

УДК 633:551.50

Канд. геогр. наук С.С. Байшоланов *

**О РАЗВИТИИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В
КАЗАХСТАНЕ***МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ, АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ ПОСТ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОГОДНАЯ СТАНЦИЯ, МОНИТОРИНГ, ЗАПАСЫ ВЛАГИ В ПОЧВЕ*

Предложены рекомендации по развитию агрометеорологической сети, по освоению новых приборов и систем мониторинга, а также по созданию пунктов наблюдений в северных областях.

Одной из важнейших задач Гидрометеорологической службы является агрометеорологическое обеспечение сельского хозяйства. Система агрометеорологического мониторинга предназначена для сельскохозяйственных товаропроизводителей и других субъектов аграрной сферы, для которых необходима аналитическая информация о складывающихся и ожидаемых погодных условиях, об их возможном воздействии на объекты сельскохозяйственного производства, об ожидаемой продуктивности сельскохозяйственных культур. Для планирования агротехнических и мелиоративных мероприятий сельское хозяйство нуждается в различных видах агрометеорологической информации и прогнозов. Основой агрометеорологической информации и прогнозов являются данные стационарных наблюдений.

Агрометеорологический мониторинг в Казахстане осуществляется в соответствии с требованиями ВМО. В 1922 г., т.е. к моменту основания Гидрометеорологической службы Казахстана, агрометеорологические наблюдения проводились на 3 метеорологических станциях. В 1937 г. в составе агрометеорологической сети числилось 19 станций. В 1945...1950 гг. агрометеорологическая сеть развивалась в районах отгонного животноводства. В 1954...1956 гг. в связи с освоением целинных и залежных земель произошел скачок в развитии агрометеорологической сети. К 1975 г. агрометеорологическая служба Казахстана выросла в крупную научно-производственную базу, способная удовлетворять все запросы сельского хозяйства республики. В восьмидесятые годы количество метеорологических станций увеличилось до 295, из них на 246 велись агрометеорологические наблюдения, из которых на 180 также велись ин-

* АО «КазНИИСА», г. Астана

струментальные наблюдения за влажностью почвы. Кроме метеорологических станций Казгидромета наблюдения по сокращенной программе вели еще более 200 агрометеорологических постов при колхозах и совхозах, подчиненные министерству сельского хозяйства. В конце прошлого века, во время перехода к рыночной экономике количество пунктов наблюдений сократилось до 108.

Сегодня агрометеорологический мониторинг ведется на 202 пунктах. Из них 115 являются метеорологическими станциями (М), 87 – агрометеорологическими постами (АП). Из АП 16 являются автоматическими агрометеорологическими постами (ААП), где установлены автоматические погодные станции. Растениеводческие наблюдения ведутся на 177 пунктах, животноводческие – на 25 М. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы определяются на 123 пунктах (М – 90, АП – 33).

Производство агрометеорологических наблюдений включает метеорологические и собственно агрометеорологические (агрономические, фенологические, температура и запасы влаги в почве) наблюдения.

С целью увеличения плотности наблюдательных пунктов РГП «Казгидромет» дополнительно организывает стационарные АП. Однако и это не позволяет полностью охватить мониторингом земледельческую территорию республики. Для частичного разрешения данной проблемы проводятся маршрутные агрометеорологические обследования сельскохозяйственных полей. Сегодня в 11 растениеводческих областях республики проводятся 48 маршрутных обследований.

В настоящее время в агрометеорологическом мониторинге Казахстана существует ряд проблем, по которым можно предложить следующие рекомендации:

1. Сегодня автоматизировано всего 31 % метеорологической сети Казгидромета. Существующие автоматизированные станции и посты не охватывают ни одну область Казахстана полностью. Соответственно, с целью соблюдения единства измерений, в производстве используются данные наблюдений полученные классическим способом (8 сроков наблюдений в сутки).

Измерение метеорологических параметров наблюдателем, несмотря на их последующий критический контроль, не исключает ошибок, связанных с человеческим фактором. Также осреднение данных за 8 сроков в сутки несколько отличается от 24 измерений за сутки. Это несколько снижает точность среднесуточных данных. Необходимо отметить, что на АП метеорологические измерения проводятся только 2 раза в сутки, что явно

недостаточно. Из этого следует необходимость скорейшей автоматизации всей метеорологической сети Казгидромета. Переход на автоматические измерительные датчики позволит проводить измерения оперативно и точно, а также исключить ошибки, связанные с человеческим фактором.

В связи с тем, что процесс автоматизации наблюдательной сети является довольно продолжительным, можно предложить переход областей республики на автоматический режим мониторинга по определенной очередности. При этом необходимо учесть такие факторы, как экономические показатели, опасность природных процессов и явлений, приграничная территория, административный уровень и численность населения. Учитывая это, первостепенный приоритет можно дать северным областям и областям занятыми горными массивами: Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская, Алматинская, Восточно-Казахстанская, Жамбылская, Южно-Казахстанская и т.д.

2. Еще одной проблемой агрометеорологического мониторинга является оснащенность сети приборами и оборудованностями старого образца, что также снижает оперативность и точность наблюдений при стационарном и маршрутном обследовании сельскохозяйственных полей. Например, измерение запасов продуктивной влаги (ЗПВ) в почве.

В наблюдательной сети Казгидромета для измерения ЗПВ используется термостатно-весовой метод. Процесс определения влажности почвы состоит из полевых и лабораторных работ. Он заключается во взятии проб почвы из скважин наблюдательного участка в четырех точках поля, с последующим взвешиванием, высушиванием, повторным взвешиванием после сушки и вычислением влажности почвы. Такой трудоемкий и длительный процесс имеет не только инструментальную погрешность, но и ошибки связанные с человеческим фактором. Влажность почвы определяется только 1 раз в 10 суток.

ЗПВ измеренный термостатно-весовым методом показывает влажность почвенного слоя диаметром всего 4 см. Этот метод дает возможность определения ЗПВ в слое залегания корневой системы растений, но не отображает пространственное поле влажности, т.е. характеризует только данный участок сельскохозяйственного поля, и их нельзя распространять на большую территорию. Поэтому перед агрометеорологами остро встает вопрос повышения частоты, оперативности и точности измерения ЗПВ. Удовлетворение этих требований возможно только при использовании мобильного влагомера почвы. Например, переносной влагомер почвы компании

«Delta-T Devices» (Англия), где влажность почвы определяется с помощью электромагнитных волн. Содержание воды в почве определяет ее диэлектрическую проницаемость (ϵ). Создаваемое датчиками влагомера электромагнитное поле распространяется на 10 см почвенного слоя, т.е. диаметр почвенного слоя, где определяется влажность, составляет около 20 см.

Использование такого мобильного влагомера почвы позволит проводить измерения оперативно, охватить больше полей, увеличить частоту и точность измерения, позволит исключить ошибки, связанные с человеческим фактором. В конечном итоге позволит более качественно оценить влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. Сегодня в Казгидромете ведутся работы по внедрению в производство приобретенных почвенных влагомеров почвы «Delta PR2».

При стационарном и маршрутном обследовании сельскохозяйственных посевов можно облегчить определение состояния растений с применением специальных приборов. Например, использование ручного фотометра ФИ-20А (Россия) значительно повысит оперативность и качество оценки состояния растений (густота стеблестоя, надземная растительная масса, степень повреждения растений).

ФИ-20А предназначен для измерения биометрических параметров растительного покрова, оперативного контроля состояния агроценозов и эффективности агротехники, количественной оценки условий роста и развития растений в полевых условиях и в условиях закрытого грунта. Его также можно использовать при проведении опорных подспутниковых измерений. Измеритель ФИ-20А позволяет измерить спектральный коэффициент яркости подстилающей поверхности в двух спектральных интервалах в красном и инфракрасном, а также производных от них величин – индекса отражения, вегетационного индекса, биопараметров растительного покрова, освещенности подстилающей поверхности.

3. Как было сказано выше, ЗПВ можно определить только на полях, у которых известны агрогидрологические константы почвы. В настоящее время агрогидрологические константы почвы имеются только на 123 пунктах наблюдений, которые были определены 20...40 лет назад. Соответственно необходимо часть из них обновить, определить агрогидрологические константы почв на сельскохозяйственных полях возле других метеостанций и агропостов (около 80 полей). В последние годы Казгидромет начал работу по определению агрогидрологических констант на некоторых М и АП северных зерносеющих областей.

4. Казгидрометом пока не освоены возможности дистанционного

спутникового зондирования. Одно из современных направлений в агрометеорологии, которое надо развивать является система мониторинга влажности почвы и состояния посевов сельскохозяйственных культур на основе спутниковой цифровой информации. В Казахстане в данном направлении определенных результатов достиг Институт космических исследований им. академика У.М. Султангазина (ИКИ). В этом направлении Казгидромет и ИКИ сотрудничая, т.е. объединив наземный и спутниковый мониторинг, могли бы достичь больших результатов.

5. Еще одним направлением развития является мониторинг конвективной облачности (полей ливневых осадков и градообразования) по данным радиолокационного зондирования атмосферы. Метеорологическая радиолокация является основным средством оперативного получения информации об облачности, осадках и связанных с ними опасных явлениях погоды. Ценность радиолокационной информации существенно возрастает при объединении данных нескольких радиолокаторов и построении «сшитых» (композитных) карт. В этом случае появляется возможность оперативного слежения за развитием процессов синоптического масштаба (атмосферные фронты, линии шквалов, зоны осадков) [2].

Для развития этого направления мониторинга необходимо сотрудничество РГП «Казгидромет» с АО «Казэросервис». Известно, что АО «Казэросервис» планирует развитие сети метеорологических радиолокаторов (МРЛ) в аэропортах республики. Тогда появится возможность налаживания поступления информации с МРЛ аэропортов. Например, использование Рабочей Станции Метеорологической автоматизированной радиолокационной сети (РС «МАРС») дает возможность составления серии объединённых карт на основе данных нескольких автоматизированных метеорологических радиолокационных комплексов (АМРК «Метеор-МетеоЯчейка», АМРК «МетеоЯчейка» и т.д.).

6. Все же основной проблемой агрометеорологического мониторинга является низкая плотность сети агрометеорологических станций и постов.

Согласно рекомендации Всемирной метеорологической организации (ВМО) метеорологическая сеть считается оптимальной на равнинной территории, если расстояние между метеорологическими станциями составляет около 60 км (по большинству наблюдаемых метеорологических характеристик) и 20...30 км по осадкам [8].

Количество метеорологических наблюдательных пунктов, удовле-

творяющее приведенные выше условия называется нормативным количеством пунктов наблюдений (N_n).

Зная неоднородности рельефа и хозяйственное освоение территории можно рассчитать минимально необходимое количество пунктов наблюдений (N_{\min}) [4].

Для учета рельефа вводится поправочный коэффициент на неоднородность рельефа (K_p), представляющий собой сумму произведений доли соответствующих площадей на принятые коэффициенты неоднородности выделенных площадей (для равнинной территории $K_p = 1$, для горной территории $K_p = 2$). Для этого, с использованием гипсометрической карты определяется доля равнинной и горной территории.

Для определения коэффициента хозяйственного освоения территории ($K_{хоз}$) используются данные о плотности населения, площади распределения сельскохозяйственных угодий и количество населенных пунктов по территории. Далее, умножая нормативное количество пунктов наблюдений с учетом рельефа на $K_{хоз}$, можно получить минимально необходимое количество метеорологических станций.

Плотность метеорологической сети в Казахстане составляет 10,4 тыс. км² на 1 М, что далеко не достаточно для полноценного освещения нашей территории [3]. Плотность метеорологической сети в западных странах составляет 3...4 тыс. км² на 1 М, что соответствует требованиям ВМО [8].

В полноценном измерении метеорологических характеристик участвуют М, МП и ААП (АП не входят). Поэтому М, МП и ААП составляют метеорологическую сеть Казгидромета.

Согласно рекомендацией ВМО для правильной характеристики пространственного распределения метеоэлементов (кроме осадков) расстояние между метеорологическими станциями должно составлять 63 км (при 1 М на 4 тыс. км²), т.е. радиус репрезентативного распространения метеоданных одной М составляет около 32 км, при условии однородности рельефа. Тогда на 3215 км² площади должна располагаться одна М. Это положение можно взять за основу требований для расположения М. Соответственно зная общую площадь территории области можно рассчитать нормативное количество М. Однако такие расчеты будут справедливы только при условии однородности рельефа.

Плотность метеорологической сети в северных зерносеющих об-

ластях составляет 1 пункт на 5,2...8,2 тыс. км², что явно недостаточно. Для определения минимально необходимого количества М необходимо учитывать неоднородность рельефа и хозяйственное освоение территории. По данным [3] минимально необходимое количество станций составляет для Северо-Казахстанской области 22 М, для Акмолинской области – 30 М, для Костанайской области – 34 М.

В Казахстане 76 % всех зерновых и зернобобовых культур и 80 % яровой пшеницы возделываются в Северо-Казахстанской, Костанайской и Акмолинской областях. Соответственно рассмотрим возможности развития агрометеорологической сети в этих трех областях.

В агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства Казахстана основной метеорологической характеристикой является количество и интенсивность осадков. В измерении осадков участвуют все виды наблюдательных пунктов (М, МП, ААП и АП). Поэтому все М, АП, ААП и МП можно включить в состав агрометеорологической сети Казгидромета.

Для репрезентативного измерения осадков и полноценной характеристики их пространственного распределения по территории существующей агрометеорологической сети явно не достаточно.

Согласно рекомендаций ВМО, для правильной характеристики пространственного распределения осадков расстояние между наблюдательными пунктами должно составлять около 30 км, т.е. радиус действия одной М (МП, АП, ААП) составляет 15 км. Тогда общая площадь действия одной М по осадкам составляет около 700 км², т.е. на 700 км² площади должна располагаться одна метеостанция. Это положение можно взять за основу требований для расположения М сельскохозяйственного назначения. Соответственно, зная общую площадь территории области, можно рассчитать нормативное количество М сельскохозяйственного назначения ($N_{c/x}$).

В табл. 1 приведены расчеты $N_{c/x}$ по северным областям Казахстана. Нормативное количество агрометеорологической сети составляет от 140 М в Северо-Казахстанской области до 280 М в Костанайской области. Для определения минимально необходимого количества станции и постов агрометеорологической сети $N_{c/x \min}$ необходимо учитывать неоднородность рельефа и сельскохозяйственное освоение территории.

Для определения поправочного коэффициента на неоднородность рельефа (K_p) и коэффициента сельскохозяйственного освоения территории ($K_{c/хоз}$) были использованы топографические карты с населенными

пунктами, физико-географические карты областей, плотность населения и площадь пахотно-пригодных земель. В этих областях $K_{c/хоз}$ составил от 0,43 в Костанайской области до 0,66 в Северо-Казахстанской области (табл. 2). В табл. 2 также приведены расчеты минимально необходимого количества станции и постов агрометеорологической сети ($N_{c/x \min}$).

Таблица 1

Нормативное количество МС сельскохозяйственного назначения ($N_{c/x}$)

Область	Общая площадь, тыс. км ²	Количество М, МП, ААП, АП	$N_{c/x}$
Северо-Казахстанская	98	20	140
Акмолинская	146	32	208
Костанайская	196	33	280

Таблица 2

Минимально необходимое количество станции и постов агрометеорологической сети ($N_{c/x \min}$)

Область	Площадь пахотно-пригодных земель, тыс. км ²	K_p	$K_{c/хоз}$	$N_{c/x \min}$	Количество М, МП, ААП, АП	Дефицит АП
Северо-Казахстанская	49,4	1,0	0,66	92	20	72
Акмолинская	54,3	1,1	0,52	115	32	83
Костанайская	56,7	1,0	0,43	120	33	87

Таким образом, при строгом соблюдении рекомендаций ВМО необходимо довести количество станций и постов агрометеорологической сети в Северо-Казахстанской области до 92, в Акмолинской области – до 115, а в Костанайской области – до 120. Однако, в реальности, создание такого количества наблюдательных пунктов невозможно из-за разбросанности населенных пунктов по территории областей да и экономически не целесообразно.

Необходимую агрометеорологическую сеть можно определить и по другой технологии. Руководствуясь рекомендацией ВМО (расстояние 30 км), была определена оптимальная агрометеорологическая сеть для трех областей. На картах областей были определены конкретные населенные пункты, где можно создавать агрометеорологические посты. Для определения таких населенных пунктов на карту областей были нанесены пункты существующей сети наблюдения и обозначены расстояния между

соседними станциями и постами. При этом учитывалась существующая сеть соседних областей, освоенность территории населенными пунктами и площади пахотных земель по районам.

Расстояния между наблюдательными пунктами (М, АП, ААП) рассчитывались на основе их географических координат (широта и долгота), по формуле гаверсинусов, позволяющая избежать погрешностей, связанных с небольшими расстояниями [1].

В качестве основы были использованы топографические карты областей 2008 г., подготовленные РГКП «Национальный картографо-геодезический фонд» [7]. Сводные результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3

Количество населенных пунктов, рекомендуемых для создания ААП

Область	Площадь пахотных земель, тыс. га	Количество существующих М, АП, ААП	Количество населенных пунктов, рекомендуемых для создания ААП
Северо-Казахстанская	4 866	20	29
Акмолинская	5 337	32	36
Костанайская	5 487	33	28

В Северо-Казахстанской области пахотные земли занимают около 4,9 млн. га [6]. На территории области действует 20 пунктов наблюдений (14 М и 6 АП). Для полного покрытия земледельческой территории области необходимо создать еще 29 ААП.

В Акмолинской области пахотные земли занимают около 5,3 млн. га [9]. На территории области действует 32 пункта наблюдений (21 М, 4 АП, 7 ААП). Для полного покрытия земледельческой территории области необходимо создать еще 36 ААП.

В Костанайской области пахотные земли занимают около 5,5 млн. га [5]. На территории области действует 33 пункта наблюдений (18 М, 9 АП и 6 ААП). Для полного покрытия земледельческой территории области необходимо создать еще 28 ААП.

Были определены конкретные населенные пункты, рекомендуемые для создания новых агрометеорологических постов по трем северным областям. В качестве примера приводим полученные результаты по Северо-Казахстанской области (табл. 4, рис.).

Таблица 4

Населенные пункты, рекомендуемые для открытия ААП (для полного покрытия сельскохозяйственных территорий) по Северо-Казахстанской области

Район (номер на карте)	Площадь пахотных земель, тыс. га	Количество существующих М, АП, ААП	Пункт (номер на карте)
Айыртауский (13)	423,3	1	Теренколь (20) Егиндыагаш (21) Целинное (22)
Акжарский (10)	362,9	1	Ащыколь (9) Восходское (11)
Аккайынский (6)	239,7	1	Токушы (2) Киялы (7)
Есильский (5)	312,8	2	Николаевка (19)
Жамбылский (4)	328,9	2	Санжар (17) Троицкое (18) Украинское (28) Макарьевка (29)
Магжана Жумабаева (3)	468	2	Конюхово (4) Дуйсеке (5) Молодежное (6)
Кызылжарский (1)	215,2	2	Большая малышка (1) Новогеоргиевка (2)
Мамлютский (2)	192,6	1	Леденево (16)
Габита Мусрепова (12)	776,9	2	Тахтаброд (23) Шоптыколь (24) Беспаловка (25)
Тайыншинский (9)	711,9	2	Агроном или Ильич (8) Шункырколь (10) Глубокое (14) Дмитриевка (15)
Тимирязевский (7)	283,6	1	Есиль (27)
Уалихановский (11)	289,5	2	Мортык (12) Аккудык (13)
Шал акынский (8)	259,9	1	Ольгинка (26)

Таким образом, данная схема развития агрометеорологической сети является более реалистичной. Естественно, список выбранных населенных пунктов необходимо согласовать со специалистами районных акиматов областей.

Необходимо отметить, что дальнейшее расширение сети агрометеорологических постов нужно рассматривать в связке с расширением метеоро-

логической сети, т.е. с возможностью использования их данных не только в сельском хозяйстве, но и в синоптике и климатологии. Также при установке автоматических метеорологических станций (АМС) необходимо предусмотреть возможность ведения там агрометеорологических наблюдений.

Рекомендуется максимальное количество пунктов с агронаблюдениями создавать на базе АМС.

В выбранном пункте автоматическую погодную станцию можно устанавливать на отдельном участке, оформленном на Казгидромет на окраине поселка, или же на частной территории будущего техника агрометеоролога (на договорной основе). В первом случае охрану станции можно поручить ближайшему жителю поселка на договорной основе. ААП должен оснащаться датчиками (температура и влажность воздуха, осадки, ветер, атмосферное давление, солнечное сияние), средствами связи и аварийного электропитания. Станция устанавливается на 10 метровой мачте, ограждается специальной оградой и подключается к ближайшей сети электропередачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GIS-lab: Вычисление расстояния и начального азимута между двумя точками на сфере [электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://gis-lab.info/qa/great-circles.html> (дата обращения: 07.07.2013).
2. Институт радарной метеорологии. Рабочая станция «Марс» [электронный ресурс]. – 2013. – URL: http://www.iram.ru/iram/p13_mars_ru.php (дата обращения: 06.06.2013).
3. Кожухметов П.Ж. Об оптимизации метеорологической сети Казахстана
4. Методика расчёта минимально необходимого количества пунктов метеорологических наблюдений. – СПб: 2008. – 15 с.
5. Официальный Интернет-ресурс акимата Костанайской области. Социально-экономический паспорт Костанайской области за 2012 год [электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://www.kostanay.gov.kz/rus/analitika-51|707.html> (дата обращения: 08.08.2013).
6. Официальный Интернет-ресурс Северо-Казахстанской области. Социально-экономический паспорт Северо-Казахстанской области за 2012 год. [электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://sko.gov.kz/page.php?cat=2&page> (дата обращения: 08.08.2013).
7. РГКП «Национальный картографо-геодезический фонд». Карты областей РК, топографические: Северо-Казахстанская область [электронный

- ресурс]. – 2013. – URL: http://nkgf.kz/ru/projects/scale_1-1000000/ (дата обращения: 07.07.2013).
8. Руководство по глобальной системе наблюдений. – ВМО № 488. – 2010.
9. Управление экономики и бюджетного планирования Акмолинской области: Социально-экономический паспорт Акмолинской области за 2012 год [электронный ресурс]. – 2013. – URL: <http://akmplan.kz/> (дата обращения: 08.08.2013).

Поступила 7.02.2014

Геогр. ғылымд. канд. С.С. Байшоланов

**ҚАЗАҚСТАНДА АГРОМЕТЕОРОЛОГИЯ МОНИТОРИНГІН
ДАМУ ТУРАЛЫ**

Агрометеорологиялық бақылау торабын дамыту бойынша, жаңа аспаптар мен мониторинг жүйелерін игеру бойынша, сонымен қатар солтүстік облыстарда жаңа бақылау бекеттерін ашу бойынша ұсыныстар берілген.