляциологии и др.

Исследования по долгосрочным прогнозам в КазНИГМИ в основном проводятся со времени его основания (1951 г.). Эти исследования прошли ряд этапов, начиная с изучения синоптико-климатических особенностей территории республики и до создания способов прогнозов погоды на различные сроки (период, месяц, сезон, вегетационный период). В последние 10 лет некоторые исследования были выполнены также в бюро погоды УГМС КазССР.

Характерной особенностью работ в период 1951—1955 гг. являлось параллельное и совместное изучение местных синоптических процессов (отрога сибирского антициклона, выхода южных циклонов, северных вторжений, волнообразований на холодных фронтах в предгорьях юга и юго-востока, термической депрессии и др.) и макросиноптических процессов, охватывающих территорию первого синоптического района, Евразии и даже всего северного полушария.

Работы этого периода представлены в Трудах КазНИГМИ, вып. 5 и 6. Так, в статьях М. Х. Байдала рассматривались вопросы об особенностях преобразования сезонных макропроцессов, о повторяемости естественных синоптических периодов с западно-восточной циркуляцией, о климатических особенностях волн холода в Казахстане (в статье, написанной совместно с А. А. Серебряковой).

Р. С. Голубовым было проведено синоптико-климатическое описание Казахстана и типизация синоптических процессов в зависимости от траектории смещения антициклонических образований. Т. А. Дулетовой изучался вопрос об устойчивости в развитии атмосферных процессов. При этом показано, что существуют длительные периоды (1—2 года), в течение которых происходит накопление ультраполярных траекторий антициклонических образований в определенном географическом районе.

Л. Н. Комиссаровой разрабатывался вопрос о месячных ритмах в деятельности атмосферы. А. А. Серебряковой и Е. В. Гребенюк было проведено аэросиноптическое исследование условий образования обильных осадков в Казахстане в плане периодных прогнозов.

Обобщение ряда исследований по долгосрочным прогнозам за первые 4—5 лет было сделано в монографии М. Х. Байдала «Основные формы циркуляции атмосферы и их влияние на погоду в Казахстане» (1955 г.). В этой работе автор, в частности, рассмотрел особенности погоды над Казахстаном при трех типах циркуляции по Вангенгейму, выявил разновидности этих типов в зависимости от долготной локализации высот их гребней и ложбин — для меридиональных типов Е и С, от расположения по географической широте планетарной высотной фронтальной зоны — для широтного типа атмосферной циркуляции.

На втором этапе (1956—1960 гг.) исследований по долгосрочной синоптике большое внимание уделялось изучению физических закономерностей отдельных механизмов атмосферной циркуляции и разработке методики прогнозирования. Так, Т. А. Дулетовой было дано новое толкование естественного синоптического периода, который она представляла как жизненный цикл высоких изолированных циклонов и антициклонов. Барические образования, возникая во фронтальной зоне, развиваются в обширные, однородные по температуре вихри — центральные циклоны и антициклоны, которые в конце периода огибаются уже новыми фронтальными зонами. На основе физического анализа этого явления были разработаны прогностические правила, позволяющие в начале периода определить место формирования центрального циклона.

М. Х. Байдалом исследовались закономерности планетарного циркуляционного процесса, представляющего собой единство двух противоположных и взаимообусловленных стадий — зональной и меридиональной. Были выявлены прогностические свойства этого процесса для периодов и месяцев.

М. Ф. Семеновым совместно с М. Х. Байдалом был изучен механизм изоляции высоких холодных циклонов, связанный с разворотом высотных гребней и ложбин, имеющих существенное значение для периодных прогнозов.

Е. А. Середкиной исследовался вопрос о циркуляционном механизме, способствующем возникновению пыльных бурь.

Кроме этих вопросов, группой долгосрочников изучались сезонно-типовая ритмичность в атмосфере, календарные особенности (многолетние волны холода и тепла), эпохи циркуляции, исследовались такие крупные механизмы атмосферной циркуляции, как естественный синоптический год, полюс циркуляции. В этот период были заложены основы фоновых долгосрочных прогнозов сезонных явлений в Казахстане, в том числе гидрологических и агрометеорологических. Результаты исследований представлены в Трудах КазНИГМИ, вып. 10 и 15.

В бюро погоды УГМС КазССР Ф. Г. Жиляевым были исследованы синоптические условия возникновения гололеда, а Е. Я. Штафинской — условия формирования экстремально холодных предзимий.

Еще в 1955 г. М. Х. Байдалом были разработаны принципиальные основы комплексного макроциркуляционного метода долгосрочных прогнозов погоды на период, месяц, сезон. В последующие годы метод дорабатывался. В 1961 г. метод месячных прогнозов получил официальное признание в ЦИПе и был рекомендован методической комиссией ГУГМС для практического использования. В основу метода был положен прогностический комплекс следующих закономерностей:

1) планетарный циркуляционный процесс;
2) сезонно-типовые ритмы;

3) календарные особенности в ходе трех основных макросиноптических типов;

4) устойчивость последовательности преобразования макротипов циркуляции в сезоне;

5) влияние истории преобразования макротипов атмосферной циркуляции на особенности погоды, свойственной каждому типу.

Совместный учет этих закономерностей позволяет составить месячный прогноз погоды с заблаговременностью 10—15 дней.

Изучение свойств естественного синоптического года привело к созданию метода прогноза погоды на сезон. Этот метод позже был включен в «Руководство по сезонным прогнозам погоды» (1966 г.).

Обобщение исследований по долгосрочным прогнозам погоды, проведенных в КазНИГМИ на втором этапе, было сделано в монографии М. Х. Байдала «Комплексный макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов погоды» (1961 г.), послужившей докторской диссертацией автора, который с 1959 г. бессменно руководит группой долгосрочных прогнозов КазНИГМИ.

На третьем этапе (1961—1965 гг.) институт приступил к разработке методики прогноза погоды на вегетационный период (май—август). При этом были использованы все полученные ранее прогностические результаты. Кроме того, этот период характеризовался дальнейшими, более углубленными исследованиями таких особенностей в жизни атмосферы, как полюс циркуляции, эпохи циркуляции, связь норм осадков и форм циркуляции с солнечной активностью и т. д.

Так, например, М. Х. Байдалом выявлено, что колебания полюса циркуляции в эпохальном аспекте имеют связь с особенностями элементов магнитного поля и аномалиями мгновенного полюса Земли. В свою очередь изменения местоположения полюса циркуляции сказываются на некоторых особенностях в колебаниях климата Казахстана и связанных с ними состояниях ледников, уровней закрытых морей и др.

Интересным прогностическим выводом является выявленная связь всех катастрофических засух в Казахстане с минимумами (или двумя предшествующими годами) 11-летних циклов солнечной активности. Большое внимание, как и прежде, уделялось изучению взаимодействия атмосферных процессов на полушарии. Исследовалась типовая структура сезонов и ее прогностическое значение.

Ф. Г. Жиляевым анализировалась сезонная структура азиатского антициклона и было показано, что последний состоит из трех самостоятельных центров — восточносибирского, азиатского и казахстанского, которые, усиливаясь или ослабевая, создают различное воздействие на погоду в Казахстане.

Основные научные результаты третьего периода представлены в Трудах КазНИГМИ, вып. 20, 23, 25, а обобщение этих и ранее выполненных работ нашло место в двух томах монографии

М. Х. Байдала «Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана», вышедших в свет в 1964 и 1965 гг.

В последние годы (1966—1969) выполнялись следующие работы.

1. Анализ и обобщение материалов к «Руководству по долгосрочным прогнозам погоды на 3—10 дней», 1968 г. (ч. II, гл. II). Были подготовлены разделы:

а) региональные особенности синоптических процессов над Казахстаном и характеристики их погоды;

б) синоптико-климатические характеристики особых календарных периодов;

в) учет истории при выборе аналогов к синоптическим процессам;

г) прогноз особых явлений.

2. Продолжались разработки по созданию методики прогноза погоды на вегетационный период и были начаты исследования по составлению прогноза на зимний период. С этой целью А. П. Агарковой были выявлены и проанализированы календарные особенности волн холода и тепла, сухих и влажных периодов по месяцам года для всех районов Казахстана.

М. Х. Байдалом разрабатывались вопросы о многомесячных температурных волнах, о соотношениях атмосферной циркуляции и солнечной активности в колебаниях климата и др. Г. П. Голубчиковой проводилось исследование интенсивности циркуляции на полушарии и влияния ее на особенности в развитии атмосферных процессов. Значительное внимание уделялось анализу связей аномалий температуры воздуха и осадков с солнечной активностью (М. Х. Байдал, Л. Е. Суслов и др.).

3. Обобщение и подготовка материала к Руководству по долгосрочным прогнозам погоды на месяц.

Исследования, проведенные за последние 10 лет, позволяют усовершенствовать комплексный макроциркуляционный метод месячных прогнозов. В нем дополнительно могут быть учтены такие закономерности, как полюс циркуляции, интенсивность циркуляции, двухлетняя цикличность, связь между атмосферной циркуляцией и аномалиями температуры воздуха несмежных месяцев, циркуляционная структура февраля, календарные особенности волн холода и тепла и др. При этом в ряде случаев фоновый прогноз может быть составлен с заблаговременностью в несколько месяцев.

Выявлением оптимальных комплексов прогностических указаний для каждого месяца занималась в основном И. П. Фадеева. Ею показано, что наибольшая вероятность осуществления прогноза (до 85%) бывает в случаях, когда имеется не менее трех однозначных прогностических указаний.

Значительная часть работ последнего этапа отражена в Трудах КазНИГМИ вып. 26, 31, 38.

В сборнике региональных работ Алма-Атинского бюро погоды (1968 г.) представлены результаты исследований А. А. Арабки-

ной — о синоптических условиях и прогностических признаках сухих и влажных осеней в Северном Казахстане, Е. Я. Штафинской — об особенностях погодных условий первой половины лета, а также о календарных волнах холода и тепла в центральном и юго-восточном районах Казахстана (по данным Целинограда и Алма-Аты).

Совершенно новым аспектом в работе группы долгосрочных прогнозов КазНИГМИ является выполнение договорных работ. Эти работы предусматривают выявление прогностических признаков на месяц и сезон для различных нужд народного хозяйства, а также разработку фоновых многолетних прогнозов. Последнее очень важно знать не только крупным планирующим органам, но и руководителям отдельных совхозов на целинных землях, где урожаи от года к году отличаются большой неровностью (в частности, выполнялся договор с Убаганским зерносовхозом Кустанайской области). Особое внимание уделяется анализу структуры многолетнего годового хода осадков.

Как известно, в последнее время в нашей стране все больше внимания уделяется долгосрочным научно-техническим прогнозам, которые «должны стать базой выбора наиболее перспективных направлений технического прогресса и развития отраслей народного хозяйства» («Коммунист», № 18, 1969 г.). В свою очередь некоторые из научно-технических прогнозов не могут быть составлены без прогнозов колебаний климата и особенностей атмосферной циркуляции. Отсюда ясно, что сама жизнь настоятельно требует от метеорологов создания таких методов.

Новыми в работе являются также исследования, направленные на выявление экономической эффективности долгосрочных прогнозов погоды. Вопрос этот сложный, однако предварительный анализ, проведенный М. Х. Байдалом, показал, что даже при сравнительно невысокой оправдываемости (70%) они могут дать значительный экономический эффект.

Исследования, проводимые в КазНИГМИ, постоянно проверяются в оперативной работе. Так, на протяжении последних 14 лет автором комплексного макроциркуляционного метода М. Х. Байдалом и его сотрудниками систематически составлялись сезонные прогнозы, которые учитывались в ЦИПе (Гидрометцентре СССР) при составлении общесоюзного сезонного прогноза.

Институт консультирует синоптиков-долгосрочников бюро погоды УГМС Казахской ССР, Узбекской ССР и др., а также проводит большую кураторскую работу.

Перед учеными Казахстана стоит серьезная и ответственная задача — усовершенствование комплексного макроциркуляционного метода прогноза погоды на основе более глубокого физического изучения основных факторов, влияющих на атмосферную циркуляцию, а также количественного учета этих факторов в каждом конкретном случае прогноза.

Исследования в области гидрологических прогнозов

Для рационального использования водных ресурсов республики в народном хозяйстве, а также в целях проведения мероприятий по предупреждению или уменьшению ущерба, причиняемому народному хозяйству наводнениями, подъемами уровня при заторах и зажорах льда, исключительным маловодьем рек, очень ранним замерзанием рек и водохранилищ и некоторыми другими гидрологическими явлениями, возникла необходимость разработки методов расчета и прогноза гидрологического режима водных объектов. Для разрешения этих вопросов в конце 1936 г. при Управлении гидрометслужбы КазССР была организована служба гидропрогнозов, первоначально только в составе сектора гидропрогнозов, а с 1950 г. группы гидрологических прогнозов начали создаваться при областных гидрометбюро. В настоящее время группы гидропрогнозов созданы при шести ГМБ.

Первые краткосрочные гидрологические прогнозы в Казахстане начали составляться по р. Иртыш в 1936 г. Г. Р. Юнусовым, а долгосрочные — им же в 1940 г. С 1940 г. службой гидропрогнозов начали составляться прогнозы по отдельным рекам юго-востока Казахстана.

Значительное развитие служба гидрологических прогнозов получила в послевоенные годы, чему способствовало быстрое развитие сети оперативных органов и гидрометеорологических станций в связи с возрастающими требованиями к обслуживанию народного хозяйства.

В первые годы своего существования служба гидрологических прогнозов обеспечивала заинтересованные организации в основном только информациями о текущем режиме рек, преимущественно в периоды паводков. В послевоенные годы все большее внимание уделяется разработке методик для прогнозирования гидрологических явлений, которые необходимы для обслуживания народного хозяйства.

Имеющиеся методы гидрологических прогнозов уже сейчас дают возможность в основном правильно оценивать вероятные отклонения режима от средних, обычно наблюдающихся значений. Такая оценка не всегда является достаточной для практических целей, поэтому наряду с совершенствованием приемов качественной оценки гидропрогнозисты постоянно работают над методами предвидения абсолютных величин прогнозируемых явлений. Пользуясь различными приемами расчетов, оперативные органы в последние годы добиваются улучшения оправдываемости прогнозов и консультаций о наиболее характерных гидрологических явлениях.

Для улучшения гидрологического обслуживания организаций службой гидрологических прогнозов проделана большая работа по пополнению фонда оперативных материалов для составления прогнозов и квалифицированных информаций, каталога наиболее важ-

ных гидрологических явлений, представляющих определенную опасность для народнохозяйственных объектов.

При разработке методов гидрологических прогнозов в УГМС КазССР большой вклад внесли Г. Р. Юнусов, М. А. Затулло, В. И. Проскурникова, Р. С. Тираспольская, К. И. Лимарева, Д. А. Качалов, А. В. Стрельникова.

Важным этапом в развитии гидрологических прогнозов в Казахстане была организация в 1951 г. Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Научная деятельность института в области гидрологии была направлена на изучение водных ресурсов республики, что привело к расширению исследовательских работ и по гидрологическим прогнозам.

Казахским НИГМИ выполнен ряд работ по долгосрочному прогнозу водности рек. К настоящему времени выявлены факторы, определяющие сток, и найдены способы их прогноза. В 1952—1964 гг. Е. В. Андреевой разработаны методы долгосрочного прогноза объема весеннего стока и максимальных расходов рек Западного и Центрального Казахстана (Уил, Темир, Эмба, Кара-Тургай, Кенгир, Жаксы-Сарысу, Моинты, Токрау, Баканас и др.). Методы долгосрочных прогнозов средних месячных расходов весенне-летнего половодья рек Южного, Юго-Восточного и Восточного Казахстана (Бугунь, Арысь, Или, Кальджир и др.) и средних месячных и годовых уровней озер Балхаш и Алаколь разработаны В. И. Коровиным. Разработке методов долгосрочного и краткосрочного прогнозов замерзания оз. Балхаш посвящены исследования М. М. Бейлинсона.

В 1966 г. вышла в свет монография В. И. Коровина «Влияние гидрометеорологических условий на сток рек и уровень озер», в которой отражено влияние гидрометеорологических условий на сток рек бассейнов Верхнего Иртыша и Балхаша—Алакольской впадины и уровень воды в озерах Балхаш и Алаколь. В работе существенное внимание уделено анализу стокообразующих факторов, режиму сезонной снеговой линии и вертикальной зональности внутригодового распределения стока. Приводятся методы расчета снегозапасов и рассматривается их влияние на речной сток и режим уровня озер. Исследования формирования стока подчинены задачам разработки методов прогноза водности рек и колебания уровня озер.

В результате исследований КазНИГМИ и УГМС КазССР создана собственная методическая база для обоснованного прогнозирования гидрологического режима и водности важнейших рек и водохранилищ республики, используемых для орошения, судоходства, гидроэнергетики и промышленного водоснабжения.

Проведенные исследования по разработке гидрологических прогнозов позволили значительно увеличить объем выпускаемых УГМС КазССР прогнозов как по элементам режима, так и по количеству прогнозируемых водных объектов. В 1940 г. было составлено и передано потребителю 45 прогнозов по 22 пунктам,

расположенным на 12 водных объектах; в 1950 г. составлено 525 прогнозов по 79 пунктам на 54 водных объектах, а в настоящее время число водных объектов, по которым составляются прогнозы, увеличилось до 60. Значительно возросло и количество обслуживаемых организаций. В настоящее время гидрологическим обслуживанием охвачено более 180 организаций, в том числе все важнейшие организации гидроэнергетики, Министерство мелиорации, Министерство коммунального хозяйства, речной флот, рыбное хозяйство и др.

В последние годы в институте В. В. Голубцовым и И. В. Поповой разработана методика прогноза притока в Бухтарминское водохранилище на последующий водохозяйственный год. Проводятся исследования по разработке метода прогноза максимальных расходов дождевых паводков и прогноза вскрытия оз. Балхаш.

При решении перечисленных проблем применяются физико-статистические методы исследования, сочетание теоретических разработок с определением параметров полученных закономерностей эмпирическим путем. К таким исследованиям следует отнести выполняемые в последние годы изучения пространственной неравномерности распределения осадков на основе анализа статистической структуры их полей, разработку методов расчета добегания стока в горных бассейнах и др. В последнее время при проведении исследований широко используется электронно-вычислительная техника.

Оправдываемость прогнозов улучшилась и стала в последние годы более устойчивой, однако степень точности прогнозов еще не полностью удовлетворяет запросы народнохозяйственных организаций. Это требует усилий работников КазНИГМИ и УГМС КазССР для разработки новых методов гидрологических прогнозов.

Исследования селевых потоков

Селевые потоки, причиняющие огромный ущерб народному хозяйству и населенным пунктам республики, имеют значительное распространение в горах Казахстана. Селевая катастрофа 8—9 июля 1921 г., причинившая большие разрушения г. Алма-Ате, вызвала повышенный интерес к изучению селевых явлений в Казахстане, главным образом в Заилийском Алатау. Непосредственно после селя 1921 г. были организованы работы по изучению причин катастрофы. Главное внимание было обращено на бассейн р. Малой Алмаатинки. Эти исследования проводились горными инженерами Э. М. Женжуристом и В. В. Епанечниковым, почвоведом А. В. Вержбицким, географом Н. Л. Корженевским, краеведом В. Д. Городецким. Собранные первичные материалы убедительно свидетельствовали о необычном характере явления. Поэтому первые исследователи отметили, что сель скорее напоминал грунтовую оплывину, нежели водный поток. К сожалению, эта весьма принципиальная сторона дела в последующие годы в зна-

чительной степени была утрачена и селевые явления Заилийского Алатау долгое время интерпретировались как паводковые, что привело к сосредоточению внимания исследователей на изучении процессов формирования дождевого стока.

Такие исследования значительно интенсифицировались с организацией в 1941 г. Алма-Атинской гидрологической обсерватории, преобразованной впоследствии в селестоковую станцию. В частности, в 1950 г. было произведено обследование следов выдающегося селевого потока, прошедшего 8—9 июля 1921 г. в бассейне Большой Алмаатинки (И. П. Смирнов, С. П. Кавецкий).

С момента организации Казахского НИГМИ в 1951 г. были начаты систематические работы, ставящие своей целью изучение селей. В 1951—1952 гг. были предприняты попытки воспроизведения селевых паводков в русле р. Чимбулак с последующей проверкой ряда расчетных формул для определения скорости потоков (С. П. Кавецкий, И. П. Смирнов и др.). В 1955 г. КазНИГМИ принимает участие в подготовке материалов по оценке возможных селевых выносов в Большое Алмаатинское озеро для проектирования ГЭС Большеалмаатинского каскада. В 1956 г., было произведено обследование следов гляциального селя 1956 г., прошедшего в бассейне р. Малой Алмаатинки, а в 1959 г. и последующих годах — обследование и анализ селевых проявлений в Джунгарском Алатау (бассейн р. Текели) и Таласском Алатау 8 апреля 1959 г.

В 1950 и 1956 гг. в г. Алма-Ате проводились всесоюзные конференции по изучению селей, на которых большое внимание было уделено селевым явлениям в Казахстане и, в частности, проблеме защиты г. Алма-Аты от селевых потоков.

В 1956—1960 гг. в КазНИГМИ подготовлены материалы по разделу «Казахстан», вошедшие в общесоюзное издание «Сели в СССР и меры борьбы с ними» (С. П. Кавецкий, И. О. Раушенбах, М. П. Рыбкина).

В 1958 и 1963 гг. КазНИГМИ проводились обследования селевых потоков в бассейне р. Иссык.

В период 1964—1967 гг. была выполнена работа по составлению и подготовке к печати «Карты-схемы селеопасных районов СССР» и «Каталога селеопасных рек Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири» (И. О. Раушенбах), а также разделов о селевых явлениях в справочниках «Ресурсы поверхностных вод СССР» по бассейнам Сырдарьи (В. Р. Рындина, С. П. Кавецкий) и Амударьи (И. О. Раушенбах).

В период 1965—1970 гг. отдел селевых потоков КазНИГМИ проводит большие работы по изучению условий формирования и разработке методов расчета селевых потоков и прогноза селеопасности. Постепенно сменилась направленность исследовательских работ, получены теоретические схемы расчета паводков и селевых потоков, использована принципиально новая классификация селевых явлений. Тщательный анализ существующих первичных мате-

риалов, организация и проведение стационарных исследований в селевом басейне Кокчека, сбор дополнительных сведений о селевых потоках Средней Азии и Южного Казахстана показали, что в Заилийском Алатау, так же как и во многих других районах Тянь-Шаня и Памиро-Алая, главную опасность представляют грязекаменные потоки типа Малоалмаатинского селя 1921 г. Такие потоки состоят из густой грунтовой суспензии (плотностью около 2000 кг/м^3), способной транспортировать во взвешенном состоянии многотонные валуны, и требуют принципиально иных способов расчета и методов селезащиты, отличных от бытующих в паводковой гидрологии.

КазНИГМИ приняты энергичные меры по организации разработки селеизмерительных приборов, работающих без механической связи с потоком. С 1968 г. работы по созданию и испытанию такой аппаратуры ведет завод «Казгеофизприбор» в содружестве с отделом селевых потоков КазНИГМИ. В настоящее время закончены основные работы и проводятся полевые испытания уровнемера и измерителя поверхностной скорости селевого потока. В итоге предполагается создать полный комплекс селеизмерительной аппаратуры (уровень, скорость, расход, плотность потока).

Основные результаты последних работ по изучению в КазНИГМИ паводков и селевых потоков опубликованы в Трудах института, вып. 28 и 33.

КазНИГМИ осуществляет методическое руководство селевыми гидрографическими партиями УГМС и является головным институтом по изучению селевых потоков в системе Гидрометслужбы СССР. В настоящее время ведутся работы по подготовке «Методических указаний по изучению селевых потоков».

Из других учреждений, уделявших внимание селевой проблеме, можно назвать Управление гидрометслужбы КазССР, Казахский институт энергетики (Р. Ж. Жулаев, Г. К. Синявский, Н. П. Павленко), Министерство геологии КазССР (В. Н. Вардугин и др.), Институт геологических наук АН КазССР (Н. Ф. Колотилин и др.), которыми выполнен ряд исследований по вопросам геологических условий формирования селей и русловым процессам.

Разработке противоселевых мероприятий значительное внимание было уделено «Казгидропроектом» (схема защиты г. Алма-Аты) и «Казводоканалпроектом» (схема защиты г. Текели).

Большой вклад внесли ученые и специалисты многих учреждений и ведомств Казахстана и Советского Союза в целом в дело подготовки и осуществления строительства уникальной взрывной противоселевой плотины на р. Малой Алмаатинке.

Исследования ледников, вечной мерзлоты и гляциальных селей

Ледники горного Казахстана издавна привлекали внимание исследователей. Еще в прошлом столетии первые сведения о ледниках Алтая сообщил Ф. В. Геблер (1835). Позже много и плодо-

творно работали по изучению ледников Казахстана. В. В. Сапожников (1895—1915) и С. Е. Дмитриев (1902—1910). Последний, в частности, описал группу Туюксуйских ледников, которые впоследствии стали опорным объектом гляциальных исследований в Казахстане.

После Великой Октябрьской социалистической революции гляциологические исследования в Казахстане приобретают массовый характер. Особенно заметные качественные сдвиги в исследованиях происходят после 1922 г., когда в работу включился Н. Н. Пальгов, возглавивший группу казахстанских гляциологов.

В последующие годы изучением современного и древнего оледенения Казахстана, главным образом Джунгарского Алатау и Заилийского Алатау, занимались, помимо Н. Н. Пальгова, алматинский краевед В. Г. Горбунов и известные советские географы и геологи: С. В. Калесник, К. К. Марков, Н. Г. Кассин, Д. Н. Казанли.

В течение 20-х и 30-х годов был собран большой фактический материал о ледниках Казахстана. Он позволил составить общее представление о современном и древнем оледенении главным образом Заилийского Алатау и Джунгарского Алатау.

С 1937 г. в работу по изучению ледников Заилийского Алатау включается УГМС КазССР. Несколько раньше близ ледника в урочище Мын-Джилки была основана первая в республике высокогорная метеорологическая станция и тем самым положено начало метеорологическим наблюдениям в непосредственной близости от ледников.

Знаменательным рубежом гляциологических исследований в Казахстане стал Международный геофизический год (МГГ). В 1956—1958 гг. отделом географии и затем сектором физической географии АН КазССР были осуществлены обширные работы по изучению современного и древнего оледенения в Джунграском Алатау и Заилийском Алатау. В работах по программе МГГ, помимо сектора физической географии АН Казахской ССР, принимали участие УГМС КазССР, Институт географии АН СССР, Московский государственный университет и другие организации.

Основными районами гляциологических исследований в период МГГ и последующие годы явились Заилийский и Джунгарский Алатау. Здесь под общим руководством Н. Н. Пальгова, П. А. Черкасова, К. Г. Макаревича были проведены обширные работы по изучению древнего и современного оледенения. Новыми в качественном отношении были исследования в области установления связей оледенения с климатом, радиационные и теплобалансовые работы, термометрические измерения в глетчерном льду на различных глубинах, применение геофизических методов для определения мощности горных ледников, изучение физических свойств льда и снега.

В эти же годы были расширены и детализированы работы по изучению движения, таяния и роли ледников в питании горных

рек. Большое место в гляциологических работах занимали исследования проблемы изменения высотного положения концов ледников.

Изучение древнего оледенения особенно плодотворно проводилось под руководством П. А. Черкасова в Джунгарском Алатау, что позволило установить границу области оледенения горной страны в верхнем плейстоцене.

В последние годы сектором физической географии АН КазССР продолжаются гляциологические исследования в Заилийском Алатау и Джунгарском Алатау, в которых принимает участие и УГМС КазССР (радиационные и теплобалансовые работы на ледниках Туюксу). С 1962 г. начаты систематические гляциологические исследования в Казахстанском Алтае.

В последние годы и в настоящее время продолжаются гляциологические исследования и проводятся трудоемкие работы по каталогизации ледников Казахстана. К настоящему времени вышло в свет девять выпусков каталога, где приведены подробные сведения о ледниках Казахстанского Алтая, Саура, Джунгарского Алатау, Заилийского Алатау и Кунгей Алатау, Таласского хребта.

В связи с хозяйственным освоением в последние годы привлекает к себе внимание вечная (многолетняя) мерзлота высокогорных районов Казахстана. Первые сведения о ней по Казахстанскому Алтаю сообщил археолог В. В. Радлов еще в 1895 г., но до сих пор специальные мерзлотные исследования здесь не проводились.

Лучше обстоит дело с Тянь-Шанем. В 40-х годах XX в. ботаник В. П. Голоскоков собрал первые данные о распространении вечной мерзлоты в Заилийском Алатау и Кунгей Алатау. В 1956 г. мерзлотные исследования на Тянь-Шане были начаты А. П. Горбуновым. Они позволили установить высотные положения пояса вечной мерзлоты, определить общую площадь, занятую вечномерзлыми породами, выявить их влияние на различные компоненты высокогорных ландшафтов.

В настоящее время установлено, что вечная мерзлота на территории Казахстана распространена в пределах гор Тянь-Шаня, Джунгарского Алатау, Тарбагатая, Саура и Алтая. Примерная площадь, занятая мерзлыми породами, по оценке А. П. Горбунова, составляет около 17 000 км^2.

Современные ледники горных районов Казахстана обусловливают так называемые гляциальные сели. Они формируются на моренах, сложенных вечномерзлыми грунтами. В отличие от дождевых гляциальные сели возникают за счет талых ледниковых вод, поэтому их изучение органически связано с гляциологическими и мерзлотными исследованиями.

Гляциальные сели становятся объектом исследований после прохождения по р. Малой Алмаатинке грязекаменного потока, зародившегося на морене Туюксу 20 августа 1951 г. Этот гляциаль-

ный сель был описан П. А. Черкасовым, который был непосредственным свидетелем возникновения потока.

Гляциальные сели 1956 г. (Туюксу), 1958 г. (Жарсай) и особенно сель 1963 г., уничтоживший озеро Иссык, показали необходимость постановки специальных исследований условий формирования грязекаменных потоков водноледникового генезиса. Поэтому с 1964 по 1968 г. в долинах северного склона Заилийского Алатау были проведены инженерно-геологические и геофизические работы по изучению строения современных и древних морен — очагов гляциальных селей. Эти работы проводились по заявке УГМС КазССР Алма-Атинской гидрогеологической партией Гидрогеологического управления Министерства геологии Казахской ССР.

Изучением гляциального селя 1956 г. занимался ряд организаций республики (КазНИГМИ, УГМС КазССР, Институт энергетики, Институт геологии, Отдел географии АН КазССР и др.).

КазНИГМИ продолжил работы по изучению гляциальных селей в последующие годы. Им было произведено обследование Жарсайских селей 1958 и 1963 гг. Общее руководство этими работами осуществлялось С. П. Кавецким.

С 1968 г. исследования грязекаменных потоков водноледникового происхождения проводятся в КазНИГМИ под руководством А. П. Горбунова.

М. Х. БАЙДАЛ

СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ КОЛЕБАНИЙ КЛИМАТА

Задачи перспективного планирования с учетом максимального использования природных ресурсов в нашей стране возводят вопросы изучения и предвидения колебаний климата в проблему первостепенной важности. Многие отрасли народного хозяйства в последние годы при составлении текущих и перспективных планов широко используют климатологические материалы и сезонные прогнозы погоды.

Однако средние многолетние характеристики в настоящее время удовлетворяют далеко не всех. Необходимо знать масштабы и последовательность колебаний климата как в прошлом, так и в будущем. Такие задачи ставятся перед климатологами и прогнозистами-долгосрочниками организациями по градостроительству, по строительству линий высоковольтных электропередач, по развитию сельскохозяйственного производства и т. п.

К ученым Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института (КазНИГМИ) в последнее время обратился Гипроводхоз (г. Москва) с просьбой рассчитать изменения климата в районе Аральского моря до 2050 г. с учетом резкого сокращения объема воды в море, рассчитать изменение водности бассейна Аральского моря вообще и в связи с забором воды из Амударьи и Сырдарьи на орошение в частности. Институту экономики Госплана КазССР необходимы сведения о закономерностях колебания климата и характере климата в десятилетии, с 1971 по 1980 г., для уточнения перспективного плана развития и специализации отраслей народного хозяйства республики. С аналогичными просьбами в КазНИГМИ обращаются некоторые министерства, областные управления сельского хозяйства и отдельные совхозы.

Такой спрос вполне понятен и со временем он будет возрастать, ибо максимальный эффект любого мероприятия в народном хозяйстве может быть достигнут только тогда, когда оно правильно сочетается с погодно-климатическими условиями. Так, например, борьба за высокие и устойчивые урожаи может дать особенно большой эффект при умелом сочетании высокой агротехнической культуры с погодно-климатическими условиями. Вполне очевидно, что, зная заранее о предстоящем влажном лете и применив соответствующие этому агротехнические приемы, возможно и должно

получить не только «нормальный», но и максимально высокий урожай сельскохозяйственных культур.

С точки зрения рационального использования пастбищных угодий очевидно, что характер мероприятий и пастбищеоборотов будет различным для сухого года в ряду влажных лет и для сухого года в ряду сухих лет.

Таким образом, текущие планы также желательно составлять с учетом фона погодно-климатических явлений, т. е. с учетом особенностей климата ряда лет.

Из вышеизложенного возникает вопрос. Как предвидеть предстоящие колебания климата? Ведь известно, что в настоящее время долгосрочные прогнозы погоды даже на сезон представляют собой проблему исключительной сложности. Надо сказать, что с увеличением срока предвидения в общем увеличивается сложность задачи. Однако при этом исключительно большое значение имеет метод диагноза и прогноза явлений. Структурный анализ причин колебаний климата и комплексный учет климатообразующих факторов, по нашему мнению, позволяет положительно ответить на поставленный выше вопрос.

В последнее время наблюдается тенденция к переходу ученых от общих интерпретаций причин колебаний климата к исследованию конкретных зависимостей между отдельными элементами климата и климатообразующими факторами. Без тщательного изучения роли каждого из климатообразующих и климатовозмущающих факторов в отдельности и в сочетании друг с другом, т. е. без изучения структуры указанных связей, невозможно правильное объяснение ни прошедших, ни предстоящих колебаний климата. Известные методы изыскания периодичностей и цикличностей колебаний рядов эмпирических величин не смогут дать достоверной информации о предстоящих изменениях и колебаниях их параметров до тех пор, пока не будут вскрыты природа этих колебаний и причины их изменения.

Еще сейчас немало делается безуспешных попыток математически объяснить и рассчитать на будущее кривые колебания элементов климата для различных районов земного шара без учета структуры взаимодействия климатообразующих факторов, без вскрытия физических закономерностей.

Наличие явлений, у которых причиной служат несколько факторов, дает возможность ученым, как отмечает академик В. А. Бугаев [11], занимать крайние позиции, т. е. стремиться объяснить эти явления одним всерешающим фактором. С этими крайними позициями связаны различные гипотезы. Так возникли гипотезы, пытающиеся объяснить колебания климата одними циркуляционными условиями атмосферы, солнечной радиацией, взаимодействием суши и моря, солнечной активностью, гравитационными силами, колебаниями скорости вращения Земли и т. д.

Безнадежно ждать, что колебания климата сможет кто-либо объяснить без учета комплекса воздействующих факторов в их

динамичной взаимосвязи. В данной статье приводятся результаты структурного анализа многолетних колебаний осадков. Аналогичные исследования проведены также по температуре воздуха, различным характеристикам ледников в Казахстане и т. д. Этот анализ осуществлялся при допущении квазипостоянства характеристик радиационного фактора на данной широте и подстилающей поверхности (почвенно-орографических условий). В качестве основных факторов колебания климата рассматривались среднеширотный тип атмосферной циркуляции, полюс атмосферной циркуляции и солнечная активность. Правомочность анализа последней в качестве климатообразующего фактора видно из нижеследующего.

Как известно из многочисленных исследований, с повышением солнечной активности повышается уровень атмосферного электричества, увеличивается активность ядер конденсации водяных паров, увеличивается вертикальная неустойчивость воздушных масс, число гроз и пр. Это ведет к увеличению количества осадков.

Исследования показали также, что в годы максимума солнечной активности увеличивается глубина циклонов и они становятся более обширными, нежели в годы минимума. В результате, как показали наши исследования [1—10], количество осадков в годы максимума солнечной активности в Казахстане увеличивается на 20—30% многолетней нормы, а в годы минимума уменьшается на 30—40% нормы.

Что касается типов среднеширотной циркуляции атмосферы, то они также весьма существенно сказываются на количестве осадков. Так, в месяцы с преобладанием северных и северо-западных вторжений воздушных масс на Казахстан (тип Е) количество осадков бывает обычно более 120% средней многолетней нормы, а в месяцы с преобладанием южных и юго-восточных течений (тип С) — менее 80%. Около нормы (80—120%) осадки бывают в месяцы с движением барических образований и воздушных масс в широтном направлении с запада на восток (тип Ш).

Из сказанного следует, что минимальное количество осадков в Казахстане наблюдается в том случае, когда тип С циркуляции совпадает с минимумом солнечной активности. Максимальное же количество осадков обусловливается совпадением типа Е атмосферной циркуляции с максимумом солнечной активности. Около нормы количество осадков бывает и тогда, когда тип Е циркуляции сочетается с минимумом солнечной активности, а также, когда тип С циркуляции сочетается с максимумом солечной активности.

Следует иметь в виду, что как тип атмосферных процессов, так и экстремумы 11-летних циклов солнечной активности в различных районах Казахстана сказываются несколько по-разному. Тем не менее в целом можно говорить, что наиболее благоприятные условия в отношении осадков в Казахстане складываются в месяцы и годы с преобладанием Е циркуляции, сочетающейся с максимумом

солнечной активности, а наиболее неблагоприятные — в месяцы и годы с преобладанием С циркуляции, сочетающейся с минимумом солнечной активности. Характерным примером первого может служить 1958 г., а второго — 1955 г.

Солнечная активность (пятнообразовательная деятельность) сказывается на осадках не только непосредственно, но и через циркуляцию, влияя на повторяемость ее основных типов (Е, С, Ш). На максимуме несколько увеличивается повторяемость типа Е, а на минимуме — типа С. Таким образом, оба способа влияния солнечной активности в ее максимумы способствуют увлажнению в Казахстане, а в минимумы — засушливости. Это хорошо подтверждается фактическими данными о катастрофических засухах. Все они наблюдались только в годы минимума 11-летних циклов солнечной активности.

Совершенно обратная картина наблюдается для территории Украины и Нижнего Поволжья, где упомянутые выше два типа меридиональной циркуляции (Е и С) обусловливают обратные казахстанским условия увлажнения, т. е. здесь с типом Е циркуляции связан дефицит, а с типом С избыток осадков.

Следовательно, для Украины и Нижнего Поволжья как в максимумы, так и в минимумы солнечной активности два способа ее влияния имеют противоположные знаки. Поэтому катастрофические засухи здесь не имеют такой строгой закономерности, как в Казахстане. На Украине и Нижнем Поволжье засухи распределяются более или менее равномерно в течение 11-летних циклов солнечной активности.

Выше указывалось, что солнечная активность лишь несколько влияет на повторяемость макротипов атмосферной циркуляции. В большей степени повторяемость их связана с собственными закономерностями преобразования, в результате чего встречаются длительные периоды (порядка 8—15 лет) с преобладанием одного из типов атмосферной циркуляции. Границы этих периодов (циркуляционных эпох), как показали наши исследования, хорошо совпадают с максимумами 11-летних циклов солнечной активности. Внутри же таких эпох (особенно около середины) преобладает какой-либо из трех типов циркуляции. Поэтому при переходе от одной циркуляционной эпохи к другой происходит существенное изменение климатических характеристик. Мы говорим, что в эпохе каждого типа циркуляции атмосферы существуют свои эпохальные нормы метеорологических элементов. Можно сказать, что это различные климаты. Для того чтобы данное утверждение было убедительным, укажем, что в эпоху 1929—1939 гг. (эпоха типа Е циркуляции) в большинстве районов Казахстана средняя январская температура воздуха была на 6—8° ниже средней многолетней. В частности, в Алма-Ате она равнялась —14°. В последующей эпохе, 1940—1948 гг. (эпоха типа С циркуляции), средняя январская температура была на 7—8° выше средней многолетней. В Алма-Ате средняя за девять январей была только —2°.

Количество осадков за июль в первой эпохе в Алма-Ате было около 40 мм, а во второй 18 мм. Этого, по нашему мнению, достаточно для того, чтобы говорить о климатах эпох циркуляции.

Полюс атмосферной циркуляции, выявленный нами в 1955 г., также весьма существенно влияет на климат всего северного полушария. Он представляет собой район в северных широтах, вокруг которого происходит вращение атмосферы. В районе расположения циркуляционного полюса обычно наблюдаются антициклонические образования, которые летом прослеживаются от приземных слоев до средней стратосферы, а зимой с уровня 4—5 км сменяются высотной барической депрессией.

Вследствие антициклонических условий и значительного радиационного выхолаживания в районе циркуляционного полюса формируются наиболее сильно выхоложенные массы воздуха. Это — главный холодильник в северном полушарии. Весьма интересным и прогностически ценным свойством полюса циркуляции является также и то, что он не остается в одном и том же районе, а от сезона к сезону перемещается чаще всего с востока на запад, причем в центре Арктики он бывает реже, чем на ее периферии. Полный оборот по территории Арктики циркуляционный полюс совершает около двух лет.

Оказывая существенное влияние на погоду в умеренных и низких широтах, циркуляционный полюс является причиной двухлетней цикличности в многолетнем ходе ряда элементов климата, водных объектов, режима высотных течений и т. д. Этому же фактору обязана двухлетняя цикличность осадков, обнаруженная теперь уже во многих районах земного шара.

Выяснив роль каждого из трех охарактеризованных климатообразующих и климатовозмущающих факторов, мы можем теперь перейти к объяснению многолетних колебаний осадков. Это можно сделать с помощью следующего уравнения климата:

$$R = R_н \pm \Delta R_ц \pm \Delta R_с \pm \frac{1}{3}\delta R_н,$$

где R — количество осадков данного года или сезона; $R_н$ — многолетняя норма осадков; $\Delta R_ц$ — поправка к многолетней норме осадков, обусловленная преобладающим типом атмосферной циркуляции; $\Delta R_с$ — поправка к многолетней норме осадков, обусловленная уровнем солнечной активности; $\delta R_н$ — средняя многолетняя изменчивость осадков от года к году или от сезона к сезону.

В качестве примера приведем результаты расчета суммы осадков за июнь—июль для станций Атбасар, Кокчетав, Целиноград. Для этого района поправки к норме осадков на типы атмосферной циркуляции Е, С, Ш равны соответственно +25, —25, 0%, а на экстремумы солнечной активности[1], т. е. на максимумы и мини-

[1] Под экстремумами здесь имеются в виду годы максимальных и минимальных значений чисел Вольфа в 11-летних циклах и соседние с ними годы.

мумы 11-летних циклов соответственно +30 и —40% многолетней нормы.

В табл. 1 приведены результаты расчета и фактическое количество осадков для последних трех максимумов и трех минимумов солнечной активности в процентах от многолетней нормы.

Таблица 1

Вид экстремума солнечной активности	Год	Расчетное количество осадков	Фактическое количество осадков	Погрешность расчета
Максимум	1938	167	196	29
	1939	127	96	31
Минимум	1942	47	62	15
	1943	77	73	4
Максимум	1946	155	143	12
	1947	123	117	6
	1948	137	77	60
Минимум	1953	102	96	8
	1954	87	64	23
	1955	52	23	29
Максимум	1957	98	75	23
	1958	137	124	13
	1959	123	132	9
Минимум	1963	77	100	23
	1964	88	107	19
	1965	38	45	7

Как видно из этой таблицы, только в 1 случае из 16 (6%) погрешность расчета превысила 31% или 15% амплитуды колебания осадков. Обеспеченность расчета, таким образом, составляет 94%.

Характерно, что применение обратных знаков к поправкам дает успешность расчета только в 33%, что свидетельствует о справедливости приведенного выше уравнения.

Применимость уравнения климата для расчета осадков проверена также для горных условий. Расчет годовых сумм осадков для трех станций, Медео, Верхний Горельник и Мын-Джилки, сделанный подряд для всех лет с 1937 по 1965 г., показал обеспеченность 96%.

Чрезвычайно интересным в этих расчетах оказалось и то, что, применяя постоянный индекс циркуляции для циркуляционных эпох и учитывая прогностические значения солнечной радиации, можно рассчитать осадки на эпоху (8—10 лет), сохранив успешность расчетов на уровне около 80%. Это значит, что с такой обеспеченностью можно рассчитать годовое количество осадков на 7—8 лет вперед, т. е. определить на этот период общий характер колебаний климата.

В заключение описания практической проверки применимости уравнения климата, учитывающего несколько климатообразующих факторов, приведем также результаты расчета площади сокращения Центрального Туюксуйского ледника и ледникового стока с него. Обеспеченность этих расчетов по первому элементу с учетом ежегодных данных по атмосферной циркуляции и солнечной активности оказалась равной 84%, а обеспеченность расчетов на циркуляционные эпохи — 72%.

Таким образом, мы можем констатировать, что комплексный факторный анализ колебаний климата и их предвидение могут осуществляться уже сейчас численным способом и на длительные отрезки времени. Не располагая данными о площади сокращения Центрального Туюксуйского ледника за 1962—1968 гг. перед IV симпозиумом гляциологов, мы решили вычислить их в начале сентября 1968 г. с помощью уравнения климата. Полученные результаты затем сличены с теми, которые сняты с графика связи площади сокращения ледника и ледникового стока (табл. 2).

Таблица 2

Год	Площадь, м²		Год	Площадь, м²	
	рассчитанная	снятая с графика		рассчитанная	снятая с графика
1962	4500	5250	1965	3300	2800
1963	1800	1700	1966	800	1000
1964	1100	750	1967	1500	1550

При многолетней норме 3022 м² расчеты показали, что после 1962 г. преобладают величины сокращения ледника, в 2—3 раза меньшие, что свидетельствует (наряду с уменьшенным ледниковым стоком) о признаках стабилизации ледников. К такому же выводу пришли другие исследователи-гляциологи, докладывавшие о результатах своих экспедиционных наблюдений на IV симпозиуме гляциологов, проходившем на Кавказе в сентябре 1968 г.

Судя по тому, что предстоящая циркуляционная эпоха (1970—1981 гг.) предполагается типа Е, можно говорить о возможности перехода отдельных ледников Средней Азии, Казахстана и Алтая в стадию наступания.

Из-за ограниченности объема статьи не было приведено примера структурного анализа и расчета многолетних колебаний других элементов климата, но автор считает, что и приведенных данных достаточно для того, чтобы убедиться в полезности предложенного метода.

В заключение следует отметить, что многолетние колебания уровня Азовского моря, которые никем еще удовлетворительно не объяснены, совершенно очевидно объясняются при использовании уравнения климата. То же самое можно сказать и в отношении многолетних колебаний уровня Аральского моря и озера Балхаш.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байдал М. Х. Эпохальные особенности атмосферной циркуляции и связанные с ними явления. Труды КазНИГМИ, вып. 10, 1959.

2. Байдал М. Х. Анализ и долгосрочный прогноз сезонных гидрометеорологических явлений на основе учета макроциркуляционных эпох. Труды КазНИГМИ, вып. 20, 1962.

3. Байдал М. Х. Засухи и солнечная активность. Труды КазНИГМИ, вып. 20, 1963.

4. Байдал М. Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана, ч. I и II. Гидрометеоиздат, Л., 1964.

5. Байдал М. Х. Динамика ледников в связи с макроциркуляционными эпохами. Материалы гляциологических исследований. Изд. межведомственного геофизического комитета при Президиуме АН СССР, М., 1964, № 10 (Хроника и обсуждения), стр. 112—120.

6. Байдал М. Х. О синхронном и асинхронном колебании ледников Земли в зависимости от эпохи макротипов атмосферной циркуляции. Материалы гляциологических исследований. Изд. межведомственного геофизического комитета при Президиуме АН СССР, М., 1964, № 9 (Хроника и обсуждения), стр. 164.

7. Байдал М. Х. Природа и прогностическая ценность двухлетней цикличности гидрометеорологических явлений. Труды КазНИГМИ, вып. 23, 1965.

8. Байдал М. Х. Эпохально-циклические колебания климата Казахстана. Сб. «Географические проблемы освоения пустынь и горных территорий Казахстана». Алма-Ата, 1965, стр. 104.

9. Байдал М. Х. Многолетние флуктуации климата Казахстана. Сб. «Развитие географических наук в Казахстане». Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1967.

10. Байдал М. Х. Масштабы колебаний климата и их генетические факторы. Сб. «Географические исследования в Казахстане». Изд. ВГО (Казахский филиал). Алма-Ата, 1968.

11. Бугаев В. А. Колебания климата и климатообразующие процессы. Метеорология и гидрология, № 2, 1964.

12. Рубинштейн Е. С., Полозова Л. Г. Современное изменение климата. Гидрометеоиздат, Л., 1966.

А. П. АГАРКОВА

СТРУКТУРА МНОГОЛЕТНЕГО ГОДОВОГО ХОДА ОСАДКОВ В КУСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

Предлагаемая статья является продолжением исследований, проводимых в КазНИГМИ, по выявлению климатических особенностей Казахстана. В работах [3, 4, 5], выполненных ранее по многолетнему ряду наблюдений 13 станций, определена многолетняя средняя месячная повторяемость осадков $\geqslant 0{,}0$ и 0,1 мм за сутки, характеризующая природную обеспеченность данного элемента в конкретном месяце. Путем анализа распределения многолетней средней суточной повторяемости осадков в течение месяца на фоне многолетней средней месячной повторямости, принятой за норму, определены промежутки времени, в течение которых повторяемость осадков повышена, понижена или близка к норме (норма +2%).

В настоящее время на большом количестве станций Казахстана автором ведутся исследования структуры осадков, а именно, определение природной обеспеченности каждого месяца осадками с различным суточным количеством ($\geqslant 3$, 5, 10, 30 мм), выявление внутри месяца периодов, в течение которых наиболее часто и менее часто выпадают осадки определенной градации, вычисление вероятности осадков по выявленным периодам в каждом месяце. Подобный анализ осадков по Казахстану проводится впервые. Характеристика этого элемента в существующих справочниках [1, 2] дается в общем виде.

В данной статье излагаются результаты исследования структуры осадков по девяти станциям Кустанайской области. Многолетняя средняя месячная повторяемость осадков по градациям $\geqslant 0{,}1$, 3, 5, 10, 30 мм за сутки определена нами для всех месяцев года. Полученные данные помещены в табл. 1—5. Следует заметить, что, несмотря на короткий ряд наблюдений, по станциям Забеловка и Октябрьская повторяемость осадков рассматриваемых градаций существенно не отличается от данных по станциям с длинными рядами.

Анализ годового хода повторяемости осадков в Кустанайской области показал, что многолетняя средняя месячная повторяемость осадков $\geqslant 0{,}0$ мм за сутки колеблется от 19 до 54%. В холодное время года (октябрь—март) она составляет 30—54%, а в теплое (апрель—сентябрь) колеблется от 19 до 50%.

Таблица 1

Многолетняя средняя месячная повторяемость (%) осадков ⩾ 0,1 мм за сутки

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За X—III	За IV—IX
Октябрьская	35	28	29	19	18	23	35	36	32	40	41	40	36	27
Комсомолец	31	30	23	21	26	32	36	31	27	34	30	35	30	29
Федоровский з/с	34	30	23	23	28	33	36	32	31	34	36	38	32	30
Кустанай	31	27	25	24	28	31	36	28	27	32	33	37	31	29
Забеловка	39	37	29	22	27	31	33	32	26	34	36	37	35	28
Урицк	34	25	26	22	28	33	36	29	30	36	37	34	32	30
Кушмурун	33	26	24	16	25	26	30	24	22	29	31	34	30	24
Тургай	33	30	27	20	19	18	17	14	13	20	26	34	28	17
Амангельды	30	26	20	17	20	20	20	16	15	24	27	31	26	18
По области	33	29	25	20	24	27	31	27	25	31	33	36	31	26

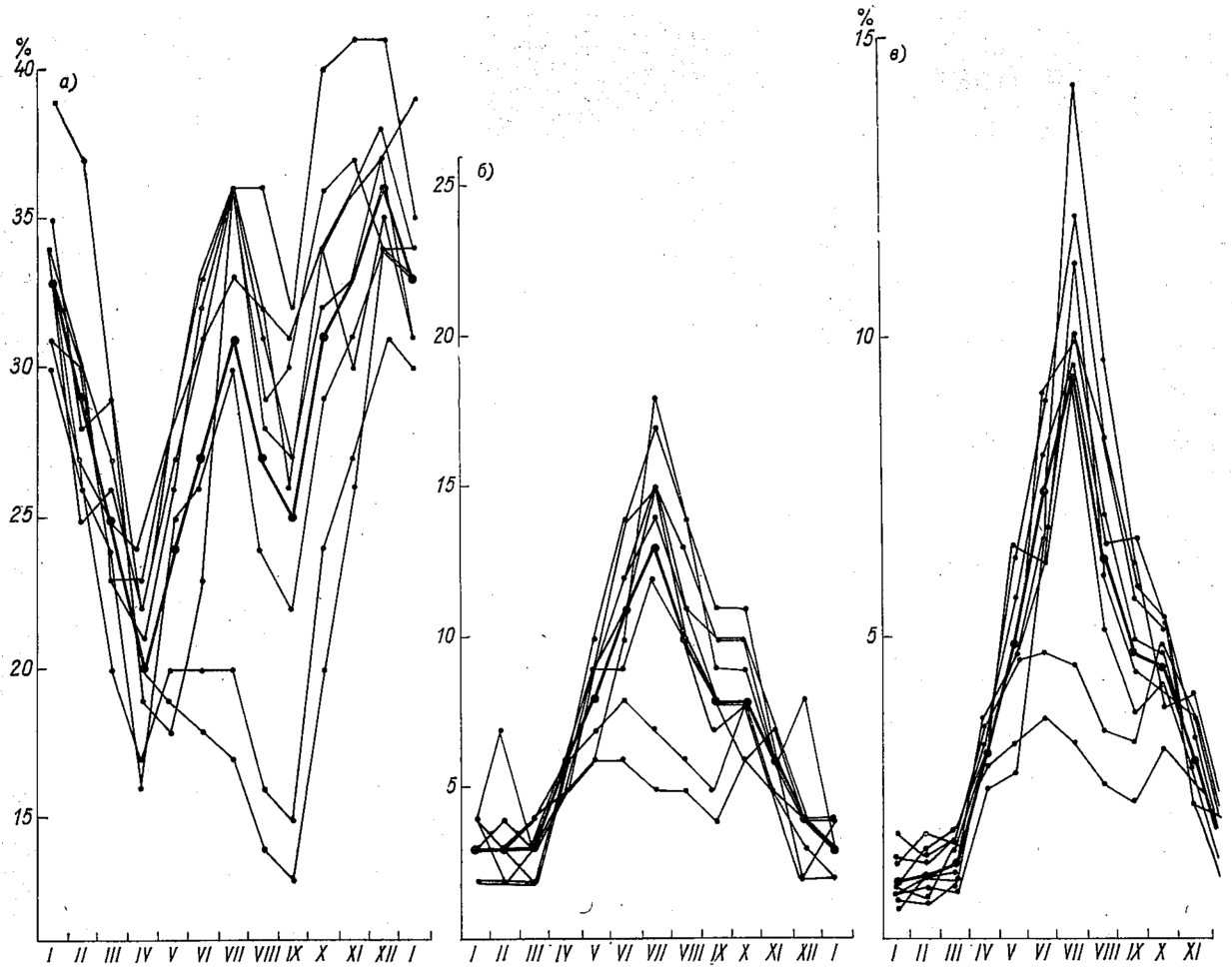
Многолетняя повторяемость осадков ⩾0,1 мм (табл. 1) находится в пределах 13—41%, а повторяемость осадков ⩾3 и 5 мм (табл. 2, 3) составляет соответственно 2—18 и 0,5—14,3%. На долю небольших осадков (менее 3 мм за сутки) приходится больший процент, чем на осадки ⩾3 мм, т. е. 24—52% в холодное время года и 15—35% в теплое.

В холодное время года повторяемость осадков ⩾0,1 мм больше (на 5—7%), а повторяемость осадков ⩾3 мм меньше (на 2—7%), чем в теплое. В период январь—март отмечается увеличение повторяемости осадков ⩾5 мм с севера на юг, а в июне—августе — с юга на север.

Интенсивные осадки (⩾10 мм за сутки) преобладают в теплый период, что подтверждает вывод [1]. Начиная с апреля количество осадков увеличивается до 20 мм и более. В северной половине области в январе, а местами в феврале, марте и декабре осадки ⩾10 мм за исследуемые годы не наблюдались вовсе.

Осадки ⩾0,3 мм, приносящие нередко ущерб народному хозяйству, выпадают в Кустанайской области в теплое время года почти повсеместно.

В годовом ходе осадков ⩾0,1 мм за сутки на большей территории области минимум наблюдается в апреле (табл. 1, рис. 1 *а*), исключением является юг области (Тургай и Амангельды), где он наступает в сентябре. К июлю повторяемость осадков увеличивается и достигает максимума за теплый период, а в Комсомольце на июль приходится годовой максимум. Исключением является Тургай, где от апреля к сентябрю повторяемость уменьшается. От июля к августу и сентябрю на большей части области повторяемость несколько уменьшается, а затем снова увеличивается, достигая в декабре годового максимума; лишь на некоторых станциях максимум сдвигается на ноябрь или январь.


%
40
35
30
25
20
15
а)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I
%
25
20
15
10
5
б)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I
%
15
10
5
в)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI

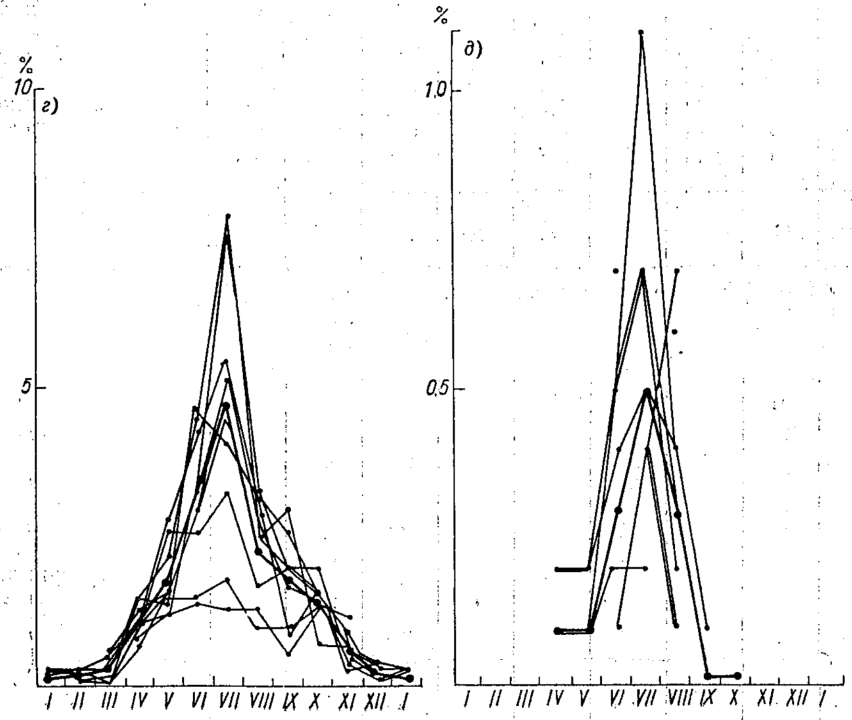


Рис. 1. Годовой ход повторяемости (%) осадков $\geqslant 0{,}1$ мм (*а*), $\geqslant 3$ мм (*б*), $\geqslant 5$ мм (*в*), $\geqslant 10$ мм (*г*), $\geqslant 30$ мм (*д*).

Таблица 2

Многолетняя средняя месячная повторяемость (%) осадков ⩾3 мм за сутки

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За X—III	За IV—IX
Октябрьская	3	4	3	5	6	10	18	14	11	11	6	8	6	11
Комсомолец	3	3	2	6	10	14	17	14	9	9	6	4	4	12
Федоровский з/с	2	2	2	6	9	14	15	13	10	10	6	2	4	11
Кустанай	2	2	2	6	9	12	15	10	8	8	5	3	4	10
Забеловка	4	7	3	5	9	12	14	11	8	6	7	4	5	10
Урицк	4	2	3	6	9	11	15	11	10	10	7	4	5	10
Кушмурун	3	3	4	5	9	9	12	10	7	8	5	4	4	9
Тургай	3	3	3	5	6	6	5	5	4	6	5	4	4	5
Амангельды	4	3	4	6	7	8	7	6	5	8	5	2	4	6
По области	3	3	3	6	8	11	13	10	8	8	6	4	5	9

Таблица 3

Многолетняя средняя месячная повторяемость (%) осадков ⩾5 мм за сутки

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За X—III	За IV—IX
Октябрьская	0,8	0,9	0,8	2,5	2,8	6,7	14,3	9,7	6,3	3,9	4,1	2,2	2,1	7,0
Комсомолец	0,8	1,0	1,0	3,4	6,4	9,0	12,1	8,4	5,7	5,2	3,4	1,3	2,1	7,5
Федоровский з/с	0,5	1,0	1,1	3,7	4,8	9,1	10,0	8,4	5,9	5,4	2,3	0,8	1,9	7,0
Кустанай	0,7	0,6	0,9	3,6	4,9	6,9	10,1	7,1	5,0	4,8	2,9	1,2	1,9	6,3
Забеловка	1,3	1,8	1,6	3,3	4,8	6,3	11,3	6,1	4,5	4,8	3,7	1,8	2,5	6,0
Урицк	0,9	0,7	1,5	3,4	5,7	8,1	9,6	6,6	6,7	5,3	2,3	2,1	2,1	6,7
Кушмурун	1,8	1,4	1,6	3,1	6,6	6,3	9,4	5,2	3,8	4,3	2,7	1,6	2,3	5,7
Тургай	1,0	1,5	1,8	3,0	3,3	3,7	3,3	2,6	2,3	3,2	3,0	1,3	2,0	3,1
Амангельды	1,4	1,3	1,7	3,6	4,7	4,8	4,6	3,5	3,3	4,9	3,7	0,8	2,3	4,1
По области	1,0	1,1	1,3	3,2	4,9	7,5	9,4	6,4	4,8	4,6	3,1	1,5	2,1	5,9

Таблица 4

Многолетняя средняя месячная повторяемость (%) осадков ⩾ 10 мм за сутки

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За X—III	За IV—IX
Октябрьская	0	0	0	0,8	1,2	3,3	7,9	2,5	3,0	0,7	0,7	0,4	0,3	3,2
Комсомолец	0	0,1	0,2	1,5	2,2	4,5	7,6	3,3	2,0	1,6	0,9	0,1	0,5	3,5
Федоровский з/с	0	0,1	0,1	1,1	1,6	4,7	4,1	3,2	2,6	1,6	0,4	0,1	0,4	2,8
Кустанай	0	0,1	0,1	1,5	1,4	3,0	4,6	2,7	1,7	1,5	0,4	0,2	0,4	2,5
Забеловка	0,3	0	0,6	1,3	1,6	3,0	5,2	2,9	0,9	1,6	0,7	0,3	0,6	2,5
Урицк	0,3	0,3	0,3	1,2	2,8	4,3	5,5	2,5	2,0	1,6	0,3	0,4	0,5	3,0
Кушмурун	0,3	0	0,5	1,1	2,6	2,6	3,3	1,7	2,0	2,0	0,4	0,1	0,6	2,2
Тургай	0,1	0,3	0,5	1,1	1,2	1,4	1,3	1,3	0,6	1,4	1,2	0	0,6	1,2
Амангельды	0,3	0,3	0,2	0,7	1,5	1,5	1,8	1,0	1,0	1,4	0,8	0,1	0,5	1,2
По области	0,1	0,1	0,3	1,1	1,8	3,5	4,7	2,3	1,8	1,4	0,6	0,2	0,5	2,5

Таблица 5

Многолетняя средняя месячная повторяемость (%) осадков ⩾30 мм за сутки

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	За X—III	За IV—IX
Октябрьская	0	0	0	0	0	0	0,4	0,7	0	0	0	0	0	0,2
Комсомолец	0	0	0	0,1	0,1	0,5	1,1	0,4	0	0	0	0	0	0,4
Федоровский з/с	0	0	0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,4	0,1	0	0	0	0	0,3
Кустанай	0	0	0	0	0,1	0,1	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0,1
Забеловка	0	0	0	0,3	0	0,7	0	0,6	0	0	0	0	0	0,3
Урицк	0	0	0	0	0,1	0,5	0,7	0,3	0	0	0	0	0	0,3
Кушмурун	0	0	0	0,2	0,2	0,5	0,7	0,2	0	0	0	0	0	0,3
Тургай	0	0	0	0,1	0	0,1	0,4	0,1	0	0	0	0	0	0,1
Амангельды	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	0	0	0,1	0	0	0,01	0,1
По области	0	0	0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,01	0,01	0	0	0,01	0,2

Характерной особенностью годового хода повторяемости осадков $\geqslant$3, 5 и 10 мм является один максимум и один минимум (табл. 2—4, рис. 1 *б, в, г*). Минимум осадков $\geqslant$3 мм и $\geqslant$5 мм по области наблюдается не одновременно, т. е. на одних станциях он приходится на декабрь, а на других — на январь—март (табл. 2, 3). С апреля повторяемость осадков указанных градаций повсеместно увеличивается и на юге области (Тургай, Амангельды) в июне достигает максимума, на остальной территории максимум приходится на июль. Начиная с августа повторяемость уменьшается и в январе, а на некоторых станциях в феврале и марте она достигает минимума.

В северной половине области в январе, а на некоторых станциях в феврале и в марте осадки $\geqslant$10 мм не выпадают. Осадки же $\geqslant$30 мм выпадают только в теплое время года (табл. 5). Максимум их приходится на период июнь—август. В ряде случаев количество осадков за сутки превышает 40—60 мм. Так, 4 июня 1952 г. в Комсомольце выпало 69,8 мм, а 2 июля 1959 г. на ст. Октябрьская было отмечено 114,9 мм.

В ходе повторяемости осадков различных градаций, рассматриваемых отдельно для теплого и холодного полугодий, имеются некоторые отличительные особенности.

Для осадков теплой половины года (апрель—сентябрь, рис. 1) с количеством $\geqslant$0,1 мм и $\geqslant$3, 5 ,10 мм за сутки характерным является увеличение повторяемости от апреля к июлю, затем уменьшение к сентябрю. Осадки же $\geqslant$30 мм преобладают с мая по август, а в апреле и сентябре они могут отмечаться лишь на отдельных станциях.

В холодную половину года (октябрь—март) отличительной чертой в ходе повторяемости осадков $\geqslant$ 0,1 мм является увеличение ее в большинстве районов области от октября к декабрю: на северо-востоке области (Октябрьская, Урицк) максимум смещен на ноябрь, а на западе (Забеловка) — на январь. В повторяемости осадков $\geqslant$3, 5, 10 мм отмечается ярко выраженное уменьшение от октября к январю—февралю, а затем незначительное увеличение к марту.

Наряду с анализом многолетней средней месячной повторяемости осадков с различным суточным количеством за исследуемый ряд лет рассмотрена продолжительность (число дней) их выпадения в течение месяца. В табл. 6 и 7 помещены величины среднего и максимального числа дней с осадками различных градаций за холодный и теплый периоды. Эти величины не являются осредненными за указанные периоды, а дают изменение количества дней по месяцам этих полугодий.

Из табл. 6 следует, что в холодное полугодие в Кустанайской области среднее количество дней за месяц с осадками $\geqslant$0,1 мм за сутки колеблется от 6 до 12, в теплое — от 4 до 13, а максимальное число дней соответственно от 12 до 26 и от 8 до 24.

С увеличением количества выпавших за сутки осадков число

Таблица 6

Число дней с осадками ⩾0,1, 3, 5 мм за сутки

Станция	⩾ 0,1				⩾ 3				⩾ 5			
	X—III		IV—IX		X—III		IV—IX		X—III		IV—IX	
	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Октябрьская	8—12	15—18	6—13	8—16	1—3	3—6	1—6	3—13	0,2—1,2	1—4	0,8—5,0	2—7
Комсомолец	7—11	16—21	6—11	11—23	1—3	3—7	2—5	5—11	0,2—1,6	2—6	1,0—3,8	4—9
Федоровский з/с	8—12	16—19	7—11	13—24	1—3	2—6	2—5	6—13	0,1—1,7	2—5	1,1—3,1	4—10
Кустанай	8—11	16—22	7—11	16—22	1—3	3—9	2—5	6—13	0,2—1,5	1—7	1,1—3,1	4—9
Забеловка	9—12	15—21	7—10	10—16	1—2	2—5	2—5	4—7	0,4—1,5	1—3	1,0—3,5	3—7
Урицк	7—11	16—22	7—11	13—20	1—3	4—7	3—5	4—8	0,2—1,6	2—4	1,0—3,0	4—7
Кушмурун	7—11	14—22	6—9	11—16	1—3	3—7	2—4	5—9	0,5—1,3	2—4	1,1—2,9	5—9
Тургай	6—11	17—26	4—6	12—15	1—2	4—8	1—2	5—6	0,3—1,0	3—7	0,7—1,1	3—4
Амангельды	6—10	12—22	5—7	8—17	1—2	2—5	2	4—7	0,3—1,5	2—5	1,0—1,5	4—7
По области	6—12	12—26	4—13	8—24	1—3	2—9	1—6	3—13	0,1—1,6	1—7	0,7—3,8	2—10

Таблица 7

Число дней с осадками ⩾10 и 30 мм за сутки

Станция	⩾ 10				⩾ 30			
	X—III		IV—IX		X—III		IV—IX	
	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.	ср.	макс.
Октябрьская	0—0,2	1	0,2—2,8	1—7	0	0	0—0,2	1—1
Комсомолец	0—0,5	0—2	0,4—2,2	2—6	0	0	0,1—0,3	0—2
Федоровский з/с	0—0,6	0—3	0,3—1,4	2—7	0	0	0,03—0,1	1—2
Кустанай	0—0,4	0—2	0,4—1,4	2—5	0	0	0—0,1	0—1
Забеловка	0—0,5	0—1	0,3—1,7	1—5	0	0	0—0,2	0—1
Урицк	0,03—0,5	1—2	0,4—1,6	1—5	0	0	0—0,2	0—1
Кушмурун	0—0,6	1—3	0,4—1,0	2—4	0	0	0—0,2	0—1
Тургай	0—0,4	0—3	0,2—0,5	2—3	0	0	0—0,1	0—1
Амангельды	0,03—0,4	1—3	0,2—0,6	1—3	0—0,03	0—1	0—0,1	0—1
По области	0—0,6	0—3	0,2—2,8	1—7	0—0,03	0—1	0—0,3	0—2

дней уменьшается независимо от времени года (табл. 8, рис. 2). Так, в холодное время года среднее число дней составляет 8—11 с осадками $\geqslant$0,1 мм и 0,3—1,4 с осадками $\geqslant$5 мм, а в теплое полугодие 6—10 и 1—3 соответственно; максимальное число дней в холодный период равно 16—21 с осадками $\geqslant$0,1 мм и 2,2—4,8 с осадками $\geqslant$5 мм, а в теплый соответственно 13—17 и 3,6—7,6.

Уменьшение числа дней с осадками при увеличении их интенсивности относится и к осадкам $\geqslant$10 и $\geqslant$30 мм, но только холодного полугодия (табл. 8, рис. 2). В теплый период наблюдается увеличение как суточной интенсивности осадков, так и количества дней с их выпадением в течение месяца. По Кустанайской области увеличение наблюдается от апреля к июлю, затем в последующие месяцы отмечается уменьшение. Следует заметить, что на некоторых станциях (Федоровский зерносовхоз) максимум может смещаться на июнь.

По области в теплое время года среднее число дней с осадками $\geqslant$10 мм составляет 0,3—1,5 (табл. 8), а на отдельных станциях (июль, Октябрьская) оно может быть около 3; максимальное число дней около 5, а на некоторых станциях (июль, Октябрьская и Федоровский зерносовхоз) оно равно 7.

В холодное полугодие среднее число дней по области с осадками $\geqslant$10 мм составляет 0,04—0,5, максимальное 1,0—2,2. В некоторые месяцы на ряде станций осадки не выпадают вовсе. Например, за исследуемый ряд лет осадки не наблюдались: в январе на станциях Октябрьская, Федоровский зерносовхоз и Кустанай, в феврале на станциях Октябрьская, Забеловка и Кушмурун, в декабре в Тургае.

Осадки $\geqslant$30 мм выпадают преимущественно в период апрель—август. На отдельных станциях они наблюдаются в сентябре (Федоровский зерносовхоз) и октябре (Амангельды). Выпадение осадков $\geqslant$30 мм в холодное время года наблюдалось лишь в одном случае, на ст. Амангельды 24 октября 1954 г. Анализ этого случая по данным ТМ-1 и ежедневным бюллетеням ГМЦ СССР показал, что выпадение 31,0 мм осадков не является случайным, так как осадки до 9 мм 24 октября отмечались и в других пунктах области. Это было обусловлено прохождением системы фронтов циклона, возникшего над Свердловской областью вследствие быстрого смещения изолированного очага холода с Европейской территории СССР.

На большей территории области осадки $\geqslant$30 мм наблюдаются в одном случае за 30—50 лет. Следует выделить районы расположения станций Октябрьская, Забеловка, Федоровский зерносовхоз и Комсомолец, где они выпадают раз в 5—10 лет.

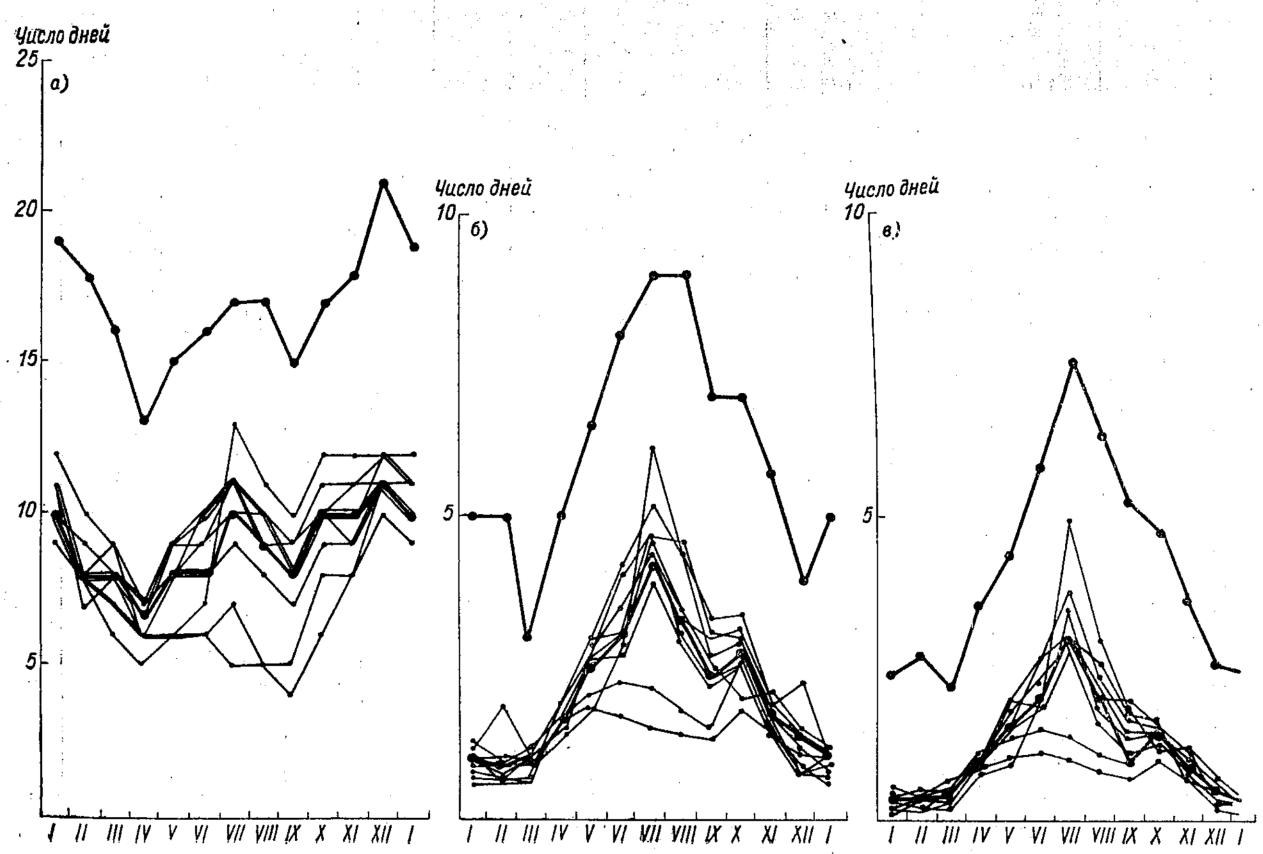
В заключение следует отметить некоторые особенности в распределении осадков в Кустанайской области.

1. В течение всех месяцев года на долю небольших осадков (менее 3 мм за сутки) приходится больший процент, т. е. 24—52%

Таблица 8

Среднее число дней с осадками различных градаций по Кустанайской области

Осадки, мм	Число дней	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
⩾ 0,1	Среднее	10	8	8	6	8	8	10	9	8	10	10	11
	Макс.	19	18	16	13	15	16	17	17	15	17	18	21
⩾ 3,0	Среднее	1,0	0,9	0,9	1,5	2,5	3,0	4,2	3,2	2,4	2,7	1,7	1,3
	Макс.	5	5	3	5	6	8	9	9	7	7	6	4
⩾ 5,0	Среднее	0,3	0,3	0,4	1,0	1,5	2,0	3,0	2,0	1,5	1,4	0,9	0,5
	Макс.	2,4	2,7	2,2	3,6	4,4	5,8	7,6	6,4	5,3	4,8	3,6	2,6
⩾ 10,0	Среднее	0,08	0,04	0,1	0,3	0,6	0,9	1,5	0,7	0,5	0,5	0,2	0,06
	Макс.	1,2	1,0	1,0	1,8	2,3	3,6	4,9	2,8	2,7	2,2	1,4	1,2
⩾ 30,0	Среднее	0	0	0	0,02	0,03	0,10	0,14	0,1	0,003	0,003	0	0
	Макс.				0,6	0,7	1,2	1,1	1,0	0,1	0,1		


Число дней
25
20
15
10
5
а)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I
Число дней
10
5
б)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I
Число дней
10
5
в)
I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I

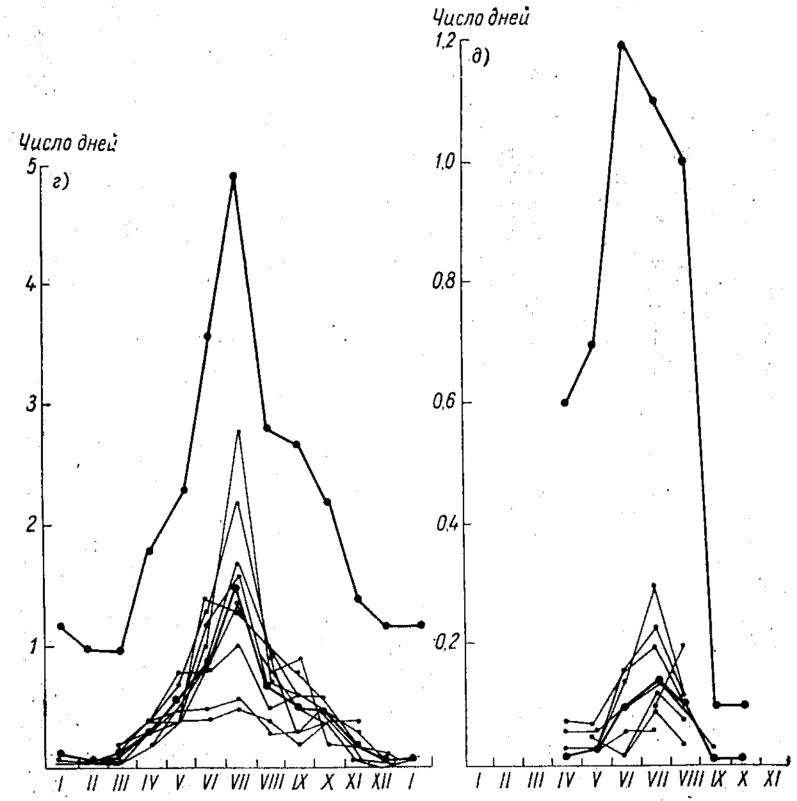


Рис. 2. Годовой ход среднего и максимального числа дней с осадками $\geqslant 0{,}1$ мм (*а*), $\geqslant 3$ мм (*б*), $\geqslant 5$ мм (*в*), $\geqslant 10$ мм (*г*), $\geqslant 30$ мм (*д*).

(из 30—54%) в холодное полугодие и 15—35% (из 19—50%) в теплое.

2. В холодное время года повторяемость осадков $\geqslant$0,1 мм несколько больше (на 5—7%), чем в теплое.

3. Повторяемость осадков $\geqslant$3 мм в теплое полугодие больше (на 2—7%), чем в холодное.

4. В период январь—март повторяемость осадков $\geqslant$5 мм увеличивается с севера на юг, а в июне—августе увеличение наблюдается с юга на север.

5. Интенсивные осадки ($\geqslant$10 мм за сутки) чаще выпадают в теплый период. В северной половине области в январе и местами в феврале, марте и декабре за исследуемый ряд лет они не наблюдались вовсе. Начиная с апреля интенсивность осадков возрастает до 20 мм за сутки и более.

6. Осадки $\geqslant$30 мм, приносящие нередко ущерб народному хозяйству, выпадают в Кустанайской области почти повсеместно в теплое время года.

7. В течение всех месяцев года более продолжительны небольшие осадки, менее 3 мм за сутки.

8. По Кустанайской области максимальное число дней за месяц с осадками менее 3 мм за сутки колеблется от 11 до 17 в холодное полугодие, от 7 до 10 в теплое; с осадками менее 5 мм число дней равно 12—17 в холодное полугодие и 9—11 в теплое, а с осадками более 5 мм за сутки соответственно 2—5 и 1—8.

9. В отдельные годы на некоторых станциях число дней с осадками в течение месяца может достигать 27 как в холодное, так и в теплое время года.

Таким образом, зная структуру осадков по исследуемому району и климатическую обеспеченность (многолетнюю повторяемость осадков месяца) той или иной их градации, работники сельского хозяйства могут с большей уверенностью планировать сроки сельскохозяйственных работ, а гидрометеорологи приступать к их предсказанию и разработке методики прогнозирования этого элемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроклиматический справочник по Кустанайской области. Гидрометеоиздат, Л., 1958.

2. Агроклиматические ресурсы Кустанайской области. Алма-Ата, 1969.

3. Агаркова А. П., Рогалева Н. Н. Повторяемость климатических волн холода, тепла и осадков в Казахстане в холодное время года. Труды КазНИГМИ, вып. 31, 1968.

4. Агаркова А. П., Рогалева Н. Н. О календарных сроках периодов значительной и небольшой повторяемости осадков в Казахстане в теплое время года. Труды КазНИГМИ, вып. 38, 1969.

5. Агаркова А. П. О календарных сроках климатических периодов значительной и небольшой повторяемости осадков в Казахстане в холодное время года. Труды КазНИГМИ, вып. 35, 1970.

Ю. Б. ВИНОГРАДОВ

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ И ЕГО УЧЕТ ПРИ РАСЧЕТАХ ДОЖДЕВОГО СТОКА

Общеизвестны рекомендации по учету так называемой редукции слоя осадков по площади [1, 7, 8, 9, 11]. Обычно для этого используются эмпирические кривые зависимости наибольшего среднего слоя осадков от площади их выпадения. Несколько более правильную постановку этой задачи мы находим у М. И. Геткера [5, 6], который справедливо связал эффект редукции с уменьшением дисперсии среднего по площади соответственным образом преобразованного слоя осадков по сравнению с таковым в отдельно взятой точке.

Следует подчеркнуть, что принципиально неверно использование именно среднего (редуктированного) по площади слоя осадков для расчета стока и максимальных расходов. Дело в том, что при прочих равных условиях соотношение между слоем стока H_q и слоем осадков H, с одной стороны, и слоем стока и расходом воды (в том числе и максимальным) Q, с другой, является существенно нелинейным. Поэтому замена среднего от функции функцией от среднего, что по сути дела имеет место при обычном использовании пространственной редукции, приводит к систематическим ошибкам. Всегда будут иметь место неравенства:

$$\overline{Q}(H_q) > Q(\overline{H}_q), \tag{1}$$

$$\overline{H}_q(H) > H_q(\overline{H}). \tag{2}$$

Черта над буквами является символом среднего арифметического.

Таким образом, использование коэффициента редукции или неравномерности осадков в схеме расчета слоя стока и максимальных расходов приводит к занижению результатов.

Видимо, здесь уместно упомянуть, что подобную же систематическую ошибку в расчеты стока вносит применение принципа временно́й редукции интенсивности осадков.

Рассмотрим двумерное случайное поле суточных сумм осадков $H(\zeta, \xi)$, где ζ и ξ — пространственные координаты. Поскольку такое поле вследствие влияния высоты местности является существенно неоднородным, его целесообразно нормировать. Эта

операция легко может быть произведена после предшествующей ей операции нормализации с помощью следующего выражения [3, 4]:

$$x = (H + 1)^n \lg H, \tag{3}$$

где n — параметр асимметрии распределения H. Таким образом, имеем следующую последовательность преобразований:

$$H(\zeta, \xi) \rightarrow x(\zeta, \xi) \rightarrow u(\zeta, \xi), \tag{4}$$

где

$$u = \frac{x - \bar{x}}{S(x)}. \tag{5}$$

Здесь $\bar{x}$ — среднее и $S(x)$ — среднее квадратическое отклонение величины x. Случайное поле $u(\zeta, \xi)$ является уже статистически однородным и изотропным, следовательно, оно характеризуется корреляционной функцией, зависящей только от расстояния между точками на плоскости. Действительно, эмпирические точки, отвечающие величинам коэффициентов корреляции между парами дождемерных пунктов, достаточно тесно располагаются вдоль единой кривой в координатах r, L, где r — нормированное значение корреляционной функции, L — расстояние в километрах (рис. 1).

Нормированная корреляционная функция преобразованного поля осадков имеет оригинальный и достаточно сложный вид. Обращает на себя внимание своеобразная «пространственная периодичность», причем амплитуда функции с ростом расстояния L уменьшается, а «период» увеличивается. Такой характер корреляционной функции, видимо, связан с внутренней структурой полей осадков, закономерности которых с точки зрения физики процесса еще недостаточно ясны, и полностью отвечает широко известному факту пятнистости осадков.

На рис. 1 представлена корреляционная функция преобразованного поля осадков, полученная по данным стационарных дождемерных пунктов северного склона Заилийского Алатау и прилегающей территории, протянувшейся не очень широкой полосой от Курдайского перевала на западе до Нарынкола на востоке. Следует отметить, что на больших расстояниях (более 150 км) четкость эмпирической функции несколько ослабевает за счет некоторого смещения точек по оси расстояния при сохранении общей тенденции убывания величины r. Происходит как бы «искривление» линий между удаленными друг от друга дождемерными пунктами. Таким образом, для больших территорий (площадью более 10—20 тыс. км^2) преобразованное поле осадков может считаться лишь приближенно однородным и изотропным, однако для целей расчета дождевого стока это уже не является существенным.

Для различных районов Средней Азии и Казахстана имеются некоторые небольшие изменения ординат кривой $r(L)$ при сохранении общего положения волн «периодичности». Так, например,

для бассейна р. Арыси наблюдается несколько повышенная по сравнению с предыдущим районом корреляция.

Аналитически нормированная корреляционная функция преобразованного поля суточных осадков может быть выражена следующим образом:

$$r(l) = r(\zeta_1, \zeta_2, \xi_1, \xi_2) = \frac{1}{2}\left[\exp\left(-0{,}014L^{0{,}85}\right) - \exp\left(-0{,}164L^{0{,}51}\right)\right]\cos\left(0{,}72L^{0{,}60}\right) + \frac{1}{2}\left[\exp\left(-0{,}014L^{0{,}85}\right) + \exp\left(-0{,}164L^{0{,}51}\right)\right]. \quad (6)$$

Следует помнить, что математическое ожидание случайного поля $u(\zeta, \xi)$ равно нулю, а дисперсия равна единице.

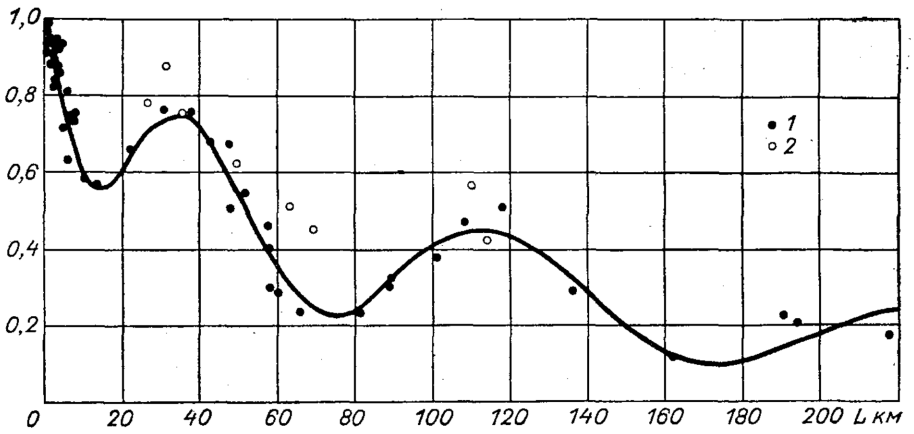


Рис. 1. Пространственная корреляционная функция преобразованного поля осадков.

1 — Заилийский Алатау и прилегающая территория, *2* — бассейн р. Арысь.

Определим временны́е математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение среднего (по площади) значения величины u в пределах заданного контура. Очевидно, что математическое ожидание $M(\overline{u_F}) = 0$, а дисперсия определяется четырехмерным интегралом по интересующей нас области F:

$$s^2(\overline{u}_F) = \frac{1}{F^2}\int\int_F\int\int r(\zeta_1, \zeta_2, \xi_1, \xi_2)\, d\zeta_1\, d\zeta_2\, d\xi_1\, d\xi_2. \quad (7)$$

Интеграл (7) в случае столь сложного выражения корреляционной функции аналитически не может быть решен. Наиболее рациональным в данном случае представляется использование численного метода Монте-Карло. В самом общем виде возможно графоаналитическое решение задачи, когда подбор случайных чисел осуществляется в соответствии с условием попадания пары точек $u(\zeta_1, \xi_1)$ и $u(\zeta_2, \xi_2)$ в замкнутый контур любой формы. Наиболее просто

эта задача решается для правильных геометрических фигур. Ниже показано практическое решение для квадрата и прямоугольника. Полученные кривые могут быть использованы для приближенных расчетов среднего преобразованного слоя осадков на данной площади.

Для квадрата или прямоугольника уравнение (7) может быть переписано следующим образом:

$$s^2(\bar{u}_F) = \frac{1}{(b_\zeta - a_\zeta)^2 (b_\xi - a_\xi)^2} \times$$

$$\times \int_{a_\zeta}^{b_\zeta} \int_{a_\zeta}^{b_\zeta} \int_{a_\xi}^{b_\xi} \int_{a_\xi}^{b_\xi} r(\zeta_1, \zeta_2, \xi_1, \xi_2)\, d\zeta_1\, d\zeta_2\, d\xi_1\, d\xi_2. \qquad (8)$$

Хорошей оценкой интеграла (8) является произведение F^2 и среднего значения функции $r(L) = r(\zeta_1, \zeta_2, \xi_1, \xi_2)$ с равномерным рас-

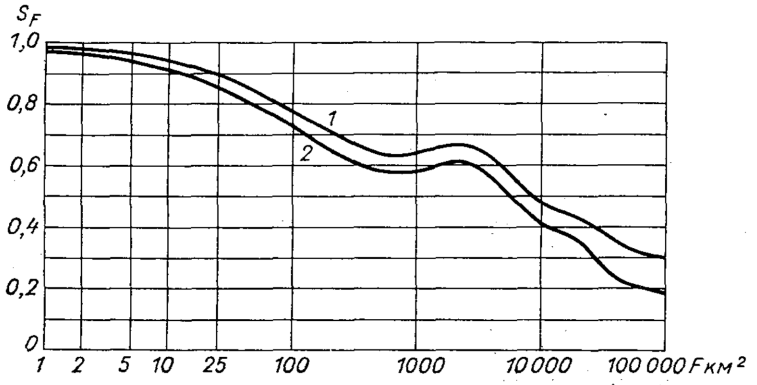


Рис. 2. Кривые зависимости S_F от площади F.

1 — для квадрата, *2* — для прямоугольника с соотношением сторон 1 : 4.

пределением случайных чисел ζ_1, ζ_2 в интервале (a_ζ, b_ζ) и ξ_1, ξ_2 в интервале (a_ξ, b_ξ). Здесь уместно вспомнить соотношение Н. П. Чеботарева [10]

$$s_F(H) = s(H)\sqrt{\bar{r}}. \qquad (9)$$

На рис. 2 представлены кривые зависимости $s(\bar{u}_F) = s_F$ от площади F для квадрата и прямоугольника с соотношением сторон 1 : 4, полученные на ЭВМ «Проминь» с оценкой интеграла (8) с помощью метода Монте-Карло. Названные кривые имеют несколько волнообразный характер, что связано с наличием «периодичности» в выражении корреляционной функции. В результате так называемая редукция среднего слоя осадков по площади в диапазоне от 400 до 4000 км² практически отсутствует.

Величина $\bar{u}_F$ заданной обеспеченности легко может быть определена согласно простому соотношению

$$(\bar{u}_F)_p = u_p s(\bar{u}_F), \tag{10}$$

где u_p — квантиль нормального распределения, определяемый из соотношения

$$p = \int_{u_p}^{\infty} \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du. \tag{11}$$

Величина $\bar{u}_F$ является основной характеристикой преобразованного поля осадков. В частности, именно ее логично предвычислять в схеме количественного прогноза дождя, особенно в условиях горной страны. Однако для расчетов стока, как это уже было отмечено выше, непосредственное использование $\bar{u}_F$ нецелесообразно, хотя моделирование значений u в различных точках бассейна возможно и на основе учета отклонений от этой величины согласно корреляционной структуре поля осадков. Здесь уместно также отметить, что простой обратный пересчет величины $(\bar{u}_F)_p$ в значение расчетного слоя осадков H_p, как это сделано, например, М. И. Геткером [6], естественно не правомочен. Редукционная кривая s_F тем не менее очень полезна для правильной ориентировки при постановке задачи пространственного моделирования осадков, в частности для выбора числа расчетных точек в пределах водосбора.

Рассмотрим способ моделирования n случайных величин x, распределенных по нормальному закону, следуя методике, изложенной в [2]. Имеем матрицу преобразования независимых нормально распределенных величин $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n$ с нулевыми математическими ожиданиями и единичными дисперсиями в величины $x_1, x_2, \ldots, x_n$ с заданными математическими ожиданиями $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \ldots, \bar{x}_n$ и корреляционными связями:

$$\begin{aligned}
x_1 &= a_{11}\varepsilon_1 + \bar{x}_1, \\
x_2 &= a_{12}\varepsilon_1 + a_{22}\varepsilon_2 + \bar{x}_2, \\
&\cdots\cdots\cdots\cdots \\
x_n &= a_{1n}\varepsilon_1 + a_{2n}\varepsilon_2 + \ldots + a_{nn}\varepsilon_n + \bar{x}_n.
\end{aligned} \tag{12}$$

Коэффициенты a_{ij} определяются из условия

$$M(x_i x_j) = m_{ij}, \tag{13}$$

где M — оператор математического ожидания, $m_{ij} = s_i s_j r_{ij}$ — второй момент (в случае $i \neq j$ смешанный). Учитывая, что

$$M(\varepsilon_i \varepsilon_j) = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \tag{14}$$

выражаем величины коэффициентов a_{ij} через значения средних квадратических отклонений s_i, s_j и коэффициентов корреляции r_{ij}:

$$a_{11} = s_1,$$

$$a_{12} = s_2 r_{12},$$

$$a_{22} = s_2 \sqrt{1 - r_{12}^2},$$

$$a_{13} = s_3 r_{13},$$

$$a_{23} = s_3 \frac{r_{23} - r_{12} r_{13}}{\sqrt{1 - r_{12}^2}},$$

$$a_{33} = s_3 \sqrt{1 - r_{13} - \frac{(r_{23} - r_{12} r_{13})^2}{1 - r_{12}^2}} \quad \ldots \qquad (15)$$

Систему уравнений (15) удобно представить в следующей форме:

$$a_{ii} = \sqrt{s_i^2 - (a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + \ldots + a_{(i-1)\,i}^2)}, \qquad (16)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ii}} [s_i s_j r_{ij} - (a_{1i} a_{1j} + a_{2i} a_{2j} + \ldots + a_{(i-1)\,i} a_{(i-1)\,j})] \quad i < j. \qquad (17)$$

Иногда удобней вначале моделировать нормированные значения $u(x)$. В этом случае уравнения (16) и (17) и последовательность (12) примут такой вид:

$$a_{ii} = \sqrt{1 - (a_{1i}^2 + a_{2i}^2 + \ldots + a_{(i-1)\,i}^2)}, \qquad (18)$$

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ii}} [r_{ij} - (a_{1i} a_{1j} + a_{2i} a_{2j} + \ldots + a_{(i-1)\,i} a_{(i-1)\,j})], \quad i < j, \qquad (19)$$

$$u_1 = a_{11} \varepsilon_1,$$
$$u_2 = a_{12} \varepsilon_1 + a_{22} \varepsilon_2,$$
$$\ldots\ldots\ldots$$
$$u_n = a_{1n} \varepsilon_1 + a_{2n} \varepsilon_2 + \ldots + a_{nn} \varepsilon_n. \qquad (20)$$

Используя выражения (12) и (16)—(20), можно моделировать на ЭВМ величины u или x в заранее намеченных точках водосбора с учетом их пространственной коррелированности и временной повторяемости. От значений x легко перейти к величинам обычного слоя осадков H. Для этого можно воспользоваться таблицами соотношений x и H при различных значениях параметра асимметрии n, помещенными в [4]. При расчетах на ЭВМ удобно пользоваться каким-либо аппроксимирующим выражением. Коэффициенты корреляции r_{ij} могут быть определены аналитически с помощью уравнения (6) или графически (см. рис. 1).

Ниже рассмотрен пример моделирования одного случая выпадения осадков в одном из горных бассейнов.

На рис. 3 представлена схематическая карта водосбора реки Большая Алмаатинка на северном склоне Заилийского Алатау. Расчетные участки оконтурены жирными линиями, их центры тяжести обозначены римскими цифрами, суточное количество осадков отмечено арабскими цифрами. На рис. 4 показаны кривые зависимости 10- и 0,1-процентного квантилей распределения H от высоты местности. Процедура пересчета названных квантилей в та-

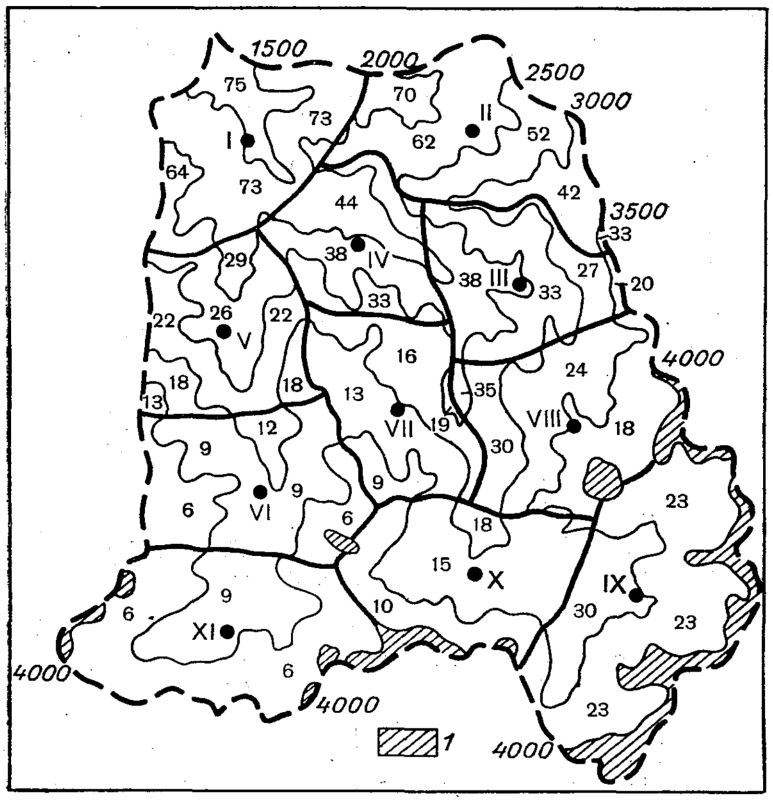


Рис. 3. Схематическая карта бассейна р. Большой Алмаатинки.
1 — свыше 4000 м.

ковые для распределения x и далее в значения среднего $\overline{x}$ и среднего квадратического отклонения $s(x)$ подробно описана в [4], а исходные данные и результаты оценки параметров по высотным зонам названного бассейна сведены в табл. 1.

Примем, что участок водосбора, в пределах которого нормированную величину осадков u можно считать постоянной, имеет площадь 25 км² в соответствии с условием $s_F=0{,}9$ (см. рис. 2). Тогда количество таких участков должно быть равно 11 при общей площади водосбора $F=271$ км². Границы и центры тяжести участков

отмечены на рис. 3. В табл. 2 приведены расстояния между центрами тяжести участков и коэффициенты корреляции, снятые с графика (рис. 1) в соответствии с этими расстояниями. Результаты оценки коэффициентов a_{ij} по формулам (18) и (19) представлены в табл. 3, а окончательные результаты расчетов — в табл. 4. Величины ε_i выписаны из таблицы нормально распределенных случайных чисел, а пересчет u_i в значения x_i и далее в значения H_i произведен с использованием параметров, приписанных каждой высотной зоне (табл. 1). В качестве первого случайного числа, определяющего величину осадков не только в пределах первого участка,

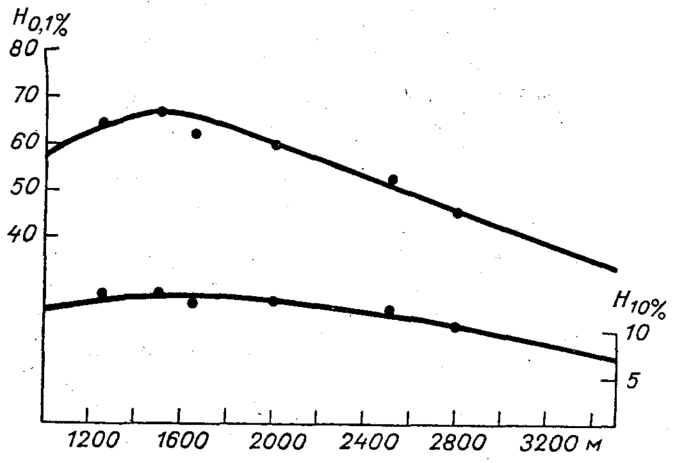


Рис. 4. Кривые зависимости параметров $H_{0,1\%}$ и $H_{10\%}$ от высоты местности для бассейна р. Большой Алмаатинки.

Таблица 1

Величины параметров распределения суточных осадков по высотным зонам бассейна р. Большой Алмаатинки

Параметр	Высотные зоны					
	1250—1500	1500—2000	2000—2500	2500—3000	3000—3500	3500—4000
$H_{10\%}$	13,4	13,7	12,5	10,7	8,4	5,6
$H_{0,1\%}$	66,0	64,5	56,3	47,7	38,8	30,0
n	0,32	0,33	0,34	0,33	0,33	0,33
$x_{10\%}$	2,65	2,76	2,66	2,32	1,94	1,39
$x_{0,1\%}$	6,99	7,19	6,94	6,05	5,36	4,59
$\overline{x}$	—0,43	—0,38	—0,37	—0,32	—0,48	—0,88
$s(x)$	2,40	2,45	2,37	2,06	1,89	1,77

Таблица 2

Расстояния (км) между центрами тяжести расчетных участков (слева внизу) и значения коэффициентов корреляции (справа вверху), соответствующие этим расстояниям

№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	·	0,72	0,62	0,81	0,75	0,60	0,64	0,56	0,56	0,55	0,55
2	6,5	·	0,80	0,80	0,62	0,56	0,64	0,62	0,55	0,55	0,56
3	8,8	4,6	·	0,78	0,62	0,61	0,78	0,81	0,60	0,62	0,55
4	4,2	4,6	4,8	·	0,79	0,66	0,78	0,64	0,55	0,59	0,56
5	5,5	9,3	8,7	4,7	·	0,80	0,76	0,58	0,55	0,59	0,64
6	9,8	12,0	9,6	7,7	4,5	·	0,80	0,62	0,56	0,71	0,81
7	8,6	8,2	5,1	5,0	5,4	4,6	·	0,78	0,62	0,75	0,64
8	12,2	8,8	4,3	8,1	10,4	9,3	5,1	·	0,76	0,76	0,56
9	17,2	14,2	9,7	13,2	14,2	11,5	9,0	5,4	·	0,78	0,56
10	14,2	12,9	8,7	10,3	10,1	6,7	5,5	5,4	4,9	·	0,69
11	14,0	16,0	13,2	11,9	8,5	4,3	8,1	11,7	11,9	7,3	·

Таблица 3

Величины коэффициентов a_{ij}

№ участка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	0,72	0,62	0,81	0,75	0,60	0,64	0,56	0,56	0,55	0,55
2	·	0,69	0,51	0,31	0,12	0,18	0,26	0,31	0,21	0,22	0,24
3		·	0,60	0,20	0,16	0,24	0,42	0,51	0,24	0,28	0,15
4			·	0,46	0,25	0,15	0,22	—0,03	—0,04	0,04	0,02
5				·	0,58	0,44	0,22	0,08	0,13	0,17	0,30
6					·	0,58	0,24	0,12	0,13	0,33	0,46
7						·	0,44	0,19	0,12	0,22	—0,04
8							·	0,52	0,40	0,28	0,05
9								·	0,61	0,22	0,08
10									·	0,51	0,13
11										·	0,54

Таблица 4

Пример результатов моделирования одного случая выпадения осадков в бассейне р. Большой Алмаатинки

№ участка	ε_i	u_i		Высотные зоны					
				1250—1500	1500—2000	2000—2500	2500—3000	3000—3500	3500—4000
1	3,30	3,30	x	7,49	7,70	7,45	—	—	—
			H	75	73	64	—	—	—
2	1,26	3,24	x	—	7,56	7,31	6,36	5,65	4,85
			H	—	70	62	52	42	33
3	—0,33	2,49	x	—	—	5,53	4,81	4,23	3,53
			H	—	—	38	33	27	20
4	—1,03	2,52	x	—	5,80	5,61	4,87	—	—
			H	—	44	38	33	—	—
5	—0,61	1,97	x	—	4,45	4,30	3,74	3,25	2,61
			H	—	29	26	22	18	13
6	—0,68	1,32	x	—	—	—	2,40	2,02	1,46
			H	—	—	—	12	9	6
7	—0,30	1,65	x	—	—	3,54	3,08	2,64	2,04
			H	—	—	19	16	13	9
8	0,86	2,36	x	—	—	5,22	4,54	3,98	3,30
			H	—	—	35	30	24	18
9	0,82	2,70	x	—	—	—	—	4,62	3,90
			H	—	—	—	—	30	23
10	—0,47	1,76	x	—	—	—	3,31	2,85	2,24
			H	—	—	—	18	15	10
11	—0,48	1,36	x	—	—	—	—	2,09	1,53
			H	—	—	—	—	9	6

но и в значительной мере в бассейне вообще, специально подобрано довольно высокое значение $\varepsilon_1 = 3{,}30$ с целью иллюстрации расчетного метода на примере крупного дождя. Отдельные прочерки в табл. 4 соответствуют отсутствию данной высотной зоны в пределах данного участка.

Многократное моделирование с использованием непрерывного потока нормальных случайных чисел ε позволяет проводить численный эксперимент для получения кривых обеспеченности любых стоковых характеристик, связанных с выпадением осадков.

Целесообразно привести еще один интересный пример использования вышеприведенной расчетной схемы.

8 июля 1950 г. в селевых очагах Кумбельсу, расположенных в бассейне р. Большой Алмаатинки, сформировался мощный селевый поток. Существуют различные малообоснованные мнения о величине осадков, выпавших непосредственно в центре селевого бассейна. Между тем некоторые выводы можно сделать на основании рассмотрения условной кривой распределения суммы осадков в интересующей нас точке. Такая кривая рассчитывается с учетом наблюденного количества осадков на соседних дождемерных пунктах. В данном случае таковыми являются метеостанции Большое Алмаатинское озеро (40,0 мм), Мын-Джилки (30,0 мм) и Верхний Горельник (31,5 мм). Параметры распределения осадков помещены в табл. 5, а расстояния между всеми названными пунктами, соответствующие им значения коэффициентов корреляции и величины коэффициентов a_{ij}, подсчитанные с помощью уравнений (16) и (17), приведены в табл. 6.

Таблица 5

Величины параметров распределения суточных осадков

№ п/п	Пункт	Высота, м	$H_{10\%}$	$H_{0,1\%}$	$x_{10\%}$	$x_{0,1\%}$	n	$\bar{x}$	$s(x)$
1	Большое Алмаатинское озеро	2511	12	53	2,52	6,43	0,33	—0,25	2,16
2	Мын-Джилки	3036	11	50	2,36	6,22	0,33	—0,37	2,14
3	Верхний Горельник	2272	15	65	3,19	8,19	0,36	—0,35	2,77
4	Кумбельсу	3100	9	42	2,04	5,61	0,33	—0,49	1,98

Величина x_4 заданной обеспеченности рассчитывается на основании уравнения

$$(x_4)_p = a_{14}\frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_1(x)} + a_{21}\frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_2(x)} + a_{34}\frac{x_3 - \bar{x}_3}{s_3(x)} + a_{44}(\varepsilon_4)_p + \bar{x}_4, \qquad (21)$$

Таблица 6

Расстояния (км) между пунктами, значения (слева внизу) коэффициентов корреляции (справа вверху), соответствующие этим расстояниям, и величины коэффициентов a_{ij} (нижняя часть таблицы)

№ п/п	Пункт	1	2	3	4
1	Большое Алма-атинское озеро	·	0,67	0,60	0,85
2	Мын-Джилки	7,5	·	0,74	0,83
3	Верхний Горельник	9,6	5,8	·	0,69
4	Кумбельсу	3,6	4,0	7,0	·

№ п/п	Пункт	1	2	3	4
1	Большое Алма-атинское озеро	2,16	1,43	1,66	1,68
2	Мын-Джилки	·	1,59	1,26	0,70
3	Верхний Горельник	·	·	1,82	0,06
4	Кумбельсу	·	·	·	0,78

которое после подстановки значений всех коэффициентов приобретает вид

$$(x_4)_p = 5{,}75 + 0{,}78\,(\varepsilon_4)_p. \qquad (22)$$

На основании уравнения (22) легко построить интересующую нас условную кривую распределения величины осадков в центре тяжести селевых очагов Кумбельсу, здесь же ограничимся констатацией, что эта величина с вероятностью 50% превысила 44 мм, с вероятностью 10% — 57 мм и с вероятностью 1% — 70 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомазова З. П. и Петрова З. П. Исследование выдающихся дождей на территории УССР и их хода и распределения по площади. Труды ГГИ, вып. 6, 1948.

2. Бусленко Н. П. [и др.]. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло). Физматгиз, М., 1962.

3. Виноградов Ю. Б. Метод расчета дождевых осадков. Изв. АН УзССР, сер. техн. наук, вып. 6, 1958.

4. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. Труды КазНИГМИ, вып. 28, 1967.

5. Геткер М. И. Схема расчета пространственной неравномерности дождей. Изв. АН УзССР, сер. техн. наук, вып. 2, 1966.

6. Геткер М. И. Влияние площади на изменчивость суточных и годовых сумм осадков и учет его в гидрологических расчетах. Труды САНИИРИ, вып. 3, 1966.
7. Линслей Р. К., Колер М. А., Паулюс Д. Л. Х. Прикладная гидрология. Гидрометеоиздат, Л., 1962.
8. Литовченко А. Ф. К вопросу о редукции слоя осадков по площади. Сб. работ по гидрологии, № 5. Гидрометеоиздат, Л., 1965.
9. Соколовский Д. Л. Речной сток (основы теории и методики расчетов). Гидрометеоиздат, Л., 1968.
10. Чеботарев Н. П. Вариация стока и его факторов. Изд. Воронежского ун-та, Воронеж, 1949.
11. Richards B. Flood estimation and control. London, 1955.

Р. С. ГОЛУБОВ, Г. Л. ГОНЧАРЕНКО

ОБЪЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛЯ ОСАДКОВ В ГОРАХ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ

Как известно, прогноз ливневых осадков осложнен дополнительными трудностями по сравнению с прогнозом обложных осадков в связи с неравномерным их распределением по территории.

В горных районах этот вопрос еще усугубляется разностью высот, на которых расположены станции, и сложностью орографии. Поэтому представляет определенный интерес анализ поля осадков в бассейне р. Малой Алмаатинки по учащенной сети осадкомеров.

Для анализа распределения дождевых осадков в бассейне р. Малой Алмаатинки была использована ливнемерная сеть, по которой проводились наблюдения в теплую половину года. В связи с тем, что начало работы постов не всегда совпадало во времени, был выбран период с синхронными наблюдениями. Кроме того, были отобраны те посты, на которых наблюдения были надежными. На площади бассейна около 120 км^2 было рассмотрено 34 пункта, т. е. примерно один пункт на 4 км^2. Для анализа были использованы данные наблюдений за 1963—1966 гг. Были рассмотрены суточные суммы осадков и их средние значения за теплый период (май—август). Были вычислены средние квадратичные отклонения, а также проведена попарная корреляция на ЭВМ «Урал-2» между распределением суточных сумм осадков на всех рассматриваемых станциях бассейна р. Малой Алмаатинки. Кроме этого, проведена корреляция между суммами осадков в разных пунктах в пределах бассейна р. Большой Алмаатинки, а также между суммами осадков на станциях бассейнов рек Малой Алмаатинки и Большой Алмаатинки. Для зависимостей, коэффициенты корреляции которых равны или более 0,6, составлены уравнения регрессии.

Анализ распределения осадков проведен для бассейна р. Малой Алмаатинки, где имелась учащенная сеть наблюдений. Оказалось, что при рассмотрении среднего суточного количества осадков за указанный период в этом бассейне выявляются районы с максимумом и минимумом осадков. Так, максимальное количество осадков наблюдалось в верхней половине р. Бутаковки на уровнях 1500 и 2300 м (4—8 мм), в районе поста Чимбулак на высоте 2000—2200 м (10—11 мм), в районе метеостанции Верхний Горельник (6—11 мм),

в верховье притока Казачки на уровне около 2100 м (7—10 мм), в районе гидропоста Ворота на высоте около 2500 м (7 мм).

Наименьшее количество осадков наблюдалось в нижней части бассейна р. Малой Алмаатинки от Дамбы (1200 м) до устья Казачки (1600 м). Здесь количество осадков за эти годы было в пределах 2,8—3,9 мм, в районе водораздела Саркромма—Комиссаровка (2400 м) 2 мм, в районе водораздела Казачка—Малая Алмаатинка (2300 м) 1,7 мм, в районе водораздела Казачка—Батарейка (2400 м) 3 мм.

Сопоставляя карту селеопасных районов с районами максимумов дождевых осадков, можно убедиться, что некоторые из них распространяются на территории селеопасной зоны. Так, например, в селеопасной восточной части бассейна р. Малой Алмаатинки максимум осадков наблюдается в двух районах: в верховье р. Бутаковки (около 2300 м) и верхнем течении р. Сарысая (около 2600 м). В селеопасной западной части бассейна максимум осадков отмечается в районе Верхнего Горельника (около 2700 м).

В большей части районов, где наблюдаются максимальные суточные суммы осадков, отмечаются и наибольшие их средние квадратичные отклонения. В местах минимальных суточных сумм в большинстве районов наблюдается наименьшее значение среднеквадратичного отклонения, за исключением нижнего течения р. Малой Алмаатинки, где в районе минимума осадков среднеквадратичные отклонения значительны. Это говорит о том, что в большинстве районов с максимумом суточных осадков наблюдаются большие вариации, т. е. наряду с большими суммами могут наблюдаться небольшие.

В районах минимума осадков, где отмечаются небольшие среднеквадратичные отклонения, преобладают незначительные суммы осадков. Из изложенного следует, что в селеопасных районах имеются пункты, где в среднем наблюдается максимальное количество осадков. Это верховье р. Бутаковки, верхнее течение р. Сарысай, Верхний Горельник.

Если учесть, что густая сеть дождемерных постов в большинстве находится в труднодоступных условиях, целесообразно рассмотреть зависимость между дождевыми осадками в разных районах. Для этой цели и была проведена отмеченная выше попарная корреляция на ЭВМ. Кроме этого, можно наиболее эффективно выбрать дождемерные посты, на которые следует ориентироваться при составлении количественных прогнозов осадков.

Сначала рассмотрим результаты, полученные для близлежащих (не более 2,5 км) постов (табл. 1).

Анализ табл. 1 показал, что в большинстве случаев при высоте постов до 2 км коэффициенты корреляции при разности в высотах от 0 до 700 м имеют значения $r=0{,}4 \div 0{,}9$ (в 60% случаев). При высоте постов более 2 км коэффициенты корреляции уменьшаются в зависимости от разности высот 0—600 м от 0,4 до 0,6 (93% случаев). Отсюда следует вывод, что до высоты 2 км при небольших

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между осадками на соседних постах в бассейне р. Малой Алмаатинки

№ поста	*h* м над ур. м.	№ поста	*h* м над ур. м.	*r*
33	1175	1	1325	0,86
1	1325	21	1475	0,81
3	1350	1	1325	0,72
3	1350	65	1375	0,56
65	1375	21	1475	0,61
5	2150	4	1850	0,81
43	2125	48	1750	0,48
43	2125	30	1600	0,57
43	2125	16	2000	0,50
30	1600	16	2000	0,58
16	2000	15	2175	0,63
15	2175	49	2800	0,39
49	2800	14	2725	0,48
49	2800	34	2600	0,58
26	2275	24	2200	0,59
25	2000	24	2200	0,52
9	2175	8	2350	0,46
28	1700	9	2175	0,57
28	1700	8	2350	0,42
28	1700	37	1925	0,68
29	1725	37	1925	0,84
30	1600	28	1700	0,62
30	1600	29	1725	0,62
30	1600	18	1850	0,58
29	1725	17	1875	0,60
29	1725	18	1850	0,51
18	1850	17	1875	0,60
17	1875	5	2150	0,40
21	1475	62	2000	0,60

разностях высот рядом находящихся постов между распределением осадков на них существует хорошая зависимость. На высотах более 2 км эта зависимость ухудшается.

Кроме этого, была произведена попарная корреляция между суточными суммами осадков для всей совокупности станций в бассейне р. Малой Алмаатинки. Всего было получено 940 сочетаний для отобранных надежных данных. Из всех сочетаний были отобраны только те случаи, когда $r \geqslant 0{,}6$. И таких сочетаний оказалось около 80. Указанные данные помещены в табл. 2. Как следует из табл. 2, 11 пунктов имеют коэффициент корреляции $r \geqslant 0{,}6$ и при этом каждый из них хорошо коррелируется с осадками в четырех и более пунктах. На рис. 1 схематично показана корреляция сумм осадков между 1, 4, 9-м постами и остальными. На рис. 1 чи-

слитель — номер поста, знаменатель — высота над уровнем моря, на стрелках указаны коэффициенты корреляции.

По этим трем постам с удовлетворительной вероятностью можно определить количество осадков на значительной площади. При

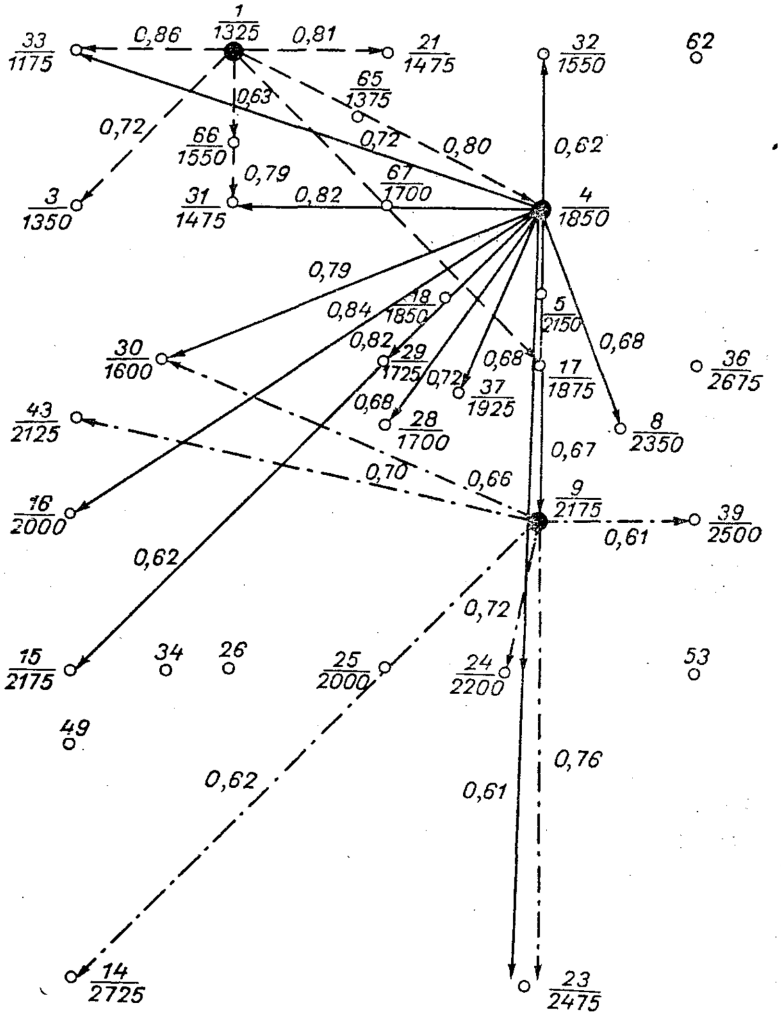


Рис. 1. Вероятностная схема количества осадков по опорным станциям.

этом, если учесть, что всего станций, имеющих надежную корреляцию, имеется 11 (при числе сочетаний не менее четырех), то этими данными можно воспользоваться для рационального размещения опорной сети в горах. Наименьшее расстояние между рассматриваемыми постами около 0,5 км, наибольшее — около 8,0 км.

Коэффициенты корреляции между суточными суммами

№ поста	H м	Номер 1	3	4	5	8	9	14	15	16	17	18	21	23
		Высота над 1325	1350	1850	2150	2350	2175	2725	2175	2000	1875	1850	1475	2475
1	1325		0,72	0,80							0,62		0,81	
3	1350			0,65									0,74	
4	1850				0,81	0,68	0,67		0,62	0,84				0,61
5	2150						0,65							
8	2350													
9	2175							0,62						0,76
14	2725													0,66
15	2175									0,63				
16	2000													
17	1875											0,60		
18	1850													
21	1475													
23	2475													
24	2200													
25	2000													
28	1700													
29	1725													
30	1600													
31	1475													
32	1550													
33	1175													
37	1925													
39	2500													
43	2125													
62	2000													
65	1375													
66	1550													

Таблица 2

осадков в пунктах бассейна р. Малой Алмаатинки

поста															
24	25	28	29	30	31	32	33	37	39	43	49	62	65	66	67
уровнем моря *H* м															
2200	2000	1700	1725	1600	1475	1550	1175	1925	2500	2125	2850	2000	1375	1550	1700
					0,79		0,86							0,63	0,79
							0,68								0,64
0,68		0,68	0,82	0,79	0,82	0,62	0,72	0,72							
					0,83				0,65	0,73					0,61
0,70															
0,72				0,66					0,61	0,70					
0,61		0,64		0,66											
0,60															
		0,62	0,63		0,65										
			0,60			0,63		0,67							
								0,78				0,60	0,61	0,72	0,85
0,74	0,70														
		0,70	0,64	0,65					0,72	0,78					
		0,66	0,63												
			0,71	0,62	0,60			0,68							0,61
				0,62	0,63	0,64		0,84							0,79
					0,60										
							0,83	0,63							
								0,65							
											0,65	0,92			
														0,72	0,66
														0,60	
															0,70

Наименьшая разность высот между постами равна нулю, наибольшая составляет 1,1 км (пункт 14 на высоте 2,7 км, пункт 30 — на высоте 1,6 км).

Особенно ценными для суждения о распределении количества осадков в горах являются показания поста 4, находящегося в верхнем течении р. Бутаковки на высоте около 1800 м. Так, по информации о суточном слое осадков на нем можно с некоторой вероятностью определить суточное количество осадков на 14 пунктах, радиально разбросанных на значительной площади (рис. 1) и находящихся на различных высотах, от 1,2 до 2,4 км. Еще более ценным является то, что по данным пунктов, расположенных в нижней части горной зоны, можно оценить количество осадков на бóльших высотах. Так, например, по данным поста 1 (на высоте 1,3 км) можно определить суточные суммы осадков на постах 17 (1,9 км), 67 (1,7 км) и др. По данным поста 4 (1,8 км) можно определить количество осадков на постах 23 (2,5 км), 8 (2,4 км), 24 (2,2 км), 15 (2,2 км) и т. д. По данным 11 постов, указанных в табл. 2, можно определить количество осадков на 27 различных пунктах. Кроме того, по некоторым дождемерным постам количество осадков хорошо коррелируется с данными на 2—7 пунктах, например, по данным поста 37 можно получить распределение осадков по 7 пунктам. При этом коэффициенты корреляции находятся в пределах 0,65—0,84.

В табл. 3 и 4 помещены коэффициенты корреляции, полученные в результате изучения распределения количества дождевых осадков внутри бассейна р. Большой Алмаатинки, а также между некоторыми постами Большой Алмаатинки и Малой Алмаатинки. Как следует из этих таблиц, большинство коэффициентов корреляции удовлетворительны и поэтому эти данные можно использовать.

Приведем пример вычисления осадков по уравнениям регрессии. Так, уравнение регрессии, по которому возможно вычислить коли-

Таблица 3

Коэффициенты корреляции в распределении осадков между пунктами бассейнов рек Малой Алмаатинки и Большой Алмаатинки

Пункт	Пост бассейна р. Малой Алмаатинки			
	23	24	27	30
Большое Алмаатинское озеро	0,56	0,56	0,88	0,71
Кумбельсу	0,77	0,60	0,72	0,66

чество суточных осадков (по измеренному слою осадков на посту 14) для поста 23, имеет вид

$$S_{23} = 1{,}85S_{14} + 0{,}8.$$

Для примера рассмотрим слой выпавших осадков 7 июля 1968 г., $S_{14} = 17{,}4$, тогда $S_{23} = 31{,}4$, в действительности S_{23} оказалось равным 26,4 мм.

7 июня 1967 г. предвычисленные осадки на посту 23 были равны 15,6 мм, в действительности выпало 14,0 мм.

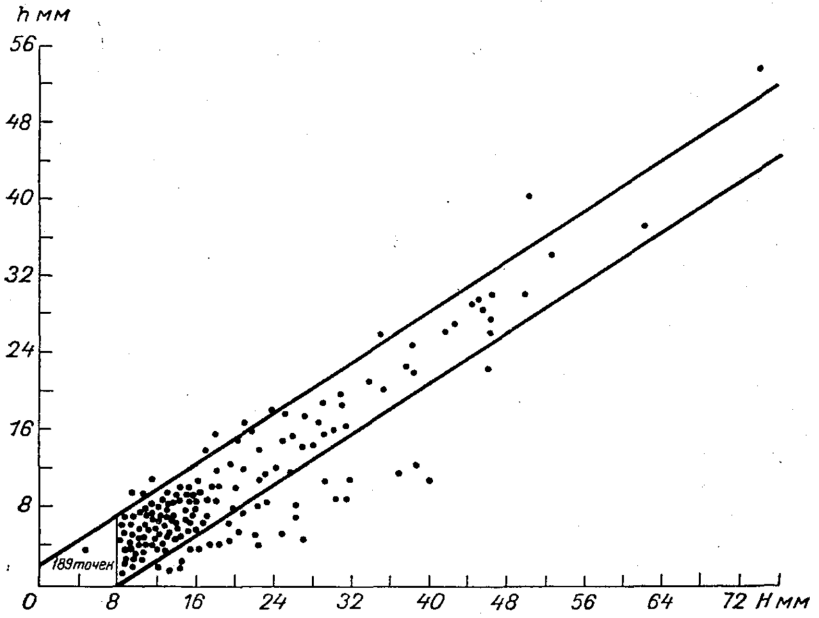


Рис. 2. Зависимость между средним (h) и максимальным (H) количеством осадков в бассейнах рек Малой Алмаатинки и Большой Алмаатинки.

Таблица 4

Коэффициенты корреляции в распределении осадков между пунктами бассейна р. Большой Алмаатинки

Пункт	Большое Алмаатинское озеро	Кумбельсу	Тересбутак	Проходная
Большое Алмаатинское озеро	•	0,71	0,80	0,91
Кумбельсу		•	0,49	0,78
Тересбутак			•	0,69
Проходная				•

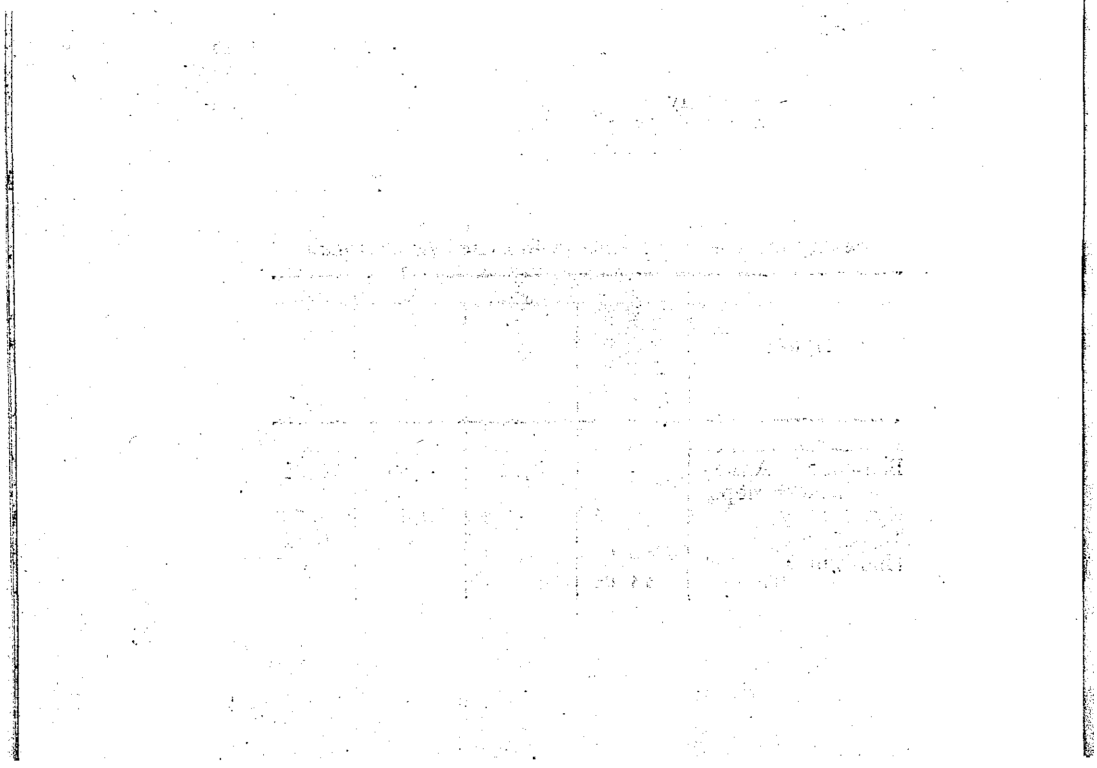
При прогнозировании количества дождевых осадков в горных районах [1] пришлось столкнуться с дополнительными вопросами, касающимися распределения осадков. Оказалось, что прогноз максимума дождевых осадков не полностью удовлетворяет гидрологов, занимающихся изучением стока или тем более селевых потоков. В связи с этим была проведена корреляция между максимальной суммой и средним количеством осадков, по бассейнам рек Малой Алмаатинки и Большой Алмаатинки. Эти данные представлены на рис. 2 в виде графика.

В пределах ± 5 мм можно с обеспеченностью 90% по максимальному слою осадков определить их среднее количество по рассматриваемому бассейну. Учитывая, что количественные прогнозы максимума осадков даются различными авторами в определенных пределах, можно считать прогнозирование среднего слоя осадков с обеспеченностью ± 5 мм удовлетворительным результатом.

Кроме изложенного по изучению полей осадков, представляют интерес и те станции, данные которых не помещены в табл. 2 (где $r \geqslant 0{,}6$). Отсутствие надежных зависимостей в распределении осадков с другими пунктами является следствием особых физико-географических условий, изучение которых представляет самостоятельный интерес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубов Р. С. Метод прогноза количества ливневых осадков в горных и предгорных районах Юго-Восточного Казахстана на 24—36 часов. Труды КазНИГМИ, вып. 29, 1967.



В. В. ГОЛУБЦОВ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ВЫПАДЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ПО ВЫСОТНЫМ ЗОНАМ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ПОЛОЖЕНИИ НУЛЕВОЙ ИЗОТЕРМЫ

Исследование условий выпадения обильных осадков в высокогорной зоне Заилийского Алатау и других горных хребтов в настоящее время крайне необходимо. Как известно [1, 6, 8, 9 и др.], высокогорная зона характеризуется большими уклонами и наличием маломощных почво-грунтов, имеющих пониженную инфильтрационную способность (альпийские луга) по сравнению с почво-грунтами среднегорной зоны. Значительные площади здесь заняты выходами скал и шлейфами осыпей. По исследованиям Р. В. Хонина [10], в этой зоне на высотах около 3000 м в основном сосредоточены селевые очаги. Все это при выпадении интенсивных и продолжительных дождей обусловливает благоприятные условия для формирования почвенно-грунтового и поверхностного стока. В этих условиях возможно формирование и селевых паводков.

В работе Д. О. Святского [9], посвященной исследованию катастрофических ливневых паводков и селевых потоков, указывается, что основным фактором их формирования является выпадение в верхних зонах гор значительных ливневых осадков при повышенной температуре воздуха. В другой работе, выполненной Р. С. Голубовым [2], отмечается, что в высокогорной зоне процент обильных осадков возрастает с увеличением высоты снеговой линии. Эти выводы подтверждаются также исследованиями С. П. Кавецкого [5] и А. Ф. Литовченко [7]. В работе Р. С. Голубова и В. Р. Рындиной [3] указывается, что селевые паводки ливневого происхождения, как правило, наблюдались при высоком положении снеговой линии. В этой работе также отмечается, что высота снеговой линии отражает высотное положение нулевой изотермы над горным районом.

Таким образом, следует считать установленным [2, 3], что при высоких положениях нулевой изотермы в высокогорной зоне создаются благоприятные условия для выпадения интенсивных и продолжительных осадков вследствие распространения конвекции на более мощную зону по вертикали.

Для количественной оценки вероятности выпадения обильных осадков в различных высотных зонах были использованы эмпирические кривые обеспеченности их нормализованных и нормированных

значений за отдельные дожди. В соответствии с предложением Ю. Б. Виноградова [1] нормализация значений осадков в каждой точке поля производилась с помощью следующего выражения:

$$x = (H + 1)^n \lg H, \qquad (1)$$

где H — слой осадков (мм), x — преобразованное (нормализованное) значение слоя осадков, n — параметр асимметрии.

При выполнении расчетов нами рассматривались преобразованные величины осадков, нормированные для отдельных пунктов наблюдений с помощью следующего выражения:

$$\alpha = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x}. \qquad (2)$$

Параметры $\bar{x}$ и σ_x определялись по методике Ю. Б. Виноградова [1]. Эмпирические кривые обеспеченности значений α были построены для дождей с наиболее полными наблюдениями в отдельных точках поля. Всего было построено 72 кривых обеспеченности, характеризующих распределение по площади осадков различной интенсивности и продолжительности, и определены их параметры, $\bar{\alpha}$ и σ_x.

Распределение α по площади за отдельные дожди в подавляющем большинстве случаев хорошо соответствует нормальному закону [4]. Зависимость $\sigma_\alpha = f(\bar{\alpha}_{100})$, полученная для Малоалмаатинского ливнемерного куста ($F = 100$ км^2), имеет следующее аналитическое выражение [4]:

$$\sigma_\alpha = 0{,}36 \sqrt{\bar{\alpha}_{100}}. \qquad (3)$$

Таблица 1

Вероятности попадания значений α в пределы определенных высотных зон

Высота нулевой изотермы h км	Высотные зоны, м												
	1100—1300	1300—1500	1500—1700	1700—1900	1900—2100	2100—2300	2300—2500	2500—2700	2700—2900	2900—3100	3100—3300	3300—3500	3500—3700
						$p \leqslant 10\%$							
$\leqslant 3{,}25$	0,92	1,83	6,42	9,18	12,8	19,3	15,6	19,3	11,9	1,83	0,92	0,00	0,00
$\geqslant 4{,}00$	3,20	1,60	2,40	4,00	7,20	7,20	10,4	16,0	24,0	10,4	8,0	5,60	0,00
$2{,}0 < h < 6{,}0$	2,81	4,42	5,02	7,23	9,23	8,84	11,8	16,9	19,1	7,42	4,02	3,21	0,00
						$p \leqslant 25\%$							
$\leqslant 3{,}25$	0,79	2,38	4,76	10,3	13,9	19,8	16,7	20,2	7,2	2,38	1,59	0,00	0,00
$\geqslant 4{,}00$	1,91	3,29	3,62	3,95	6,91	11,8	17,4	19,6	16,4	7,21	3,62	3,53	0,76
$2{,}0 < h < 6{,}0$	2,20	5,10	4,26	8,80	8,50	14,0	14,8	18,4	12,5	5,45	3,06	2,60	0,33

Зависимость (3) отражает увеличение σ_α с увеличением $\overline{\alpha_{100}}$ и может быть использована в дальнейших расчетах. Анализ зависимости (3) позволяет установить, что коэффициент изменчивости $c_v = \sigma_\alpha/\overline{\alpha_{100}}$ уменьшается с увеличением значений $\overline{\alpha_{100}}$.

Для количественной оценки вероятности выпадения обильных осадков в различных высотных зонах использовались значения α обеспеченностью $p_\alpha \leqslant 25\%$ и $p_\alpha \leqslant 10\%$ за отдельные дожди. Эмпирические вероятности попадания значений α в пределы определенных высотных зон для положений нулевой изотермы до 3,25 км, более 4,00 км, а также без учета ее высоты приведены в табл. 1. Для составления этой таблицы использовано около 700 значений α

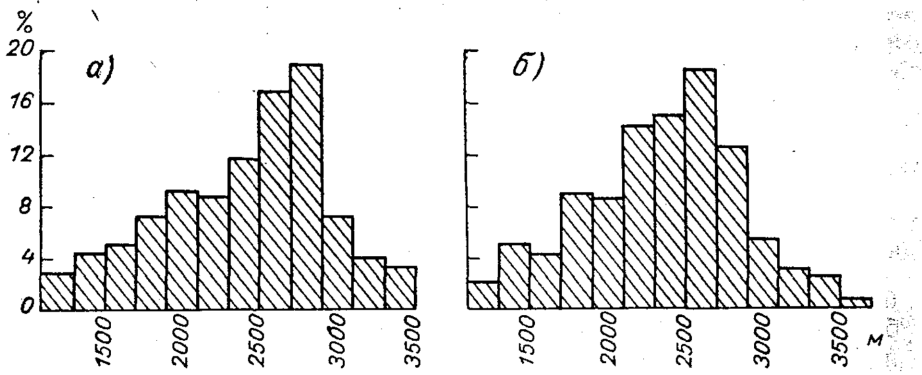


Рис. 1. Распределения вероятностей (%) попадания значений α в пределы определенных высотных зон без учета высоты нулевой изотермы.

а) $P_\alpha \leqslant 10\%$; *б*) $P_\alpha \leqslant 25\%$.

с $p_\alpha \leqslant 10\%$ и около 1300 значений α с $p_\alpha \leqslant 25\%$. Средняя высота нулевой изотермы за период выпадения осадков определялась по материалам радиозондирования на ст. Алма-Ата, ГМО.

Анализ данных этой таблицы для совокупности всех дождей показывает, что обильные осадки в большинстве случаев выпадают в зоне 2100—2900 м; наибольшей вероятностью попадания значений α обеспеченностью $p_\alpha \leqslant 10\%$ характеризуется зона 2700—2900 м, а обеспеченностью $p_\alpha \leqslant 25\%$ — зона 2500—2700 м (рис. 1). Необходимо отметить, что при высоких положениях нулевой изотермы (более 4,00 км) вероятность выпадения максимальных осадков в высокогорной зоне увеличивается, а в среднегорной зоне уменьшается. При низких положениях нулевой изотермы (ниже 3,25 км) наблюдается обратная картина. Это достаточно наглядно показано на рис. 2. При положении нулевой изотермы на высотах 3,25—4,00 км вероятности выпадения осадков в отдельных высотных зонах практически совпадают с распределением вероятностей, полученным для всей совокупности значений α (без учета нулевой изотермы).

Поэтому полученные выводы о значениях вероятности попадания максимальных значений α в пределы определенных высотных зон

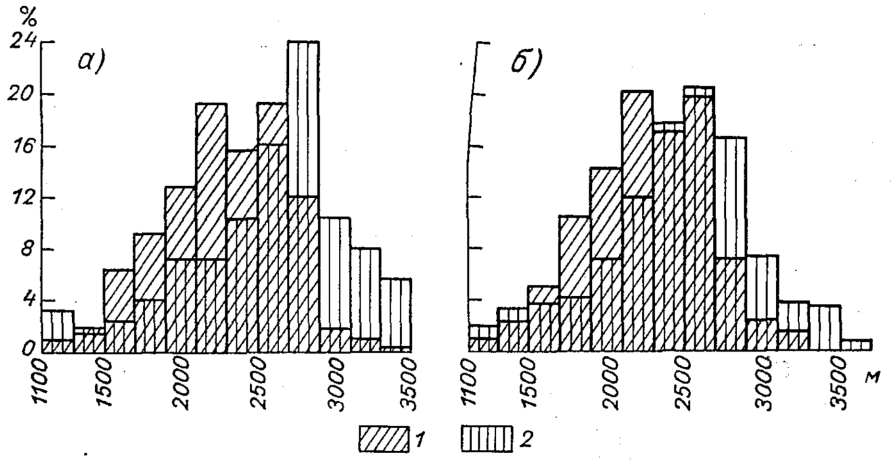


Рис. 2. Сравнение распределений вероятностей (%) попаданий значений α в пределы определенных высотных зон при высоте нулевой изотермы $h \leqslant \leqslant 3{,}25$ км (*1*) и $h \geqslant 4{,}00$ км (*2*).

а) $P_\alpha < 10\%$; *б*) $P_\alpha \leqslant 25\%$.

без учета и с учетом высотного положения нулевой изотермы могут быть использованы при разработке методов прогноза максимальных расходов дождевых паводков и критериев селеопасности.

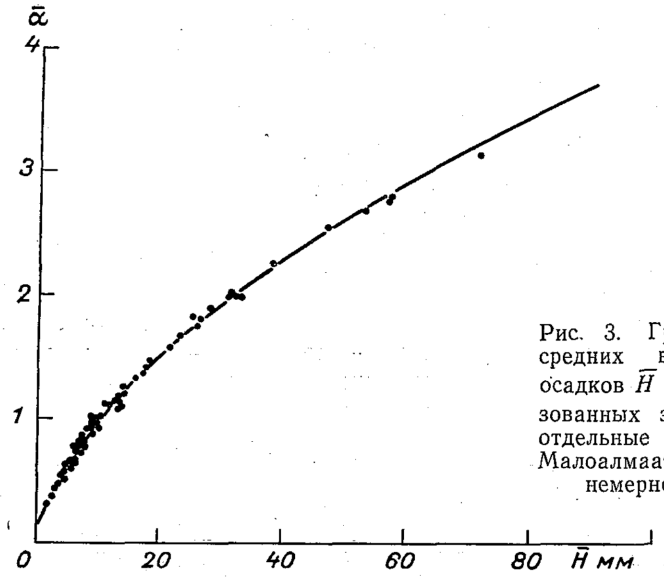


Рис. 3. График связи средних величин слоя осадков $\bar{H}$ и их преобразованных значений $\bar{\alpha}$ за отдельные дожди для Малоалмаатинского ливнемерного куста.

Следует отметить, что для этого уже имеются определенные предпосылки. Составление прогноза высоты нулевой изотермы на

период выпадения осадков, по мнению специалистов-синоптиков, особых трудностей не представляет. Величина максимальных осадков для различных высотных зон может быть определена на основании прогноза средней величины $\overline{\alpha}$ для водосборов различных размеров. Однако сейчас прогноз осадков выдается в виде определенного диапазона изменения их слоя по площади, причем ее размеры, а также обеспеченность величин, определяющих границы диапазона, в общем случае довольно неопределенны. Поэтому в настоящее время имеется возможность показать расчет максимальных осадков только на примере бассейна р. Малой Алмаатинки. Это обусловленно тем, что только для этого бассейна получен график связи среднего слоя осадков $\overline{H}$ мм и средней величины их преобразованных значений α с помощью материалов Малоалмаатинского ливнемерного куста ($F=100$ км^2). Указанная связь (рис. 3) имеет следующее аналитическое выражение:

$$\overline{a}=0{,}26\overline{H}^{0{,}60}-0{,}1. \qquad (4)$$

В других бассейнах использование для гидрологических задач данных прогноза осадков в современной форме их выражения крайне затруднительно.

Пример. По прогнозу ожидается средняя величина осадков для территории Малоалмаатинского ливнемерного куста ($F=100$ км^2) в пределах 20—30 мм и средняя высота нулевой изотермы в период их выпадения 4,5 км. Рассчитать величину осадков обеспеченностью $P=10\%$ и указать вероятность их выпадения в зоне 2900—3100 м.

Пользуясь выражением (4), имеющим формальный характер, определяем прогнозируемое значение $\overline{\alpha}=1{,}69$, соответствующее $H=25$ *мм*. Далее с помощью выражения (3) вычисляем величину $\sigma_\alpha=0{,}47$. Пользуясь параметрами $\overline{\alpha}$ и σ_α, определяем значение α_{10} с помощью известного выражения

$$\alpha_p=\overline{\alpha}+k_p\sigma_\alpha. \qquad (5)$$

Рассчитанная величина α_{10} оказалась равной 2,29. Определив для зоны 2900—3100 м значение параметров $\overline{x}$ и σ_x в соответствии с рекомендациями, приведенными в [1], переходим к вычислению x_p с помощью выражения (2), а затем H_p с помощью преобразования (1). В результате вычислений получим значение H_{10} для зоны 2400—3100 м, равное 30 мм. Вероятность выпадения в этой зоне осадков более 30 мм может быть определена по табл. 1 ($p\leqslant 10\%$), полученной для условий их формирования при высоте нулевой изотермы более 4 км. Эта вероятность оказалась равной 10,4%. Таким образом, при рассматриваемых условиях выпадение осадков более 30 мм в зоне высот 2900—3100 м следует ожидать с вероятностью около 10%. Следует отметить, что вероятность выпадения в этой зоне осадков указанной величины при положении нулевой изотермы ниже 3,25 км составляет всего около 2%.

Результаты проведенных исследований указывают на необходимость дифференцированного подхода к определению параметров $\overline{x}$ и σ_x при разработке методов прогноза дождевых паводков. Возможность расчета указанных параметров для определенных высотных

положений нулевой изотермы позволит на основании прогноза величины $\bar{\alpha}$ и известных статистических характеристик моделировать условные поля осадков в пределах отдельных речных бассейнов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. Труды КазНИГМИ, вып. 28. Гидрометеоиздат, Л., 1967.

2. Голубов Р. С. Синоптико-климатическое описание обильных ливней в районе Алма-Аты. Метеорология и гидрология, № 10, 1959.

3. Голубов Р. С., Рындина В. Р. Некоторые возможности в определении селеопасности в бассейнах рек северного склона Заилийского Алатау. Труды КазНИГМИ, вып. 29, 1967.

4. Голубцов В. В., Валькова В. В. Исследование пространственной неравномерности распределения осадков на основе анализа статистической структуры их полей в горном бассейне. Труды КазНИГМИ, вып. 41, 1970.

5. Кавецкий С. П. Некоторые итоги и перспективы решения проблемы прогноза, расчета и мер борьбы с катастрофическими паводками в горных условиях. Труды III Всесоюзного гидрологического съезда, т. VII. Гидрометеоиздат, 1959.

6. Литовченко А. Ф. О формировании ливне-дождевых паводков в условиях северного склона Заилийского Алатау. Сб. работ Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории, вып. 1. Алма-Ата, 1965.

7. Литовченко А. Ф. Некоторые результаты исследования распределения слоя дождя по площади в условиях Заилийского Алатау. Материалы совещания по вопросам экспериментального изучения стока и водного баланса речных водосборов. Валдай, 1965.

8. Мочалов В. П. Расчет потерь на инфильтрацию по данным дождевания в Заилийском Алатау. Материалы совещания по вопросам экспериментального изучения стока и водного баланса речных водосборов. Валдай, 1965.

9. Святский Д. О. О грязе-каменных потоках («селях») на реках Малой и Большой Алма-Атинках в связи с режимом водоносности этих рек. Труды Казахского управления единой гидрометеорологической службы, т. I. Изд. КазУЕГМС, Алма-Ата, 1936.

10. Хонин Р. В. Селевые очаги северного склона Заилийского Алатау. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.

Ю. Б. ВИНОГРАДОВ

МЕТОД РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

В работе автора [1] освещены вопросы расчетов паводковых характеристик. Там же изложена методика расчета максимальных расходов при заданных величинах слоя H_q и продолжительности T_q дождевого стока (глава 6), которую во многих отношениях нельзя признать удачной. В частности, можно критиковать излишнюю громоздкость решения и некоторую искусственность основных предпосылок, хотя результаты расчетов в большей части случаев оказались вполне приемлемыми. В данной статье сделана попытка использования совершенно иного принципа расчета максимальных расходов.

Как уже отмечалось в [1], вопрос о расчете максимального паводкового расхода при заданных величинах H_q и T_q принципиально может быть решен путем отыскания статистических характеристик нового случайного процесса, получаемого преобразованием процесса интенсивности стокообразования $q\{t\}$ с помощью дифференциального уравнения

$$\frac{dW}{dt} = Q_q - b\,[\exp(aW) - 1], \tag{1}$$

где W — объем динамических запасов воды в бассейне (м³), Q_q — интенсивность стокообразования (м³/сек.), a и b — гидравлические параметры водосбора. Однако такое преобразование, являясь существенно нелинейным, представляется специальной задачей, связанной с очень серьезными математическими затруднениями. В связи с этим целесообразно пойти на некоторые упрощения, например, использовать тот факт, что при $t \to \infty$ величина интенсивности притока в русловую сеть $Q_r \to Q_q$, как это видно из уравнения гидрографа суммарного притока к русловой сети [1]:

$$Q_r = \frac{Q_q + b}{1 + \dfrac{Q_q - Q_0}{b + Q_0} \exp\left[-a\,(t - t_0)\,(Q_q + b)\right]} - b, \tag{2}$$

где Q_0 — расход в момент времени t_0. Практически это достигается уже при $t = \tau'$, определяемом равенством

$$\tau' = \frac{1}{a\,(Q_q + b)} \left(-\ln \frac{0{,}1b}{0{,}9Q_q + b}\right), \tag{3}$$

которое получено из уравнения (2) при условии $Q_r = 0{,}9Q_q$. Поэтому о максимальном расходе $(Q_r)_{\max}$ приближенно можно судить по величине максимальной ординаты процесса $\bar{q}_{\tau'}\{t\}$, получаемого в результате операции скользящего осреднения процесса $q\{t\}$ по времени τ'. Следуя дальше логично предположить, что, проводя подобную операцию по времени $\tau = \tau' + \tau''$, где τ будем трактовать как время общего добегания дождевых вод в бассейне, τ' — как время включения водосборной поверхности в процессе водоотдачи в русловую сеть и τ'' — как время руслового добегания, получим приближенную оценку максимального расхода $Q_{\max}$ в замыкающем створе.

Оценку величины времени руслового добегания (в минутах) можно получить с помощью выражения В. В. Голубцова [2], разработанного для горных и предгорных рек, которое после некоторого преобразования имеет вид

$$\tau'' = 2{,}06 L / \gamma \bar{\bar{q}}^{0{,}35} F^{0{,}19} J^{0{,}11}, \tag{4}$$

где L — длина главного русла (км); $\bar{\bar{q}}$ — средняя по времени и площади интенсивность стокообразования (мм/мин.); F — площадь водосбора (км^2); J — уклон; γ — коэффициент, учитывающий разобщенность добегания воды по русловой сети и представляющий собой отношение функциональной средней площади к обычной площади бассейна. Подсчитывается этот коэффициент на основании следующего уравнения:

$$\gamma = \frac{1}{2LF^{0{,}35}} \sum_{i=0}^{n} \left(\Delta F_{i-1}^{0{,}35} + \Delta F_i^{0{,}35} \right) \Delta L_{i-1,\, i}, \tag{5}$$

где ΔF_i — площадь водосборов выше створов в устьях основных притоков, причем эти створы берутся ниже устья притока, если створ ограничивает участок $\Delta L_{i-1,\, i}$ сверху, в противном случае площадь водосбора притока не учитывается.

Рассмотрим процесс

$$\bar{q}_\tau\{t\} = \frac{1}{\tau} \int_0^\tau q\{t\}\, dt. \tag{6}$$

Очевидно, что математическое ожидание сглаженного процесса равно таковому процесса исходного:

$$\bar{\bar{q}}_\tau = \bar{\bar{q}}, \tag{7}$$

а среднее квадратическое отклонение определится уравнением [1]

$$S(\bar{q}_\tau) = \frac{4{,}472}{\tau} \sqrt{\tau - 10\left[1 - \exp(-0{,}10\tau)\right]}\, S(q) = \eta_\tau^* S_q(q). \tag{8}$$

В табл. 1 помещены значения коэффициента η_τ^*.

Таблица 1

Значения коэффициента η^*_τ, соответствующие различным величинам τ

τ	η^*_τ	τ	η^*_τ	τ	η^*_τ
1	0,980	70	0,495	450	0,208
2	0,967	80	0,468	500	0,198
5	0,923	90	0,444	550	0,189
10	0,858	100	0,424	600	0,181
15	0,802	120	0,391	700	0,168
20	0,754	140	0,364	800	0,157
25	0,712	160	0,342	900	0,148
30	0,675	180	0,324	1000	0,141
35	0,643	200	0,308	1100	0,134
40	0,614	250	0,287	1200	0,129
45	0,589	300	0,254	1300	0,123
50	0,566	350	0,235	1400	0,119
60	0,527	400	0,221	1500	0,117

Общая формула для расчета вероятности того, что максимум максиморум случайного процесса за время $T_q - \tau$ превысит заданную величину, приводится у Н. А. Картвелишвили [3]. Однако трудности практических расчетов по этой формуле превышают пределы целесообразности. Поэтому примем более слабое условие, приводящее к доступному, но более упрощенному решению задачи: математическое ожидание числа выбросов за уровень $q_{\max}$ в течение времени $T_q - \tau$ равно единице. Тогда при условии, что закон распределения процесса $\overline{q_\tau}\{t\}$ близок к нормальному, а операция скользящего осреднения, будучи линейной, «нормализует» исходный случайный процесс [4], имеем

$$\overline{n}_{q_{\max}} = \frac{S(\overline{q}'_\tau)(T_q - \tau)}{2\pi S(\overline{q}_\tau)} \exp\left[-\frac{(q_{\max} - \overline{q}_\tau)^2}{2S^2(\overline{q}_\tau)}\right] = 1, \qquad (9)$$

где $\overline{n}_{q_{\max}}$ — среднее число выбросов за уровень $q_{\max}$ в течение времени $T_q - \tau$, а $S(\overline{q}'_\tau)$ — среднее квадратическое отклонение производной (скорости изменения) процесса $\overline{q_\tau}\{t\}$.

Решая (9) относительно $q_{\max}$, получим

$$q_{\max} = \overline{q} + S(\overline{q}_\tau)\sqrt{2\ln\frac{(T_q - \tau)S(\overline{q}'_\tau)}{2\pi S(\overline{q}_\tau)}}. \qquad (10)$$

Учитывая, что

$$S^2(\overline{q}'_\tau) = -\frac{d^2}{d\theta^2} B_{\overline{q}_\tau}(\theta) \quad \theta = 0, \qquad (11)$$

где B — символ корреляционной функции, имеем

$$S(\overline{q}'_\tau) = S(q)/\tau. \tag{12}$$

Окончательно получим

$$q_{\max} = \overline{q} + S(q)\,\eta^*_\tau \sqrt{2 \ln \frac{T_q - \tau}{2\pi\eta^*_\tau \tau}}. \tag{13}$$

В зависимости от величины интервала осреднения τ случайной функции $q\{t\}$ имеет место диапазон соотношений τ и T_q, для которого некоторые условия приведенного выше вывода уравнения (10) не выполняются. В частности, это относится к правомочности использования нормального закона распределения для описания процесса $\overline{q}_\tau\{t\}$. Действительно, предельное условие равенства $q_{\max} = \overline{q}$ при $\tau = T_q$ не удовлетворяется, более того, целый диапазон сочетаний величин τ и T_q приводит к отрицательному значению подкоренного выражения. В связи с этим целесообразно под символ логарифма ввести в качестве слагаемого единицу, присутствие которой удовлетворяло бы названному выше предельному условию и практически не влияло бы на результат при значительном превышении T_q над τ, что отвечает условию «нормализации» закона распределения $\overline{q}_\tau\{t\}$. Введение единицы целесообразно также для некоторого учета положительной асимметрии истинного закона распределения $\overline{q}_\tau\{t\}$. Таким образом, множитель

$$\sqrt{2 \ln \left(\frac{T_q - \tau}{2\pi\eta^*_\tau \tau} + 1 \right)}$$

должен рассматриваться в качестве интерполяционного. В результате выражение для расчета $q_{\max}$ приобретает следующий вид:

$$q_{\max} = \overline{q} + S(q)\,\eta^*_\tau \sqrt{2 \ln \left(\frac{T_q - \tau}{2\pi\eta^*_\tau \tau} + 1 \right)}. \tag{14}$$

Максимальный расход связан с величиной $q_{\max}$ элементарным соотношением

$$Q_{\max} = 16{,}67 F q_{\max}, \tag{15}$$

где $Q_{\max}$ измеряется в м³/сек., F — в км² и $q_{\max}$ — в мм/мин.

Уравнение (14) может быть непосредственно использовано для расчета $Q_{\max}$ на микроводосборах и однородных бассейнах при $\tau \leqslant T_q$. Для случая $\tau > T_q$ расчет $(Q_r)_{\max}$ ведется с помощью следующего выражения [1]:

$$(Q_r)_{\max} = \frac{\overline{Q}_q + b}{1 + \frac{\overline{Q}_q}{b} \exp\left[-aT_q(\overline{Q}_q + b)\right]} - b, \tag{16}$$

после чего значение $(Q_r)_{max}$ пересчитывается в Q_{max} на основании равенства

$$Q_{max}=\frac{2}{a\tau''}\ln\left\{\frac{(Q_r)_{max}}{b}\left[1-\exp\left(-\frac{1}{2}ab\tau''\right)\right]+1\right\}. \qquad (17)$$

Выражение (17) получено на основании решения уравнения

$$Q_{max}=\frac{1}{\tau''/2}\int_0^{\tau/2}Q_r(t)\,dt, \qquad (18)$$

где функция $Q_r(t)$ определяется уравнением кривой истощения, т. е. уравнением (2) при $Q_q=0$. При этом имеет место некоторая условность, связанная с использованием приближенного интеграла (18), а не несколько более точного, но приводящего к громоздким расчетам выражения [1]

$$Q_{max}=\frac{1}{\tau''}\left[\int_{t_1}^{t_2}Q_r(t)\,dt+\int_{t_2}^{t_3}Q_r(t)\,dt\right], \qquad (19)$$

где $t_3-t_1=\tau''$. Функция $Q_r(t)$ в первом интеграле определяется уравнением кривой подъема, а во втором — кривой спада гидрографа.

В качестве простейшего интерполяционного выражения, годного лишь для оценочных расчетов, можно предложить следующее:

$$Q_{max}=16{,}67\bar{q}F\frac{T_q}{\tau} \qquad \tau\geqslant T_q. \qquad (20)$$

Несколько сложнее обстоит дело в более общем случае расчета Q_{max} для неоднородных бассейнов. Здесь необходимо учитывать не только различие статистических характеристик случайных процессов $q\{t\}$, но и разницу в длительности этих процессов.

Получим сначала уравнение для расчета q_{max} в случае, когда значения T_q и τ одинаковы для процессов стокообразования на различных участках водосбора. Очевидно, что это уравнение будет иметь ту же структуру, что и выражения (10) и (14):

$$q_{max}=\bar{q}_\Sigma+S_\Sigma(\bar{q}_\tau)\sqrt{2\ln\left[\frac{(T_q-\tau)\,S_\Sigma(\bar{q}'_\tau)}{2\pi S_\Sigma(\bar{q}_\tau)}+1\right]}, \qquad (21)$$

где индекс $\sum$ указывает на то, что статистические характеристики относятся ко всей сумме процессов стокообразования на разного рода поверхностях.

Величина $\bar{q}_\Sigma$ представляет собой среднюю взвешенную по величине отдельных стокообразующих площадей интенсивность стокообразования за время T_q:

$$\bar{q}_\Sigma=\sum_{i=1}^{n}\bar{q}_i f_i, \qquad (22)$$

где f_i — площадь отдельного стокообразующего элемента в долях от единицы. Тогда очевидно, что

$$\sum_{i=1}^{n} f_i = 1. \tag{23}$$

Значения средних квадратических отклонений в общем виде определяются следующими уравнениями:

$$S_{\Sigma}(\bar{q}_\tau) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2(\bar{q}_\tau) f_i^2 + 2 \sum_{i<j} S_i(\bar{q}_\tau) f_i S_j(\bar{q}_\tau) f_j \tilde{r}_{ij}}, \tag{24}$$

$$S_{\Sigma}(\bar{q}'_\tau) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau_i^2} S_i^2(q) f_i^2 + 2 \sum_{i<j} \frac{1}{\tau_i \tau_j} S_i(q) f_i S_j(q) f_j r_{ij}}. \tag{25}$$

Уравнение (25) для оговоренного выше случая $\tau_1 = \tau_2 = \ldots = \tau_n$ будет иметь еще более простой вид

$$S_{\Sigma}(\bar{q}'_\tau) = \frac{1}{\tau} \sqrt{\sum_{i=1}^{n} S_i^2(q) f_i^2 + 2 \sum_{i<j} S_i(q) f_i S_j(q) f_j r_{ij}}. \tag{26}$$

В этих уравнениях r_{ij} — нормированная взаимная корреляционная функция $r_{ij}(t_2 - t_1)$ при $t_2 - t_1 = 0$, другими словами, коэффициент корреляции между ординатами двух суммируемых случайных процессов стокообразования в один и тот же момент времени, а $\tilde{r}_{ij}$ — то же самое, но для процессов стокообразования, сглаженных по величине τ.

Вопрос о пространственной корреляции процессов интенсивности осадков и стокообразования является полностью неизученным. Пока приходится пользоваться гипотетическим предположением о равенстве r_{ij} и $\tilde{r}_{ij}$ единице, предположением, в скрытой форме подразумеваемом практически во всех бытующих в гидрологии методах расчета максимальных расходов. Очевидно, что допуская равенство $r_{ij} = \tilde{r}_{ij} = 1$ мы достигаем некоторого преувеличения в оценке величины $q_{\max}$, но, видимо, не столь уж существенного.

Полагая $r_{ij} = \tilde{r}_{ij} = 1$, получаем простые выражения для средних квадратических отклонений $S_{\Sigma}(\bar{q}_\tau)$ и $S_{\Sigma}(\bar{q}'_\tau)$:

$$S_{\Sigma}(\bar{q}_\tau) = \sum_{i=1}^{n} S_i(\bar{q}_\tau) f_i = \sum_{i=1}^{n} S_i(q) \eta^*_{\tau_i} f_i, \tag{27}$$

$$S_{\Sigma}(\bar{q}'_\tau) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau_i} S_i(q) f_i. \tag{28}$$

Рассмотрим способ расчета q_{max} в случае существенной разницы в величинах $T_q - \tau$ для различных участков водосбора. Расположим значения $T_q - \tau$ в убывающем порядке, после чего расчет q_{max} ведется по уравнению (21) по следующей схеме:

$$1)\ (T_q - \tau)_1;\quad \bar{q}_\Sigma = q_1 f_1;\quad S_\Sigma(\bar{q}_\tau) = S_1(\bar{q}_\tau) f_1;$$

$$S_\Sigma(\bar{q}'_\tau) = \frac{1}{\tau_1} S_1(q) f_1;$$

$$2)\ (T_q - \tau)_2;\quad \bar{q}_\Sigma = q_1 f_1 + q_2 f_2;\quad S_\Sigma(\bar{q}_\tau) = S_1(\bar{q}_\tau) f_1 + S_2(\bar{q}_\tau) f_2;$$

$$S_\Sigma(\bar{q}'_\tau) = \frac{1}{\tau_1} S_1(q) f_1 + \frac{1}{\tau_2} S_2(q) f_2;$$

. . . . . .

$$n)\ (T_q - \tau)_n;\quad \bar{q}_\Sigma = \sum_{i=1}^{n} \bar{q}_i f_i;\quad S_\Sigma(\bar{q}_\tau) = \sum_{i=1}^{n} S_i(\bar{q}_\tau) f_i;$$

$$S_\Sigma(\bar{q}'_\tau) = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\tau_i} S_i(q) f_i.$$

Из n вычисленных значений q_{max} отбирается наибольшее, после чего по соотношению (15) определяется интересующий нас максимальный расход.

В случае $\tau > T_q$ вычисления производятся с помощью уравнения (16), после чего значения $(Q_r)_{max}$ пересчитываются по формуле (17) и суммируются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. Труды КазНИГМИ, вып. 28, 1967.

2. Голубцов В. В. О расчете скорости и времени добегания стока в горном бассейне. См. наст. сб.

3. Картвелишвили Н. А. Теория вероятностных процессов в гидрологии и регулировании речного стока. Гидрометеоиздат, Л., 1967.

4. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций. Изд. «Наука», М., 1968.

В. В. ГОЛУБЦОВ

О РАСЧЕТЕ СКОРОСТИ И ВРЕМЕНИ ДОБЕГАНИЯ СТОКА В ГОРНОМ БАССЕЙНЕ

Скорость и время добегания талых и дождевых вод по микроручейковой и дренажной сети склонов и руслам речных бассейнов являются основными факторами, определяющими трансформацию графика интенсивности стокообразования в гидрограф стока. В связи с этим исследователи на протяжении всего периода развития гидрологической науки уделяли этому вопросу большое внимание. Исследованию скорости и времени добегания стока посвящено довольно много работ, выполненных в СССР и за рубежом. Необходимо отметить, что многие исследователи определяют параметры формул добегания как остаточные члены исходных уравнений, предназначенных для расчета максимальных расходов. В этом случае параметры формул добегания, определенные исходя из разных расчетных схем, являются несопоставимыми между собой. Скорости добегания, определенные с помощью этих формул, необходимо контролировать, сопоставляя их с данными фактических измерений. К работам по исследованию руслового добегания, в которых отсутствует указанный недостаток, следует отнести исследования Н. В. Лалыкина [22], А. Г. Иваненко [17] и Е. Д. Гопченко [14]. Из них две последние работы посвящены изучению закономерностей добегания стока полугорных и горных рек соответственно Закарпатской области и Юго-Востока СССР. Для горных рек Средней Азии, Южного и Юго-Восточного Казахстана, характеризующихся наибольшими уклонами, такие исследования не проводились. В связи с отсутствием в высокогорной и среднегорной зонах постов, расположенных по длине реки и оборудованных самописцами, не было возможностей для определения времени добегания путем анализа соответственных уравнений и расходов. Между тем при разработке методов прогноза максимальных расходов рекомендации по расчету скорости и времени добегания стока в горных бассейнах крайне необходимы. Это побудило автора начиная с 1966 г. заняться исследованием гидравлических сопротивлений при движении воды в руслах горных рек. Результаты этих исследований были опубликованы в 1967 г. [10] и в более полном виде в 1969 г. [11—13]. При выполнении этих исследований удалось установить, что квадратичному закону сопротивления соответствуют только физические условия

движения воды в реках с уклонами $i \leqslant 0{,}001$. Потери напора на сопротивление движению воды горных рек с уклонами $i \geqslant 0{,}004$ пропорциональны средней скорости в шестой степени. В диапазоне уклонов $0{,}001 < i < 0{,}004$ наблюдается постепенный переход от зоны квадратичного сопротивления к зоне сопротивлений, пропорциональных средней скорости потоков в шестой степени [11]. В результате проведенных исследований была получена формула для расчета средней скорости полугорных и горных рек ($i > 0{,}001$):

$$V_{ср} = \frac{1}{m} h_{ср}^{0,67} (i + 0{,}001)^{0,17}. \quad (1)$$

В частном случае при расчете $V_{ср}$ горных рек ($i \geqslant 0{,}004 \div 0{,}01$) выражение (1) может быть записано в следующем виде:

$$V_{ср} = \frac{1}{m} h_{ср}^{0,67} i^{0,17}. \quad (2)$$

Определение параметра шероховатости m производится соответственно с классификацией, приведенной в указанной выше работе. Для горных рек с $i > 0{,}01$ этот параметр для естественных водотоков рекомендуется принимать постоянным и равным 0,222. Следует отметить, что эмпирическая формула такого же вида (2) получена и в Болгарии С. Герасимовым [35, 36] путем анализа материалов гидрометрических измерений на участке полугорных и горных рек бассейна р. Марицы. Это указывает на то, что формула вида (2), полученная независимо С. Герасимовым [35, 36], и автором [10, 11], достаточно обоснована и характеризует устойчивую закономерность изменения гидравлических сопротивлений при движении воды в руслах горных рек. Характеристика шероховатости $1/m$ для полугорных и горных рек, согласно классификации автора [11], изменяется преимущественно в пределах 3,5—5,5 и в среднем составляет 4,5. Для рек бассейна р. Марицы аналогичная характеристика, полученная С. Герасимовым [35], изменяется в пределах 4,00—6,25, составляя в среднем 5,0. Сопоставление приведенных параметров показывает, что полугорные и горные реки Болгарии характеризуются несколько меньшей шероховатостью по сравнению с реками горных районов СССР. Изложенное выше показывает, что формулы вида (2) имеют довольно узкий диапазон изменений параметра шероховатости. Это дает возможность с достаточной точностью рассчитывать среднюю скорость потока по известным значениям его гидравлических параметров. Уравнение для расчета средней скорости добегания горных рек может быть получено путем подстановки в выражение (2) значения $h_{ср}$, определенного из уравнения расхода $Q = V_{ср} b h_{ср}$, причем предполагается, что параметры зависимости $b = f(h_{ср})$, характеризующей форму русла [19], известны. Можно считать установленным, что эта зависимость имеет следующий вид:

$$b = b_0 h_{ср}^{\eta}. \quad (3)$$

Подставив это выражение в уравнение расхода, получим

$$Q = V_{ср} b_0 h_{ср}^{\eta+1}. \quad (4)$$

Тогда уравнение для расчета средней скорости добегания, полученное путем подстановки значения $h_{ср}$, определенного из выражения (4), в формулу (2), будет иметь следующий вид:

$$V_{ср} = \left(\frac{1}{m}\right)^{\frac{3\eta+3}{3\eta+5}} \left(\frac{1}{b_0}\right)^{\frac{2}{3\eta+5}} Q^{\frac{2}{3\eta+5}} i^{\frac{\eta+1}{6\eta+10}}. \quad (5)$$

Значение параметра η изменяется от нуля для прямоугольных русел до единицы для русел треугольной формы. Для параболических русел $0 < \eta < 1$ [1]. Анализ морфометрических характеристик полугорных и горных рек Средней Азии, Южного и Юго-Восточного Казахстана позволил установить, что параметр η зависимости (3) изменяется преимущественно от 0,1 до 0,4 и может быть принят в среднем равным 0,25. Подставив эту величину в выражение (5), имеем

$$V_{ср} = \frac{\overline{Q}^{0,35} \overline{i}^{0,11}}{\overline{m}^{0,65} \overline{b}_0^{0,35}}. \quad (6)$$

Учитывая, что $\tau = L/V_{ср}$, получим

$$\tau = \frac{16,67 \overline{m}^{0,65} \overline{b}_0 L}{\overline{Q}^{0,35} \overline{i}^{0,11}}. \quad (7)$$

Естественно, что для расчета средней скорости добегания необходимо в выражения (6), (7) подставить средние значения i, m, Q, b_0 на участке. Рассмотрим способы определения этих величин для участков полугорных и горных рек.

Средний уклон вычисляется как отношение общего падения реки на участке к ее длине. При значительных изменениях продольного профиля реки средний уклон следует определять по способу, предложенному Г. А. Алексеевым [1].

Среднее значение параметра m может быть принято постоянным: $\overline{m} = 0,222$. Это обусловлено тем, что на полугорных и горных реках, как правило, наблюдается чередование участков с различным характером движения воды. Поэтому для участка длиной 2—3 км значение параметра шероховатости m стремится к его наиболее вероятному значению, равному 0,222 [11]. Для участков ограниченной длины, характеризующихся сравнительно однообразными условиями движения воды, среднее значение параметра m может быть определено с помощью классификации, приведенной в работе автора [11]. Эта классификация может оказаться полезной только при определении параметра m на реках с $i = 0,001 \div 0,01$. Для рек с $i > 0,01$ использование визуальных оценок характера движения потока крайне затруднительно. В связи с этим и рекомендуется принимать значе-

ние m постоянным и равным его наиболее вероятной величине. Однако и в этом случае крайние значения m, приведенные в классификационной таблице, характеризуют диапазон наиболее часто встречающихся величин параметра шероховатости русел полугорных и горных рек. Значение $\overline{Q}$ для участка от истока до замыкающего створа может быть приближенно определено с помощью редукционных формул максимального стока, имеющих следующий вид:

$$M = \frac{A}{F^{\lambda}}, \tag{8}$$

откуда

$$Q = AF^{1-\lambda}. \tag{9}$$

Из выражения (9) можно легко получить зависимость $\overline{Q} = f(F)$:

$$\overline{Q} = \frac{A}{F}\int_0^F F^{1-\lambda}\,dF, \tag{10}$$

или

$$\overline{Q} = \frac{A}{2+\lambda}F^{1-\lambda}. \tag{11}$$

Обозначив $\frac{1}{2-\lambda} = \gamma$ и учитывая (9), получим

$$\overline{Q} = \gamma Q. \tag{12}$$

Таким образом, для определения коэффициента перехода от расхода в замыкающем створе к среднему расходу необходимо знать только показатель степени редукции λ. При изменении λ от 0 до 1 коэффициент γ изменяется в пределах 0,5—1,0. Формулы вида (8) получили широкое распространение в гидрологии. Значения параметра λ приводятся в ряде работ и научно-прикладных изданий. Они могут быть использованы для определения коэффициента γ. В отдельных случаях значение параметра λ может быть определено путем анализа материалов наблюдений. Следует отметить, что при определении γ указанным способом не учитываются особенности формирования стока и строение гидрографической сети отдельных бассейнов, определяющие характер изменения расхода по длине реки. В связи с этим более перспективно определение коэффициента γ с помощью материалов специализированного гидрографического обследования реки. В результате такого обследования должны быть получены сведения об изменении от истока до замыкающего створа характеристик, определяющих пропускную способность русла [33]. В соответствии с формулой (2) пропускная способность русел горных рек может быть определена следующим образом:

$$Q = k_1 i^{0,17}, \tag{13}$$

где

$$k_1 = \omega \frac{1}{m} \bar{h}^{0,67}. \qquad (14)$$

На основании материалов обследования могут быть получены сведения об изменении ω и $h_{ср}$ на участке от стока до замыкающего створа. Изменение среднего уклона по длине реки определяется по ее продольному профилю, построенному с помощью крупномасштабных топографических карт. Имея сведения об изменении ω, $\bar{h}$, $\bar{i}$ на участке от истока до замыкающего створа и принимая

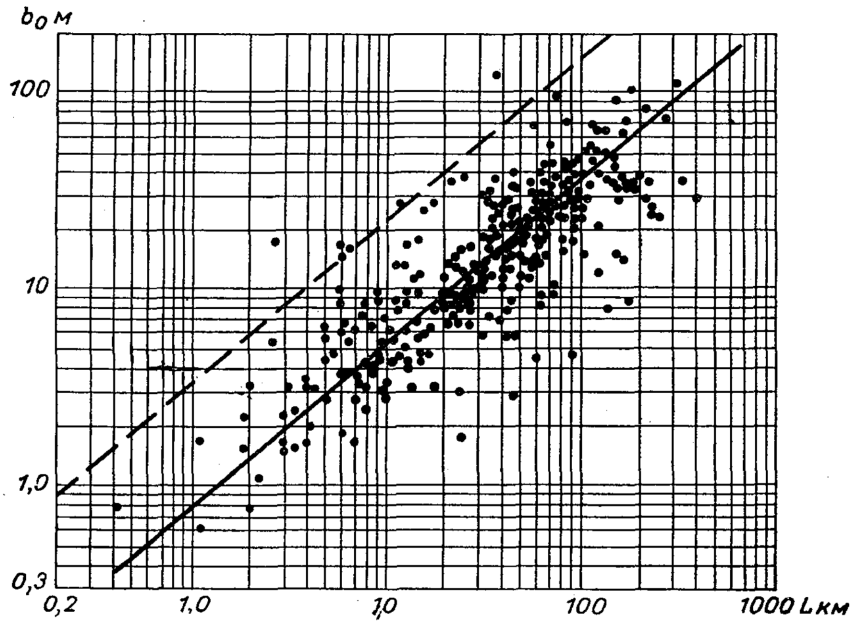


Рис. 1. Зависимость $b_0 = f(L)$.

значение параметра шероховатости m постоянным и равным его наиболее вероятному значению, можно, используя выражение (13), построить график изменения расхода Q по длине реки. С помощью этого графика легко определить коэффициент перехода от величины расхода в замыкающем створе к среднему расходу $\bar{Q}$ по длине реки.

При определении величины среднего расхода на участке между двумя створами особых трудностей обычно не возникает. Характер изменения стока на участке может быть установлен при его обследовании и определении максимальных расходов по меткам высоких вод. Для слабоприточных (транзитных) участков при расчете средней скорости в первом приближении может быть принят расход верхнего створа.

Для определения $\overline{b_0}$ на участке от истока до замыкающего створа или между двумя створами может быть использована связь значений b_0, определенных для каждого гидрометрического створа, и расстояния L от истока до этого створа (рис. 1). Как известно, гидрометрические створы выбираются на участках рек с сосредоточенным движением воды. Анализ материалов гидрографических обследований рек рассматриваемой территории позволил установить, что значения b_0, определенные в гидрометрических створах, на 15—20% меньше, чем средние на участке. В связи с этим линия на рис. 1 проведена с учетом приведенной выше величины отклонения. Полученная зависимость имеет следующее аналитическое выражение:

$$b_0 = 0{,}80L^{0{,}82}. \tag{15}$$

Из этого выражения можно получить зависимость $\overline{b_0} = f(L)$:

$$b_0 = \frac{0{,}80}{L}\int_0^L L^{0{,}82}\,dL, \tag{16}$$

или

$$b_0 = 0{,}45L^{0{,}82}. \tag{17}$$

Анализ материалов гидрографических обследований горных рек показывает, что числовой коэффициент в формуле (17) изменяется преимущественно в пределах 0,25—0,65.

Параметр $\overline{b_0}$ для участка между верхним ($C_в$) и нижним ($C_н$) створами, расположенными на расстоянии L_1 и L_2 от истока реки, определяется следующим образом. С помощью выражения (17) рассчитывается значение $\overline{b_0}$ для верхнего ($\overline{b_0}(C_в)$) и нижнего ($\overline{b_0}(C_н)$) створов. Значение $\overline{b_0}$ для участка L_1L_2 определяется с помощью следующего выражения:

$$\overline{b_0}(L_1L_2) = \frac{\overline{b_0}(C_н)\,L_2 - \overline{b_0}(C_в)\,L_1}{L_2 - L_1}. \tag{18}$$

Более точное определение указанного параметра возможно путем использования материалов гидрографических обследований. В отдельных случаях могут оказаться полезными крупномасштабные топографические карты и аэрофотоснимки. Полученная зависимость (17) для расчета параметра $\overline{b_0}$ дает возможность перейти к определению средней скорости и времени добегания на участке от истока до замыкающего створа. Подставив (17) в выражение (6), получим

$$V_{ср} = \frac{1{,}323\overline{Q}^{0{,}35}\overline{i}^{0{,}11}}{\overline{m}^{0{,}65}L^{0{,}29}}. \tag{19}$$

Значение $\overline{Q}$ может быть представлено в следующем виде:

$$\overline{Q} = \gamma Q = \gamma\, 16{,}67 \overline{q} F. \tag{20}$$

Тогда, подставив это выражение в (19), получим

$$V_{ср} = \frac{3{,}54 \gamma^{0{,}35} \overline{q}^{0{,}35} F^{0{,}35} i^{0{,}11}}{m^{0{,}65} L^{0{,}29}}. \tag{21}$$

Следует отметить, что при выполнении расчетов по формуле (2) может возникнуть необходимость замены L через F и наоборот. Для этого можно использовать зависимость $L = f(F)$, полученную для бассейнов горных рек Средней Азии, Южного, Юго-Восточного и Восточного Казахстана (рис. 2). Она имеет следующее аналитическое выражение:

$$L = 1{,}6 F^{0{,}55}, \tag{22}$$

откуда

$$F = 0{,}425 L^{1{,}82}. \tag{23}$$

Учитывая, что $\tau = L/V_{ср}$ и используя выражения (22) и (23), получим:

$$\tau_р = \frac{5{,}48 \overline{m}^{0{,}65} L}{\gamma^{0{,}35} \overline{q}^{0{,}35} F^{0{,}19} \overline{i}^{0{,}11}}, \tag{24}$$

$$\tau_р = \frac{6{,}35 m^{0{,}65} L^{0{,}65}}{\gamma^{0{,}35} \overline{q}^{0{,}35} i^{0{,}11}}, \tag{25}$$

$$\tau_р = \frac{8{,}625 \overline{m}^{0{,}65} F^{0{,}36}}{\gamma^{0{,}35} \overline{q}^{0{,}35} \overline{i}^{0{,}11}}. \tag{26}$$

Если принять, согласно указанным выше рекомендациям, $\overline{m} = 0{,}222$, то числовые коэффициенты в уравнениях (24)—(26) будут соответственно равны 2,06; 2,40; 3,25. При выполнении расчетов предпочтительнее пользоваться выражением (24), в котором практически не сказывается погрешность, обусловленная заменой F на L с помощью зависимости $F = f(L)$. Необходимо помнить, что при расчете $\tau_р$ полугорных рек ($0{,}001 < i < 0{,}01$) в приведенных формулах вместо i принимается $i + 0{,}001$.

Следует отметить, что приведенные формулы получены исходя из предположения об установившемся характере движения воды в руслах полугорных и горных рек. Теоретические расчеты [32] показывают, что скорость перемещения волны паводка может превышать скорость течения воды в 1,25—1,5 раза. В этом случае скорость движения волны w определяется следующим образом [32]:

$$w = V_{ср} + \omega \frac{dV_{ср}}{d\omega}. \tag{27}$$

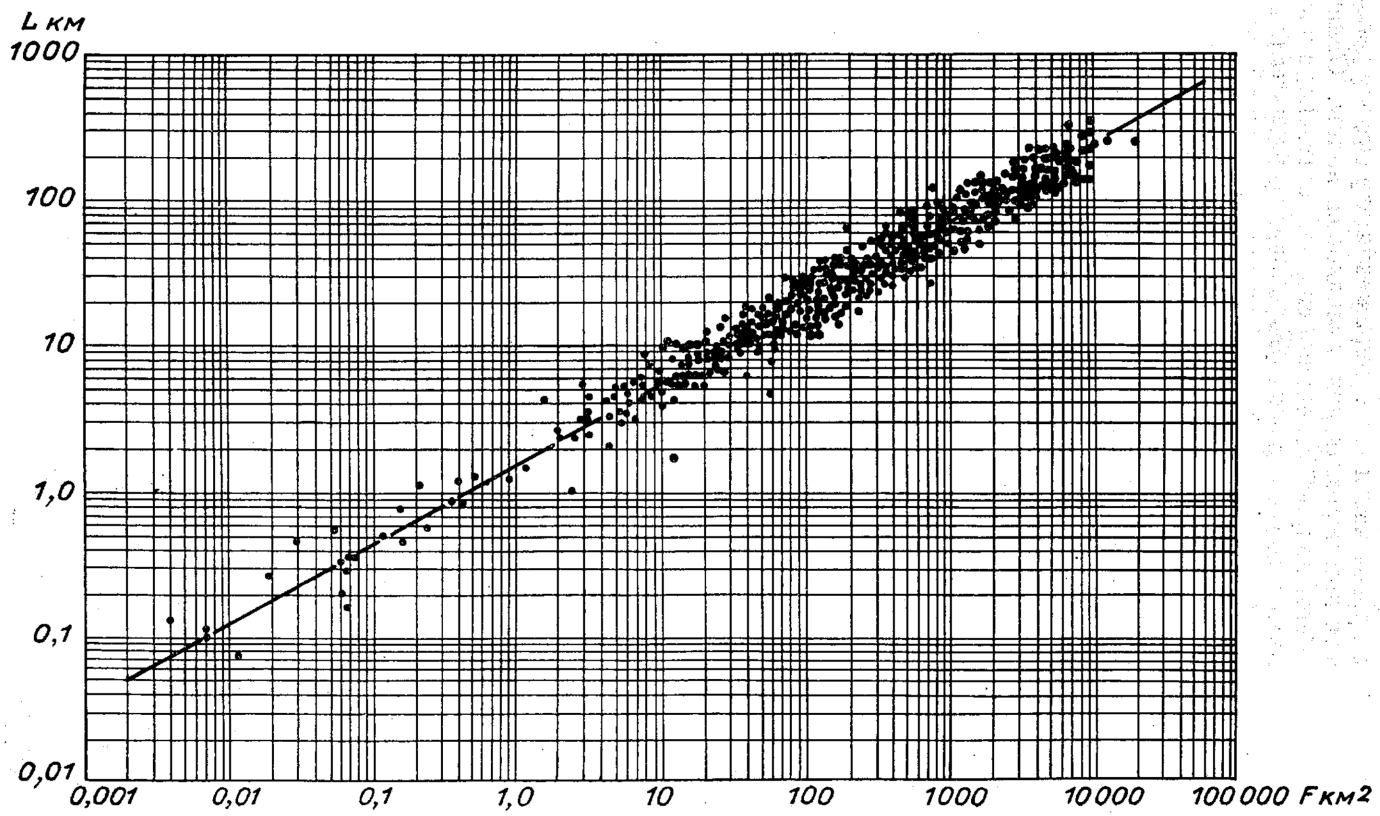


Рис. 2. Зависимость $L=f(F)$.

Второе слагаемое правой части этого выражения определяет дополнительную скорость при перемещении паводковой волны. Однако экспериментально этот вопрос исследован еще недостаточно, в частности применительно к горным рекам. Выполненные расчеты показывают, что при $\eta=0{,}25$ скорость движения фаз паводковой волны должна в 1,4 раза превышать скорость течения. Однако русла горных рек оказывают значительное сопротивление движению потока вследствие разнообразия их форм и размеров на отдельных участках. В связи с этим превышение $\omega\frac{dV_{ср}}{d\omega}$ в естественных водотоках чаще всего не реализуется. В отдельных случаях скорость движения паводковой волны оказывается даже ниже скорости движения воды при установившемся режиме. Поэтому полученный коэффициент следует вводить только при расчете скорости добегания для относительно прямолинейных участков реки, характеризующихся сравнительно однообразными условиями движения потока.

Перейдем теперь к рассмотрению добегания по поверхности горных склонов. При исследовании этого вопроса мы исходили из того, что склон в горном бассейне довольно четко разделен на отдельные микроводосборы, расположенные рядом, один за другим. Верхняя часть большинства из них примыкает к бровке склона. На рис. 2 видно, что выражение (23) характеризует морфометрические закономерности не только речных бассейнов, но и микроводосборов. Это позволило подойти к определению времени склонового добегания с помощью приемов, использованных выше при рассмотрении добегания.

Расчетные выражения, полученные для вычисления скорости и времени руслового добегания, проверялись путем сравнения с данными определений указанных характеристик на участках между гидрометрическими створами, а также с помощью материалов, опубликованных в ряде работ [2, 6, 16, 21, 27 и др.].

Формулы для расчета скорости и времени склонового добегания могут быть получены с помощью выражения (5), так как следует полагать, что сопротивление движению воды в микроручейковой сети склонов также определяется уравнением (2). Наблюдения на эродированных склонах показывают, что параметр η в выражении (3) может быть принят равным 0,1. Подставив эту величину в (5), получим

$$V_{ср}=\frac{\overline{Q}^{0,38}\,\overline{i}^{0,10}}{m^{0,62}\,\overline{b}_0^{0,38}}. \qquad (28)$$

Для определения величины $\overline{b}_0$ использована огибающая, проведенная на рис. 1 и характеризующая зависимость $b_0=f(L)$ для условий свободной эрозии. Такие условия имеются на эродированных склонах горных бассейнов. Аналитическое выражение огибающей (рис. 1) имеет следующий вид:

$$\overline{b}_0=3{,}35L_c^{0,82}. \qquad (29)$$

Из этого выражения получим

$$\overline{b}_0 = 1{,}84 L_c^{0{,}82}. \qquad (30)$$

Далее,подставив (30) в (28), имеем

$$V_{ср} = \frac{0{,}794 \overline{Q}^{0{,}38} \overline{i}^{0{,}10}}{m^{0{,}62} L_c^{0{,}31}}. \qquad (31)$$

Затем, используя выражения (20) и (22) и учитывая, что $\tau_c = L_c/V_{ср}$, получим

$$\tau_{с.п} = \frac{10 m^{0{,}62} L_c^{0{,}62}}{\gamma^{0{,}38} \overline{q}^{0{,}38} \overline{i}^{0{,}10}}. \qquad (32)$$

По-видимому следует полагать, что микроручейковая сеть задернованных и эродированных склонов характеризуется примерно одинаковыми морфометрическими закономерностями. Это обусловлено тем, что микротальвеги задернованных склонов также имеют эрозионное происхождение. Поэтому формула (32) может быть использована и для расчета времени добегания по склонам, покрытым растительностью.

Перейдем к оценке параметров формулы для определения τ_c. В качестве характеристики среднего уклона склонов следует использовать средний уклон бассейна.

Параметр m может быть определен с помощью классификации стокообразующих поверхностей горных склонов по величине параметра шероховатости (табл. 1). Значения параметра m, помещенные в этой таблице, определены с помощью материалов непосредственных измерений характеристик склонового стока, опубликованных в ряде работ [3, 4, 7, 15, 20, 25, 29, 30, 31 и др.]. Кроме этого, учитывались тенденции изменения параметра шероховатости склонов по отношению к его значению для речных русел. Для этого производились сравнения классификаций, опубликованных в работах [28, 33], и классификации русел полугорных и горных рек по величине параметра шероховатости, предложенной автором [11]. В табл. 1 приводятся значения m для двух категорий шероховатости эродированных поверхностей и двух категорий поверхностей, покрытых растительностью. В сложных условиях, когда трудно отдать предпочтение одной из двух категорий, принимается большое значение параметра m. При определении γ можно в первом приближении принять, что изменение расхода по длине склона пропорционально площади микроводосбора ($\lambda=0$). Тогда в соответствии с (11) $\gamma=0{,}5$. Более точное определение γ возможно путем исследования закономерностей изменения расхода по длине склона. Значение L_c определяется с помощью выражения [26]

$$L_c = \frac{1}{2\rho}. \qquad (33)$$

На основании анализа материалов аэрофотосъемки удалось установить, что густота гидрографической сети в центральной части

Таблица 1

Классификация стокообразующих поверхностей горных склонов по величине параметра шероховатости

Категория	Характеристика поверхностей	m	$\frac{1}{m}$
I	Сильно эродированные склоны, сложенные лёссами и щебнистыми лёссовидными суглинками. Растительность полностью отсутствует или занимает небольшие участки у водоразделов. Пашни в обычных условиях	0,333	3
II	Умеренно и слабо эродированные склоны. Задернованные поверхности имеются преимущественно на приводораздельных участках микроводосборов и в верхней части склонов. Слабо задернованные склоны, лишенные растительности. Заброшенные пашни со следами водной эрозии	0,50	2
III	Луговые склоны, покрытые изреженной растительностью. Поверхность склонов неровная, местами бугристая. В местах концентрации склонового стока встречаются срывы дернового покрова	1,0	1
IV	Задернованные склоны, покрытые густой горно-луговой растительностью. Залесенные склоны с наличием густого подлеска и мощной лесной подстилки	2,0	0,5

северного склона Заилийского Алатау изменяется преимущественно в пределах 4—6 км/км². Это соответствует изменению величины L_c от 85 до 125 м. Необходимо отметить, что расчеты τ_c и $V_{ср}$, выполненные с помощью формулы (32), обнаруживают довольно хорошую сходимость с материалами непосредственных определений, опубликованных в работах [3, 4, 7 и др.]. Эти материалы сравнительно немногочисленны, поэтому формула нуждается в дальнейшей проверке и корректировке параметров для определенных физико-географических условий.

Перейдем теперь к определению скоростей движения и времени добегания почвенно-грунтового стока. Исследованием этого вида горного склонового стока [34] гидрологи начали заниматься сравнительно недавно, в конце 50-х—начале 60-х годов [3, 7, 8, 16, 23, 24, 34]. Из приведенных работ следует особо отметить детальные исследования формирования паводкового грунтового стока, выполненные А. Н. Бефани в горных районах Дальнего Востока [3] и Ю. Б. Виноградовым в бассейнах горных рек Средней Азии [7]. Следует отметить, что в литературе нет единого наименования этого

вида стока. Его называют «внутрипочвенным», «приповерхностным», «контактным», «дренажным» и «быстрым грунтовым» стоком. Нам кажется более уместным называть указанное выше явление почвенно-грунтовым стоком. Это название мы, по-видимому, впервые встречаем у Ф. Е. Залесского [16]. Таким образом, почвенно-грунтовым стоком будем называть перемещение воды в верхнем слое рыхлых отложений по относительному водоупору, расположенному на сравнительно небольшой глубине от поверхности склона. Следует отметить, что в горных бассейнах сток в первую очередь начинает формироваться на прирусловых участках склонов, характеризующихся повышенным увлажнением. С увеличением увлажнения бассейна суммарная площадь стокообразующих поверхностей, примыкающих к гидрографической сети, увеличивается. В этом случае для определения среднего расстояния l от фронта склонового, почвенно-грунтового или поверхностного стокообразования до гидрографической сети целесообразно воспользоваться понятием «действующей» площади бассейна $F_д$. Она может быть определена в зависимости от увлажнения бассейна u с помощью следующего выражения:

$$F_д = F_0 \exp cu. \tag{34}$$

Естественно, что значение c будет различным для почвенно-грунтового и поверхностного стока. В качестве характеристики увлажнения бассейна может быть использован средний расход за определенный предшествующий период.

По известным значениям $F_д$ и $L_с$ легко определить величину l:

$$l = \frac{F_д}{F} L_с. \tag{35}$$

Формулы для расчета скорости и времени перемещения почвенно-грунтового стока можно получить исходя из следующих соображений. Движение почвенно-грунтового стока подчиняется закону нелинейной фильтрации [33]. В этом случае средняя скорость может быть определена с помощью выражения

$$V_{ср} = KR^{0,67} i^{0,67}. \tag{36}$$

Принимая форму поперечного сечения микро- и макропор с известным приближением близкой к окружности, можно с помощью изложенных выше приемов получить формулы для определения скорости и времени добегания почвенно-грунтового стока:

$$V_{ср} = a\gamma^{0,25} \bar{q}^{0,25} L_с^{0,46} \bar{i}^{0,5} \tag{37}$$

и

$$\tau_{с.\,пг} = \frac{1000 L_с^{0,54}}{a\gamma^{0,25} \bar{q}^{0,25} \bar{i}^{0,5}}. \tag{38}$$

Если стокообразование наблюдается не на всей площади бассейна, то в приведенных формулах вместо L используется значение l. Коэффициент γ в первом приближении рекомендуется принимать равным 0,5. Путем анализа материалов наблюдений Алмаатинской селестоковой станции и сведений, приведенных в работах [3, 4, 7, 23 и др.], удалось установить, что параметр шероховатости a изменяется преимущественно в пределах 0,40—1,00. Для районов, характеризующихся наличием щебнисто-каменистых почво-грунтов и интенсивной ливневой деятельностью, значение этого параметра достигает 1,5—2,0 и более. При использовании формул (37) и (38) следует учитывать, что максимальная интенсивность почвенно-грунтового стокообразования не может превышать определенной величины. Этот предел обусловливается расходной характеристикой, определяющей пропускную способность горных склонов. В соответствии с выражением (36) пропускная способность горных склонов определяется следующим образом:

$$\bar{\theta} = k_2 i^{0,67}. \tag{39}$$

Анализ материалов Алмаатинской селестоковой станции показывает, что в центральной части Заилийского Алатау средняя расходная характеристика для участка склона шириной 1 м составляет 1—2 л/мин. Материалы исследований А. Н. Бефани [3] позволяют установить, что для горных склонов Дальнего Востока, сложенных щебнисто-каменистыми грунтами, расходная характеристика k_2 достигает 4—5 и даже 8 л/мин. Зная расходную характеристику k_2, уклон склона и его длину, легко определить предельное значение интенсивности почвенно-грунтового стокообразования $\bar{q}_{\text{пр}}$ с помощью следующего выражения:

$$\bar{q}_{\text{пр}} = \frac{k_2 i^{0,67}}{L_c 10^3}. \tag{40}$$

При $\bar{q} > \bar{q}_{\text{пр}}$ наблюдается выклинивание почвенно-грунтового стока на поверхность склона, преимущественно в его нижней части, как правило, характеризующейся пониженными уклонами. В центральной части Заилийского Алатау минимальная инфильтрационная способность подстилающих пород составляет примерно 0,01—0,10 мм/мин. Если к этой величине прибавить $\bar{q}_{\text{пр}}$, вычисленное с помощью выражения (40), то получим минимальную среднюю интенсивность осадков, при которой возможно выклинивание почвенно-грунтового стока на отдельных участках склона. На этих переувлажненных участках в дальнейшем наблюдается формирование поверхностного стока.

С помощью полученных формул может быть определено время суммарного (бассейнового) добегания, складывающееся из продолжительности добегания стока по склонам и русловой сети. Как из-

вестно, время руслового добегания зависит, а склонового не зависит от площади водосбора. При формировании поверхностного стока время склонового добегания сравнительно невелико как по абсолютной величине, так и по сравнению с его величиной. Для достаточно больших водосборов оно соизмеримо с точностью определения продолжительности бассейнового добегания. При формировании почвенно-грунтового стока время склонового добегания достигает значительной величины и его всегда необходимо учитывать в расчетах.

В заключение следует отметить, что полученные формулы в общем достаточно хорошо отражают основные закономерности перемещения стока в бассейнах полугорных и горных рек. Однако их проверка выполнена на сравнительно небольшом материале. В связи с этим имеется необходимость в дальнейшем уточнении параметров формул и методов их определения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

i — уклон реки или склона;
$V_{ср}$ — средняя скорость, м/сек.,
ω — площадь водного сечения, м^2;
$h_{ср}$ — средняя глубина, м;
b — ширина потока, *м*;
b_0 — параметр, характеризующий ширину потока при $h_{ср}=1$ м;
Q — расход воды, м^3/сек.;
θ — расход почвенно-грунтового стока, л/мин.;
F — площадь водосбора, км^2;
l — длина реки или склона, км.;
ρ — густота гидрографической сети, км/км^2;
K, m, a — параметры шероховатости;
c, η, λ — безразмерные числовые параметры;
q — средняя интенсивность стокообразования за время τ, мм/мин.;
w — скорость движения паводковой волны, м/сек.;
τ — время добегания, мин.;
k_1, k_2 — расходные характеристики, соответственно м^3/сек. и л/мин.;
R — гидравлический радиус;

ИНДЕКСЫ

р — относящиеся к руслу;
с — относящиеся к склону;
с. п — относящиеся к поверхности склона;
с. пг — относящиеся к склоновому почвенно-грунтовому стоку;
0 — начальные и исходные значения.

Черта над буквой обозначает среднее значение рассматриваемой величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. Расчеты паводочного стока рек СССР. Гидрометеоиздат, 1955.

2. Беручашвили Г. М., Кокоришвили В. И. Некоторые результаты исследований селевых потоков. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.

3. Бефани А. Н. Теоретическое обоснование методов исследования и расчета паводочного стока рек Дальнего Востока. Труды ДВНИГМИ, вып. 22, 1966.

4. Бефани А. Н., Иваненко А. Г. Водный баланс горных склонов. Труды УкрНИГМИ, вып. 69, 1967.

5. Бефани Н. Ф. Добегание ливневых вод со склонов. Труды ОГМИ, т. XII, 1958.

6. Бондарь В. А., Кудышкин В. А. Селевой паводок на р. Исфайрамсай. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.

7. Виноградов Ю. Б. Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана. Труды КазНИГМИ, вып. 28, 1967.

8. Вольфцун И. В. О суммарной продолжительности добегания стока при формировании смешанных «поверхностно-грунтовых» и дождевых паводков на малых водотоках. Труды ГГИ, вып. 152, 1968.

9. Гарцман И. Н. Условия формирования дождевого паводочного стока на малых реках юга Дальнего Востока. Международный симпозиум по паводкам и их расчетам. Гидрометеоиздат, Л., 1969.

10. Голубцов В. В. О расчете средней скорости полугорных и горных рек. Информационное письмо УГМС КазССР, № 7, 1967.

11. Голубцов В. В. О гидравлическом сопротивлении в формуле для расчета средней скорости течения горных рек. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.

12. Голубцов В. В. О расчете средней скорости турбулентных селевых потоков. Сб. работ Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории, вып. 4, 1969.

13. Голубцов В. В. Определение коэффициента перехода от наибольшей поверхностной скорости к средней для полугорных и горных потоков. Сб. работ Алма-Атинской гидрометеорологической обсерватории, вып. 4, 1969.

14. Гопченко Е. Д. О расчете скоростей руслового добегания на горных реках Северо-Востока СССР. Сб. «Метеорология, климатология и гидрология», вып. 5. Изд. Киевского ун-та, 1969.

15. Дубах А. Д. Пробегание талой воды по склонам и тальвегам. Метеорология и гидрология, № 3, 1941.

16. Залесский Ф. В. Анализ формирования дождевых паводков в условиях вечной мерзлоты (на примере крайнего Северо-Востока СССР). Международный симпозиум по паводкам и их расчетам. Гидрометеоиздат, Л., 1969.

17. Иваненко А. Г. Исследование скоростей добегания паводков на реках Закарпатской области. Труды ОГМИ, вып. 24, 1961.

18. Калинин Г. П. О добегании талых и дождевых вод. Метеорология и гидрология, № 6, 1956.

19. Караушев А. В. Проблемы динамики естественных водных потоков. Гидрометеоиздат, Л., 1960.

20. Ковзель А. Г. Добегание талых вод по поверхности малых водосборов. Труды ГГИ, вып. 50 (104), 1955.

21. Кудышкин В. А., Бондарь В. А. Селевой паводок на р. Поркентсай. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.

22. Лалыкин Н. В. О расчете скоростей добегания. Труды ОГМИ, вып. 15, 1958.

23. Литовченко А. Ф., Мочалов В. П. Полевые экспериментальные исследования потерь дождевых вод на инфильтрацию в горах северного склона Заилийского Алатау. Алма-Ата, 1964.

24. Побережский Л. Н. Поверхностный и почвенный стоки с некоторых естественных подстилающих поверхностей предгорных районов Чаткальского хребта. Труды САНИИРИ, вып. 3, 1966.

25. Протодьяконов М. М. Теория стока поверхностных вод. Гострансиздат. 1932.
26. Соколовский Д. Л. Речной сток. Гидрометеоиздат, Л., 1956.
27. Степанов И. Н. Селевой поток на р. Кенколсай. Труды КазНИГМИ, вып. 33, 1969.
28. Срибный М. Ф. Формула средней скорости течения рек и их гидравлическая классификация по сопротивлению движения. Сб. «Исследование и комплексное использование водных ресурсов. Изд. АН СССР, М., 1960.
29. Тихоновский П. Г. Время добегания талой воды со склонов. Метеорология и гидрология, № 5, 1949.
30. Урываев Н. А. Добегание талых вод по склонам и в русле. Труды ГГИ, вып. 51 (105), 1955.
31. Харченко С. И. Исследование потерь и добегание талых вод. Труды ГГИ, вып. 57 (111), 1956.
32. Чеботарев А. И. Общая гидрология. Гидрометеоиздат, Л., 1966.
33. Чертоусов В. Д. Гидравлика. Специальный курс. Госэнергоиздат, М.—Л., 1962.
34. Шульц В. Л. Реки Средней Азии, ч. I. Гидрометеоиздат, Л., 1963.
35. Герасимов С. Проводимост на речните легла при хидрометричните станции в бассейна на река Марица. Изв. на института по хидрология и метеорология, т. VIII, 1966.
36. Герасимов С. Формула за средната скорост на дотичане на водата по планински и предпланински реки. Хидрология и метеорология, год XVI, кн. 4. София 1967.

Х. А. АХМЕДЖАНОВ, Н. Ф. ГЕЛЬМГОЛЬЦ

ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ г. АЛМА-АТЫ И ИХ РОЛЬ В ЗАГРЯЗНЕНИИ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА ГОРОДА

Столица Казахстана всегда славилась своими отличными природными условиями, в частности хорошим климатом. Теплая зима, умеренно жаркое лето, отсутствие сильных ветров, метелей, пыльных бурь, обилие ясных солнечных дней — все это составляет неоценимые достоинства климата города. Высокий температурный фон летом существенно смягчается ночным ветром с гор. Этот ветер умеренной силы несет с собой чистейший горный воздух, прохладный и влажный, к тому же ионизированный и озонизированный в результате стекания «тихих разрядов» с неисчислимых игл еловой хвои и высокого напряжения ультрафиолетовой радиации днем.

Алма-Ата, как известно, расположена у северной подошвы широтно простирающегося хребта Заилийского Алатау со средними высотами порядка 4 км. Город довольно сильно вытянут меридионально, северные его окраины лежат примерно на 250 м ниже южных. С востока он окаймляется возвышенностями Алма-Атинского горного отрога с высотами порядка 400 м над подошвой. Такое расположение имеет огромное климатообразующее значение.

При рассмотрении климатических условий города, особенно при их сравнительном анализе, оказывается, что климат Алма-Аты отличается рядом совершенно уникальных особенностей.

По всем необъятным просторам СССР трудно найти такой район, где ветры были бы настолько слабы, как в Алма-Ате. Зимой атмосфера длительными периодами вообще совершенно неподвижна, средние скорости удерживаются в пределах 1м/сек. (табл. 1). Летом ветер несколько усиливается, однако весьма незначительно, средние скорости едва достигают 2 м/сек. Вероятность скоростей 0—1 м/сек. достигает здесь 79% в зимнее время, 71% в летнее. Весьма характерны штили в ночные и особенно утренние часы. Слабы скорости также на высотах. Даже на высоте 3 км над ур. моря скорости едва достигают 5—6 м/сек., что значительно уступает скоростям, обычно наблюдающимся на этих высотах. Лишь в единичных случаях, главным образом летом при грозах, скорости могут достигать более внушительных значений.

Таблица 1

Характеристики ветровых условий г. Алма-Аты (ГМО)

Месяц	Преобладающее направление ветра и его повторяемость, %				Средняя скорость, м/сек.	Вероятность (%) скоростей 0—1 м/сек.			
	1	7	13	19 ч.		1	7	13	19 ч.
I	ЮВ-34	ЮВ-29	С-20	ЮВ-26	1,1	77	77	77	76
II	ЮВ-38	ЮВ-26	С-22	ЮВ-23	1,2	73	75	70	75
III	ЮВ-42	ЮВ-32	СВ-22	ЮВ-28	1,5	66	73	55	64
IV	ЮВ-56	ЮВ-31	С-24	ЮВ-24	1,9	46	69	42	55
V	ЮВ-66	ЮВ-34	СВ-26	ЮВ-24	2,1	34	70	41	58
VI	ЮВ-71	ЮВ-44	СВ-26	ЮВ-34	2,2	27	71	52	48
VII	ЮВ-73	ЮВ-55	СВ-25	ЮВ-45	2,2	26	66	54	42
VIII	ЮВ-73	ЮВ-56	СВ-25	ЮВ-59	2,2	27	66	55	31
IX	ЮВ-77	ЮВ-58	С, СВ-26	ЮВ-70	2,1	36	66	53	30
X	ЮВ-65	ЮВ-49	С, СВ-26	ЮВ-60	1,7	57	69	62	47
XI	ЮВ-45	ЮВ-36	С-24	ЮВ-36	1,2	72	73	73	72
XII	ЮВ-33	ЮВ-29	С-19	ЮВ-27	1,1	74	73	79	76
Год	ЮВ-57	ЮВ-40	СВ-23	ЮВ-38	1,7	51	71	59	56

Изучение ветровых условий района убеждает нас в своеобразии динамики обтекания горной системы. При любых направлениях общего переноса воздушные течения встречают на своем пути либо широтно вытянутые горные поднятия Заилийского Алатау, либо меридиональные гряды Чу-Илийских гор или Алма-Атинского горного отрога. Как при наветренных, так и при подветренных ситуациях вблизи горных поднятий возникает зона аэродинамического подпора либо аэродинамической тени, развитие которых, как известно, существенно зависит от условий стратификации атмосферы. В предельном случае, при большой устойчивости атмосферы приземный слой полностью застаивается, что особенно характерно для ночного и утреннего времени. Зимой, когда устойчивость наибольшая, застаивание наблюдается, как правило, круглосуточно. Существенное значение для ветров западных направлений имеет и боковое трение склонов Заилийского хребта, в результате которого скорости по мере продвижения к востоку уменьшаются.

При общей малоподвижности атмосферы и обилии ясных солнечных дней здесь в сильнейшей степени проявляется местная горно-долинная циркуляция, которая зачастую и исчерпывает собой наблюдающиеся воздушные течения [1]. Движущая сила возникает за счет разностей температур горного склона и прилегающего объема атмосферы. Днем горы теплее атмосферы, поэтому возникают течения вверх по склону, ночью — холоднее, течения направлены вниз (табл. 1). Для этого достаточно разностей темпера-

тур порядка 2—5°. Если дневные ветры во многом имеют характер анабатических течений, локализующихся главным образом на крутых горных обнажениях, хорошо инсолированных, то ночью ветер представляет собой типичный катабатический сток холодного горного воздуха. Этот сток концентрируется в горных долинах, как в воздушных коллекторах, и по выходе из долин растекается в виде воздушного конуса выноса по предгорной равнине, заполняя прежде всего понижения рельефа. В Алма-Ате такими коллекторами являются долины р. Малой Алмаатинки (юго-восточный ветер на основной территории города), р. Большой Алмаатинки (южный ветер в западных районах города) и др.

Естественно, что холодный воздух как более плотный распространяется по земной поверхности, вытесняя вверх более теплый воздух. К концу ночи в предгорьях накапливается мощная масса холодного воздуха, радиационно выхоложенного у земли, образуется мощная инверсия (табл. 2). Создается исключительная устойчивость атмосферы приземного слоя, при которой вертикальные движения и перемешивание прекращаются. Холодная масса вследствие вязкости воздуха медленно сползает по предгорному плато и распластывается, образуя «линзу холодного воздуха». В зимнее время она не успевает исчезнуть под влиянием дневного прогрева и стационирует круглосуточно, особенно при устойчивой антициклонической погоде, имеющей зимой значительную повторяемость.

Таблица 2

Характеристика температурных условий южной (Ю) и северо-восточной (СВ) окраин г. Алма-Аты

Месяц	Средняя месячная температура у земли		Повторяемость приземных инверсий, %. Утро		Средняя мощность приземных инверсий, м. Утро		Средний градиент в приземных инверсиях, град/100 м. Утро	
	Ю	СВ	Ю	СВ	Ю	СВ	Ю	СВ
I	—7,4	—11,5	47	80	620	670	—0,62	—1,77
II	—5,6	—8,9	50	75	610	680	—0,60	—1,62
III	1,8	0,8	37	58	480	560	—0,52	—1,43
IV	10,5	10,3	20	67	370	490	—0,15	—1,05
V	16,2	16,0	25	68	360	460	—0,32	—1,00
VI	20,6	20,3	34	72	240	380	—0,42	—0,86
VII	23,3	22,9	37	62	270	430	—0,58	—1,38
VIII	22,3	21,7	40	52	320	450	—0,50	—1,15
IX	16,9	15,6	40	77	380	490	—0,44	—1,48
X	9,5	8,0	53	82	440	550	—0,42	—1,53
XI	0,8	—1,2	50	86	570	660	—0,50	—1,48
XII	—4,8	—8,2	68	95	630	690	—0,76	—1,52
Год	8,7	7,2	39	73	440	540	—0,49	—1,36

Катабатический сток подчиняется в простейшем виде известной формуле Дефанта [1]:

$$v^2 = \frac{gH}{\mu} \frac{\theta_1 - \theta}{\theta_1} \sin \alpha,$$

где H — мощность слоя воздушного стока, μ — общий фактор трения, θ — потенциальная температура стекающего воздуха, θ_1 — потенциальная температура вышележащего теплого воздуха, α — уклон.

Из формулы следует, что зимой должно происходить более мощное накопление холодной массы в предгорьях. Это подтверждается данными наблюдений (табл. 2).

Масштабы горного стока, приводящего к образованию линзы, огромны. Достаточно сказать, что за одну только ночь через один погонный километр подошвы гор стекает порядка 70 млн. т. воздуха, а всего в линзу в пределах города за ночь вливается не менее 1000—1500 млн. т. горного воздуха.

Как видно из табл. 2, на северных окраинах города мощность линзы может достигать 600—700 м. Вертикальные температурные градиенты в слое инверсии составляют в среднем —1,4°/100 м, но могут достигать небывалых значений, порядка —5, —6°/100 м, максимум до —9, —12°/100 м. Так, например, 13 января 1956 г. утром в северо-восточной части города линза имела мощность около 500 м, температура воздуха у земли была —20,1°, на высоте 500 м 4,3°. При такой ситуации воздух горного склона при его адиабатическом нагревании, связанном с опусканием по склону, оказывается теплее приземного воздуха в предгорьях и не может проникать к земной поверхности. В таком случае он скользит по поверхности холодной линзы и питает ее в верхней части. В указанном примере горный сток и имел как раз температуру 4°. В обсерватории (в верхней части города) температура у земли была 0,6°, здесь горный сток с температурой 4° проходил поверху, но линза имела толщину лишь 350 м. Край линзы располагался, очевидно, в 6—8 км выше по склону.

Катабатический сток имеет огромное значение для вентиляции города, с ним в воздушный бассейн города поступает чистый горный воздух. В этой связи часто дискутируется вопрос о приземном трении, оказываемом стоку со стороны городской застройки и древонасаждений. Естественно, что земная поверхность оказывает тормозящее действие на линзу и задерживает ее стекание к северу. В этом отношении высокие деревья, городская застройка, перекрытие меридиональных улиц оказывают, конечно, некоторое задерживающее влияние, но можно думать, что для линзы мощностью 500 м и массой в миллионы тонн эти препятствия составляют лишь незначительную шероховатость и существенной роли играть не могут, тем более что горный сток независимо от этих препятствий по термодинамическим причинам все равно далеко не всегда проникает к земной поверхности, особенно зимой. Вместе с тем

перекрытие меридиональных улиц при указанных условиях, очевидно, нецелесообразно.

Режим холодной линзы над городом еще плохо изучен. Можно думать, что зимой линза существует круглосуточно, мощность ее максимальная, верхняя поверхность близка к горизонтальной, она заполняет всю предгорную низменность. При этих условиях возникает полное застаивание воздуха. Застаиванию зимой способствуют, кроме того, и холодные вторжения воздуха северного происхождения. Достигнув гор, холодная масса заполняет собой пространство до высоты 2—3 км и приходит в стационарное состояние. Инверсии при этом усиливаются.

Летом линза образуется лишь в ночное время, утром быстро рассасывается. Вертикальная мощность линзы и градиенты в ней летом меньше, горизонтальные размеры, очевидно, также меньше, она быстрее стекает к северу. Горный сток в это время года скользит по земной поверхности, вырываясь на поверхность линзы лишь при кратковременных аэродинамических подпорах. Именно в летнее время по ночам в городе ощущается благотворное действие горного воздуха.

Необходимо подчеркнуть, что две основные физические характеристики указанной линзы — почти полная неподвижность воздуха и инверсионная стратификация — взаимно поддерживают и усиливают друг друга, особенно зимой. Малая подвижность связана с отсутствием турбулентного перемешивания. При слабых ветрах, обычно порядка 1 м/сек., коэффициент турбулентности у земли измеряется долями единицы, обычно не более 0,3—0,4 м²/сек.; даже в слое 500 м, по данным обсерватории, он составляет в среднем всего 2—6 м²/сек. При столь слабом развитии турбулентного перемешивания воздушная масса в ночное время подвергается резкому радиационному выхолаживанию, вследствие чего приземные температуры снижаются, инверсия усиливается. Но инверсия в свою очередь способствует росту вертикальной устойчивости воздуха, междуслойная передача движения сверху вниз сводится к минимуму, нижние слои выключаются из движения.

Таким образом, описанные отличительные черты климата г. Алма-Аты генетически связаны, по существу, с условиями расположения города. Окружающие горы ответственны как за аэродинамику нижних слоев и малую подвижность атмосферы, так и за возникновение катабатического воздушного стока, за формирование инертной линзы, за стационирование холодных воздушных масс и т. д. Очевидно, что эти географические факторы отличаются большой стабильностью и трудно преоборимы.

Особенности климата г. Алма-Аты, о которых говорилось выше, делают понятным происхождение того экстремального загрязнения атмосферы, которое наблюдается здесь в зимнее время и в возрастающей степени беспокоит общественность города.

Концентрация вредных примесей на территории города изучается Алма-Атинской гидрометеорологической обсерваторией. По

данным зимних измерений, концентрация примесей в некоторые дни и периоды в десятки раз превышала санитарно-гигиенические пороговые значения. Порой загазованность и задымление воздуха достигали такой степени, что видимость на городских улицах снижалась даже днем до 200 м, а солнце просвечивало буро-желтым пятном.

Анализ показывает, что задымление воздуха тесно связано с атмосферно-физическими условиями, прежде всего с параметрами турбулентности, которые в свою очередь связаны с высотой распространения штиля и глубиной инверсии. Чем выше слой штиля и глубже инверсия, тем меньше турбулентность и сильнее становится загрязнение приземного слоя. Замечено, что при установлении указанного погодного комплекса загрязнение начинает быстро накапливаться и достигает высоких значений через 1—2 дня после штилевого периода.

Существует целый ряд попыток выразить аналитически повысотное распределение загрязнения. Одной из наиболее простых и хорошо соответствующих наблюдениям формул распространения примесей по высоте является формула Селезневой—Юдина [4]:

$$\frac{S_z}{S_0} = \frac{C^2}{(z+C)^2},$$

где S — концентрация примесей, $C = \sqrt{\frac{6k}{\alpha S_0}}$, k — коэффициент турбулентности, α — коэффициент коагуляции.

Так как при $z = C$

$$\frac{S_z}{S_0} = \frac{1}{4},$$

то C имеет смысл высоты, на которой концентрация уменьшается в 4 раза по сравнению с приземной.

Селезнева приводит значения параметров C и k для различных условий стратификации. Так, для Ташкента при наличии приземной инверсии найдено (в средних числах) $C = 750$ м, $k = 2{,}1$ м²/сек. Можно думать, что для Алма-Аты значение C окажется еще меньшим, т. е. приземная концентрация будет больше, а повысотное падение концентрации более значительным, так как инверсия здесь более глубока и штили более устойчивы. Это, в частности, означает, что передача загрязнений вверх идет здесь очень медленно, большие концентрации накапливаются в приземном слое. Возможно даже, что вместо коэффициента турбулентности здесь в большинстве случаев было бы более уместно пользоваться коэффициентом молекулярной диффузии.

Уникальность климатических условий Алма-Аты весьма осложняет здесь борьбу с загрязнением атмосферы. Способность атмосферы удерживать загрязнения здесь настолько велика, что становится, по существу, недопустим любой выброс дымо-газовых отхо-

дов в атмосферу. Между тем выбросы ряда тепловых энергетических и коммунальных источников и особенно огромного парка автомашин совершенно неизбежны, а в крупных промышленных и административных центрах отличаются масштабами, еще гораздо большими, чем в Алма-Ате, и тем не менее не приводят к столь серьезному загрязнению атмосферы, ибо нигде нет таких, как в Алма-Ате, климатических условий.

Надо отметить, что в Алма-Ате принимаются весьма энергичные меры к ограничению выбросов — отопление жилого фонда форсированно переводится на теплофикацию, промышленность электрифицируется, вводятся дымоуловители, газоочистные сооружения, каталитические очистители автомобильного выхлопа, форсируется переход на электрический транспорт и пр.

Однако это оказывается недостаточным. Можно думать, что и в перспективе, при оптимальном устранении выбросов в атмосферу, их всегда будет оставаться столько, чтобы существенно загрязнить атмосферу города, если дымоудерживающая способность атмосферы не будет существенно снижена. Очевидно, что задача эта весьма сложная. Она требует прежде всего детального и трехмерного изучения метеорологических условий на территории города.

В проблеме очищения атмосферы города метеорологический фактор вообще должен играть главенствующую роль. Достаточно указать на многочисленные ошибки в размещении жилых массивов относительно источников загрязнения. Градостроители-проектировщики, конечно, пользуются при проектировании розой ветров. Из табл. 1 видно, что в среднем в Алма-Ате преобладает юго-восточный ветер. Отсюда делается вывод, что в юго-восточном секторе размещение источников загрязнения недопустимо, остальные же секторы являются «благополучными». Между тем в Алма-Ате сильнейшим образом выражен суточный ход ветра. Как видно из табл. 1, юго-восточный ветер преобладает вечером, всю ночь и рано утром, северный, северо-восточный — в дневное время. В среднем за сутки это действительно дает преобладание юго-восточного ветра. Однако днем чаще всего наблюдаются северные румбы, поэтому источники, расположенные в северном секторе, по существу, с утра до вечера загрязняют атмосферу города. Таких источников, в том числе и весьма мощных, в городе много. Это результат грубого недоучета метеорологических условий. В местах с суточным ходом ветра, подобных Алма-Ате, всегда необходимо учитывать раздельно как ночную, так и дневную розу ветров, принимая во внимание и суточный ход работы источников загрязнения.

Заметно можно снизить загрязнение воздушного бассейна путем диспетчеризации выбросов, для чего необходима система прогнозов загрязнения на основе общих прогнозов погоды. При неблагоприятном прогнозе ограничивается функционирование установок, загрязняющих атмосферу, или вводится такой режим их работы, чтобы суточный ход выбросов был противоположен суточному ходу неблагоприятного состояния атмосферы. Конечно, это требует

детального технико-экономического анализа работы энергетических установок.

В дальней перспективе, очевидно, возникнут и некоторые идеи принудительного подавления загрязнений, основанных как на знании физики газово-аэрозольной среды, например ее коллоидных и электрических свойств, так и на знании режима состояния атмосферы.

Учет параметров метеорологического состояния атмосферы позволит рассчитать общие энергетические затраты, необходимые для принудительного преодоления неблагоприятных условий, складывающихся в приземном слое атмосферы в районе города.

Энергетический вклад при этом должен быть как минимум равен энергии устойчивости воздушной частицы в атмосфере с инверсионной стратификацией, которая легко находится по известной схеме:

$$W = -R \int_{p_1}^{p_2} (T' - T)\, d(\ln p),$$

где W — энергия устойчивости (дж/кг), R — газовая постоянная, p — атмосферное давление, T' — температура частицы, T — температура окружающей атмосферы.

Так, если положить приземную температуру равной —15° и инверсию до высоты 300 м с температурой на верхнем уровне —5°, то затрата энергии, необходимая для перемешивания такого слоя путем поднятия приземного воздуха до высоты 300 м, будет равна порядка 70 дж (или 17 кал) на 1 кг воздуха. Если рассчитывать в масштабе 1 км², то это, очевидно, будет эквивалентно энергии порядка 17 000 ккал. Эта энергия может быть получена путем сжигания всего лишь около 1,5 кг жидкого топлива. Даже в экстремальном случае, при высоте инверсии 700 м, температуре у земли —20° и температуре на верхнем уровне 0°, получаем энергетический вклад порядка 74 000 ккал, что соответствует энергии сгорания 6,7 кг топлива.

Конечно, эти энергетические вклады обеспечат преодоление атмосферной устойчивости лишь тонкого приземного слоя. Энергия на создание мощного поднятия или струй окажется большей [2, 3]. Но обращает на себя внимание в общем незначительный расход энергии на преодоление основной трудности — инверсионной стратификации.

Разумеется, для разработки каких-либо активных или пассивных мер борьбы с загрязнением необходимо хорошо знать параметры состояния атмосферы в приземном слое на территории города. Мы их пока знаем недостаточно. Регулярные наблюдения за состоянием атмосферы производятся пока лишь в верхней части города (обсерватория), в нижней части основной городской территории наблюдения до последнего времени не производились. В настоящее время эти наблюдения уже начаты, производятся вер-

толетные зондирования в разных районах города, которые дают информацию о параметрах слоя инверсии.

В ходе этих исследований станут яснее и пути преодоления неблагоприятных атмосферных условий с целью очищения воздушного бассейна города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гельмгольц Н. Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. Гидрометеоиздат, Л., 1963.

2. Козаков Л. А., Сергенева Э. В. Об оценке эффективности борьбы с загрязнением в карьерах с помощью свободных турбулентных струй. Труды ЛГМИ, вып. 21, 1966.

3. Рузин М. И. О движении в атмосфере нагретой струи газа от точечного источника. Труды ЛГМИ, вып. 21, 1966.

4. Селезнева Е. С., Юдин М. И. О закономерностях вертикального распределения ядер конденсации в атмосфере. Труды ГГО, вып. 105, 1960.

С. А. БЕДАРЕВ

НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ПАСТБИЩНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В КАЗАХСТАНЕ

В Казахстане животноводство является одной из ведущих отраслей сельского хозяйства. Основу кормовой базы овцеводства в пустынных и полупустынных районах Казахстана составляют естественные пастбища, которые пригодны к использованию круглый год или большую часть года и дают самые дешевые корма. Однако урожайность многих пастбищ низкая, резко колеблется по годам и не в состоянии обеспечить животных кормами в течение всего года.

Дальнейшее плановое развитие животноводства прежде всего требует рационального использования и активного улучшения естественных угодий.

В систему рационального использования естественных кормовых угодий входит целый ряд мероприятий, из которых наиболее важными являются сезонность стравливания пастбищ с учетом состояния растительного покрова, его урожайности и установление оптимальной нагрузки скота на единицу площади.

Однако эффективность многих хозяйственных мероприятий по созданию устойчивой кормовой базы может быть повышена при условии правильной оценки и рациональном использовании агроклиматических ресурсов территории. Изучение и оценка климатических возможностей с позиции разнообразных запросов сельского хозяйства представляют несомненный интерес, так как связаны с разработкой методов прогноза урожая по годам не только сельскохозяйственных культур, но и естественной растительности.

Установление закономерностей между метеорологическими факторами и урожайностью пастбищных растений дает возможность оценить и спрогнозировать запас надземной массы основных типов пастбищ и отдельно растений-эдификаторов.

В связи с большими колебаниями урожайности сенокосно-пастбищных угодий начиная с конца прошлого столетия некоторые исследователи пытались установить степень влияния погодных факторов на рост и развитие естественной растительности. Позднее во многих геоботанических работах встречаются высказывания о зависимости урожая от метеорологических условий и сделаны по-

пытки выявить различные качественные и количественные связи. В этом отношении заслуживают внимания работы И. А. Цаценкина и И. Г. Андреева (1934), Н. Т. Нечаевой (1945), О. И. Морозовой (1946), Е. П. Коровина (1953), А. И. Гранитова (1953) и многих других авторов. Большинство пастбищных исследований проводилось в республиках Средней Азии. Казахстан в этом отношении несколько отстал. Стационарные исследования в Казахстане носили кратковременный, разрозненный характер. При этом лишь в немногих работах затрагивались вопросы, связанные с агрометеорологическими условиями формирования урожая трав (Андреев, 1939; Габбасов, 1944; Гордеева, 1959; Бедарев, 1959 и др.). Некоторые из работ представляют значительный интерес, выявляя особенности динамики растительной массы, прохождение ритмов развития у основных ландшафтных растений и смены аспектов в зависимости от погодных условий. Однако многие исследователи также ограничивались установлением качественных сторон связей урожаев пастбищных растений и почти не затрагивали количественной оценки агрометеорологических условий.

С момента организации Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института в отделе сельскохозяйственной метеорологии началось интенсивное изучение влияния погодных условий на формирование урожая сенокосно-пастбищных растений. Исследования посвящены главным образом разработке методических приемов прогноза и оценки агрометеорологических условий роста пастбищных растений равнинного Казахстана. В основу агрометеорологических прогнозов положен учет тепло- и влагообеспеченности растений, так как известно, что продуктивность естественных кормовых угодий зависит от количества тепловой энергии, главным источником которой служит солнечная радиация. Поэтому урожайность надземной массы будет зависеть от степени соответствия количества влаги оптимальному количеству тепла. Чем выше количество тепловой энергии при оптимальных количествах влаги, тем интенсивнее идет прирост органического вещества.

В зонах наивысшей продуктивности биологической массы соотношение годового количества радиационного тепла и осадков равновелики. В зонах, в которых возникает диспропорция между величинами тепла и влаги, вызываемая как нарастающим избытком, так и нарастающим недостатком осадков, продуктивность растительного покрова уменьшается.

Исходя из потребности растений в тепле и влаге в КазНИГМИ проведены исследования по выявлению соразмерности этих факторов в различных зонах Казахстана. Установлено, что в лесной зоне соотношение тепла и количества осадков близко к единице. Следовательно, в лесной зоне выпадает такое количество осадков, которое может полностью испариться, что создает благоприятные условия для получения наиболее высоких приростов надземной массы. В лесостепной зоне отношение величины радиационного баланса

к количеству тепла, потребному для испарения осадков, несколько более единицы (1,3). Здесь уже наблюдается превышение тепла над осадками. В степной зоне отношение величины радиационного баланса к скрытой теплоте парообразования значительно больше единицы (1,5), что говорит о еще большем нарушении соразмерности тепла и влаги. В полупустынной зоне количество тепла значительно превышает увлажнение, урожайность травостоев резко падает по сравнению с лесной и лесостепной зонами. Пустынная зона характеризуется еще большей диспропорцией между количеством тепла и осадками и достигает максимальных значений (4—6).

Таким образом, прирост растительной массы в пределах умеренного пояса увеличивается с севера в подзоне лиственных лесов и далее уменьшается к югу в полупустынях и пустынях.

Проведенные А. П. Федосеевым исследования по установлению влияния агрометеорологических условий на урожайность сенокосно-пастбищной растительности дали возможность найти количественные зависимости. Используя комплексный показатель тепловлагообеспеченности как результат отношения зонального количества тепла к сумме температур лесной зоны (как эталона), умноженного на показатель увлажненности, Федосеев нашел зависимость между зональным урожаем сухой массы травостоев и средней тепловлагообеспеченностью.

Обеспеченность территории теплом и влагой является основной предпосылкой для агроклиматического районирования применительно к продуктивности надземной массы. Используя для этой цели показатель увлажненности как отношение весенних влагозапасов в метровом слое почвы плюс количество осадков до времени максимального урожая травостоев к сумме среднесуточных дефицитов влажности воздуха за тот же период, Федосеев произвел оценку климатических ресурсов для природных зон и составил схематическую карту оценки почвенно-климатических условий продуктивности плакорных травостоев. Однако оценка почвенно-климатических условий по отдельным зонам может быть применена к сельскохозяйственным культурам, например к возделыванию кукурузы, зернобобовых культур, сахарной свеклы, и показывает, что в этих зонах использование земель под посевы трав нерационально и экономически не выгодно.

Созданию такой карты-схемы предшествовали многолетние исследования по агрометеорологическому и агроклиматическому изучению произрастания пастбищной растительности.

Одновременно изучение влияния агрометеорологических условий на урожайность пастбищной растительности создало возможность перехода к разработке качественных и количественных оценок и прогноза роста, развития и продуктивности естественных угодий. Начиная с 1954 по 1962 г. были разработаны и предложены методы оценки и прогноза агрометеорологических условий по некоторым пастбищным растениям и отдельным сообществам. Эти разработки изложены в монографии А. П. Федосеева «Климат и

пастбищные травы Казахстана» и в «Методических указаниях по оценке и прогнозу агрометеорологических условий произрастания пастбищных растений», подготовленных группой авторов.

Методы прогноза условий формирования урожая пастбищ по запасам влаги в почве весной и метод прогноза условий формирования урожая пастбищ по глубине промачивания почвы весной в настоящее время используются в оперативной работе и оправдываются только для эфемеровых и эфемерово-полынных травостоев, корневая система которых использует только атмосферные осадки.

Учитывая тот факт, что на территории Казахстана большой удельный вес в кормовом балансе занимают кустарниковые и полукустарниковые растения с большим вегетационным периодом, необходима разработка и усовершенствование методов оценки агрометеорологических условий применительно к указанным жизненным формам. Поэтому в последние годы (1965—1969) проведены исследования по изучению ритмов развития, динамике урожайности и семенного возобновления основных пастбищных растений песчаных пустынь Северного Приаралья (Бедарев, Герасименко, Коробова, Логвиненко).

Агрометеорологические условия оказывают влияние не только на продуктивность надземной массы, но и на ритмы развития. Известно, что сроки начала возобновления вегетации трав на пастбищах значительно изменяются по природным зонам и отдельным годам. Поэтому установление сроков начала вегетации растительности имеет практическое значение. Поскольку фактических наблюдений за возобновлением вегетации растений недостаточно, необходимо найти количественные связи, дающие возможность рассчитать наступление отдельных фаз развития растений.

Изучение ритмов развития растений в связи с водным режимом почв и метеорологическими факторами является необходимым условием рационального использования естественных кормовых ресурсов. Для правильного использования пастбищ важно знать сроки наступления основных фаз развития наиболее ценных кормовых растений и колебания их по годам, так как сроки развития определяют и сроки формирования урожая (Нечаева, 1960).

В пустынных и полупустынных условиях на фазы развития растений влияют многие экологические факторы, среди которых можно выделить основные и второстепенные. Основными факторами являются влажность почвы, температура воздуха и почвы, солнечная радиация. К второстепенным, или косвенным, факторам можно отнести глубину снежного покрова и перераспределение его по элементам рельефа, экспозицию склонов песчаных бугров и гряд, характер субстрата, степень его покрытия растительностью и т. д. Экспозиция склонов влияет не только на распределение снега, но и на скорость прогревания почвы. В связи с этим вегетация даже одних и тех же растений наступает при различных суммах положительных температур и дефицитов насыщения. Склоны южной

экспозиции прогреваются быстрее и здесь растения переходят к цветению раньше, чем на северных, что особенно заметно на раннецветущих видах.

Особенно большое влияние на прохождение основных фаз развития растений оказывают погодные условия весеннего периода. Известно, что каждая последующая фаза у одного и того же вида растений начинает свое развитие при наличии определенных термических условий. Недостаток тепла или влаги может отражаться на скорости прохождения той или иной фазы и на состоянии и обилии различных видов в травостое. В зависимости от характера весны начало вегетации многих растений может сдвигаться на одну-две декады. Об этом наглядно свидетельствуют данные, полученные в условиях Северного Приаралья (Бедарев, 1969).

При обслуживании отгонно-пастбищного животноводства оперативными органами важно знать характер развития растительного покрова с тем, чтобы с большей заблаговременностью спрогнозировать начало вегетации пастбищной растительности и с учетом сезонной специфики начать их стравливание. Учитывая, что основным фактором, влияющим на начало возобновления вегетации, является температура воздуха и почвы, были найдены зависимости между суммой максимальных температур воздуха (до 400°) за период от даты перехода среднесуточной температуры через 0° до даты возобновления вегетации растений. Связь довольно тесная и выражена коэффициентом корреляции $0{,}94 \pm 0{,}006$. При наборе суммы температур за период 0° — возобновление вегетации растений свыше 400° (для растений с поздним началом вегетации) коэффициент корреляции несколько ниже, $0{,}87 \pm 0{,}04$. Уравнения регрессии соответственно имеют вид:

$$u = 0{,}93q + 1{,}011,$$

$$u = 0{,}05q + 14{,}45,$$

где u — число дней за указанный период, q — сумма максимальных температур за этот же период.

Несомненный интерес представляет прогнозирование времени наступления основных фаз развития у ведущих кормовых растений. Найденная зависимость числа дней и суммы среднесуточных температур воздуха за период возобновление вегетации — цветение и возобновление вегетации — плодоношение характеризуется коэффициентом корреляции, равным $0{,}97 \pm 0{,}03$ и $0{,}91 \pm 0{,}02$.

Своевременное проведение многих хозяйственных мероприятий тесно связано не только с прогнозированием начала наступления отдельных фаз развития, но и с оценкой погодных условий, влияющих на величину урожая. Динамика урожая растительной массы является той канвой, которая служит для внутрихозяйственного устройства при организации режима стравливания пастбищ, заготовки корма и планирования поголовья скота. К сожалению, каче-

ственных стационарных данных по динамике урожайности крайне недостаточно, что затрудняет производить расчеты по установлению связей между урожайностью и метеорологическими факторами, поэтому при нахождении таких зависимостей приходится использовать материалы различных научных учреждений.

Основным фактором, оказывающим влияние на величину урожая, является фактор тепла и влаги. В годы с теплой и влажной весной идет интенсивное нарастание надземной массы, и урожайность в такие годы наиболее высокая. Чтобы установить закономерность между урожайностью, теплом и влагой, был проведен анализ имеющихся материалов и показано, что чем больше влажных и теплых декад весной, тем выше урожай.

За оценку влажной и теплой декады принята температура воздуха $\geqslant 10°$ и запасы продуктивной влаги $\geqslant 30$ мм в слое 0—100 см. Найденная зависимость между урожайностью и ВТД (влажные и теплые декады) характеризуется высоким коэффициентом корреляции ($r = 0{,}90 \pm 0{,}02$).

Следует отметить, что эти разработки еще не совершенны, поскольку корневая система многих видов проникает глубоко и может использовать влагу из нижележащих горизонтов почвы. Для более углубленных разработок требуются данные влажности почвы до глубины 150 см и более.

Большое количество пастбищных растений с различной продолжительностью вегетации, поедаемостью, характером водного питания обусловливает различную динамичность в приросте урожая. Наиболее интенсивно идет рост многих пастбищных растений весной до перехода температуры воздуха через 20°. К этому времени у многих растений накапливается до 80—90% надземной массы от максимального урожая. Проведенный анализ указывает на довольно тесную связь между суммой температур от 0 до 20° и максимальной урожайностью с коэффициентом корреляции, равным $0{,}90 \pm 0{,}03$.

Чем длиннее период от возобновления вегетации до декады с переходом среднесуточной температуры через 20°, тем больше сумма эффективных температур и выше урожай кустарниковых и других травянистых растений.

Установление зависимостей между максимальным урожаем и метеорологическими факторами дает возможность составить агрометеорологический прогноз с большой заблаговременностью, что представляет особую ценность, так как в этом случае заранее можно планировать проведение сельскохозяйственных мероприятий. Проведенные расчеты между урожайностью и количеством осадков за ноябрь—июнь свидетельствуют о наличии вполне приемлемой связи ($r = 0{,}75 \pm 0{,}07$).

Такая же устойчивая связь существует между урожайностью и числом часов солнечного сияния за октябрь предыдущего года ($r = -0{,}91 \pm 0{,}03$). Физический смысл такой связи основан на разработках Бучинского (1967), который установил зависимость

между количеством атмосферных осадков и прямой солнечной радиацией за октябрь.

Проведенные в КазНИГМИ исследования по разработке и усовершенствованию методов оценки и прогноза агрометеорологических условий произрастания пастбищной растительности следует рассматривать как начальный этап. В дальнейшем потребуются дополнительные исследования по изучению агрометеорологических условий формирования урожая различных типов пастбищ в зональном разрезе при широком использовании экологического приема с учетом биологических особенностей видов.

Основным источником данных, необходимых для агрометеорологического обоснования и установления количественных связей между урожайностью пастбищных растений и метеорологическими факторами, являются материалы сети метеостанций. Однако следует отметить, что в настоящее время эти сведения уже не могут удовлетворить исследователей с целью разработки и усовершенствования методов оценки и прогноза урожая пастбищных растений. Основной причиной является то, что влажность почвы определяется на большинстве метеостанций на небольшой глубине (до 1 м), урожайность пастбищных растений дается общая, без дифференциации по видам и почти не проводятся наблюдения за температурой почвы по глубинам. Поэтому в дальнейшем необходимо хотя бы на отдельных репрезентативных пустынных станциях влажность почвы определять до глубины 2—3 м с обязательным укосом растительной массы по видам.

Наряду с разработкой методов оценки и прогноза урожайности пастбищной растительности отделом агрометеорологии КазНИГМИ в последние годы получены интересные данные не только по динамике урожайности основных типов пастбищ Северного Приаралья, но и по их семенному возобновлению.

Вопросы семенного возобновления постоянно интересовали исследователей, так как это непосредственно связано с продуктивностью естественных угодий, сменой одних пастбищ другими под влиянием хозяйственной деятельности человека, коренным и поверхностным улучшением малопродуктивных пастбищ. Однако, несмотря на исключительную значимость таких исследований, эти вопросы чаще всего решались односторонне, а именно, без глубокого анализа влияния погодных условий на появление всходов, их приживаемость и гибель, количество образовавшихся генеративных побегов, урожай семян и т. д.

Учитывая большое влияние метеорологических факторов, были проведены специальные наблюдения по срокам появления и динамике всходов различных жизненных форм растений. Особое внимание обращалось на укоренение подроста, семенной продуктивности и содержание семян в почве основных пастбищных растений.

В результате пятилетних наблюдений по семенному возобновлению выявлены связи количества всходов с осадками, расходом почвенной влаги, дефицитом влажности воздуха, амплитудой сред-

несуточной температуры воздуха и продолжительностью весны. Полученные уравнения дают возможность рассчитать величину всходов в весенний период. Кроме того, получены зависимости продуктивности семян для эфемеров от условий увлажнения и температурного режима в ранневесенний период. Для злаков найдены зависимости между условиями перезимовки, суммой осадков предыдущего года и увлажнением весеннего периода.

На количество всходов, особенно их приживаемость и дальнейшее развитие, в значительной мере влияют весенние заморозки. Установлены критерии повреждаемости и гибели от заморозков всходов различных групп растений (эфемеры, травянистые, многолетники, полукустарники, кустарники).

Таким образом, отмеченный перечень агрометеорологических исследований, проводимых отделом сельскохозяйственной метеорологии в условиях Северного Приаралья, далеко не полный. Предварительные двухлетние результаты по динамике урожайности были опубликованы совместно с Институтом ботаники АН КазССР в монографии «Биоэкологические основы использования и улучшения пастбищ Северного Приаралья» и частично в Трудах КазНИГМИ, вып. 34, «Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана» (Бедарев, 1969, ч. II). Более полные результаты экспедиционных исследований будут опубликованы в Трудах Института в ближайшее время, чтобы стать достоянием широкого круга читателей.

Проведенные агроклиматические и агрометеорологические исследования в Казахстане являются первым этапом. Кроме того, всякая оценка пастбищ, а также земель никогда не может быть абсолютной, она зависит от степени развития техники и экономики. Поэтому дальнейшей основной задачей агрометеорологических исследований применительно к пастбищной проблеме является разработка и усовершенствование методов оценки и прогноза урожая галофильной растительности, а также лиманов и пойм, горных районов и урожая трав равнинной (степной) территории.

Не менее важным при создании устойчивой кормовой базы является агрометеорологическое обоснование улучшения естественных и создания искусственных пастбищ. Учет погодных условий и знание эколого-биологических особенностей видов растений дают возможность успешнее вести работы по улучшению пастбищ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев И. Г. Изучение естественных кормов пустынь Казахстана. Сб. «Освоение пустынь, полупустынь и высокогорий». Изд. ВАСХНИЛ, М., 1939.

2. Бедарев С. А. Динамика урожайности и химизма пастбищной растительности пустыни Сары-Ишик-Отрау. Труды Ин-та ботаники АН КазССР, т. VI, 1959.

3. Бедарев С. А. Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана. Труды КазНИГМИ, вып. 34. 1969.

4. Бучинский В. Е. Связь сезонного количества атмосферных осадков с прямой солнечной радиацией и использование ее в прогностических целях. Метеорология и гидрология, № 5, 1967.

5. Габбасов А. М. Динамика растительности пастбищ и сенокосов низкогорий Северного Казахстана. Изв. Казахского филиала АН СССР, сер. бот., вып. 1. 1944.

6. Гордеева Т. Е. Динамика естественной растительности в полупустыне (на примере Джаныбекского стационара). Бот. ж. № 9, 1959.

7. Гранитов А. И. К вопросу прогноза урожая кормов на пастбищах Узбекистана. Сб. «Кормовая база и перспективы развития животноводства в Узбекистане». Изд. АН УзССР, Ташкент, 1953.

8. Коровин Е. П. Кормовая база в Узбекистане и задачи науки. Сб. «Кормовая база и перспективы развития животноводства в Узбекистане». Изд. АН УзССР, Ташкент, 1953.

9. Нечаева Н. Т. О выживаемости всходов пастбищных растений в Кара-Кумах в различные по метеорологическим условиям годы. Изв. Туркменского филиала АН СССР, № 5, 6, 1945.

10. Нечаева Н. Т. Использование фенологических наблюдений в пастбищном хозяйстве пустынной зоны. Труды фенологического совещания. Гидрометеоиздат, Л., 1960.

11. Федосеев А. П. Климат и пастбищные травы Казахстана. Гидрометеоиздат, Л., 1964.

12. Цаценкин И. А. и Андреев И. Г. К вопросу об устойчивости урожаев пастбищ пустынных степей. Сб. «Проблемы растениеводческого освоения пустынь», вып. 2. Изд. ВАСХНИЛ, Л., 1934.

Л. В. ТИТОВ

К РАСЧЕТУ АДИАБАТИЧЕСКОЙ ВОДНОСТИ И ВОДОЗАПАСОВ ОБЛАКОВ МОЩНОЙ КОНВЕКЦИИ И СРАВНЕНИЕ ИХ С ОСАДКАМИ В ИСКУССТВЕННЫХ ЛИВНЯХ

Прогресс науки и техники в условиях социалистической системы хозяйства позволяет наиболее эффективно использовать в интересах советских людей богатства и силы природы, открывать и осваивать новые виды энергии, разрабатывать методы активных воздействий на климатические условия. Вопросы воздействия на метеорологические процессы с целью изменения климата в больших и малых масштабах тесно связаны с теорией климата, создание которой является первоочередной задачей современной гидрометеорологической науки.

Над решением этой важной задачи работают многие ведущие ученые-метеорологи в СССР и за рубежом. Советские исследователи добились значительных достижений в разработке научных основ и развитии экспериментального направления в метеорологии, в том числе и в разработке проблемы активного воздействия на погоду и климат.

Задачей настоящей статьи является выяснение вопросов о соотношении водозапасов мощных кучевых облаков и количества осадков, выпавших в искусственных ливнях. Активные воздействия на облака с целью вызывания осадков являются важной составной частью вышеуказанной проблемы, поэтому необходимость изучения поставленных здесь вопросов очевидна, особенно для разработки методов оценки эффективности воздействий на облака.

Сравнение мгновенных водозапасов Cu cong. с количеством выпавшей воды в искусственных ливнях было выполнено на материалах экспедиции, проведенной в Северном Казахстане летом 1964 г. Главной геофизической обсерваторией имени А. И. Воейкова совместно с Казахским НИГМИ. Сюда же были привлечены данные опытов по искусственному вызыванию осадков в этом районе за последующие годы. Результаты этих работ обсуждались уже неоднократно [3, 10, 11, 13].

Для определения водозапасов облаков мощной конвекции вследствие большой трудности и опасности полетов в них обычно пользуются теоретической водностью, рассчитываемой в адиабатиче-

ском приближении. При расчетах водности Cu в адиабатическом приближении подъем воздуха считается влажноадиабатическим, а падением частиц пренебрегают. При этом предполагают, что относительная влажность воздуха в конвективных облаках равна 100% и вся избыточная влага конденсируется при подъеме облачной массы. Полученная таким образом водность облака называется адиабатической.

Исследуя изменение водности с высотой в конвективных облаках, Н. С. Шишкин [15] сопоставил значения водности, рассчитанные при адиабатическом поднятии облачной массы с уровней 900, 800, 700 и 600 мб при различных температурах основания конвективного облака, с данными фактических измерений средней и максимальной водности.

Полученная им кривая адиабатической водности хорошо согласуется с данными фактических измерений для максимальной водности, которая отмечается в центральной части облака, где отсутствует перемешивание облачных масс с окружающим воздухом. Уменьшение максимальной водности с высотой на уровнях свыше 1 км над основанием облаков, по экспериментальным данным В. А. Зайцева [4], связано с тем, что измерения производились в верхней части облаков, где возрастает роль фактора вовлечения. Этим же объясняется, по данным экспериментальных измерений Г. Т. Крюковой (Никандровой) и А. П. Чуваева [14], уменьшение средней водности с высотой для уровней выше 3 км.

Сопоставление кривых для средней и максимальной водности показывает, что для целей грубой оценки запасов воды в конвективных облаках можно считать среднюю водность равной примерно половине максимальной водности.

Тогда водность облака, вычисленная в адиабатическом приближении, дает возможность определить максимально возможную водность, а затем для определения среднего водозапаса облака следует взять половину адиабатической водности.

Для расчетов используем приведенные в монографии Н. С. Шишкина [15] графики изменения с высотой адиабатической водности в облаках мощной конвекции с различными уровнями их основания (900, 800, 700 и 600 мб) и разными значениями температуры на этих уровнях, построенные через 5° Е. П. Будиловой.

Расчет производится следующим образом. По аэрологической диаграмме находится точка пересечения кривых температуры на уровне основания облака и на барической поверхности, соответствующей высоте нижней границы облака. Через точку пересечения интерполяционно проводится линия конденсационной адиабаты. Поднимаясь вверх по адиабате, в точках пересечения с изобарами через 50 мб снимаются значения температуры и удельной влажности для состояния насыщения в г/кг. Затем находится разность значений удельной влажности на уровне конденсации и на заданном более высоком уровне. Умножением полученной разности на плотность воздуха по номограмме И. П. Смирнова [8] вы-

числяется соответствующая возможная водность облака в обычных единицах (г/м³).

Пользуясь методом адиабатического приближения, при котором максимальная водность конвективного облака принимается равной адиабатической, находим при данных метеорологических условиях максимально возможный водозапас облака. Потенциальный водозапас Cu cong. можно определить, зная его объем и водность.

В природе встречаются конвективные облака различных форм: в виде конуса, цилиндра, свечи и усеченного конуса. Очевидно, что конус и цилиндр являются крайними (предельными) формами конвективных облаков и в реальных условиях приходится иметь дело с конвективными облаками Cu cong., форма которых представляет собой нечто среднее между конусом и цилиндром. Поэтому за основную модель Cu cong. можно принять усеченный конус, верхнее основание которого в любом случае оказывается равным половине нижнего основания.

Мгновенные водозапасы мощных кучевых облаков рассчитывались при трех конкретных соотношениях геометрических параметров облака, т. е. были выбраны три различные модели облака: а) диаметр нижнего основания облака равен его вертикальной мощности ($l=\Delta H$); б) горизонтальная протяженность облака равна вертикальной мощности увеличенной в 1,5 раза ($l=1{,}5\Delta H$); в) диаметр основания равен удвоенной вертикальной мощности облака ($l=2\Delta H$).

Для определения объема облака разбиваем толщу его на слои таким образом, чтобы плоскости раздела совпадали с изобарическими поверхностями через 50 мб. При этом воспользуемся данными температурного зондирования атмосферы, что позволяет найти, какой высоте над уровнем моря соответствует данная изобарическая поверхность.

Каждый слой облака будет соответственно повторять форму кругового усеченного конуса, откуда объем каждого слоя вычисляется в км³ по формуле

$$V=\frac{1}{3}\pi\Delta h\left(r_1^2+r_1r_2+r_2^2\right),$$

где r_1 и r_2 — радиусы оснований слоя, а Δh — высота слоя.

По графикам Е. П. Будиловой [1, 15] для каждой изобарической поверхности, с которой совпадают основания слоев, используя температуру на уровне основания облака, находим адиабатическую водность в г/м³, представляющую собой водность на границах слоев. Затем устанавливаем среднюю водность каждого выделенного слоя в предположении ее линейного изменения с высотой в пределах сравнительно небольших слоев. Водность верхнего и нижнего оснований облака принимается при этом равной нулю. Мгновенный водозапас слоя находится умножением средней водности слоя на его объем. Последующим суммированием водозапасов

всех слоев необходим общий мгновенный водозапас облака в тоннах.

В табл. 1 показан пример подобного расчета адиабатической водности и потенциального водозапаса в мощном кучевом облаке, подвергнутом воздействию над Целинным экспериментальным метеорологическим полигоном (ЭМП) 2 июня 1964 г., вертикальная мощность которого составляла 2400 м, нижнее основание находилось на уровне 1900 м, а температура воздуха на этом уровне была равна 0,5°. В таблице даны высоты над уровнем моря для каждого облачного слоя и соответствующее им атмосферное давление. Далее приводится рассчитанная на границах слоев адиабатическая водность W_a, указываются соответственно вертикальная мощность каждого слоя и его средняя водность $\overline{W}_a$. Характеристики объемов облачных слоев и соответствующие им водозапасы, рассчитанные при различных геометрических параметрах облака, записаны в последних шести графах. В нижней строке таблицы приведены общие объемы и потенциальные водозапасы мощного конвективного облака для всех трех выбранных моделей.

Таблица 1

Расчет адиабатической водности и водозапасов в мощном кучевом облаке при данных метеорологических условиях: $H_{н.г}=1900$ м; $\Delta H=2400$ м; $T_{н.г}=0{,}5°$

H км	P мб	W_a г/м³	Δh км	$\overline{W}_a$ г/м³	Объем, км³			Водозапас, т		
					$l=\Delta H$	$l=1{,}5\Delta H$	$l=2\Delta H$	$l=\Delta H$	$l=1{,}5\Delta H$	$l=2\Delta H$
1,9	810	0,00								
2,5	750	0,67	0,6	0,34	2,39	5,47	9,52	813	1 860	3 237
3,0	700	1,32	0,5	0,99	1,52	3,30	6,28	1505	3 267	6 207
3,6	650	1,92	0,6	1,62	1,37	3,17	5,64	2219	5 135	9 137
4,3	597	0,00	0,7	0,96	1,08	2,29	3,99	1037	2 198	3 830
				Сумма	6,36	14,23	25,43	5574	12 460	22 411

Как видно, абсолютная водность облака Cu cong. в нижней его части растет с высотой, достигает на некотором уровне максимального значения и затем уменьшается. Последнее связано с тем, что уменьшение плотности воздуха с высотой идет относительно более быстро, чем увеличение избыточного количества влаги при подъеме облачной массы [1].

Оказалось, что средний объем рассмотренных мощных кучевых облаков при условии $l=\Delta H$ достигает 16,09 км³, а средний водозапас их равен 29 315 т воды. В случае $l=1{,}5\,\Delta H$ средний объем равен 35,94 км³, а водозапас 65 623 т воды. Наибольший средний

объем (64,20 км^3) и водозапас (117 227 т) имеют облака при $l = 2\Delta H$.

Следует указать, что в естественных условиях фактические исходные водозапасы конвективных облаков отличаются от теоретически рассчитанных, так как в периферийных частях облака возрастает роль факторов вовлечения и перемешивания облачных масс с окружающим воздухом, благодаря чему водность в этих частях заметно уменьшается [1, 9, 12, 15].

Принимая среднюю водность облака равной половине адиабатической, находим средний водозапас его, который для трех моделей Cu cong. составляет соответственно 14 657, 32 812 и 58 613 т воды.

Некоторые авторы [6, 7, 14] утверждают, что в мощном облаке среднюю водность можно принять равной 1 г/м^3. В этом случае появляется дополнительная возможность грубой оценки средних водозапасов мощных кучевых облаков, если предварительно установить их объем. Исходные водозапасы Cu cong., вычисленные при таком значении средней водности для трех различных моделей облака, соответственно равны 16 090, 35 940, 64 200 т воды.

Для определения суммарного количества воды, выпавшего в искусственных ливнях над Целинным ЭМП, воспользуемся табл. 1 и рис. 2 из работы [3]. Умножив полученное по табл. 1 превышение количества осадков за дневные сроки в дни с воздействиями на общую площадь опытного участка Целинного ЭМП, найдем суммарное количество воды в искусственных ливнях:

$$Q = Q_{оп} \times S = 6{,}8 \text{ мм} \times 1800 \text{ км}^2 = 12{,}24 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Другим способом сумма дополнительного количества осадков может быть получена из суммарного объема геометрических фигур, построенных через 5 мм на площади, очерченной изогиетой 10 мм, по рис. 2 указанной работы:

$$Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 + \Delta Q_3 + \Delta Q_4 = 10{,}96 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Вычисленная первым и вторым способами сумма дополнительных осадков оказывается вполне пригодной для оценочных расчетов добавка искусственных ливней, обусловленных активными воздействиями, в общую сумму осадков над опытным участком ЭМП, поскольку порядок величин в обоих случаях совпадает, а расхождение в полученных суммах осадков незначительно.

Используя установленное значение увеличения искусственных осадков над опытной площадкой Целинного ЭМП и потенциальные водозапасы мощных конвективных облаков, подвергнутых воздействию, рассмотрим возможные соотношения этих величин. Такие расчеты позволяют установить диапазон изменений коэффициента регенерации, представляющего собой отношение выпавшей во время дождя массы воды к мгновенному количеству капельной влаги в облаке. Известно, что это отношение всегда больше единицы и достигает 7—10 и более [2, 5, 6, 7].

В табл. 2 приводятся результаты расчета коэффициента регенерации (k) в искусственных ливнях по данным учащенной осадкомерно-плювиографической сети Целинного ЭМП для трех выбранных моделей облаков мощной конвекции при различных условиях реализации их водозапасов.

Таблица 2

Расчет коэффициента регенерации в ливнях для трех моделей облаков мощной конвекции при условии полного и частичного вымывания их водозапасов

Величина		При условии адиабатической водности			При условии половины адиабатической водности		
		$l=\Delta H$	$l=1{,}5\,\Delta H$	$l=2\Delta H$	$l=\Delta H$	$l=1{,}5\,\Delta H$	$l=2\Delta H$
Объемы Cu cong. км³	Σ	579,19	1293,98	2311,48	579,19	1293,98	2311,48
	ср.	16,09	35,94	64,20	16,09	35,94	64,20
Потенциальные водозапасы: при условии 100-процентной реализации, т	Σ	1 055 353	2 362 442	4 220 166	527 677	1 181 221	2 110 083
	ср.	29 315	65 623	117 227	14 657	32 812	58 613
при условии 70-процентной реализации	Σ	738 747	1 653 709	2 954 116	369 374	826 855	1 477 058
Коэффициент регенерации: при 100-процентной реализации		10,4	4,6	2,6	20,8	9,3	5,2
при 70-процентной реализации		14,8	6,6	3,7	29,6	13,2	7,4
при средней $W=1$ г/м³		18,9	8,6	4,7			

Н. С. Шишкин [15] указывает, что при естественном осадкообразовании реализуется лишь 60—70% влаги, содержащейся в облаках. Исходя из этого утверждения, определим коэффициент регенерации при условии полного 100-процентного вымывания облака и при условии реализации исходного водозапаса на 70%.

Для случаев $l=\Delta H$ в адиабатическом приближении коэффициент регенерации оказывается наибольшим, равным 10,4, при условии 100-процентной реализации потенциального водозапаса Cu cong. и увеличивается от 14,8 при условии вымывания 70% всего водозапаса. Если же исходить из того, что водность конвективного облака составляет половину адиабатической, то для модели $l=\Delta H$ значение k возрастает до 20,8 при условии полного вымывания облака и до 29,6 при реализации 70% потенциальных водозапасов.

Во всех трех рассматриваемых моделях Cu cong. наименьшие значения k обнаруживаются при допущении $l=2\Delta H$. Коэффициент регенерации в этих случаях при условии адиабатического приближения достигает значений 2,6 для 100-процентной реализации и 3,7 для 70-процентной реализации водозапасов. Если принять водность облака равной половине адиабатической, то k соответственно возрастает до 5,2 и 7,4.

Исходя из опыта наблюдений за структурными характеристиками мощных кучевых облаков наиболее вероятной моделью являются облака при $l=1{,}5\Delta H$. Рассчитанные для этой модели коэффициенты регенерации при всех принятых здесь допущениях, повидимому, более всего соответствуют реальности. По своим значениям они близки также к коэффициентам регенерации, вычисленным для отдельных ливней и совокупности ливневых дождей [6, 7].

Величины k, рассчитанные в табл. 2 при средней водности, равной 1 г/м^3, показывают, что такое значение водности является лишь частным случаем для конвективных облаков при тех или иных синоптико-аэрологических условиях, поэтому она может быть использована только для самой грубой оценки водозапасов облаков Cu cong. и соответствующих им коэффициентов регенерации.

Таким образом, вычисленные в адиабатическом приближении мгновенные водозапасы мощных кучевых облаков могут быть приняты при условии привлечения данных учащенной осадкомерно-плювиографической сети в качестве основных параметров для расчета коэффициентов регенерации в ливнях, которые необходимо знать при организации и проведении работ по активным воздействиям на облака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будилова Е. П., Шишкин Н. С. Расчеты количества сконденсированной влаги в конвективных облаках. Труды ГГО, вып. 47 (109), 1954.
2. Гауль М. Л. К расчету водного баланса облаков. Труды ГГО, вып. 176, 1965.
3. Гельмгольц Н. Ф., Леншин В. Т., Шишкин Н. С. Опыты по вызыванию дополнительных осадков из мощных кучевых облаков в б. Целинном крае. Сб. «Исследования по физике облаков и активным воздействиям на погоду». Гидрометеоиздат, М., 1967.
4. Зайцев В. А. Водность и распределение капель в кучевых облаках. Труды ГГО, вып. 19, 1950.
5. Мамина Е. Ф., Федоров Е. К. О водном балансе облачной системы. Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 5, 1957.
6. Мучник В. М. Оценка водоносности кучево-дождевых облаков. Труды УкрНИГМИ, вып. 18, 1959.
7. Прихотько Г. Ф. Искусственные осадки из конвективных облаков. Гидрометеоиздат, Л., 1968.
8. Смирнов И. П. Распределение плотности в атмосфере. Гидрометеоиздат, 1939.
9. Титов Л. В. О микрофизике облаков в Северном Казахстане. Сб. «Гидрометеорологические исследования в Казахстане», Алма-Ата, 1968.
10. Титов Л. В. Облачные ресурсы и опыты по искусственному вызыванию осадков в Северном Казахстане. Сб. «Проблемы природного и экономико-географического районирования Казахстана», Алма-Ата, 1968.

11. Титов Л. В. [и др.]. Самолетные исследования облачности в Северном Казахстане. Сб. МВ и ССО КазССР, вып. 4, Алма-Ата, 1968.
12. Титов Л. В. Аэрологические характеристики облаков в Северном Казахстане. Труды КазНИГМИ, вып. 37, 1969.
13. Титов Л. В. К оценке возможности активных воздействий на кучевые облака. Труды ГГО, вып. 262, 1970.
14. Чуваев А. П., Крюкова Г. Т. Некоторые результаты исследований мощных кучевых облаков. Труды ГГО, вып. 47 (109), 1954.
15. Шишкин Н. С. Облака, осадки и грозовое электричество, Гидрометеоиздат, Л., 1964.

О. Е. СЕМЕНОВ

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО РАЗМЕРАМ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА ВСЛЕДСТВИЕ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Процессы ветровой эрозии почв являются функцией большого числа параметров, которые можно разделить на две группы, характеризующие соответственно состояние приземного слоя атмосферы и поверхностного слоя почвы. В предшествующих работах, выполненных в КазНИГМИ, рассмотрены такие важные параметры, как критические величины скоростей ветра и влажности почвы одно- и двухступенчатой структуры (Труды КазНИГМИ, вып. 26 и 35). Было отмечено, что перечисленные параметры в значительной степени зависят от дисперсного состава почв. Поэтому дальнейшее изучение таких важных вопросов дефляции почв, как критические скорости ветра, расход почвы во время пыльных бурь и поземков и ряд других вопросов, невозможно без углубления знаний о закономерностях распределений почвенных частиц по размерам.

Почва представляет из себя дисперсную систему. Основными характеристиками ее являются размеры слагающих частиц и характер их распределения по размерам, которые во многом определяют физические свойства почвы и ее взаимодействие с деятельностью окружающей среды — атмосферными процессами, влагой и т. д. Для полидисперсных почвенных систем, т. е. таких, у которых частицы имеют различный размер, полная картина дисперсности характеризуется кривой распределения массы дисперсной фазы по размерам частиц. На графике этой кривой по оси абсцисс откладываются линейные размеры диаметров частиц от наименьшего до наибольшего, а по оси ординат — функция распределения

$$F(x) = \frac{1}{m_0} \frac{\Delta m}{\Delta x}, \qquad (1)$$

где m_0 — общая масса всех частиц, а Δm — масса их узкой фракции в интервале размеров от x до $x + \Delta x$. Для грубодисперсных почвенных частиц при определении входящих в формулу (1) величин используется метод ситового анализа, в котором фракционирование происходит между двумя ситами с последовательно уменьшающимися размерами отверстий, $x + \Delta x$ и x.

Практически Δm частиц определяют для конечных интервалов Δx, поэтому вместо непрерывных дифференциальных кривых

распределения получают гистограммы распределений либо проводят построение кумулятивных (интегральных) кривых распределений.

Однако, как отмечает Л. М. Левин [8], пользоваться экспериментально полученными функциями распределения частиц при решении различных теоретических и прикладных вопросов неудобно и трудно. Поэтому всегда целесообразно для экспериментально найденной функции распределения частиц находить аналитическое выражение, аппроксимирующее опытные кривые распределения частиц по размерам с приемлемой для исследований или практического использования точностью.

Сложность и недостаточная изученность физических процессов образования и разрушения частиц затрудняют теоретическое определение функций распределения. Можно указать лишь на работу А. Н. Колмогорова [7]. Он дал теоретическую схему случайного процесса последовательного дробления частиц, для которой в пределе (при неограниченном продолжении дробления) нормальный (гауссовский) закон распределения для логарифмов размеров частиц может быть установлен теоретически при выполнении некоторых допущений. Наиболее существенным допущением при этом является независимость вероятностей каждой частицы раздробиться за единичный промежуток времени на то или иное число частей тех или иных относительных размеров от размеров исходной частицы. А. Н. Колмогоров указал и на ограниченность применимости логарифмически-нормального распределения. В случае процесса дробления, когда скорость дробления пропорциональна той или иной степени размеров частиц и эта степень отлична от нуля, логарифмически-нормальный закон неприемлем.

Поскольку дефляционные процессы сопровождаются разрушением частиц почвы и их сортировкой, можно ожидать, что подвергающиеся выветриванию почвы на некотором этапе соответствуют указанной теоретической схеме и распределение частиц почвы по размерам описывается логарифмически-нормальным законом, т. е. логарифмы размеров частиц подчиняются приближенно нормальному распределению с плотностью распределения

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_u} e^{-\frac{(u-u_0)^2}{2\sigma_u^2}}, \qquad (2)$$

где $u = \lg x$, σ_u — среднеквадратичное отклонение логарифмов размеров частиц, u_0 — медианное значение $\lg x$, x — размер частиц.

Доля частиц с диаметром $\leqslant x$ равна

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_u} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{(u-u_0)^2}{2\sigma_u^2}}\, du. \qquad (3)$$

Применимость логарифмически-нормального закона распределения просто и наглядно устанавливается в вероятностно-логариф-

мической сетке (клетчатка вероятностей для кривых со значительной асимметричностью) [1, 8, 9, 11]. Если экспериментальные точки, нанесенные на эту клетчатку, ложатся на прямую линию (рис. 1), то распределение подчиняется этому закону.

Параметры распределения x_0, соответствующие медианному значению $u_0 = \lg x_0$ и σ_u, можно определять различными методами, но предпочтение следует отдать графоаналитическому методу Г. А. Алексеева [1], как более точному и нетрудоемкому.

Для проверки высказанного выше предположения подверглись исследованию образцы некоторых песков Южного Казахстана, которые, как известно, являются продуктом длительной эоловой деятельности, и образцы супесчаных дефлированных сероземов Алма-Атинской области.

При изучении агрегатного состава почв применяют метод «сухого просеивания» [2], при котором определение содержания в почве агрегатов различного размера проводится последовательным просеиванием воздушно-сухой пробы через набор сит с отверстиями 250, 500 мкм, 1, 3, 5, 10, 15, 30 и 50 мм. Для исследований процессов дефляции почв этот набор совершенно неприемлем, так как он не позволяет изучать распределение наиболее подвижных частиц, размером менее 250 мкм. Поэтому при анализе дисперсности образцов использовался набор сит с размером отверстий: 71, 100, 140, 250, 315, 500, 630 и 1250 мкм. Как показала выполненная работа, к перечисленному комплекту сит целесообразно было бы добавить сита с диаметром отверстий 50 и около 200 мкм.

Анализ полученных результатов показал, что бóльшая часть опытных образцов удовлетворительно аппроксимируется логарифмически-нормальным распределением. У ряда образцов отмечается небольшая положительная асимметрия за счет более крупных частиц. Поэтому при детальных исследованиях для характеристики асимметричности распределения, возможно, будет целесообразным введение замены $u = \log(x - a)$ и характеристики распределения тремя параметрами: x_0, σ_u и a. Кроме того, было выявлено, что наряду с логарифмически-нормальным распределением размеров частиц могут встречаться пески, распределение частиц которых аппроксимируется нормальным распределением, плотность которого равна

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_x} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}}, \qquad (4)$$

где $\bar{x}$ — средний размер частиц, σ_x — среднеквадратичное отклонение размеров частиц. Распределение этого типа, как известно, полностью определяется значениями $\bar{x}$ и σ_x.

Нормальное распределение спрямляется на клетчатке вероятностей для кривых с умеренной асимметричностью (рис. 2).

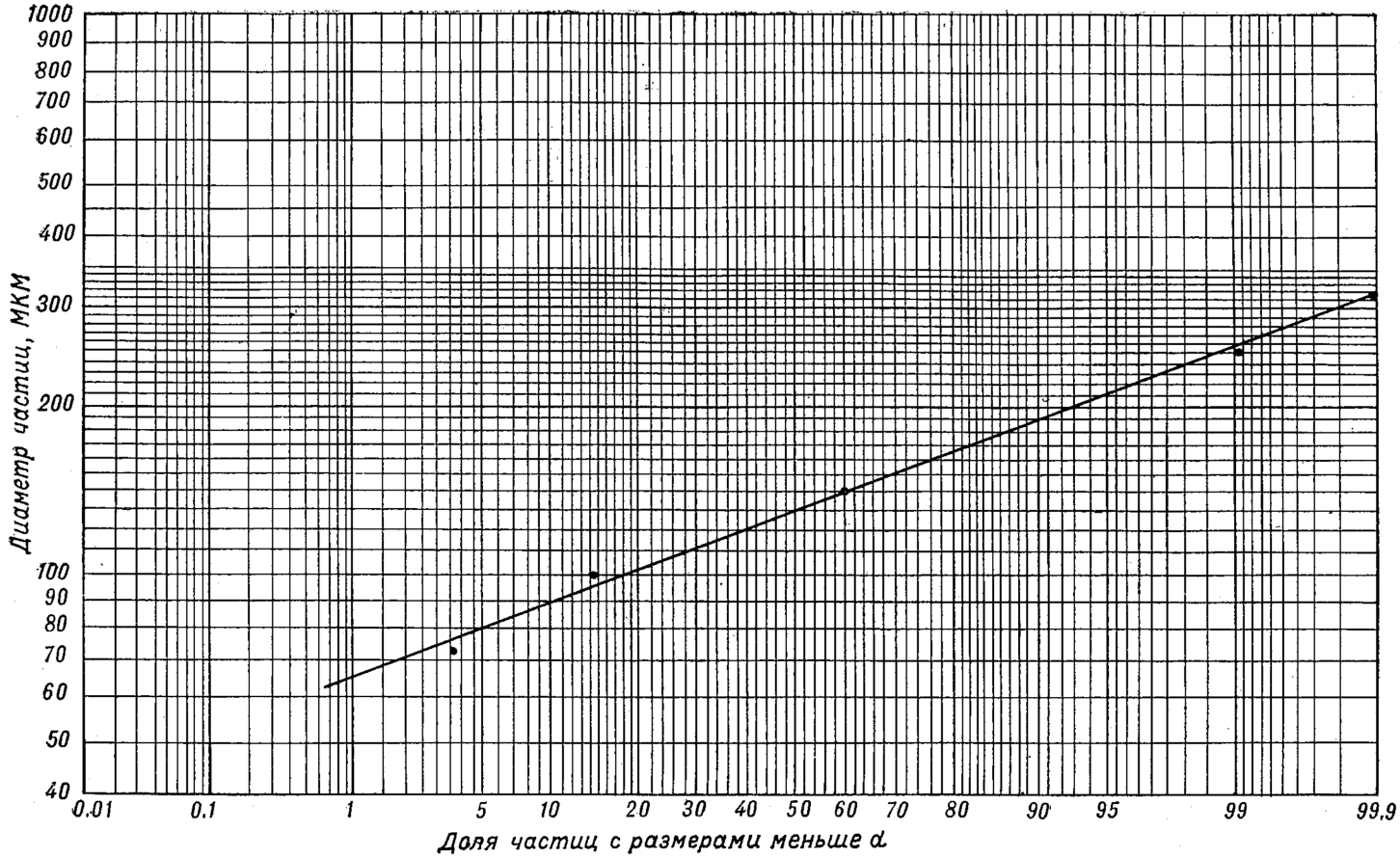


Рис. 1. Распределение частиц песка по размерам. Подвижный бархан вблизи поселка Карой.

Таблица 1

Данные структурного анализа образцов песков Южного Казахстана и супесчаных сероземов Алма-Атинской области

№ пробы	Масса частиц в интервале Δx (мкм) в % от массы всей пробы									Параметры распределений	
	<71	71—100	100—140	140—250	250—315	315—500	500—630	630—1250	>1250	x_0 или $\bar{x}$	σ_u или σ_x
1	3,6	21,3	48,6	25,9	0,5	0,1				$x_0 = 120$	$\sigma_u = 0,12$
2	1,6	7,4	39,9	49,6	1,2	0,3				$x_0 = 144$	$\sigma_u = 0,12$
3	3,6	10,9	46,0	38,6	0,8	0,1				$x_0 = 130$	$\sigma_u = 0,13$
4	13,6	44,5	29,1	12,5	0,1	0,1				$x_0 = 98$	$\sigma_u = 0,13$
5	0,1	0,8	15,6	78,2	5,1	0,2				$x_0 = 173$	$\sigma_u = 0,1$
6	4,0	8,4	20,6	33,8	22,5	10,5	0,2			$x_0 = 178$	$\sigma_u = 0,23$
7	3,6	17,4	45,9	32,6	0,4	0,1				$x_0 = 122$	$\sigma_u = 0,13$
8	19,4	43,1	33,1	3,9	0,4	0,1				$x_0 = 90$	$\sigma_u = 0,12$
9	4,8	8,9	7,7	14,0	7,3	21,9	11,6	21,9	1,9	$x_0 = 330$	$\sigma_u = 0,45$
10	3,3	5,6	18,6	44,5	17,4	9,7	0,7	0,2		$x_0 = 174$	$\sigma_u = 0,2$
11	0,3	2,0	10,7	57,2	22,5	6,7	0,3	0,2		$x_0 = 206$	$\sigma_u = 0,15$
12	0,1	0,1	0,5	51,8	40,4	7,0	0,4			$x_0 = 240$	$\sigma_u = 0,1$
13	0,7	11,0	36,7	41,2	7,4	2,6	0,4			$x_0 = 150$	$\sigma_u = 0,15$
14	5,7	23,7	44,2	22,1	2,2	1,9	0,2			$x_0 = 130$	$\sigma_u = 0,17$
15	3,1	5,5	12,8	59,0	12,7	6,1	0,8			$x_0 = 172$	$\sigma_u = 0,19$
16	0,4	1,7	4,6	47,6	34,5	11,2				$\bar{x} = 240$	$\sigma_x = 70$ мкм
17	22,5	35,0	15,65	4,96	0,86	2,71	2,88	3,72	11,6	—	—
18	31,3	39,4	13,4	3,7	1,0	3,7	2,6	4,2	0,7	—	—
19	18,4	37,1	26,3	13,9	2,9	1,4				$x_0 = 100$	$\sigma_u = 0,17$
20	20,9	50,2	24,9	3,9	0,1	0,1				$x_0 = 88$	$\sigma_u = 0,16$
21	21,8	47,6	25,6	4,9	0,1					$x_0 = 88$	$\sigma_u = 0,12$

Ниже приводятся описания мест взятия образцов почв и статистические параметры распределений частиц по размерам: x_0 и σ_u — для логарифмически-нормального распределения, x и σ_x — для нормального.

При описании песков Южного Казахстана были использованы работы по описанию долины р. Или [6], древней дельты р. Сырдарьи [4] и почв Алма-Атинской [10] и Джамбулской [3] областей.

Алма-Атинская область

Пески Сары-Ишикотрау — обширные песчаные пространства, располагающиеся на междуречье Или — Каратал, принадлежат к типу грядовых и грядово-бугристых полузакрепленных и закрепленных, высота гряд и бугров до 10 м. Образцы песков взяты в основном из западных районов Сары-Ишикотрау, граничащих с современной дельтой р. Или.

Проба № 1 взята вблизи поселка Карой на правобережье р. Нарын на грядово-бугристом песчаном массиве из небольшого незакрепленного подвижного бархана;

$$x_0 = 120 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}12.$$

Проба № 2 — на западной окраине Сары-Ишикотрау в 5 км северо-восточнее пос. Коктал (метеостанция Аул № 4) из подвижного бархана, расположенного одиночно среди грядово-бугристых полузакрепленных песков;

$$x_0 = 144 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}12.$$

Проба № 3 — в 10—12 км восточнее пос. Коктал из грядово-бугристых полузакрепленных травяной и кустарниковой растительностью песков;

$$x_0 = 130 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}13.$$

Пески Моинкум расположены между горами Кокшиель и Малай-Сары, ограничивающих их с юго-востока, и песками Сары-Ишикотрау, продолжением которых они и являются.

Проба № 4 взята из песчаного массива крайней юго-западной части песков Моинкум, выходящего к дороге Или — Баканас примерно на расстоянии 60 км от пос. Илийск. Место взятия образца представляет из себя ограниченную песчаными полузакрепленными грядами неглубокую обширную депрессию, заполненную в результате эоловых процессов ровными наносами незакрепленного мелкого песка. Встречаются невысокие кучевые формы высотой менее 1 м. Пески развеваются, на поверхности хорошо развита эоловая рябь;

$$x_0 = 98 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}13.$$

Пески Сары-Таукум являются юго-восточной частью громадного массива песков Таукум, занимающих левобережье р. Или. Сары-Таукум принадлежат к типу грядово-бугристых закрепленных песков, высота гряд и бугров до 20 м. Здесь же можно встретить и полузакрепленные пески и отдельные незакрепленные барханы.

Проба № 5 взята в районе метеостанции Айдарлы в 7 км северо-восточнее нового поселка из незакрепленного подвижного бархана;

$$x_0 = 173 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}1.$$

Проба № 6 — в том же районе, что и № 5, но из песков, закрепленных травяной и кустарниковой растительностью;

$$x_0 = 178 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}23.$$

Проба № 7 — в 12 км к северо-западу от пос. Казахстан (метеостанция Курты), расположенного в месте впадения р. Курты в Или. Пески грядово-бугристые полузакрепленные, развеваемые, с развитой на поверхности эоловой рябью;

$$x_0 = 122 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}13.$$

Пески Абдулкум расположены на левобережье р. Или выше впадения в нее р. Курты. Рельеф бугристый. Частично они наваиваются на надпойменную террасу Или и Курты.

Проба № 8 взята из такого навеянного на террасу р. Или мелкого песка в 17—20 км к юго-востоку от пос. Казахстан и в 2—3 км от р. Или. Рельеф в этом месте ровный, с мелкими (менее 0,5 м) и редкими кучевыми формами наносов. С юго-запада и юга терраса окаймлена невысокими грядами полузакрепленных песков, с которых и происходит вынос и аккумуляция мелкого песка. Незакрепленный песок с эоловой рябью на поверхности по своему происхождению аналогичен песку пробы № 4 и имеет близкие к нему параметры распределения;

$$x_0 = 90 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}12.$$

Пески Каскеленские (Прикаскеленские) Муюнкумы протянулись к западу от реки Каскелен неширокой полосой порядка 10 км. Рельеф преимущественно среднебугристый, пески закреплены, лишь прибрежная полоса шириной 2—3 км полузакрепленная и местами незакрепленная из-за неумеренного выпаса скота.

Проба № 9 взята в 1 км южнее дороги Илийск—Новоилийск на расстоянии около 5 км от последнего, песок крупнозернистый закрепленный мелкобугристый. По сравнению с другими описываемыми песками он более крупной фракции, дисперсия распределения наибольшая;

$$x_0 = 330 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}45.$$

Пески Бабакумы, Улькункумы и Узункумы и пески без названия с урочища Сары-Камыс — крупные массивы песков в дельте р. Чилик, вытянутые вдоль Или до р. Чарын. Рельеф песков мелко- и среднебугристый, мягкой расплывчатой формы, встречаются грядово-бугристые формы и барханы. Пески в основном закреплены, но есть и незакрепленные, подвергающиеся сильной дефляции.

Проба № 10 — из полузакрепленного бугра рядом с дорогой Чилик—Аяк-Калкан, не доезжая до курорта 7—9 км:

$$x_0 = 174 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}2.$$

Проба № 11 — песок из незакрепленного бархана, расположенного недалеко от пос. Аяк-Калкан;

$$x_0 = 206 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}15.$$

Джамбулская область

Здесь были взяты образцы песков Моинкум и в долине р. Талас, где встречаются большие массивы бугристо-барханных песков.

Проба № 12 — песок из южной части обширного Муюнкумского песчаного района в том месте, где он подходит к автотрассе Алма-Ата — Джамбул. В этом месте находятся высокие грядово-бугристые полузакрепленные пески. В отдельных местах растительность сильно изрежена и наблюдаются очаги развевания песков:

$$x_0 = 240 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}1.$$

Проба № 13 — из небольшого по площади массива песков в долине р. Талас в 18 км к северо-востоку от Аккуля в направлении Уюка. Пески незакрепленные и сильно дефлируют.

$$x_0 = 150 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}15.$$

Кзыл-Ординская область

Образцы песков были взяты в пределах древней дельты р. Сырдарьи. На этой территории В. М. Боровский и М. А. Погребинский [4] выделяют три группы песков:

1) кельтеминарские перевеянные пески;
2) яксартские пески русловых фаций;
3) яксартские пески полойных фаций.

Дефляции подвергались и подвергаются в основном пески первой группы — древнедельтовый перевеянный аллювий с высоким содержанием кварца, что говорит о его древнем происхождении и большой длительности воздействия на него ветра. Кельтеминарские пески выходят на дневную поверхность в виде островов с бугристо-грядовым рельефом, значительно возвышающихся над окружающей территорией. На большей части территории они погребены под яксартским слоистым аллювием.

Проба № 14 взята в 10 км южнее перекрестка дорог Кармакчи — Кзыл-Орда и Джалагаш —колхоз «50 лет Октября». Пески закреплены и имеют в своем составе пылеватые фракции;

$$x_0 = 130 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}17.$$

Проба № 15 — полузакрепленные пески из массива на 122-м километре дороги Кзыл-Орда — Кармакчи. Растительный покров изреженный;

$$x_0 = 172 \text{ мкм}, \quad \sigma_u = 0{,}19.$$

Проба № 16 — бугристо-грядовые пески, расположенные на границе Джалагашского и Кармакчинского районов по дороге Кармакчи — Кзыл-Орда. Вершины гряд не закреплены и интенсивно развеваются. Отличительная особенность песков этой пробы — распределение размеров их частиц подчиняется не логарифмически-нормальному закону, а нормальному закону (рис. 2). Параметры распределения их следующие:

$$\bar{x} = 240 \text{ мкм}, \quad \sigma_x = 70 \text{ мкм}.$$

В. М. Боровский и М. А. Погребинский [4] приводят результаты типичных дисперсных анализов в виде суммарных кривых гранулометрического состава всех трех перечисленных выше типов песков. Все описанные ими образцы кельтеминарских песков аппроксимируются нормальным распределением. Среднее значение диаметров частиц варьирует в интервале 260—360 мкм. Дисперсии распределений соответственно изменяются от 130 до 250 мкм.

Яксартские пески русловых фаций отличаются малой шириной распределения. Некоторые из образцов этих песков удовлетворительно аппроксимируются нормальным распределением, другие — логарифмически-нормальным.

В июне 1969 г. отдел метеорологии и климатологии КазНИГМИ проводил экспедицию на землях 5-й бригады Каскеленского зернового совхоза Алма-Атинской области. Приведем полученные данные по распределению частиц по размерам супесчаных сероземов. Пробы брались в системе полосного земледелия на полосе, лишенной растительного покрова, шириной около 60 м, на различных расстояниях от края.

Первая проба (№ 17) взята на участке свежевспаханной во влажном состоянии почвы, не подвергавшейся дефляции. Вторая проба (№ 18) — та же почва, но уже с разрушенной при обработке структурой. Три других образца брались вдоль линии разгона дефляции (здесь и ниже используется терминология, принятая у А. К. Дюнина [5], для процессов дефляции). Третий образец (№ 19) — почва из эоловой ряби на границе зоны выдувания с зоной уравновешенной дефляции; четвертый (№ 20) — из эоловой ряби в зоне уравновешенной дефляции; пятый (№ 21) — в зоне аккумуляции в конце полосы из небольшой косы, навеянной за

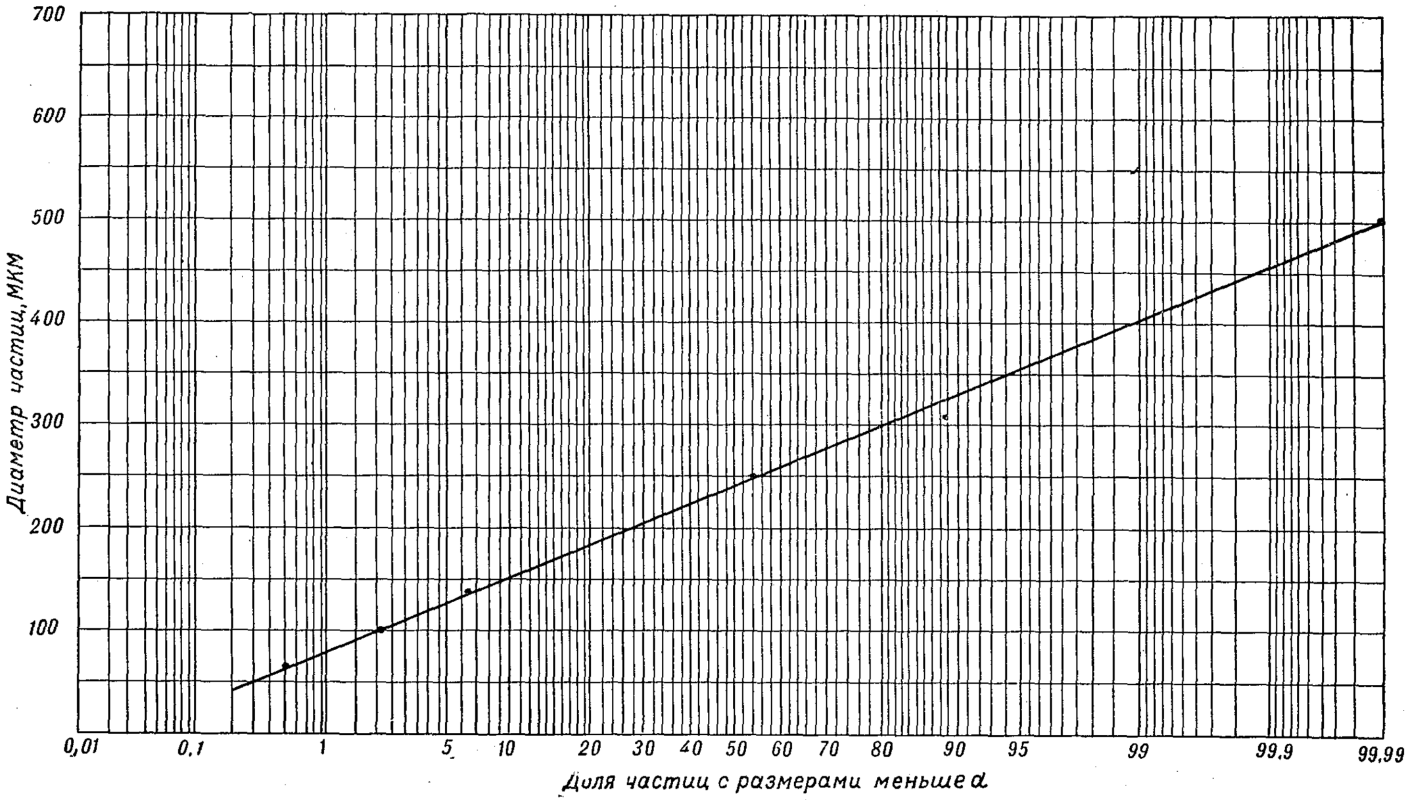


Рис. 2. Распределение частиц песка по размерам. Развеваемые кельтеминарские пески в древней дельте р. Сырдарьи.

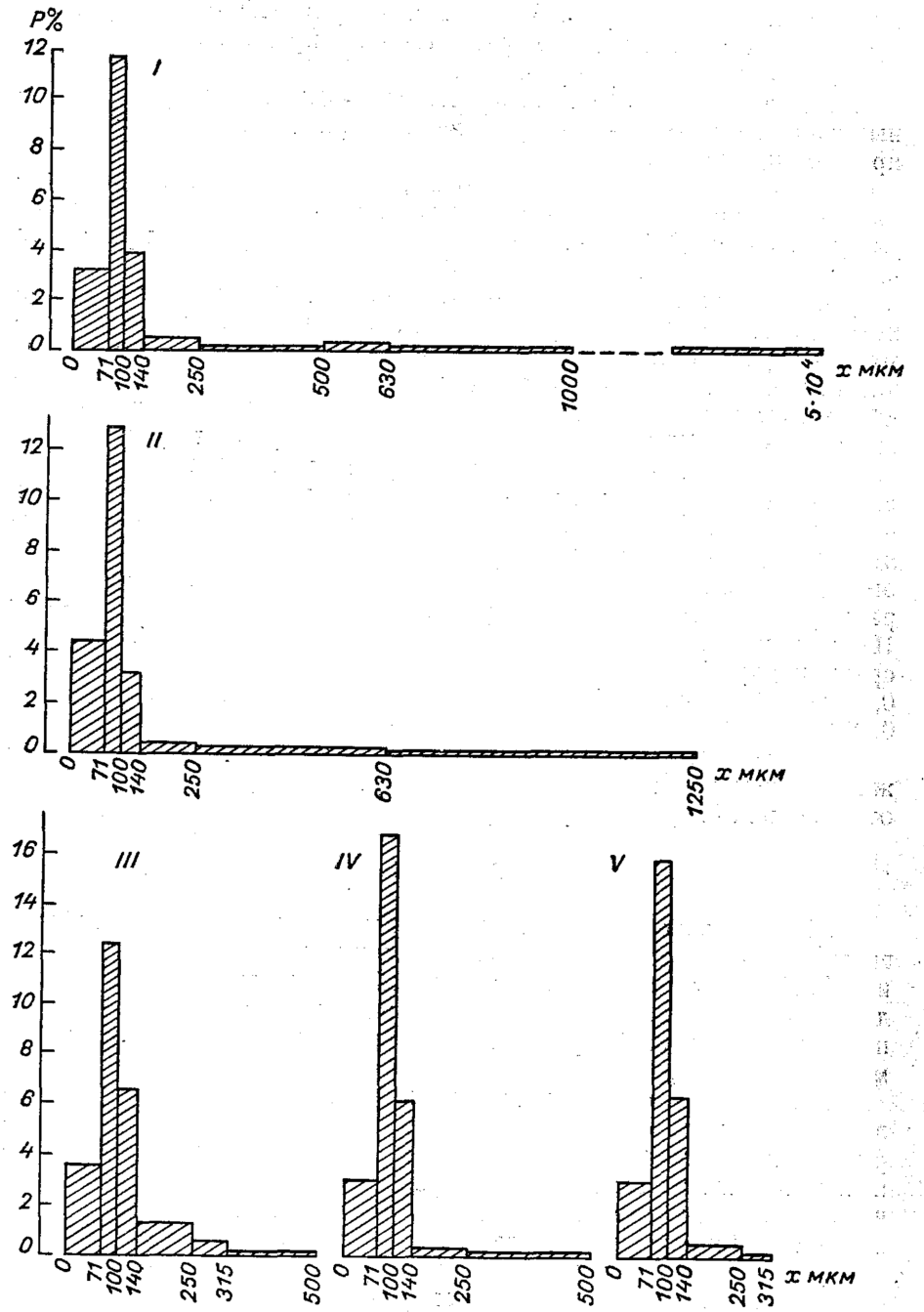


Рис. 3. Последовательное изменение распределений частиц почвы по размерам при дефляции. Супесчаные сероземы Алма-Атинской области.

кустиками злаковой растительности. Результаты сухого рассева приведены в табл. 1 под номерами 17—21 и представлены на рис. 3 в виде гистограмм распределения.

По данным анализа можно четко проследить ряд уже известных качественных закономерностей и выразить их количественно при помощи параметров распределения.

Отличительная особенность почвы, не подвергавшейся после обработки дефляции (№ 17) либо подвергавшейся ей лишь в очень слабой степени (№ 18), — большой размах варьирования размеров частиц.

Максимальный размер агрегатов, образованных вследствие пахоты, достигал 70 мм. При последующем их разрушении максимальный размер частиц уменьшился до 1250 мкм. Перенос ветром частиц приводит к дальнейшему резкому уменьшению широты распределения как за счет инертности крупных частиц, так и вследствие их разрушения. У третьего и четвертого образцов (рис. 3) максимальный размер частиц достигает уже лишь 500 мкм, а в зоне аккумуляции (образец пятый) уменьшается до 315 мкм. Все три последних образца удовлетворительно можно аппроксимировать логарифмически-нормальным распределением. Причем величина x_0, определяющая медианное значение распределения логарифмов размеров частиц, изменяется у этих образцов незначительно — от 100 мкм у третьего до 88 мкм у четвертого и пятого, тогда как среднеквадратичное отклонение уменьшается соответственно от 0,17 до 0,16 и, наконец, в зоне аккумуляции достигает величины 0,12.

Поэтому показателем степени дефлированности этих почв может служить такой объективный критерий как среднеквадратичное отклонение логарифмов размеров частиц.

ВЫВОДЫ

1. Разрушение частиц почвы легкого механического состава во время эоловых процессов во многих случаях соответствует указанной А. Н. Колмогоровым теоретической схеме случайного процесса дробления частиц. Получающееся при этом распределение частиц по размерам удовлетворительно описывается логарифмически-нормальным законом.

2. Перевеянные кельтеминарские пески в древней дельте р. Сырдарьи с высоким содержанием кварца (до 50—80%) аппроксимируются нормальным распределением. По-видимому, при длительных эоловых процессах скорость разрушения частиц уменьшается, и главную роль в формировании распределения начинает играть вынос мелких частиц более легких минералов.

3. При оценке степени дефлированности почв легкого механического состава и описания их дисперсности целесообразно использовать статистические параметры распределений вместо применяющихся эмпирических параметров различных авторов, для чего не-

обходимо перейти к более детальным анализам распределений частиц по размерам, чем применяемые в настоящее время.

4. Значение x_0 в различных районах изменяется в довольно широком интервале — от 90 до 330 мкм. Поэтому в описанных районах возникновение дефляционных процессов будет происходить при несколько отличных скоростях ветра и расход почвы будет неодинаковым.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить благодарность научному сотруднику Института почвоведения АН КазССР Ю. М. Попову, предоставившему в распоряжение автора образцы песков Кзыл-Ординской области.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев Г. А. Графоаналитические способы определения и приведения к длительному периоду наблюдений параметров кривых распределений. Труды ГГИ, вып. 73, 1960.

2. Агрофизические методы исследования почв. Под ред. С. И. Долгова. Изд. «Наука», М., 1966.

3. Ассинг И. А. [и др.]. Почвы Казахской ССР, вып. 7, Джамбулская область. Изд. «Наука» Казахской ССР, Алма-Ата, 1967.

4. Боровский В. М., Погребинский М. А. Древняя дельта Сыр-Дарьи и северные Кызыл-Кумы, т. 1. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1958.

5. Дюнин А. К. Механика метелей. Изд. Сибирского отделения АН СССР, Новосибирск, 1963.

6. Илийская долина, ее природа и ресурсы. Под ред. М. И. Ломановича. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1963.

7. Колмогоров А. Н. О логарифмически-нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. ДАН СССР, т. 31, № 2, 1941.

8. Левин Л. М. Исследования по физике грубодисперсных аэрозолей. Изд. АН СССР, М., 1961.

9. Недин В. В., Нейков О. Д. Современные методы исследования рудничной пыли и эффективности противопылевой вентиляции. Изд. «Недра», М., 1967.

10. Соколов С. И. [и др.]. Почвы Казахской ССР, вып. 4, Алма-Атинская область. Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1962.

11. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями. ИЛ, М., 1956.

Ю. И. КЛЮЧНИКОВ

ВАЖНЕЙШИЕ ЧЕРТЫ МЕДИКО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В РАВНИННЫХ И ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЮЖНОЙ ЧАСТИ КАЗАХСТАНА

Южная часть Казахстана характеризуется весьма большим разнообразием климато-лечебных ресурсов, возникающих под влиянием орографических факторов и других условий, определяющих развитие процессов формирования климата. Климатические ресурсы южных районов Казахстана уже давно начали использоваться в климатотерапевтическом отношении, что особенно характерно для горных районов, где размещено большое количество различных лечебно-профилактических учреждений как курортно-санаторного, так и иных типов, причем во многих из этих учреждений климат используется в качестве ведущего лечебного фактора. В связи с этим исследование особенностей режима погодных условий климатолечения, присущих равнинным и горным пространствам Южного Казахстана, имеет не только теоретическое, но и практическое значение, особенно в области совершенствования климатотерапевтических методов и организации курортного дела.

В настоящей статье излагаются основные результаты выполненного нами исследования режима медико-климатических условий, формирующихся в различных районах названной территории в течение теплой части года, т. е. когда имеет место проведение наиболее активных видов климатолечения, особенно таких, как гелиотерапия.

Для оценки этих условий обратимся к данным табл. 1, в которой приводятся значения повторяемостей эквивалентно-эффективных температур (ЭЭТ) за 13 час. по градациям, предложенным Н. З. Михайловым. Как видно из этих данных, медико-климатические условия, возникающие на исследуемой территории в мае, а равно и в другие месяцы теплой части года отличаются значительным разнообразием. На западе зоны пустынь, в низовьях р. Урал (Гурьев) преобладающее значение принадлежит дискомфортным воздушно-тепловым условиям холодных и умеренно холодных аэроанн (ЭЭТ менее 16°). Еще более часты названные условия в связи с интенсивной ветровой деятельностью в мае на мангышлакском побережье Каспия (Форт Шевченко).

Таблица 1

Повторяемость эквивалентно-эффективных температур за 13 час. (%). 1951—1960 гг.

Месяц	Градации ЭЭТ	Гурьев	Форт Шевченко	Чардара	Алма-Ата	Панфилов	Медео	Усть-Горельник
V	⩽ 16	55	76	25	64	48	82	97
	17—22	42	24	47	36	45	18	3
	⩾ 23	3	—	28	—	7	—	—
VI	⩽ 16	20	33	2	30	17	77	96
	17—22	50	60	26	60	60	23	4
	⩾ 23	30	7	72	10	23	—	—
VII	⩽ 16	6	16	0	10	6	40	74
	17—22	46	65	9	51	39	60	26
	⩾ 23	48	19	91	39	55	—	—
VIII	⩽ 16	6	19	—	10	7	52	82
	17—22	53	62	19	61	48	48	18
	⩾ 23	41	19	81	29	45	—	—
IX	⩽ 16	60	73	13	33	26	80	95
	17—22	33	27	39	60	57	20	5
	⩾ 23	7	0	48	7	17	—	—

Медико-климатическая структура мая изменяется существенным образом при движении от западных районов к южным районам центральной части равнинного Казахстана. Так, на территории Голодностепного массива орошения (Чардара) наиболее частыми в мае становятся комфортные воздушно-тепловые условия (17—22°), существенное значение приобретают погодные условия теплых воздушных ванн (более 23°). При переходе от равнинных пространств к низкогорному поясу Северного Тянь-Шаня в местах, открытых для свободного доступа северных вторжений (Алма-Ата), вновь отмечается заметное усиление роли умеренно холодных и холодных погод. В местах же, более или менее закрытых по отношению к холодным вторжениям, частота возникновения дискомфортных медико-климатических условий уменьшается (Панфилов).

Для характеристики медико-климатических условий, формирующихся в среднегорном поясе северного склона хребта Заилийского Алатау, приводим в табл. 1 данные по станциям Медео и Усть-Горельник, полученные И. А. Афанасьевой и затем существенно уточненные и дополненные нами. Как видно из этих данных, на средних и верхних высотах названного пояса в мае почти безраздельно господствуют условия холодных и умеренно холодных воздушных ванн.

Внутримесячная динамика медико-климатических условий на равнинных пространствах в мае характеризуется сравнительно невысоким уровнем междусуточной изменчивости медико-климатических показателей. Из данных табл. 2 видно, что медико-климатический индекс изменчивости погоды (процентное отношение числа дней с междусуточным скачком ЭЭТ $> \pm 5°$ к общему числу дней в месяце) в мае отличается более высокими количественными показателями по сравнению с другими месяцами лечебного сезона [1, 2]. Наиболее низкие значения индекса изменчивости погоды как в мае, так и в последующие за ним летние месяцы наблюдаются на равнинных пространствах. В условиях горного рельефа Юго-Восточного Казахстана, уже начиная с низкогорного пояса, величина индекса изменчивости заметно возрастает по сравнению с равнинной территорией.

Таблица 2

Средние и экстремальные значения медико-климатического индекса изменчивости погоды (%). 1951—1960 гг.

Месяц	Гурьев			Чардара			Алма-Ата			Панфилов		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
V	27	45	10	20	29	3	32	52	19	35	64	19
VI	16	27	3	8	17	0	24	43	0	20	33	0
VII	11	19	0	4	13	0	11	19	0	13	42	3
VIII	10	23	0	3	10	0	11	23	3	13	35	6
IX	27	47	3	13	30	0	22	33	7	16	30	3

Примечание. 1 — средние, 2 — максимальные, 3 — минимальные.

Степень изменчивости медико-климатических условий в мае и в другие месяцы теплого полугодия, как это видно из данных табл. 2, колеблется в весьма значительных пределах. В западных районах, на территории Прикаспийской низменности, максимальные значения медико-климатического индекса изменчивости погоды в мае могут достигать 45%. При этом следует отметить, что максимум изменчивости медико-климатических условий на западе пустынной зоны за исследуемый период отмечался в мае 1953 г., для макросиноптической структуры которого было характерно преобладание меридиональных процессов типа С (по М. Х. Байдалу). То обстоятельство, что названным процессам принадлежит ведущая роль в усилении изменчивости медико-климатических показателей, убедительно подтверждается данными табл. 3, в которой приведена повторяемость ЕСП с повышенной изменчивостью ЭЭТ, т. е. когда в периоде с междусуточной изменчивостью ЭЭТ более 5° сумма междусуточных разностей превышает 15°. Из этих дан-

Таблица 3

Повторяемость (%) различных естественных синоптических периодов с повышенной изменчивостью ЭЭТ

Месяц	Станция	Тип циркуляции						
		С1	С2	Е1	Е2	Ш1	Ш2	Ш3
V	Гурьев	41	24	6	6	—	18	5
	Чардара	23	23	15	15	—	15	8
	Панфилов	9	18	18	18	9	28	—
VI—VIII	Гурьев	41	30	12	—	5	12	—
	Чардара	27	27	23	9	0	9	5
	Панфилов	8	16	36	12	16	12	—
IX	Гурьев	28	39	11	5	—	17	—
	Чардара	—	80	20	—	—	—	—
	Панфилов	—	20	40	10	—	30	—

ных следует, что в низовьях Урала (Гурьев) в 65% случаев естественные синоптические периоды с повышенной изменчивостью ЭЭТ в мае характеризуются меридиональными атмосферно-циркуляционными процессами типа С, которые по большей части относятся к подтипу С1, а среди последних наиболее часты процессы разновидности С1 а—в. При этом следует отметить, что бóльшая часть естественных синоптических периодов с меридиональным процессом указанной разновидности отличалась за исследуемый ряд лет повышенной изменчивостью медико-климатических условий в мае не только в пустынных, но и в степных районах Западного Казахстана.

На территории пустынь крайнего юга Казахстана максимальное значение медико-климатического индекса изменчивости погоды в мае не превышает 30% (Чардара). Как и на западе Казахстана, усиление изменчивости медико-климатических показателей здесь чаще всего отмечается в периоды развития меридиональных процессов типа С. Так, повторяемость естественных синоптических периодов с данным типом циркуляции, при которых происходит усиление междусуточной изменчивости ЭЭТ, лишь немногим менее 50%. При этом во всех случаях процессы подтипа С1 относятся к разновидности С1 а—в, а процессы подтипа С2 — к разновидности С2 а—в.

При переходе от равнин к горным районам максимальные значения индекса изменчивости погоды возрастают. Так, уже в низкогорном поясе хребтов Северного Тянь-Шаня они достигают в мае 50% (Алма-Ата), а местами 60—65% (Панфилов).

Из анализа данных табл. 3 следует, что по мере движения от западных районов Казахстана к восточным роль меридиональных

атмосферно-циркуляционных процессов типа С в усилении степени изменчивости медико-климатических условий закономерно ослабевает за счет соответствующего возрастания повторяемости меридиональных процессов типа Е. Так, в районе Панфилова (Илийская впадина) увеличение изменчивости медико-климатических показателей в мае чаще всего бывает связано уже не с процессами типа С, а с процессами типа Е. Еще более ярко эта закономерность проявляется в июне—августе, на чем подробней остановимся ниже.

Из данных табл. 1 видно, что в июне, так же как и в мае, медико-климатические условия, возникающие в различных районах пустынной зоны Казахстана, отличаются большим разнообразием. На западе зоны доминирующими становятся комфортные воздушно-тепловые условия и начинают играть заметную роль метеоусловия теплых воздушных ванн, за исключением мангышлакского побережья Каспия, где они возникают по указанной выше причине лишь в редких случаях.

По мере удаления от западной части пустынной зоны по направлению к равнинно-пустынным районам Южного Казахстана медико-климатические условия и в июне претерпевают весьма существенные изменения. Так, на территории Голодностепного оазиса (Чардара) господствующими в июне становятся погодные условия теплых воздушных ванн (с повторяемостью до 70%), иначе говоря, весьма часто возникает метеорологическая ситуация, при которой возможен перегрев человеческого организма.

При переходе от равнинных пространств к низкогорным предгорьям Северного Тянь-Шаня происходит заметное увеличение значения комфортных воздушно-тепловых условий климатотерапии. Так, в низкогорном поясе северного склона хребта Заилийского Алатау (Алма-Ата) и в районах восточной части Илийской впадины повторяемость комфортных ЭЭТ достигает в июне 60%.

По мере поднятия на более значительные высоты увеличивается роль дискомфортных ЭЭТ, при которых возможно переохлаждение организма. Так, на средних высотах среднегорного пояса северного склона хребта Заилийского Алатау повторяемость дискомфортных ЭЭТ превышает 75% (Медео), а на верхних достигает 95% (Усть-Горельник).

В июне динамика медико-климатических условий на территории пустынной зоны по сравнению с маем характеризуется заметно более низким уровнем междусуточной изменчивости медико-климатических показателей. Наиболее низкие значения медико-климатического индекса изменчивости погоды и в этом месяце наблюдаются на равнинных пространствах. Так, на западе зоны количественные значения индекса изменчивости колеблются около 15%, а на равнинах пустынь Южного Казахстана они опускаются ниже 10% (Чардара). В условиях горного рельефа Юго-Восточного Казахстана, в низкогорном поясе предгорий хребтов Север-

ного Тянь-Шаня, величина индекса изменчивости погоды поднимается в июне в среднем до 20—25% (Алма-Ата, Панфилов).

В многолетнем ходе степень изменчивости медико-климатических условий в июне как на равнинных пространствах, так и в горных районах также колеблется весьма значительно. На западе, в низовьях Урала (Гурьев), максимальные значения медико-климатического индекса изменчивости погоды достигают в этом месяце 30%. Наиболее высокий уровень изменчивости медико-климатических показателей в южных районах Прикаспийской низменности за исследованный ряд лет отмечался в июне 1951 г., для макросиноптической структуры которого было характерно преобладание меридиональных процессов типа С (три естественных синоптических периода). Таким образом, как и в мае, в июне названным процессам принадлежит ведущая роль в усилении изменчивости медико-климатических условий на равнинных пространствах запада республики.

Из данных табл. 3 видно, что на западе Казахстана в 70% случаев естественные синоптические периоды с повышенной изменчивостью медико-климатических показателей в июне—августе характеризуются меридиональными макросиноптическими процессами типа С, среди которых ведущее значение, как и в мае, принадлежит процессам подтипа С1, а среди последних наиболее часты процессы разновидностей С1а и С1а—в.

На равнинных пространствах крайнего юга Казахстана максимальные значения индекса изменчивости погоды поднимались в июне лишь до 17% (Чардара). Усиление изменчивости медико-климатических условий здесь, так же как и на западе Казахстана, в летние месяцы чаще всего отмечается в периоды развития меридиональных атмосферно-циркуляционных процессов типа С. Из данных табл. 3 видно, что примерно в 55% случаев повышенная изменчивость медико-климатических показателей на крайнем юге Казахстана происходит в естественные синоптические периоды с меридиональной циркуляцией типа С, в остальных случаях усиление изменчивости чаще всего отмечается в периоды развития меридиональной циркуляции подтипа Е1.

В предгорной зоне хребтов Северного Тянь-Шаня, в условиях низкогорного рельефа, в июне отмечается заметное возрастание максимальных значений индекса изменчивости погоды по сравнению с соседними равнинными пространствами. Последнее особенно характерно для мест, открытых для свободного доступа вторжений, господствующих в это время в Юго-Восточном Казахстане. Так, например, в предгорьях хребта Заилийского Алатау, в районе Алма-Аты, величина медико-климатического индекса изменчивости погоды достигала в июне 1957 г. 43%.

Отмеченная выше тенденция, заключающаяся в том, что по мере движения с запада на восток происходит закономерное возрастание роли меридиональных макросиноптических процессов типа Е в усилении изменчивости погодных условий климатотерапии,

а значение меридиональных процессов типа С соответственно уменьшается, еще более четко проявляется в период июнь—август. Так, уже в предгорьях Заилийского Алатау повышенная изменчивость медико-климатических показателей в указанное время года чаще всего отмечается в периоды развития меридиональных процессов типа Е. В остальных случаях усиление изменчивости обусловливается процессами подтипа С2. Суммарная повторяемость случаев усиления изменчивости, связанных с макросиноптическими процессами подтипа Е1, Е2, С2, в период июнь—август достигает в данном районе 67%. Еще более значительно проявляется роль меридиональных процессов типа Е в рассматриваемом отношении на крайнем юго-востоке Казахстана. В районе Панфилова, как видно из табл. 3, повторяемость естественных синоптических периодов с названным типом циркуляции, при которых наблюдается повышенная изменчивость погодных условий климатолечения, достигает здесь в июне—августе почти 50%. Ведущее значение при этом принадлежит процессам подтипа Е1 (36%), а наиболее важную роль играют процессы разновидности Е1а—в. Повышенная изменчивость медико-климатических условий на крайнем юго-востоке Казахстана наблюдалась в июне 1954 г., для макросиноптической структуры которого было характерно четко выраженное преобладание естественных синоптических периодов с развитием меридиональных процессов типа Е.

Еще более заметно обнаруживается роль меридиональных процессов типа Е в усилении изменчивости медико-климатических показателей на юго-востоке Казахстана как в июне, так и в июле, если принимать во внимание только случаи с резко повышенной изменчивостью названных характеристик, т. е. когда сумма междусуточных скачков ЭЭТ, превышающих ±5°, за отдельно взятый естественный синоптический период достигала 20° и более. Последнее весьма убедительно подтверждается данными табл. 4.

Таблица 4

Повторяемость (%) различных естественных синоптических периодов с резко повышенной изменчивостью ЭЭТ в июне—июле

	Тип циркуляции						
	С1	С2	Е1	Е2	Ш1	Ш2	Ш3
Алма-Ата	—	18	46	18	9	9	—
Панфилов	—	—	67	33	—	—	—

Из этих данных видно, что в районе Алма-Аты резко повышенная изменчивость ЭЭТ в июне—июле примерно в 65% случаев возникает в периоды развития макросиноптических процессов типа Е (преимущественно подтипа Е1), в остальных случаях наиболее за-

метную роль играют меридиональные процессы подтипа С2. Еще более ярко проявляется значение процессов типа Е на крайнем юго-востоке Казахстана, где в районе Панфилова резко повышенная изменчивость медико-климатических условий в названные месяцы отмечалась только в периоды развития процессов типа Е (главным образом подтипа Е1).

Как видно из данных табл. 1, на крайнем западе Казахстана (Гурьев) в июле заметно возрастает повторяемость воздушно-тепловых условий, при которых возможен перегрев организма (с повторяемостью почти до 50%) и довольно часты комфортные условия. Заметно иные метеоусловия климатотерапии формируются в июле на мангышлакском побережье Каспия, где четко доминирующую роль играют комфортные ЭЭТ (до 65%).

На территории пустынь Южного Казахстана в пределах Голодностепного массива орошения (Чардара) почти безраздельное господство в данном месяце принадлежит метеоусловиям теплых аэрованн. Суммарная повторяемость ЭЭТ, соответствующих теплым и жарким воздушным ваннам, достигает здесь в июле 90%.

В предгорьях Северного Тянь-Шаня, в местах, открытых для северных вторжений, в июле сохраняется преобладание комфортных медико-климатических условий, соответствующих теплым и жарким воздушным ваннам (Алма-Ата). В местах же, более или менее закрытых по отношению к холодным вторжениям, метеоусловия теплых и жарких аэрованн становятся в июле господствующими (Панфилов).

На средних высотах среднегорного пояса северного склона хребта Заилийского Алатау (Медео) доминирующее значение в июле, в отличие от других летних месяцев, получают комфортные метеоусловия климатотерапии. На верхних высотах названного пояса и в июле продолжает сохраняться преобладание дискомфортных погодных условий климатолечения, но повторяемость их по сравнению с июнем заметно уменьшается (Усть-Горельник).

Как видно из данных табл. 2, в июле средний уровень изменчивости медико-климатических показателей повсеместно заметно снижается по сравнению с июнем. В большинстве районов как в условиях равнинного, так и низкогорного рельефа медико-климатический индекс изменчивости погоды в этом месяце достигает лишь 10% или немногим более, а на равнинных пространствах Южного Казахстана он опускается ниже 5%.

Как и в другие летние месяцы, в июле усиление изменчивости погодных условий климатолечения на западе Казахстана чаще всего происходит в периоды развития макросиноптических процессов типа С. Последнее имело место в июле 1955 г., когда ведущее значение принадлежало процессам названного типа и величина медико-климатического индекса изменчивости погоды достигала в низовьях Урала 20%.

В пределах равнинно-пустынных пространств юга Казахстана максимальные значения индекса изменчивости погоды в июле, даже

в случае ее наибольшего усиления, лишь немногим превышают 10%. Такое усиление изменчивости погоды на данной территории отмечалось в первой половине июля 1957 г. и совпало с развитием меридиональных процессов атмосферной циркуляции типа С. При этом интересно отметить, что, как и в некоторые другие месяцы теплого полугодия, усиление изменчивости медико-климатических условий в июле происходит в периоды развития макросиноптических процессов разновидностей С1а—в и С2а—в.

В горных районах Юго-Восточного Казахстана максимальные значения медико-климатического индекса изменчивости погоды в июле достигают весьма значительных величин. Так, в районе Панфилова в июле 1960 г. величина индекса изменчивости доходила до 42%. В это же время на западе Казахстана она опускалась до своих минимальных значений (0%). Столь высокий уровень изменчивости медико-климатических условий в июле 1960 г. на крайнем юго-востоке Казахстана совпадал с весьма значительным развитием в этом месяце, особенно во второй и третьей декадах, меридиональных макросиноптических процессов типа Е.

В августе почти повсеместно несколько усиливается роль погодных условий комфортных воздушных ванн (см. табл. 1). В западных районах зоны (Гурьев) комфортные ЭЭТ становятся в этом месяце господствующим типом воздушно-тепловых условий. Еще более высокой является повторяемость комфортных воздушно-тепловых условий в августе на мангышлакском побережье Каспия.

На территории равнинно-пустынных пространств юга Казахстана (Чардара) в августе, как и в июле, доминирующую роль продолжают играть погодные условия, при которых возможен перегрев организма (с повторяемостью до 80%).

В горах Юго-Восточного Казахстана в пределах низкогорного пояса наиболее часто в августе возникают комфортные ЭЭТ, что особенно характерно для района Алма-Аты, но уже на средних высотах среднегорного пояса преобладающими в этом месяце становятся дискомфортные погодные условия, при которых возможно переохлаждение организма (Медео). Еще более резко выражено господство этих условий на верхних высотах среднегорного пояса (Усть-Горельник).

Междусуточная изменчивость медико-климатических условий на равнинных и низкогорных пространствах пустынной зоны в августе, как и в июле, незначительна. Медико-климатический индекс изменчивости погоды в большинстве районов зоны колеблется около 10%, за исключением равнинно-пустынных пространств юга Казахстана, где средняя величина его снижается до 3% (см. табл. 2).

На западе зоны, в пределах Прикаспийской низменности, максимальные значения индекса изменчивости погоды (до 23%) отмечались в августе 1955 г., который отличался преобладанием меридиональных макросиноптических процессов типа С. Усиление из-

менчивости медико-климатических условий в августе 1955 г. происходило также и в районе пустынь Южного Казахстана.

В предгорных и горных районах Юго-Восточного Казахстана максимальные значения индекса изменчивости погоды в августе в пределах низкогорного пояса достигают 25—35%. На крайнем юго-востоке Казахстана, в районе Панфилова, наиболее значительное усиление изменчивости медико-климатических показателей отмечалось в августе 1958 г., для макросиноптической структуры которого было характерно преобладание меридиональных атмосферно-артикуляционных процессов типа Е.

В сентябре в западных районах зоны, в низовьях р. Урал, господствующую роль приобретают дискомфортные ЭЭТ, относящиеся к зоне охлаждения (см. табл. 1). Еще более часты названные условия в данном месяце на мангышлакском побережье Каспия (до 75%).

На территории пустынь юга Казахстана наиболее частыми в сентябре являются погодные условия теплых воздушных ванн и заметно возрастает роль комфортных ЭЭТ. В предгорьях Северного Тянь-Шаня доминирующую роль в сентябре продолжают играть комфортные воздушно-тепловые условия (до 60%), а в пределах среднегорного пояса почти безраздельное господство получают дискомфортные условия холодных и умеренно холодных воздушных ванн (80—95%).

В сентябре по сравнению с июлем и августом резко возрастает степень междусуточной изменчивости медико-климатических условий. На западе зоны медико-климатический индекс изменчивости погоды возрастает в среднем до 25%, на территории пустынь юга Казахстана он не превышает 15%, а в предгорьях Заилийского Алатау, в районе Алма-Аты, поднимается до 22%.

Как видно из данных табл. 3, усиление изменчивости медико-климатических условий на западе зоны в сентябре, как и в предшествующие ему летние месяцы, наиболее часто происходит в период развития меридиональных процессов типа С, а на востоке зоны — в периоды развития процессов типа Е. Таким образом, и в данном случае имеет место подтверждение закономерности, выражающейся в том, что по мере движения с запада на восток в пределах южной зоны Казахстана роль меридиональных процессов типа С в рассматриваемом аспекте постепенно уменьшается, а значение меридиональных процессов типа Е возрастает.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключников Ю. И. К методике исследования изменчивости погодных условий климатолечения. Сб. «Географические исследования в Казахстане», Алма-Ата, 1968.

2. Ключников Ю. И. О синоптико-медико-климатическом исследовании изменчивости погодных условий. Сб. «Географические исследования в Казахстане», Алма-Ата, 1968.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ КАЗАХСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

МОНОГРАФИИ

Байдал М. Х. Комплексный макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов погоды. Под ред. А. С. Утешева. Л., Гидрометеоиздат, 1961.

Байдал М. Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. Ч. 1 и 2. Макроциркуляционный анализ и долгосрочное прогнозирование погоды, сезонных явлений и колебаний климата Казахстана. Л., Гидрометеоиздат, 1964.

Байдал М. Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. Ч. 3. Основы комплексного макроциркуляционного метода долгосрочных прогнозов погоды и сезонных явлений. Л., Гидрометеоиздат, 1965.

Гельмгольц Н. Ф. Горно-долинная циркуляция северных склонов Тянь-Шаня. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

Каталог селеопасных рек Казахстана, Средней Азии и Восточной Сибири. Под ред. И. О. Раушенбаха. Алма-Ата, 1967.

Климат Казахстана. Под ред. А. С. Утешева. Л., Гидрометеоиздат, 1959.

Коровин В. И. Влияние гидрометеорологических условий на сток рек и уровень озер бассейнов рек Верхнего Иртыша и Балхаш-Алакольской впадины. Л., Гидрометеоиздат, 1966.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 1. Карагандинская область. Под ред. Г. Л. Шимкевич. Л., Гидрометеоиздат, 1966.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. Под ред. В. А. Семенова и Р. Д. Курдина. Л., Гидрометеоиздат, 1970.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 1. Горный Алтай и Верхний Иртыш. Под ред. В. А. Семенова. Л., Гидрометеоиздат, 1969.

Федосеев А. П. Климат и пастбищные травы Казахстана. (Агроклиматическая характеристика и агрометеорологические прогнозы.) Л., Гидрометеоиздат, 1964.

ТРУДЫ КАЗНИГМИ

Вып. 1. Под ред. А. С. Утешева. Л., Гидрометеоиздат, 1953.

Содержание: Утешев А. С. Атмосферные засухи северной половины Казахстана — Федосеев А. П. Метеорологические условия образования зимней пастбищной бескормицы в Казахстане. — Самохвалов Н. Ф. Суховеи Казахстана.

Вып. 2. Под ред. Н. Ф. Гельмгольца. Л., Гидрометеоиздат, 1954.

Содержание: Коровин В. И. Прогноз весеннего половодья горных рек при отсутствии снегосъемок и высокогорных станций. — Копыт А. Д. Зависимость

весенних запасов почвенной влаги от метеорологических условий осенне-зимнего периода в Казахстане. — Безверхний Ш. А. О некоторых особенностях ультрафиолетовой прозрачности атмосферы. — Гельмгольц Н. Ф. Некоторые соображения о классификации облаков. — Безверхняя Р. Ц. и Гельмгольц Н. Ф. О практическом определении коэффициента турбулентности в свободной атмосфере. — Орлова Р. Т. О достаточности числа наблюдений для получения в аэрологии средней температуры заданной точности. — Гельмгольц Н. Ф. К усовершенствованию и ускорению обработки аэрологических наблюдений.

Вып. 3. Под ред. В. И. Коровина. Л., Гидрометеоиздат, 1954.

Содержание: Кавецкий С. П. О противоселевых мероприятиях в Казахстане. — Коровин В. И. Опыт расчета и прогноза схода снежного покрова в условиях равнинного Казахстана. — Прохоров И. И. Измерение осадков в малодоступных районах. — Коровин В. И. и Кавецкий С. П. О гидрометеорологических наблюдениях и исследованиях на лиманах. — Байдал М. Х. К вопросу о зональной циркуляции атмосферы. — Кавецкий С. П. и Коровин В. И. К вопросу о рекогносцировочном авиаобследовании селевых районов. — Смирнов И. П. Установка для регистрации уровней селевых паводков.

Вып. 4. Сельскохозяйственная метеорология. Под ред. А. П. Федосеева. Л., Гидрометеоиздат, 1955.

Содержание: Федосеев А. П. Агрометеорологическая оценка условий роста пастбищной растительности равнинного Казахстана. — Федосеев А. П. К вопросу об агроклиматических условиях возделывания сеяных трав в полупустынной зоне. — Белобородова Г. Г. и Федосеев А. П. Особенности динамики роста сеяных и пастбищных кормовых трав и связи с агрометеорологическими условиями. — Конюхов Н. А. Характеристика агрометеорологических условий периодов окота овец на территории равнинного Казахстана. — Конюхов Н. А. Характеристика агрометеорологических условий территории равнинного Казахстана применительно к весенней стрижке овец. — Копыт А. Д. Характеристика запасов почвенной влаги под основными сельскохозяйственными культурами зерновых районов Казахстана. — Самохвалов Н. Ф. Агроклиматическое обоснование сроков весенних полевых работ в районах освоения целины Северного Казахстана. — Федосеев А. П. Термические условия сева кукурузы в северных районах Казахстана.

Вып. 5. Сборник статей по гидрологии и метеорологии. Под ред. В. И. Коровина и Н. Ф. Гельмгольца. Л., Гидрометеоиздат, 1955.

Содержание: Кавецкий С. П. и Шкаликов Ф. В. Метод прогноза средних месячных уровней грунтовых вод — Молчанов А. Л. О водопоглощающей способности распаханных, залежных и занятых под лесонасаждения черноземов.— Коровин В. И. Способ прогноза расходов воды в истоках рек, вытекающих из озер. — Кавецкий С. П. и Калмыкина Е. М. О стоке взвешенных наносов рек северного склона Заилийского Алатау. — Коровин В. И. О прогнозе водности и схода снежного покрова в верховье бассейна р. Илек. — Кавецкий С. П. Некоторые вопросы изучения ливневого стока. — Байдал М. Х. и Серебрякова А. А. Климатические особенности волн холода в Казахстане в холодное время года. — Гельмгольц Н. Ф. Аэрологический анализ атмосферной засушливости в Западном Казахстане. — Безверхняя Р. Ц. Синоптические условия атмосферной засушливости в западном Казахстане. — Безверхний Ш. А. Озонометрические данные по Алма-Ате в сопоставлении с некоторыми метеорологическими факторами. — Прохоров И. И. О вычислении глубины промерзания почвы. — Комиссарова Л. Н. Повторяемость южных циклонов над Средней Азией и Казахстаном.

Вып. 6. Вопросы синоптической метеорологии. Под ред. Т. А. Дулетовой. Л., Гидрометеоиздат, 1956.

Содержание: Голубов Р. С. Синоптико-климатическое описание Казахстана. — Дулетова Т. А. Об устойчивости в развитии атмосферных процессов. — Байдал М. Х. Некоторые особенности преобразования сезонных макросиноптических процессов. — Байдал М. Х. Повторяемость естественных синоп-

тических периодов с западно-восточной циркуляцией. — Комиссарова Л. Н. О месячном ритме. — Серебрякова А. А. и Гребенюк Е. В. Аэросиноптический анализ условий выпадения обильных дождей на севере Казахстана. — Парфенова Г. И. Аэросиноптические условия возникновения фронтальных гроз в Юго-Восточном и Восточном Казахстане. — Щукина Н. Ф. и Кувалдина Е. Д. Синоптические условия северных вторжений на юго-восточные районы Казахстана. — Фетисов К. В. Локальные изменения давления воздуха, обусловленные местными изменениями скорости ветра.

Вып. 7. Сборник статей по сельскохозяйственной метеорологии, озонометрии и приборостроению. Под ред. А. Л. Молчанова. Л., Гидрометеоиздат, 1956.

Содержание: Федосеев А. П. Весеннее промачивание почвы как прогностический признак состояния пастбищ и сеяных трав. — Федосеев А. П. Средние многолетние сроки массового цветения пастбищных злаков равнинного Казахстана. — Конюхов Н. А. Зоометеорологические условия перегона овец с весенних равнинных пастбищ на летние высокогорные. — Конюхов Н. А. и Штинов Н. А. Зоометеорологические сроки начала и окончания летнего лагерного содержания коров в районах освоения целинных земель Северного Казахстана. — Молчанов А. Л. Изменение режима ветра в условиях полезащитного лесоразведения. — Молчанов А. Л. Режим температуры и влажности воздуха и температуры почвы на межполосных полях. — Безверхний Ш. А. Режим атмосферного озона в ясные дни над Алма-Атой. — Безверхний Ш. А. Простой прибор для регистрации ультрафиолетовой радиации солнца. — Прохоров И. И. Актинометрические приборы с мембранными датчиками. — Смирнов И. П. Организация, производство и методика наблюдений на селевых станциях.

Вып. 8. Сельскохозяйственная метеорология. Под ред. А. А. Молчанова. Л., Гидрометеоиздат, 1957.

Содержание: Федосеев А. П. и Белобородова Г. Г. Агроклиматические условия возделывания кукурузы в северной половине Казахстана. — Самохвалов Н. Ф. Агроклиматические условия возделывания яровой пшеницы в районах освоения целинных и залежных земель Северного Казахстана. — Конюхов Н. А. Зоометеорологические условия проведения перегона и стрижки овец в осенний период. — Богун С. С. и Федосеев А. П. Климатические условия весны и меры сохранения виноградников от заморозков в предгорьях Заилийского Ала-Тау. — Константинов А. Р. и Молчанов А. Л. Оценка изменений испарения и водного баланса почв степной и лесостепной зон Европейской территории СССР под влиянием агролесомелиоративных мероприятий. — Молчанов А. Л. и Дугинов В. И. О перераспределении испарения между продуктивным и непродуктивным в условиях полезащитного лесоразведения. — Конюхов Н. А. и Чекерес А. И. О солнечной радиации как зооклиматическом факторе.

Вып 9. Гидрология. Под ред. С. П. Кавецкого. Л., Гидрометеоиздат, 1957.

Содержание: Коровин В. И. О некоторых приемах прогноза водности рек и озер Казахской ССР. — Кавецкий С. П. К расчету максимального ливневого стока с учетом действующих площадей водосбора. — Смирнов И. П. Экспериментальные исследования основных элементов селевых паводков в натурных условиях. — Смирнов И. П. Изучение основных элементов селей по оставленным ими следам. — Кавецкий С. П. и Смирнов И. П. Селевые паводки неливневого происхождения. — Андреева Е. В. Водный режим рек Западного Казахстана. — Шкаликов Ф. В. Формирование стока временных водотоков. (По материалам Западно-Казахстанской стоковой станции.) — Кавецкий С. П. и Муравлев Г. Г. Некоторые закономерности гидрологического режима горных рек.

Вып. 10. Вопросы синоптической метеорологии. Под ред. Т. А. Дулетовой. Л., Гидрометеоиздат, 1959.

Содержание: Голубов Р. С. Использование данных зондирования атмосферы при составлении прогноза дождей. — Голубов Р. С. Использование карт влажности при составлении прогнозов. — Шехтман Е. Д. Использование дан-

ных вертикального зондирования атмосферы для диагноза и прогноза вертикальных токов. — Байдал М. Х. Основы комплексного макроциркуляционного метода долгосрочных прогнозов погоды. — Байдал М. Х. Эпохальные особенности атмосферной циркуляции и связанные с ними явления. — Дулетова Т. А. и Гребенюк Е. В. Карта размещения высоких холодных циклонов и высоких теплых антициклонов в конце естественного синоптического периода. — Дулетова Т. А. О четвертой стадии циклонов. — Гребенюк Е. В. и Дулетова Т. А. Синоптические условия возникновения обильных снегопадов в Казахстане. — Голубов Р. С. Синоптико-климатическое описание обильных ливней в районе Алма-Аты.

Вып. 11. Под ред. А. Т. Бергуна. Л., Гидрометеоиздат, 1959.

Содержание: Белобородова Г. Г., Конюхов Н. А., Самохвалов Н. Ф., Федосеев А. П. Краткая агроклиматическая характеристика Казахской ССР по природно-хозяйственным зонам. — Клыкова З. Д. Режим атмосферных осадков Алма-Аты. — Кавецкий С. П. и Ветютнев А. В. О предотвращении образования селей в районе ледников. — Смирнов И. П. О формировании и динамике селевых потоков. — Коровин В. И. Анализ и прогноз режима сезонной снеговой линии. — Лаврентьев П. Ф. Приближенная оценка стока взвешенных наносов рек Центрально-Казахского мелкосопочника. — Шкаликов Ф. В. Речная сеть Казахстана. — Прохоров И. И. О репрезентативности станционных снегомерных съемок. — Меньшикова Е. А. О коэффициенте сохранения осадков в горных условиях к началу таяния. — Дулетова Т. А., Астанкова Н. С., Волненко Н. К., Кулагин Ю. В., Соколова М. Ф. Синоптико-аэрологические условия образования туманов по материалам Казахстана. — Голубов Р. С. Приемы прогноза вероятности возникновения гроз по данным вертикального зондирования атмосферы. — Байдал М. Х. и Утешев А. С. О сопряженности явлений засух юга Европейской территории СССР и северной половины Казахской ССР. — Шехтман Е. Д. О прогнозе влажности. — Гельмгольц Н. Ф. Условия развития атмосферной турбулентности в предгорной зоне Юго-Восточного Казахстана. — Безверхний Ш. А. Затменный эффект в слое озона. Суслов Л. Е. Счетно- печатающий акселерограф.

Вып. 12. Вопросы гидрологии. Под ред. С. П. Кавецкого. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1959.

Содержание: Коровин В. И. Формирование стока р. Или и его предвычисление. — Лаврентьев П. Ф. и Лаврентьева Л. Д. О влиянии водности на внутригодовое распределение стока. — Смирнов И. П. О коэффициентах шероховатости при прохождении селевых потоков. — Кавецкий С. П., Гулина В. Р., Раушенбах И. О., Рыбкина М. П. Некоторые итоги и возможности дальнейшего изучения катастрофических дождевых паводков. — Коровин В. И. Приток воды в озера Заилийского Алатау и возможность его предвычисления. — Шкаликов Ф. В. Склоновый сток со стоковых площадок в районе Западно-Казахстанской стоковой станции.

Вып. 13. Сельскохозяйственная метеорология. Под ред. Н. А. Конюхова. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1959.

Содержание: Федосеев А. П. Климатические условия зимнего выпаса овец на пастбищах Казахстана. — Федосеев А. П. Климатические условия зимнего выпаса овец на пастбищах Западного Прикаспия. — Конюхов Н. А. Зооклиматические особенности Западного Прикаспия и сроки окота овец. — Конюхов Н. А. и Чекерес А. И. Зоометеорологические условия весеннего перегона овец на территории Западного Прикаспия. — Конюхов Н. А. и Чекерес А. И. Погодные условия весны в Западном Прикаспии и сроки стрижки овец. — Федосеев А. П. Определение увлажненности почв на больших площадях по глубине промачивания. — Федосеев А. П. Влажность почвы в связи с рельефом местности. — Копыт А. Д. и Анистратенко Д. П. К вопросу о числе повторностей при определении влажности почвы. — Богун С. С. и Масловская А. Д. Агроклиматическое обоснование сроков укрытия виноградников в предгорьях Заилийского Алатау.

Вып. 14. Атмосферные процессы в горных районах. Под ред. Н. Ф. Гельмгольца. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1961.

Содержание: Шехтман Е. Д. Аэросиноптические условия формирования осадков холодного полугодия в предгорных районах Казахстана. — Гельмгольц Н. Ф. Горно-долинная циркуляция в предгорной зоне.

Вып. 15. Вопросы синоптики и агрометеорологии. Под ред. М. Х. Байдала. Л., Гидрометеоиздат, 1960.

Содержание: Голубов Р. С. и Есеркепова Т. А. Предварительные данные по изучению условий болтанки высотно-скоростных самолетов в верхней тропосфере. — Голубов Р. С. Метод прогноза поля геопотенциала изобарической поверхности 300 мб. — Шехтман Е. Д. К вопросу о прогнозе поля давления на больших высотах. — Шехтман Е. Д. Влияние горных массивов Юго-Восточного Казахстана на динамику атмосферных процессов. — Шехтман Е. Д. Синоптико-метеорологические условия образования низкой облачности в Алма-Ате. — Середкина Е. А. Пыльные бури в Казахстане. — Семенов М. Ф. и Байдал М. Х. Изоляции высоких холодных циклонов, связанные с разворотами высотных гребней и ложбин. — Байдал М. Х. и Гребенюк Е. В. К вопросу о перемещении приземных барических центров при западно-восточной циркуляции. — Байдал М. Х. Прогностические свойства карт интегрального отклонения давления воздуха от нормы. — Байдал М. Х. Макроциркуляционные основы фоновых долгосрочных прогнозов сезонных явлений в Казахстане. — Белобородова Г. Г. Агроклиматические условия возделывания яровой пшеницы и потребность сельскохозяйственных культур в воде в предгорьях Заилийского Алатау. — Завьялова Ю. П. и Прохоров И. И. Испарение снега в условиях Северного Казахстана.

Вып. 16. Вопросы гидрологии. Под ред. Е. В. Андреевой. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1961.

Содержание: Андреева Е. В. и Карпенко Н. В. Предвычисление стока весеннего половодья рек Западного Казахстана (на примере р. Уила). — Коровин В. И., Бейлинсон М. М., Казанцева И. В., Качалов Д. А. и Сафонов Г. А. Исследование связи стока с атмосферным давлением, температурой и дефицитом влажности воздуха. — Коровин В. И. Гидрометеорологический анализ стока рек, питающих Арысь-Туркестанский канал. — Бейлинсон М. М. Влияние некоторых метеорологических факторов на замерзание озера Балхаш. — Шкаликов Ф. В. Интенсивность снеготаяния и ее влияние на сток малых пересыхающих водотоков. — Меньшикова Е. А. О характере весеннего снеготаяния в условиях равнинного Казахстана. — Семенов В. А. О репрезентативности снегомерных съемок. — Семенов В. А. и Охинченко А. И. К вопросу учета твердых осадков. — Меньшикова Е. А. Термические характеристики бассейна р. М. Алматинки. — Лаврентьев П. Ф. О поверхностном питании озера Балхаш. — Лаврентьев П. Ф. и Соседов И. С. Высотные системы водомерных наблюдений на озере Балхаш. — Бричкин А. В. и Синявский Г. К. Вибрационные возмущения в селевых потоках.

Вып. 17. Вопросы гидрологии. Под ред. Г. Л. Шимкевич. Л., Гидрометеоиздат, 1962.

Содержание: Лаврентьев П. Ф., Голубцов В. В. и Пакалн Э. В. Распределение годовых осадков в бассейнах озер Балхаш-Алакульской впадины. — Бейлинсон М. М. Режим осеннего ледообразования на озере Балхаш. — Рыбкина М. П. О причинах образования селей 7—8/IV 1959 г. — Шкаликов Ф. В. Максимальные расходы воды пересыхающих логов и факторы, их обусловливающие. — Гринберг С. В. Анализ условий формирования стока р. Большой Алматинки выше Большого Алматинского озера. — Семенов В. А. О влиянии ветра и места установки прибора на учет твердых осадков осадкомерами.

Вып. 18. Вопросы гидрологии. Под ред. Г. Л. Шимкевич. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

Содержание: Лаврентьев П. Ф., Голубцов В. В. и Юрина Е. Г. Средний сток и его колебания в бассейнах озер Балхаш-Алакульской впадины.— Голубцов В. В. К вопросу методики расчета нормы стока малых водотоков засушливой зоны.— Лаврентьев П. Ф. и Рыбкина М. П. Предварительная оценка ресурсов поверхностных вод Карагандинской области. — Голубцов В. В. Плесы и русловая аккумуляция. — Семенов В. А. Испарение и конденсация снега в условиях Центрального Казахстана. — Пальгов Н. Н. Режим Большеалматинских ледников с 1923 по 1960 г. — Раушенбах И. О. Некоторые вопросы генезиса селей в Казахстане и Средней Азии. — Рылов С. П. О формировании снежного покрова в районе Новорыбинской гидрологической станции. — Бейлинсон М. М. Метод долгосрочного прогноза сроков появления льда и установления ледостава на озере Балхаш. — Коровин В. И. Связь речного стока с атмосферными процессами. — Андреева Е. В. Способы прогноза весеннего стока рек южной части Кустанайской области (на примере р. Кара-Тургая). — Карпенко Н. В. К вопросу прогноза объема половодья и максимальных расходов воды рек Джаксы-Сарысу и Сарысу. — Литовченко А. Ф. К вопросу о питании рек Заилийского Алатау. — Садовский П. С. Ледовый режим рек и озер Кустанайской равнины.

Вып. 19. Вопросы физики атмосферы и аэрологии. Под ред. Н. Ф. Гельмгольца. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

Содержание: Гельмгольц Н. Ф. Атмосферная турбулентность и спокойствие полетов в зоне тропопаузы и струйных течений — Кельберг В. П. Высота радиозондирования как функция физико-механических свойств оболочек. — Гельмгольц Н. Ф. Формы облаков на территории Казахстана. — Суслов Л. Е. Двойные вековые циклы солнечной активности и их геофизические проявления.

Вып. 20. Вопросы синоптики и метеорологии. Под ред. И. П. Фадеевой. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

Содержание: Голубов Р. С. и Есеркепова Т. А. Условия возникновения турбулентности в верхней половине тропосферы. — Есеркепова Т. А. Синоптико-метеорологические условия образования сильного ветра в Джунгарских Воротах. — Середкина Е. А. О некоторых особенностях в смещении барических образований. — Байдал М. Х. Особенности преобразования макроциркуляционных процессов и долгосрочные прогнозы погоды по Казахстану. — Байдал М. Х. Погодные и климатические характеристики основных форм циркуляции. — Байдал М. Х. Анализ и долгосрочный прогноз сезонных гидрометеорологических явлений на основе учета макроциркуляционных эпох. — Байдал М. Х. Засухи и солнечная активность. — Байдал М. Х. и Фадеева И. П. Числовая индексация типовых процессов атмосферной циркуляции. — Фадеева И. П. Планетарные характеристики сезонных макропроцессов. — Бейлинсон М. М. Исследование связи между замерзанием оз. Балхаш и атмосферными процессами предшествующего периода. — Чекерес А. И. Погода и летний выпас овец.

Вып. 21. Вопросы агрометеорологии, синоптики и гидрологии. Под ред. А. И. Чекереса и Е. Д. Шехтмана. Л., Гидрометеоиздат, 1964.

Содержание: Черноног Л. Т. и Масловская А. Д. К вопросу об агроклиматическом обосновании оптимальных сроков сева яровой пшеницы в Целинном крае. — Белобородова Г. Г. Агрометеорологические условия формирования урожаев пастбищной растительности типичных северных пустынь Казахстана. — Чекерес А. И. и Рябкина Г. И. Влияние метеорологических условий на режим дневной пастьбы овец в летний период. — Коровин В. И. Гидрометеорологические явления в зависимости от солнечной активности. Голубцов В. В. О влиянии вековых изменений солнечной активности на водность рек. — Голубцов В. В. К вопросу о проектной норме годового стока. — Голубов Р. С. и Шехтман Е. Д. Синоптический способ определения среднего ветра в слое 0—12 км.— Есеркепова Т. А. О прогнозе штормового ветра евгей. — Конюхов Н. А. и Комыхов Ю. С. Об определении дат наступления метеорологических явлений. — Коровин В. И. О связи дат разрушения

с датами образования снежного покрова. — Конюхов Н. А., Комыхов Ю. С. и Семенов С. А. Электрический кататермометр.

Вып. 22. Вопросы метеорологии и климатологии. Под ред. И. И. Прохорова. Л., Гидрометеоиздат, 1965.

Содержание: Завьялова Ю. П. К изучению максимальных скоростей ветра. Семенов В. А. и Хитрунова М. С. Распределение годовых и сезонных осадков на территории Карагандинской области. — Семенов В. А. Особенности распределения снежного покрова на речных бассейнах Центрально-Казахстанского мелкосопочника. — Федюшина Л. П. К характеристике термического режима северного склона Заилийского Алатау. — Федюшина Л. П. Особенности метеорологического режима в долинах рек Тургень и Ассы (северный склон Заилийского Алатау) в июле 1963 г. — Семенов В. А. О зависимости потерь талых вод на инфильтрацию от осеннего увлажнения почво-грунтов в Центральном Казахстане. — Ткаченко Н. С. и Федюшина Л. П. Некоторые характеристики температуры и промерзания почвы в предгорьях Заилийского Алатау. — Шенцис И. Д. Расчет основных параметров селя, прошедшего 7/VII 1963 г. по р. Иссык. — Кельберг В. П. Связь между температурой воздуха и высотой разрыва радиозондовой оболочки при ее полете в реальной атмосфере. — Ганжа И. С. О поправке на смачивание при измерении осадков.

Вып. 23. Вопросы синоптических и ледовых прогнозов. Под ред. Т. А. Есеркеповой. Л., Гидрометеоиздат, 1965.

Содержание: Байдал М. Х. Природа и прогностическая ценность двухлетней цикличности гидрометеорологических явлений. — Байдал М. Х. Особенности взаимодействия процессов атмосферной циркуляции над северным полушарием. — Фадеева И. П. Некоторые связи месячной и сезонной циркуляции атмосферы. — Байдал М. Х. Прогноз осадков по пункту на основе карт барической топографии. — Голубов Р. С. Некоторые параметры струйных течений в Казахстане и указания к их прогнозу. — Есеркепова Т. А. Сильные ветры над Центральным и Восточным Казахстаном. — Бейлинсон М. М. Режим и прогноз осеннего ледообразования на оз. Алаколь.

Вып. 24. Сельскохозяйственная метеорология. Под ред. Г. Г. Белобородовой. Л., Гидрометеоиздат, 1965.

Содержание: Белобородова Г. Г. К вопросу о потребности лугопастбищных растений в тепле и влаге. — Белобородова Г. Г. и Герасименко Г. Д. Об эффективности использования летних осадков пастбищной растительностью полупустынных и пустынных районов Казахстана. — Белобородова Г. Г. и Рябикина Г. И. О методе оценки агрометеорологических условий осеннего отрастания пастбищной растительности равнинного Казахстана и Западного Прикаспия. — Федосеев А. П. и Белобородова Г. Г. Расчет запасов доступной влаги в почве на пастбищах Казахстана. — Конюхов Н. А. О биометеорологических основах зависимости сельскохозяйственных животных от погодных условий. — Конюхов Н. А. и Чекерес А. И. Метеорологические особенности периода весенней стрижки овец в отдельных районах южной половины СССР. — Чекерес А. И. О методике оценки погодных условий в период летнего выпаса овец на равнинных пастбищах Казахстана. — Чекерес А. И. Некоторые климатические особенности периода летнего выпаса овец на территории Казахстана. — Штинов Н. А. О количественных показателях зависимости состояния овец от погодных условий на горных пастбищах в теплый период. — Штинов Н. А., Конюхов Н. А. и Палькевич С. М. О влиянии «жаркой» погоды на молочную продуктивность коров. — Белобородова Г. Г. Влагообеспеченность яровых колосовых культур на богарных землях юго-востока Казахстана. — Анистратенко Д. П., Черноног Л. Т. и Масловская А. Д. Агрометеорологические условия формирования урожая яровой пшеницы разных сроков сева в Целинном крае. — Масловская А. Д. и Черноног Л. Т. Влияние метеорологических условий на состояние зерна яровых колосовых культур при раздельной уборке в Целинном крае. — Копыт А. Д. О методике определения влажности почвы в районах сухостепной зоны Казахстана.

Вып. 25. Вопросы метеорологии. Под ред. А. С. Утешева и И. П. Фадеевой. Л., Гидрометеоиздат, 1966.

Содержание: Байдал М. Х. Эпохальные соотношения полюса циркуляции с элементами магнитного поля и мгновенным полюсом вращения Земли. — Братченко Б. М. К вопросу о связи радиационного баланса с широтой и высотой местности. — Гельмгольц Н. Ф. Облачные ресурсы Северного Казахстана применительно к проблеме искусственного вызывания осадков. — Титов Л. В. Облачная обстановка в Северном Казахстане в период летних атмосферных засух. — Холкин А. И. К вопросу о трансформации воздушных масс, приводящей к атмосферным засухам в Северном Казахстане. — Будашкина Л. В. Перемещение конвективной облачности и распределение осадков над северным склоном Заилийского Алатау по материалам экспедиции КазНИГМИ. — Гецелев В. Г. Некоторые особенности горизонтального перемещения мощной конвективной облачности в предгорных районах Заилийского Алатау. — Холкин А. И. Некоторые результаты наблюдений развития конвективной облачности в горах Заилийского Алатау в августе 1964 г. — Гашинская Э. Н. Предварительные данные о тепловой трансформации воздуха в летнее время года над равнинной частью Казахстана. — Жиляев Ф. Г. Сезонная структура азиатского антициклона и погода в Казахстане. — Байдал М. Х. Типовая структура синоптических сезонов и ее прогностическое значение. — Украинская В. С. и Байдал М. Х. Роль полюса циркуляции в повторяемости и интенсивности северных вторжений на Северный Казахстан. — Тимербаева Г. И. Туманы в Центральном Казахстане и указания к их прогнозу. — Байдал М. Х. и Вдовенко Г. Н. Уточнение расчетного метода прогноза дождя на основе карт барической топографии. — Бейлинсон М. М. Использование метеорологических и синоптических характеристик для краткосрочного и долгосрочного прогноза сроков замерзания озер и водохранилищ Казахстана при отсутствии гидрологических данных. — Подрезов О. А. О порывистости ветра в горных районах Тянь-Шаня. — Рылов С. П. О распределении снежного покрова на малых водосборах полупустынной зоны Западного Казахстана. — Чекерес А. И. К вопросу о целесообразности учета погодных условий при организации нагула овец. — Черноног Л. Т. Оценка агрометеорологических условий весны и вегетационного периода применительно к срокам сева яровой пшеницы в Северном Казахстане. — Копыт А. Д. Агрометеорологическое обоснование поливного режима кукурузы на юге и юго-востоке Казахстана. — Масловская А. Д. К методике оценки агрометеорологических условий периода раздельной уборки яровых колосовых культур в Северном Казахстане. — Федюшина Д. П. К вопросу о потребности гороха в тепле и влаге в основные периоды вегетации. — Муравлев Г. Г. Некоторые особенности озер Казахстана и их зонально-региональное районирование.

Вып. 26. Вопросы гидрометеорологии. Л., Гидрометеоиздат, 1967.

Содержание: Байдал М. Х., Лаврентьев П. Ф. и Шимкевич Г. Л. Основные итоги деятельности Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института за 1951—1966 гг. — Байдал М. Х. Современное состояние и перспективы развития комплексного макроциркуляционного метода долгосрочных прогнозов погоды. — Голубцов В. В. О внутривековых колебаниях водоносности рек. — Утешев А. С. и Семенов О. Е. Метеорологические и климатические характеристики ветровой эрозии почв в Северном Казахстане. — Фадеева И. П. К вопросу о прогнозе знака аномалии средней месячной температуры воздуха в Казахстане. — Бейлинсон М. М. и Тимченко З. А. Синоптические условия образования и разрушения льда на реках, озерах и водохранилищах Центрального Казахстана и учет синоптических индексов осени при разработке методов долгосрочных прогнозов наступления весенних гидрологических явлений. — Копыт А. Д. Закономерности изменения запасов почвенной влаги под зерновыми культурами на территории северной половины Казахстана. — Голубцов В. В. и Лаврентьев П. Ф. Методика расчета нормы годового стока рек и временных водотоков Центрального Казахстана. — Семенов В. А. Распределение снежного покрова в бассейнах озер Балхаш-Алакольской впадины. — Бейлинсон М. М. Карты среднего, раннего и позднего замерзания

оз. Балхаш, рассчитанные по метеорологическим данным. — Болдырев В. М. Об учете амплитуды высот горного бассейна в гидрологических расчетах. — Лёзин В. А. О гидрохимических особенностях озер северо-востока Карагандинской области. — Белоус И. М. Об особенностях температурно-ветрового режима во время гололедно-изморозевых явлений на линиях связи и электропередачи в Казахстане. — Рылов С. П. Об увлажнении малых водосборов в степной и полупустынной зонах Северного и Западного Казахстана.

Вып. 27. Кельберг В. П. **Влияние атмосферно-физических условий на высоту поднятия радиозондовых оболочек.** Л., Гидрометеоиздат, 1967.

Вып 28. Виноградов Ю. В. **Вопросы гидрологии дождевых паводков на малых водосборах Средней Азии и Южного Казахстана.** Л., Гидрометеоиздат, 1967.

Вып. 29. Вопросы горной метеорологии и прогнозирования селей. Под ред. Н. Ф. Гельмгольца. Л., Гидрометеоиздат, 1967.

Содержание. Голубов Р. С. *Метод прогноза количества ливневых осадков в горных и предгорных районах Юго-Восточного Казахстана на 24—36 часов.*— Фадеева И. П. О роли общей циркуляции атмосферы в формировании фоновых условий для селевой деятельности в Юго-Восточном Казахстане.—Есеркепова Т. А. Синоптические процессы, предшествовавшие селевым паводкам ливневого происхождения в бассейнах Большой и Малой Алматинок. — Байдал М. Х. Испытание метода изаллогипс для прогноза дождей в горах Заилийского Алатау. — Голубов Р. С. и Рындина В. Р. Некоторые возможности в определении селеопасности в бассейнах рек северного склона Заилийского Алатау. — Байдал М. Х. Некоторые особенности распределения летних осадков в горах Заилийского Алатау. — Рындина В. Р. *Анализ оправдываемости прогнозов погоды при оценке степени селеопасности.* — Будашкина Л. В. К вопросу о циркуляционных условиях в горной долине Медео в теплое время года.— Кельберг В. П. Циркуляционные условия в долине р. Малой Алматинки в зимнее время. — Платонова А. Ф. Радиационный баланс и горно-долинная циркуляция в горной долине. — Холкин А. И. К вопросу о распространении горно-долинной циркуляции в предгорную равнину. — Киселев А. А. К вопросу о влиянии орографии и трения в пограничном слое на вертикальные движения в свободной атмосфере.

Вып. 30. Бедарев С. А. **Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана.** Ч. 1. (К экологии и водному режиму растений глинистых пустынь.) Л., Гидрометеоиздат, 1968.

Вып. 31. Прикладная климатология и синоптика. Под ред. А. П. Агарковой и И. И. Прохорова. Л., Гидрометеоиздат, 1968.

Содержание. Байдал М. Х. О преемственности летних осадков. — Андрусенко К. А. *Типовые карты аномалий осадков в северном полушарии при некоторых местоположениях полюса циркуляции.* — Фадеева И. П. Некоторые особенности режима и взаимодействия высотных гребней в северном полушарии и влияние их на погоду Евразии и Казахстана. — Фадеева И. П. О прогностическом значении тенденции изменения от января к февралю некоторых параметров общей циркуляции атмосферы и индексов магнитной активности. — Голубчикова Г. П. К вопросу о влиянии интенсивности планетарной высотной фронтальной зоны на преобразование макросиноптических процессов в северном полушарии. — Суслов Л. Е. О многолетних колебаниях характеристик циркуляции атмосферы и их связи с временными вариациями солнечной активности. — Суслов Л. Е. Об особенностях распределения и многолетних колебаниях аномалий температуры воздуха и осадков в Казахстане в различные эпохи циклов солнечной деятельности. — Агаркова А. П. и Рогалева Н. Н. *Повторяемость климатических волн холода, тепла и осадков в Казахстане в теплое время года.* — Голубов Р. С. Метод прогноза гроз в районе Алма-Аты. — Султанбаев С. А. Особенности условий образования туманов в аэропорту Фрунзе. — Есеркепова Т. А. Сильные местные ветры Джунгарских ворот как критерий для характеристики определенного типа погоды. — Есеркепова Т. А. Ура-

ганные ветры Джунгарских ворот и рекомендации к их прогнозу. — Федюшина Л. П. Распределение дат начала, окончания заморозков и продолжительностей безморозных периодов в предгорных и горных районах Заилийского Алатау. — Федюшина Л. П. Микроклиматические особенности термического режима среднегорных районов Заилийского Алатау. — Белоус И. М. Метеорологические условия образования особо опасных гололедно-изморозевых отложений на территории Казахстана. — Белоус И. М. Гололедно-изморозевые явления на территории Казахстана за сезоны 1965—1966 и 1966—1967 гг. — Завьялова Ю. П. и Прохоров И. И. Об уточнении районирования территории Казахстана по наибольшим скоростям ветра. — Прохоров И. И. К вопросу о надежности наблюдений по анеморумбометру М-63 и более широкого использования его информации. — Семенов О. Е. К вопросу о репрезентативности наблюдений метеорологических станций за ветром. — Утешев А. С. Расчет критериев атмосферной засухи по климатическим показателям. — Суслов Л. Е. Циркуль-измеритель «Нептун».

Вып. 32. Вопросы гидрологических исследований и расчетов. Под ред. Г. Л. Шимкевич. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1969.

Содержание: Рыбкина М. П., Семенов В. А. и Щеголева Н. Н. К вопросу районирования территории Юго-Восточного Казахстана по условиям формирования максимального стока. — Болдырев В. М. и Попова И. В. К предвычислению максимальных расходов воды на реках Шарын и Чилик. — Остапова Э. М. и Павленко Н. П. Внутригодовое распределение стока взвешенных наносов и мутности воды рек бассейна оз. Балхаш. — Семенова З. Д. К возможности использования данных снегомерных маршрутов для прогнозов стока горных рек Джунгарского Алатау. — Рылов С. П. Испарение снежного покрова в условиях полупустынной зоны Казахстана. — Коровин В. И. и Байтодорова З. П. Анализ уровенного режима оз. Кумдыколь. — Лаврентьев П. Ф. и Лаврентьева Л. Д. Приближенная оценка возможного использования водных ресурсов Казахстана. — Водогрецкий В. Е. Результаты водно-балансовых исследований на участке р. Тургай в районе песков Тусум. — Семенов О. Е., Ткаченко Н. С., Федюшина Л. П. [и др.]. Применение почвенных испарителей для определения испарения в условиях Заилийского Алатау. — Шишокин С. А. Об условиях проникновения солнечной радиации в лед. — Шишокин С. А. Исследование формулы Бугера—Ламберта для случая проникновения солнечной радиации в лед.

Вып. 33. Вопросы изучения селей. Под ред Х. А. Ахмеджанова. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1969.

Содержание: Виноградов Ю. Б. Некоторые вопросы формирования селевых потоков и методики их расчета. — Голубцов В. В. О гидравлическом сопротивлении и формуле для расчета средней скорости течения горных рек. — Беручашвили Г. М. и Кокоришвили В. И. Некоторые результаты исследования селевых потоков. — Киренская Т. Л., Хонин Р. В. и Чиркин Ю. Н. О селевых потоках в бассейне р. Кокчека. — Дуйсенов Е. Д. Селезащитные мероприятия в Заилийском Алатау. — Дуйсенов Е. Д. О профилактических мероприятиях по борьбе с селями в районе ледника Туюксу. — Дмитриев А. Б. О попытках измерений некоторых характеристик малых селевых потоков. — Хонин Р. В. Селевые очаги северного склона Заилийского Алатау. — Вардугин В. Н. Некоторые инженерно-геологические особенности селеопасных бассейнов северного склона Заилийского Алатау. — Макаревич К. Г. К вопросу об изучении гляциальных селей. — Раушенбах И. О. О распространении селей на территории Средней Азии и Казахстана. — Виноградов Ю. Б. О селевых явлениях на Камчатке. — Краевая Т. С. Краткая характеристика селеопасных районов Камчатки. — Кудышкин В. А. и Бондарь В. А. Селевой паводок на р. Паркентсай. — Бондарь В. А. и Кудышкин В. А. Селевой паводок на р. Исфайрамсай. — Степанов И. Н. Селевой поток р. Кенколсай.

Вып. 34. Бедарев С. А. **Транспирация и расход воды растительностью аридной зоны Казахстана.** Ч. 2. (К экологии и водному режиму растений песчаных пустынь и пустынных степей.) Л., Гидрометеоиздат, 1969.

Вып. 35. Прикладная климатология. Под ред. Л. П. Федюшиной, Л., Гидрометеоиздат, 1970.

Содержание: Байдал М. Х. Структурный анализ и прогноз колебаний климата. — Байдал М. Х. К вопросу о климатообразующих и климатовозмущающих факторах. — Агаркова А. П. Календарные сроки и повторяемость климатических волн холода и тепла в Северном Казахстане в холодное время года. — Агаркова А. П. О календарных сроках климатических периодов значительной и небольшой повторяемости осадков в Казахстане в холодное время года. — Семенов О. Е. и Федюшина Л. П. Климатическая обусловленность дефляционных процессов на территории Казахстана. — Семенов О. Е. О критической величине влажности подвергающихся дефляции почв. — Дегтярев В. И. и Прохоров И. И. Особенности радиационного режима в районе г. Новый Узень. — Першин И. И. Результаты измерений гололедных нагрузок в гребневой зоне Тянь-Шаня. — Прохоров И. И. и Ткаченко Н. С. Испаро*граф для исследования испарения* с почвы. — Павлова Л. В. Даты разрушения и схода снежного покрова в Северном Казахстане. — Байдал М. Х. Генерация макросиноптических процессов. — Байдал М. Х. Столетний цикл чрезвычайных понижений температуры водуха. — Байдал М. Х. Статистико-климатический способ расчета эффективности внедрения прогнозов погоды на вегетационный период. — Голубов Р. С. и Чернышева Н. С. Метод прогноза гроз в северной половине Казахстана. — Башмакова Т. И. Исследования потока информации, поступающего в Алма-Атинский территориальный центр.

Вып. 36. Гидрометеорологические исследования в Казахстане. К 50-летию Казахской Советской Социалистической Республики и Коммунистической партии Казахстана. Л., Гидрометеоиздат, 1970. См. настоящий сб.

Вып. 37. Исследования облаков и осадков в Казахстане. Под ред. Х. А. Ахмеджанова. Л., Гидрометеоиздат, 1969.

Содержание: Будашкина Л. В. О распределении температуры и влажности в горных районах Заилийского Алатау в летнее время. — Дейчева В. Г. Режим развития конвективной облачности в горах Заилийского Алатау. — Палагнюк Е. Г. и Баркин А. М. Некоторые радиолокационные характеристики *ливневых очагов над горными районами Заилийского Алатау.* — Будашкина Л. В. Перемещение конвективной облачности над горной системой Заилийского Алатау. — Гельмгольц Н. Ф. и Роговин В. И. О структуре, водности и радиолокационной отражаемости ливневых осадков в горных районах Заилийского Алатау. — Коротаев Г. А. Опыт измерения осадков в горах радиолокационным методом. — Голубцов В. В. Об использовании корреляционных функций для характеристики пространственной неравномерности распределения осадков. — Кенжибаев А. Т. Уровень конденсации и высота конвективных облаков на равнинной территории Казахстана. — Титов Л. В. Аэрологические характеристики облаков в Северном Казахстане. — Роговин В. И. Аэрологические характеристики облаков в Казахстане по данным самолетного зондирования. — Абашин В. Н. Поля облачности и осадков в циклонических областях над Северным Казахстаном.

Вып. 38. Вопросы синоптической метеорологии. Под ред. А. П. Агарковой. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1969.

Содержание: Байдал М. Х. Многомесячные температурные волны и их макроциркуляционные причины. — Байдал М. Х. О связи аномалии температуры воздуха сезона с типом потенциального процесса предыдущего естественного синоптического сезона. — Байдал М. Х. К вопросу о масштабах и формах реализации влияния солнечной активности. — Байдал М. Х. О структуре влияния солнечной активности на атмосферные осадки. — Байдал М. Х. *Некоторые особенности взаимосвязи между различными характеристиками ледников* и климатообразующими факторами на примере Центрального Туюксуйского ледника. — Голубчикова Г. П. и Зусманович А. Г. Связь динамики центра

стратосферного вихря в северном полушарии с геомагнитной активностью.— Андрусенко К. А. Типовые карты аномалии средней месячной температуры воздуха в северном полушарии летом при некоторых местоположениях полюса атмосферной циркуляции. — Фадеева И. П. К вопросу о распределении знака аномалии средней месячной температуры воздуха по территории Казахстана при различных индексах атмосферной циркуляции. — Фадеева И. П. Повторяемость крупных тропосферных гребней зимой и сроки формирования летнего стратосферного антициклона. — Фадеева И. П. О комплексном использовании некоторых асинхронных связей в прогнозе на месяц для Казахстана. — Агаркова А. П. О повторяемости и календарных сроках климатических волн холода и тепла холодного полугодия в южной половине Казахстана. — Агаркова А. П. и Рогалева Н. Н. О календарных сроках периодов значительной и небольшой повторяемости выпадения осадков в Казахстане в теплое время года. — Суслов Л. Е. О трехнедельных климатических циклах в годовом ходе повторяемости макротипов циркуляции атмосферы. — Суслов Л. Е. О зависимости средних величин аномалий средней суточной температуры воздуха от длительности аномальных периодов (на примере Джезказгана). — Голубов Р. С. Определение среднего (результирующего) ветра синоптическим способом в слое 0—20 км. — Середкина Е. А. и Гордюнин В. И. Некоторые особенности в образовании туманов в аэропорту Алма-Ата и возможности их предсказания.

Вып. 39. Горбунов А. П. **Мерзлотные явления Тянь-Шаня.** Л., Гидрометеоиздат, 1970.

Вып. 40. Агрометеорологические условия возделывания зерновых культур в Казахстане. Под ред. А. Д. Копыт. Л., Гидрометеоиздат, 1970.

Содержание: Копыт А. Д. и Ваганова Т. М. Зависимость урожая яровой пшеницы от условий водоснабжения в Северном Казахстане. — Копыт А. Д. Влагообеспеченность яровой пшеницы в Северном Казахстане. — Маслевская А. Д. Агрометеорологические условия формирования, налива и созревания зерна яровой пшеницы на севере Казахстана. — Масловская А. Д. Агроклиматические условия проведения уборки яровой пшеницы на севере Казахстана. — Копыт А. Л. и Ваганова Т. М. Зависимость термических условий вегетационного периода от предшествующих метеорологических факторов. — Федюшина Д. П. Показатели увлажнения вегетационного периода и их влияние на формирование урожая гороха.

Вып. 41. Гидрологические исследования, расчеты и прогнозы. Под ред. Н. П. Павленко. Л., Гидрометеоиздат, 1970.

Содержание: Лаврентьев П. Ф., Семенов В. А. и Хитрунова М. С. Учет средней высоты водосборов, их ориентации и азональных факторов подстилающей поверхности при расчетах годового стока рек Северного Казахстана. — Скоцеляс И. И. Влияние климатических факторов на внутригодовое распределение стока рек Горного Алтая. — Гринберг С. В. и Жиркевич А. Н. К вопросу о расчете максимальных уровней воды различной обеспеченности в неизученных створах. — Бейлинсон М. М. Опыт составления долгосрочных ледовых прогнозов в Южном Казахстане. — Пакалн Э. В. Закономерности наступления и окончания сроков меженных периодов на реках Центрального и Юго-Восточного Казахстана. — Пакалн Э. В. О соотношении летнего и зимнего минимального стока рек Центрального и Юго-Восточного Казахстана. — Островский В. Н. О влиянии транспирации растительности на формирование подземных вод. — Островский В. Н. и Ордикаймен М. А. О математических моделях распределения водообильности скважин основных водозаборов Центрального Казахстана. — Рылов С. П. Исследование вопросов снеготаяния в равнинном Казахстане.

СПРАВОЧНИКИ, МАТЕРИАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Агроклиматический справочник по Кустанайской области. [Ред. Н. Ф. Самохвалов.] Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Агроклиматический справочник по Северо-Казахстанской области. [Ред. Н. Ф. Самохвалов.] Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Агроклиматический справочник по Кокчетавской области. [Ред. А. П. Федосеев.] Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Агроклиматический справочник по Акмолинской области. [Ред. Н. А. Конюхов.] Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Агроклиматический справочник по Павлодарской области. [Ред. Н. Ф. Самохвалов.] Л., Гидрометеоиздат, 1958.

Основные характеристики летных условий по территории Казахстана. Справочное пособие. Сост. Н. Ф. Гельмгольц. Алма-Ата, 1959.

Материалы наблюдений Алма-Атинской селестоковой станции. Вып. 1. 1940—1955 гг. Т. 1. [Ред. С. П. Кавецкий.] Алма-Ата, 1960.

То же. Вып. 1. 1940—1955 гг. Т. 2. [Ред. С. П. Кавецкий.] Алма-Ата, 1964.

То же. Вып. 2. 1956—1959 гг. [Ред. М. П. Рыбкина]. Алма-Ата, 1965.

То же. Вып. 3. 1960—1961 гг. [Ред. Л. П. Мазур и В. Р. Рындина.] Алма-Ата, 1966.

Материалы наблюдений Западно-Казахстанской стоковой станции. Вып. 1. 1952—1957 гг. [Ред. Ф. В. Шкаликов и С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1963.

То же. Вып. 2. 1958—1959 гг. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1963.

То же. Вып. 3. 1960 г. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1963.

То же. Вып. 4. 1961. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1964.

То же. Вып. 5. 1962. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1964.

То же. Вып. 6. 1963 г. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1966.

То же. Вып. 7. 1964 г. [Ред. С. П. Рылов.] 1968.

То же. Вып. 8. 1965 г. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1969.

То же. Вып. 9. 1966 г. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1969.

То же. Вып. 10. 1967 г. [Ред. С. П. Рылов.] Алма-Ата, 1970.

Ресурсы поверхностных вод СССР: Основные гидрологические характеристики. Т. 13. Центральный и Южный Казахстан. Вып. 2. Бассейн оз. Балхаш. Под ред. М. М. Бейлинсона и Э. М. Остаповой. Л., Гидрометеоиздат, 1967.

СБОРНИКИ, МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ И УКАЗАНИЯ

Бедарев С. А. Методические указания по оценке состояния пастбищной растительности с применением авиации. Алма-Ата, 1965.

Бейлинсон М. М. Основы теории вероятностей и математической статистики и их практическое использование в гидрометеорологии. Алма-Ата, 1968.

Вопросы гидрометеорологии Казахстана. (Материалы IV научной конференции молодых специалистов.) Под ред. Г. Л. Шимкевич. Алма-Ата, 1965.

Гельмгольц Н. Ф. Таблицы для обработки шаропилотных наблюдений. Л., Гидрометеоиздат, 1952.

Гельмгольц Н. Ф. Таблицы для определения высоты облаков. Алма-Ата, 1962.

Гидрометеорологические исследования в Казахстане. Юбилейный сборник работ молодых ученых и соискателей. Под ред. Г. Л. Шимкевич и Л. В. Титова. Алма-Ата, 1968.

Дополнения к методическим указаниям по составлению агроклиматических справочников района деятельности производственных колхозно-совхозных управлений (раздел пастбищ и животноводства). Под ред. И. А. Чекереса. Алма-Ата, 1965.

Инструктивное письмо в помощь изобретателям подразделений Гидрометслужбы Казахстана (составлено в связи с проведением смотра к 50-летию Октября). Алма-Ата, 1967.

Инструкция по производству агрометеорологических наблюдений на пастбищах и сенокосах районов отгонного животноводства. Под ред. А. П. Федосеева. Л., Гидрометеоиздат, 1962.

Инструкция для наблюдателей временных постов по производству наблюдений и передаче информации в селеопасный период. Алма-Ата, 1964.

Кавецкий С. П. и Гулина В. Р. Пособие по прогнозированию селеопасности. Алма-Ата, 1960.

Кельберг В. П. Радиозондовые оболочки и факторы, влияющие на высоту их подъема. Алма-Ата, 1961.

Кельберг В. П. и Майзелис Б. А. Латексные радиозондовые оболочки. Алма-Ата, 1963.

Кельберг В. П. О применимости оболочек № 50 и 100 для производства шаропилотных наблюдений с одного пункта. Алма-Ата, 1963.

Конюхов Н. А. Погодные условия весны равнинной части Алма-Атинской области, которые необходимо учитывать при проведении основных кампаний в овцеводстве. Алма-Ата, 1955.

Материалы юбилейной сессии Ученого Совета КазНИГМИ. Май 1961. Тезисы, аннотации, краткое содержание докладов. Алма-Ата, 1961.

Метод предотвращения катастрофических паводков и селей в районе ледников. Сост. С. П. Кавецкий. Алма-Ата, 1959.

Методические указания, вып. 3. Сельскохозяйственная метеорология. Алма-Ата, 1955.

Методические указания по составлению ежегодных обзоров селевой деятельности. Алма-Ата, 1958.

Методические указания по организации и производству наблюдений над селевыми потоками. Л., Гидрометеоиздат, 1961.

Методические указания по оценке и прогнозу агрометеорологических условий произрастания пастбищных растений. Под ред. Г. Г. Белобородовой. М., Гидрометеоиздат, Моск. отд-ние, 1964.

Методические рекомендации по составлению каталога селеопасных рек СССР. Алма-Ата, 1964.

Методическое письмо гидрометеорологическим станциям УГМС КазССР, № 1. Аэрология. Под ред. А. Т. Бергуна. Алма-Ата, 1953.

Методическое письмо, вып. 2. Наблюдения за грунтовыми водами. Под ред. А. Л. Молчанова. Алма-Ата, 1955.

Методическое письмо гидрометеорологическим станциям УГМС КазССР, № 7. Аэрология. Под ред. Н. Ф. Гельмгольца. Алма-Ата, 1955.

Методическое письмо гидрометеорологическим станциям УГМС КазССР, № 8. Аэрология. Алма-Ата, 1955.

Методическое письмо гидрологическим станциям УГМС КазССР. Рекомендации по определению максимальных расходов воды. Алма-Ата, 1962.

Методическое пособие по фенологическим наблюдениям, вып. 3. Сост. С. А. Бедарев. Л., Гидрометеоиздат, 1963.

Самохвалов Н. Ф. Заморозки и борьба с ними. Алма-Ата, Казгосиздат, 1961.

Сборник методик по оценке и прогнозу погодных условий применительно к основным этапам работ в овцеводстве. Алма-Ата, 1969.

Тезисы докладов на совещании по проблеме «Агрометеорологические прогнозы» 22—26 октября 1965 г. Алма-Ата, 1965.

Тезисы докладов на сессии Ученого Совета КазНИГМИ 23—24 октября 1967 г. Алма-Ата, 1967.

Титов Л. В. и Павлова-Сербина Л. В. Осадкомерный пост. Краткие методические указания наблюдателям осадкомерных постов на экспериментальном метеорологическом полигоне. Алма-Ата, 1967.

Утешев А. С. Атмосферные засухи в Казахстане. Алма-Ата, 1963.

Утешев А. С. Засуха и урожай хлебов. Алма-Ата, «Кайнар», 1965.

Утешев А. С., Семенов О. Е. Климат и ветровая эрозия почв. Алма-Ата, «Кайнар», 1967.

Федосеев А. П. Гидрометеорология на службе отгонно-пастбищного животноводства (из опыта работы Гидрометслужбы Казахской ССР). Л., Гидрометеоиздат, 1952.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Развитие гидрометеорологических исследований в Казахстане за 50 лет существования Казахской Советской Социалистической Республики . 5

М. Х. Байдал. Структурный анализ и прогноз колебаний климата 54

А. П. Агаркова. Структура многолетнего годового хода осадков в Кустанайской области 62

Ю. Б. Виноградов. Пространственное распределение осадков и его учет при расчетах дождевого стока 75

Р. С. Голубов, Г. Л. Гончаренко. Объективный анализ поля осадков в горах Заилийского Алатау 88

В. В. Голубцов. О распределении вероятностей выпадения максимальных осадков по высотным зонам при различном положении нулевой изотермы 97

Ю. Б. Виноградов. Метод расчета максимальных расходов дождевых паводков 103

В. В. Голубцов. О расчете скорости и времени добегания стока в горном бассейне 110

Х. А. Ахмеджанов, Н. Ф. Гельмгольц. Особенности климатических условий г. Алма-Аты и их роль в загрязнении воздушного бассейна города 127

С. А. Бедарев. Некоторые итоги агрометеорологического изучения пастбищной растительности Казахстана 136

Л. В. Титов. К расчету адиабатической водности и водозапасов облаков мощной конвекции и сравнение их с осадками в искусственных ливнях 145

О. Е. Семенов. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов 153

Ю. И. Ключников. Важнейшие черты медико-климатических условий в равнинных и горных районах южной части Казахстана 166

Указатель литературы КазНИГМИ 176

ТРУДЫ КазНИГМИ, ВЫП. 36

Отв. редактор
Николай Федорович Гельмгольц

Редактор Г. И. Слабкович

Техн. редактор Л. М. Шишкова

Корректор Т. Н. Черненко

Сдано в набор 7/VII 1970 г. Подписано к печати 22/IX 1970 г. М-12410. Бумага типогр. № 1. Формат 60×90¹/₁₆. Печ. л. 12,25. Уч.-изд. л. 13,49. Бум. л. 6,125. Тираж 2000 экз. Цена 1 руб. 14 коп. Индекс МЛ-78. Заказ № 356.
Гидрометеорологическое издательство.
Ленинград, В-53, 2-я линия, д. 23

Ленинградская типография № 8
Главполиграфпрома Комитета по печати
при Совете Министров СССР
Ленинград, Прачечный пер., д. № 6.

УДК 551.5(091)

Развитие гидрометеорологических исследований в Казахстане за 50 лет существования Казахской Советской Социалистической Республики. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 5—53.

В статье дается обзор развития гидрометеорологических исследований в Казахстане начиная с первых послереволюционных дней и кончая современностью. Обзор приводится по разделам: методическая и экспериментальная метеорология, климатические ресурсы, ресурсы поверхностных вод, сельскохозяйственная метеорология, солнечная радиация, аэрология и физика атмосферы, краткосрочная синоптика и авиационная метеорология, долгосрочные прогнозы погоды, гидрологические прогнозы, селевые исследования, гляциологические исследования и гляциальные сели.

УДК 551.583

Структурный анализ и прогноз колебаний климата. Байдал М. Х. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 54—61.

В статье обосновывается целесообразность диагноза многолетних колебаний климата исходя из соотношений влияния климатообразующих и климатовозмущающих факторов. Такой структурный анализ колебаний климата даст возможность наиболее правильно объяснить многолетние флуктуации элементов климата и гидрологического режима и позволит перейти к расчету их характеристик на несколько лет вперед.

Выявив индивидуальную роль солнечной радиации и атмосферной циркуляции в формировании осадков, автор объясняет факт регулярного появления катастрофических засух в Казахстане в периоды минимума 11-летних циклов солнечной активности и отсутствие какой-либо закономерности в выявлении таких засух на Украине.

Автором предложено уравнение, с помощью которого можно рассчитать осадки на месяц или сезон, учитывая влияние солнечной активности, типов атмосферной циркуляции и двухлетнюю цикличность. Последнюю автор объясняет динамикой полюса атмосферной циркуляции северного полушария.

Подставив в уравнение постоянную поправку на тип циркуляции, можно рассчитать осадки на целую циркуляционную эпоху (8—10 лет). Применение этого уравнения дает возможность рассчитать месячные и годовые суммы осадков с обеспеченностью около 90%, а суммы осадков на циркуляционную эпоху с обеспеченностью около 70%.

Автор считает возможным по аналогичному уравнению рассчитывать также ледниковый сток. Опыт такого расчета для центрального Туюксуйского ледника на 7 лет оказался удовлетворительным.

Табл. 2. Библ. 12.

УДК 551.577

Структура многолетнего годового хода осадков в Кустанайской области. Агаркова А. П. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 62—74.

В статье излагаются результаты исследования структуры осадков в Кустанайской области, их повторяемость и числа дней по месяцам и полугодиям по градациям: $\geqslant 0{,}1$ мм, $\geqslant 3$, 5, 10 и 30 мм за сутки. Выявлены некоторые особенности выпадения осадков как по временам года, так и по территории области.

Табл. 8. Илл. 2. Библ. 5.

УДК 556.16.048 : 551.577.21

Пространственное распределение осадков и его учет при расчетах дождевого стока. Виноградов Ю. Б. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 75—87.

Рассмотрена корреляционная структура соответственным образом нормализованного и нормированного поля осадков. Вычислена и приведена кривая зависимости среднего квадратического отклонения среднего преобразованного слоя суточных осадков от площади или квадрата и прямоугольника с соотношением сторон 1 : 4. Изложен метод моделирования поля осадков для горных бассейнов. Приведены примеры расчета.

Табл. 6. Илл. 4. Библ. 11.

УДК 551.577.37 (470, 64)

Объективный анализ поля осадков в горах Заилийского Алатау. Голубов Р. С., Гончаренко Г. Л. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 88—96.

В статье анализируется поле осадков в теплую половину года по данным станций в бассейне р. Малой Алмаатинки. Выявлены очаги с максимумом и минимумом осадков, причем среднеквадратичные отклонения в последних чаще всего бывают незначительными. Оптимальные значения слоя осадков сопоставлены с селеопасными районами. Попарная корреляция между распределением осадков на разных постах позволила выявить пункты, по которым можно определить количество осадков по некоторой площади. Рассмотрена зависимость между средними величинами поля осадков и максимальными их значениями.

Табл. 4. Илл. 2. Библ. 1.

УДК 551.482.217.72

О распределении вероятностей выпадения максимальных осадков по высотным зонам при различном положении нулевой изотермы. Голубцов В. В. Труды КазНИГМИ, 1970, стр. 97—102.

В статье показано, что вероятность выпадения максимальных осадков в пределах отдельных высотных зон неодинакова. Наибольшей вероятностью выпадения обильных осадков характеризуются зоны в пределах высот 2100—2900 м. При высоких положениях нулевой изотермы (выше 4 км) вероятность выпадения максимальных осадков в высокогорной зоне увеличивается, а в среднегорной уменьшается. При положениях нулевой изотермы ниже 3,25 км наблюдается обратная картина. В связи с тем что в высокогорной зоне имеют место довольно благоприятные условия для формирования стока, исследование вероятности выпадения обильных осадков в высокогорной зоне крайне необходимо. Полученные выводы могут быть использованы при разработке методов прогноза максимальных расходов дождевых паводков и критериев селеопасности.

Табл. 1. Илл. 3. Библ. 10.

УДК 556.16.048

Метод расчета максимальных расходов дождевых паводков. Виноградов Ю. Б. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 103—109.

Изложен метод расчета максимальных расходов дождевых паводков, в основу которого положена гипотеза о равенстве единице математического ожидания числа выбросов случайной функции стокообразования, сглаженной по времени добегания, за определенный уровень. Рассмотрены варианты метода для однородных и неоднородных по виду и интенсивности стокообразования водосборов.

Табл. 1. Библ. 4.

УДК 551.482.215.2.

О расчете скорости и времени добегания стока в горном бассейне. Голубцов В. В. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 110—126.

В статье рассматриваются результаты исследования добегания стока в горных бассейнах. Приводятся формулы для расчета времени добегания по руслам рек и горным склонам при формировании поверхностного и почвенно-грунтового стока и способы определения их параметров.

Для расчета времени руслового добегания получена формула следующего вида:

$$\tau_р = \frac{5{,}48\bar{m}^{0{,}65}L}{\gamma^{0{,}35}\bar{q}^{0{,}35}F^{0{,}19}\bar{i}^{0{,}11}},$$

где $\tau_р$ — время руслового добегания (мин.); m — параметр шероховатости русел горных рек, определяемый в соответствии с классификацией автора; L — длина реки от источника до замыкающего створа (км); γ — коэффициент перехода от расхода в замыкающем створе к среднему расходу на участке реки; $\bar{q}$ — средняя интенсивность стокообразования (мм/мин.); i — средний уклон на участке реки.

Для расчета времени добегания по поверхности склонов получена следующая формула:

$$\tau_{с.п} = \frac{10m^{0{,}62}L_с^{0{,}62}}{\gamma^{0{,}38}\bar{q}^{0{,}38}\bar{i}^{0{,}10}},$$

где m — коэффициент шероховатости стокообразующих поверхностей горных склонов, определяемый в соответствии с приведенной классификацией; $L_с$ — длина безрусловых склонов (км).

Формула для расчета времени добегания почвенно-грунтового стока имеет следующий вид:

$$\tau_{с.пг} = \frac{1000L_с^{0{,}54}}{a\gamma^{0{,}25}\bar{q}^{0{,}25}\bar{i}^{0{,}5}},$$

где a — параметр шероховатости дренажной сети склонов.

С помощью полученных формул может быть определено время суммарного (бассейнового) добегания, складывающееся из продолжительности добегания стока по склонам и русловой сети.

Табл. 1. Илл. 2. Библ. 36.

УДК 551.588.7 : 551.510.41.

Особенности климатических условий г. Алма-Аты и их роль в загрязнении воздушного бассейна города. Ахмеджанов Х. А., Гельмгольц Н. Ф. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 127—135.

Рассматриваются особенности ветровых и стратификационных условий в пределах города. Показан режим ветра, его суточный ход, обилие штилей, режим инверсий, их высота, градиенты, повторяемость. Эти условия поставлены в связь с загрязнением атмосферы. Показана исключительная дымоудерживающая способность атмосферы. Рассмотрены пути учета метеорологического фактора в проблеме очищения атмосферы.

Табл. 2. Библ. 4.

УДК 630 : 551.5

Некоторые итоги агрометеорологического изучения пастбищной растительности Казахстана. Бедарев С. А. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 136—144.

В статье приведены основные результаты агрометеорологических исследований применительно к пастбищной растительности. Указаны некоторые методы оценки и прогноза агрометеорологических условий урожая пастбищ в различных зонах Казахстана. Статистический анализ материалов указывает на довольно тесную связь между урожаем и метеорологическими факторами, что дает возможность с различной заблаговременностью прогнозировать состояние и величину урожая пастбищных растений.
Библ. 12.

УДК 551.515 : 8 : 551.576

К расчету адиабатической водности и водозапасов облаков мощной конвекции и сравнение их с осадками в искусственных ливнях. Титов Л. В. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 145—152.

Рассматривается соотношение количества воды, выпавшей в искусственных ливнях, и мгновенных водозапасов облаков мощной конвекции, вычисленных в адиабатическом приближении. Устанавливаются коэффициенты регенерации в ливнях для трех моделей облаков при различных условиях реализации их водозапасов. Для расчетов использованы материалы экспедиции ГГО и КазНИГМИ, проведенной в Северном Казахстане летом 1964 г.
Табл. 2. Библ. 15.

УДК 551.31

О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов. Семенов О. Е. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 153—165.

В статье рассматривается возможность применения статистических законов распределения к распределению частиц почвы легкого механического состава, подвергавшейся как длительным эоловым процессам (на примере песков Южного Казахстана), так и сравнительно непродолжительным воздействиям (супесчаные сероземы Алма-Атинской области). В большинстве случаев распределения частиц по размерам удовлетворительно аппроксимируются логарифмически-нормальным распределением. Кельтеминарские древнедельтовые пески в дельте реки Сырдарьи подчиняются нормальному закону. Предлагается проводить детальные анализы агрегатного состава почв, подвергающихся дефляции, и описание их с привлечением статистических параметров распределений.
Табл. 1. Илл. 3. Библ. 11.

УДК 613.1. : 551.5

Важнейшие черты медико-климатических условий в равнинных и горных районах южной части Казахстана. Ключников Ю. И. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36. стр. 166—175.

В статье проводится анализ погодных условий климатотерапии в различных районах Южного Казахстана. Оценка этих условий осуществляется на основе выявления закономерностей пространственно-временно́го распределения повторяемости эквивалентно-эффективных температур и выяснения характера воздействия природных (особенно орографических) факторов на формирование их режима.

Большое внимание в статье уделяется характеристике изменчивости метеорологических условий климатолечения при помощи предложенного автором медико-климатического индекса изменчивости погоды. Излагаются результаты исследования циркуляционной обусловленности изменчивости на основе метода синоптико-медико-климатического анализа.

Приводимые в статье сведения и выводы могут быть широко использованы для более рационального учета климатолечебных ресурсов в практической деятельности различных лечебно-профилактических учреждений.

Табл. 4. Библ. 2.

УДК 551.5

Указатель литературы Казахского научно-исследовательского гидрометеорологического института. Труды КазНИГМИ, 1970, вып. 36, стр. 176—189.

Приводится указатель изданий и Трудов Казахского НИГМИ за весь период его деятельности по 1970 г. включительно.

В указателе содержится список монографий, выпущенных институтом, перечисляются все 41 выпуск Трудов с указанием содержания каждого выпуска, изданные институтом режимные справочники и материалы наблюдений, различные сборники, методические пособия и прочие издания.