

**ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ ГРАДАЦИЙ УВЛАЖНЕНИЯ МЕТРОВОГО СЛОЯ ПОЧВЫ ВЕСНОЙ**

Л. Л. Тарасова

*ФГБУ «Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации»  
(Гидрометцентр России)*

*123242, Москва, Большой Предтеченский пер., д. 11-13*

*E-mail: lydia\_tarasova@mail.ru*

*Поступила в редакцию 21 октября 2020 г., принята к печати 25 февраля 2021 г.*

Разработан новый подход к прогнозированию запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы ко времени возобновления вегетации растений, основанный на кластерном анализе запасов влаги осенью и весной, а также количества осадков, выпавших за осенне-зимний период. В результате анализа полученных значений выделено пять кластеров: плохие запасы (менее 80 мм), недостаточные запасы (80–100 мм), удовлетворительные запасы (101–120 мм), хорошие запасы (121–160 мм) и отличные запасы (более 160 мм). Установлено, что используемый в настоящее время метод прогноза Л. А. Разумовой, разработанный в середине прошлого столетия и основанный на регрессионных зависимостях между изменением запасов влаги за осенне-зимне-весенний период и количеством осадков, имеет высокую оправдываемость, что в первую очередь связано с несовершенством метода оценки качества долгосрочных прогнозов. Разработан новый метод оценки ожидаемых запасов влаги по критическим значениям количества осадков и индекса суровости зимы в зависимости от кластера осенних влагозапасов. Предложенный подход позволяет уменьшить искусственно завышенную оправдываемость, а новый метод предоставляет возможность прогнозирования весеннего увлажнения почвы не только в конце зимы, но и в более ранние периоды, а также имеет более высокую оправдываемость, чем широко используемый в настоящее время метод Л. А. Разумовой.

**Ключевые слова:** долгосрочный прогноз, запасы продуктивной влаги в почве, осадки, индекс суровости зимы.

**LONG-TERM FORECAST OF MOISTURE RESERVES IN ONE-METER SOIL LAYER IN SPRING**

L. L. Tarasova

*Hydrometeorological Research Center of Russian Federation (Hydrometcenter of Russia)*

*11-13, Bolshoy Predtechenskiy per., Moscow, 123242, Russia*

*E-mail: lydia\_tarasova@mail.ru*

The paper presents a new approach to predict the productive moisture reserves in a one-meter soil layer at the time of the renewal of plant vegetation. The approach is based on cluster analysis of moisture reserves in autumn and spring, as well as on the amount of precipitation in the autumn-winter period. Analysis of the obtained values made it possible to identify 5 clusters with low stock (<80 mm), insufficient (80–100 mm), satisfactory (101–120 mm), good (121–160 mm) and excellent (over 160 mm) reserves. It has been established that the currently used forecast method (by L. A. Razumova), developed in the middle of the last century and based on the regression relationships between the change in the soil moisture reserves for the autumn-winter-spring period and the amount of precipitation, has a high justification, which is primarily due to the imperfection of the method for assessing the quality of long-term forecasts. The newly developed method for assessing the expected moisture reserves is based on the critical values of precipitation amount and the winter severity index and depends on the cluster of autumn moisture reserves. The proposed approach allows to reduce the artificially overestimated justification, and the new method makes it possible to predict spring soil moisture not only at the end of winter, but also in earlier periods. The developed method has a higher justification than the currently used method of L. A. Razumova.

**Key words:** long-term forecast, reserves of productive moisture in the soil, precipitation, winter severity index.

**ВВЕДЕНИЕ**

Запасы продуктивной влаги в почве являются основным ресурсом, необходимым для роста биомассы агроценоза и в конечном итоге для формирования урожайности с.-х. культур. В настоящее время при решении как сельскохозяйственных (Полуэктов, Опарина, Терлеев, 2003), так и метеорологических (Кислов, Варенцов, Тарасова, 2015) задач основное внимание уделяется краткосрочному прогнозированию запасов почвенной влаги. Другому

направлению прогнозирования почвенных влагозапасов – долгосрочным прогнозам – долгое время не уделялось достаточного внимания.

Влагозапасы в большинстве регионов формируются за счёт накопления осадков, выпавших за осенне-зимний период, и в первую очередь за счёт снежного покрова (Кельчевская, 1983; Кислов, 1991; Тарасова, 2008). Исходя из величины весенних запасов влаги можно осуществлять прогноз урожайности

культур, а в случае дефицита предпринять меры для минимизации возможного ущерба.

Вопрос влияния весенних влагозапасов на величину конечной урожайности довольно хорошо изучен и достаточно подробно изложен в учебниках (Шеин, Гончаров, 2006; Чирков, 1986). Особо важное значение имеет мониторинг влажности почвы в засушливых районах. На рис. 1 в качестве примера приведена зависимость урожайности зерновых культур (в отклонениях от линейного тренда) от

влагозапасов в метровом слое почвы ко времени возобновления вегетации растений для Волгоградской и Ростовской областей. Из рисунка видно, что при запасах продуктивной влаги менее 100 мм урожайность ниже обычных значений и лишь в отдельные годы близка к ним. Таким образом, долгосрочный и достоверный прогноз запасов влаги может быть полезным для принятия решений как на уровне органов государственной власти, так и сельскохозяйственных предприятий.

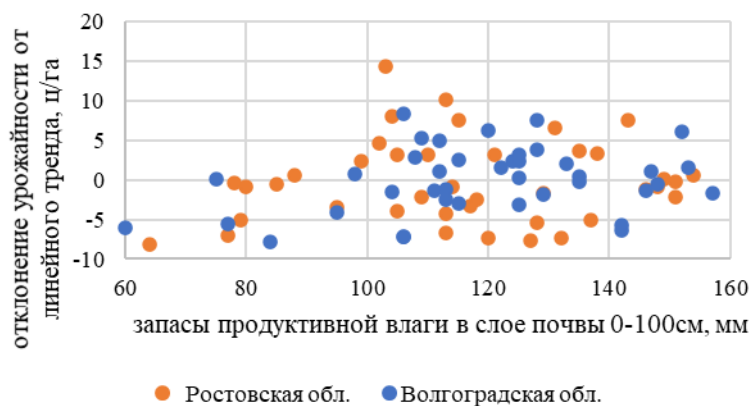


Рис. 1. Зависимость урожайности зерновых культур от влагозапасов весной.

В настоящее время в агрометеорологических подразделениях Управлений по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (УГМС) Росгидромета в конце зимы составляются прогнозы запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы ко времени возобновления вегетации озимых зерновых культур. Метод прогноза был разработан в середине прошлого столетия Л. А. Разумовой (1957). В основу метода положены регрессионные зависимости между изменением запасов влаги за осенне-зимне-весенний период, количеством осадков, выпавших за тот же период, и дефицитом запасов влаги в почве осенью. В результате корреляционного анализа урожайности сельскохозяйственных культур и величины влагозапасов весной были выделены пять кластеров: плохие (менее 80 мм), недостаточные (80–100 мм), удовлетворительные (101–120 мм), хорошие (121–160 мм) и отличные (более 160 мм) запасы. Далее агрометеорологический анализ результатов статистического моделирования проводится по выделенным кластерам – составляется аналитическая записка об ожидаемых условиях увлажнения, а данные в виде пуансонов различной закрашки наносятся на карту. Полученная карта и аналитическая записка предоставляются Правительству Российской Федерации, Министерству сельского хозяйства и другим заинтересованным ведомствам. Аналогичные материалы распространяют территориальные подразделения Росгидромета. Особенно востребованы прогнозы влагозапасов в засушливых регионах страны.

Оценка качества данного прогноза является весьма высокой (оправдываемость более 90%). Вместе с тем опыт работы в отделе агрометеорологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России» подсказывает, что данный факт свидетельствует не о достоинствах метода прогнозирования, а о

несовершенстве метода оценки качества прогноза. Согласно РД 52.27.284-91 «Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиографических прогнозов» (1991), критерием качества долгосрочного прогноза считается попадание в доверительный интервал прогнозируемой величины, а ширина интервала определяется величиной среднего квадратического отклонения. Т. е., по всей вероятности, величина «окна» столь высока, что практически любой прогноз является удачным. Для проверки данной гипотезы были рассчитаны прогнозы весенних запасов влаги по методу Л. А. Разумовой за период 2004–2020 гг. Оправдываемость прогнозов, согласно критерию, была очень высокой (95–99%), однако при сопоставлении карт прогноза с картами запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы под озимыми культурами (согласно результатам первых определений весной) обнаружилось значительное расхождение по ряду лет, особенно в прогнозах для южных районов страны. С одной стороны, такие расхождения могут быть объяснены формальностью определения кластера (119 мм – удовлетворительные запасы, а 121 мм – хорошие, однако величина влагозапасов исходно определяется с погрешностью 10%, т. е. фактически 119 и 121 – это одно и то же). При исключении из рассмотрения таких случаев картина улучшилась незначительно. За весь период верное попадание в кластер увлажнения установлено в 52% прогнозов, в 20% случаев прогноз был занижен, а в 27% – завышен, причем почти в половине из них прогноз завышен на две градации (т. е. прогнозировались хорошие запасы влаги, а по факту они оказались недостаточными). Таким образом, можно утверждать, что общепринятый метод долгосрочного прогнозирования характеризуется

существенной неопределенностью, в связи с чем весьма актуальным представляется изучение пространственной структуры запасов влаги и разработка нового, более точного метода прогноза запасов влаги к началу вегетационного периода.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

При исследовании использовалась база данных отдела агрометеорологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России», в которой содержались сведения из декадных агрометеорологических телеграмм, полученных по 741 гидрометеорологической станции за период 2004–2020 гг. Из базы данных был выделен архив, содержащий сведения о запасах продуктивной влаги под озимыми зерновыми культурами, зябью и многолетними травами в слое почвы 0–100 см, декадных суммах осадков, средней за декаду температуре воздуха и глубине промерзания почвы на конец декады. Далее были изучена пространственная и

временная структура поля запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве примера представлены статистические характеристики запасов продуктивной влаги в различные месяцы для станций Белогорка (Ленинградская область) и Гигант (Ростовская область) (табл. 1, 2).

Как видно из табл. 1, в Ленинградской области в осенний и весенний периоды влажность почвы близка к наименьшей полевой влагоемкости или выше её, лишь в отдельные годы величина влагозапасов в метровом слое почвы менее 160 мм. Значения влагозапасов в апреле и октябре практически равны, а разность между средним значением и средним квадратическим отклонением весной и осенью также более 160 мм. Таким образом, для регионов с хорошим увлажнением почвы осенью прогнозная градация как весенних, так и осенних запасов влаги будет соответствовать «отличным запасам».

**Таблица 1.** Средние значения, среднее квадратическое отклонение и частота по грациям запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за период 2004–2020 гг. для станции Белогорка (Ленинградская область)

	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
<b>Среднее</b>	188	173	152	140	154	179	190
<b><math>\sigma</math></b>	20,7	26,9	29,1	35,9	33,2	25,9	21,0
<b>Частота влагозапасов по грациям</b>							
Отличные	86%	62%	46%	35%	50%	63%	90%
Хорошие	14%	36%	31%	35%	26%	37%	5%
Удовлетворит.	0%	0%	4%	6%	13%	0%	2%
Недостаточные	0%	2%	19%	18%	5%	0%	2%
Плохие	0%	0%	0%	6%	5%	0%	0%

Совершенно иная картина характерна для станции Гигант (Ростовская область) (табл. 2). В осенний период практически равновероятно могут наблюдаться как хорошие, так и плохие условия увлажнения, а весной влагозапасы варьируются от отличных до удовлетворительных. Среднее значение влагозапасов весной составляет 143 мм, что соответствует хорошим запасам. Нижний предел доверительного интервала (разность между средним значением и средним квадратическим отклонением) весной составляет 115 мм (удовлетворительные запасы), а верхний – 170 мм (отличные запасы).

**Таблица 2.** Средние значения, среднее квадратическое отклонение и частота по грациям запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы за период 2004–2020 гг. для станции Гигант (Ростовская область)

	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сент.	Октябрь	Ноябрь
<b>Среднее</b>	143	130	105	75	48	50	75	85	92
<b><math>\sigma</math></b>	26,8	19,8	28,6	33,6	23,6	30,2	34,0	34,2	30,6
<b>Частота влагозапасов по грациям</b>									
Отличные	26%	11%	4%	1%	0%	0%	0%	1%	2%
Хорошие	54%	55%	33%	14%	1%	5%	14%	19%	24%
Удовлетворит.	13%	23%	24%	12%	5%	6%	13%	23%	16%
Недостаточные	1%	7%	16%	17%	11%	11%	19%	17%	20%
Плохие	6%	4%	24%	56%	83%	78%	53%	41%	37%

Таким образом, для регионов с недостаточным увлажнением почвы осенью прогноз влагозапасов в любом случае будет иметь высокую оправдаемость, т. е. каким бы ни было увлажнение почвы, самая простая прогнозная модель «прогноз = среднее» будет оправданной, однако доля неопределённости при этом чрезвычайно высока. А самое главное, в таком случае полностью перечеркивается отмеченная выше ценность прогноза.

Исходя из этого необходимо разработать схему прогноза, которая будет лишена недостатка, связанного с методом определения качества прогноза. По мнению автора, более оптимальным является прогноз не величины запасов продуктивной влаги в мм водного слоя, а самой градации (кластера). Соответственно, прогноз будет оправдан, если градация была спрогнозирована верно, в противном случае он не оправдается.

Предложенный подход основан на оценке порядка величины компонент баланса почвенной влаги, а не на моделировании самого баланса, и определении их критических значений, приводящих к изменению градации запасов продуктивной влаги на 1.

Рассмотрим основные компоненты водного баланса почвы в зимний период. Основная приходная компонента – это осадки. Согласно методу Л. А. Разумовой, сумма осадков рассчитывается за период от последнего определения влагозапасов до времени возобновления вегетации. Однако прогноз составляется в последних числах февраля, а возобновление вегетации озимых зерновых культур, например, в центральных чернозёмных областях обычно приходится на вторую половину марта, в более северных районах — на апрель-начало мая. Следовательно, сумму осадков за март и апрель следует определять по климатическим данным. Метод предписывает проводить корректировку с учетом долгосрочного прогноза осадков. Однако осуществить это весьма затруднительно, поскольку прогнозируются не месячные суммы осадков, а градации «ниже нормы», «около нормы» и «выше нормы». В рамках нового подхода предложено рассчитывать сумму зимних осадков за период с 1 декады ноября по 2 декаду февраля. Безусловно, такой подход весьма формален, но он позволяет агрометеорологу УГМС избежать неопределенности (следует отметить, что именно такие затруднения приводят к использованию самой простой прогнозной модели).

На первом этапе определяется градация запасов осенью. Если величина запасов продуктивной влаги под озимыми культурами близка к пороговому значению (около 80, 100, 120 и 160 мм), то необходимо учесть значения влагозапасов под зябью или многолетними травами. Разность между весенней и осенней градацией названа «прибавкой со снегом». Далее методом простого ранжирования для каждой градации влагозапасов и прибавки со снегом определяются критические значения количества зимних осадков.

Из табл. 3 видно, что чем ниже влагообеспеченность посевов осенью, тем меньшее количество осадков необходимо для «перехода» в следующую градацию. По-видимому, это объясняется тем, что низкая влажность почвы осенью характерна для южных чернозёмных регионов, где зимы неустойчивы, поэтому дожди и талая влага способствуют пополнению влагозапасов, в то время как в более северных регионах снеготаяние происходит в течение относительно короткого промежутка времени, а холодные зимы обеспечивают промерзание почвы на достаточную глубину, что препятствует просачиванию влаги в почву и, напротив, усиливает поверхностный сток. В связи с этим было бы интересно сопоставить полученные закономерности с агрофизическими свойствами почв на рассматриваемых участках, однако гидрометслужба не располагает такими сведениями.

**Таблица 3.** Критические значения количества зимних осадков

Градация ЗПВ осенью	Сумма осадков за зиму, мм	Градация прибавки со снегом
Плохие	более 140	1
	150	2
	170	3
	200	4
Недостаточные	менее 100	-1
	более 150	1
	170	2
Удовлетворительные	200	3
	менее 150	-1
	более 170	1
Хорошие	200	2
	200	1

Такие элементы водного баланса почвы, как испарение с поверхности почвы и транспирация влаги растениями, в зимний период незначимы, т.к. дефициты парциального давления водяного пара малы, а растения находятся в состоянии зимнего покоя. Однако это несправедливо по отношению к южным регионам, где вегетация растений возможна и в зимние месяцы, когда устанавливается теплая погода, а снежный покров тает. Учесть испарение напрямую не представляется возможным, поэтому предложено параметризовать данную компоненту через индекс суровости зимы  $W_i$  (Попов, 1975):

$$W_i = \frac{\Delta T}{\sigma_T} + \frac{\Delta R}{\sigma_R},$$

где  $T$  – температура воздуха;  $R$  – количество осадков;  $\Delta$  – отклонения от средней величины;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение. Для расчета используются значения указанных параметров, осредненные за три месяца (с декабря прошлого года по февраль текущего года). Приняты следующие градации параметра  $W_i$ : суровая зима (менее -2,0), малоснежная и холодная зима (от -1,9 до -0,6), нормальная зима (-0,6...0,6), многоснежная и теплая зима (более 0,6).

Анализ показал, что в регионах с устойчивой зимой ( $W_i$  менее 0,6) влияние индекса суровости на величину прибавки со снегом незначительно, в то время как в южных районах теплые зимы способствуют увеличению весенних запасов влаги.

Другая расходная компонента водного баланса почвы – сток (как поверхностный, так и

внутрипочвенный). Из-за отсутствия наблюдений учесть данную компоненту довольно сложно. Предложено проводить учет стока через максимальную глубину промерзания почвы зимой. Анализ показал, что в озимосеющих районах при глубине промерзания более 120 см даже при высоких суммах зимних осадков градация весенних запасов будет ниже, чем осенних (были отличные/хорошие, а стали хорошие/удовлетворительные), т. е. происходит вымораживание влаги. Однако число таких случаев составляет менее 1% от количества рассмотренных и представляет скорее интересный феномен. При обычных для данной станции значениях промерзания почвы его влияния на изменение влагозапасов не выявлено. Иными словами, хотя промерзший слой почвы, несомненно, должен влиять на поток влаги в ней, по-видимому, необходимо провести более тонкий учет его гидроупорного действия и действия фазовых переходов воды, что в рамках предложенного подхода сделать весьма сложно.

Таким образом, на основе данных об осадках и температуре воздуха разработана простая в использовании методика оценки влагозапасов: в конце

зимы на дату выпуска прогноза агрометеоролог рассчитывает фактическое количество осадков за зимний период и индекс суровости зимы (если в текущую зиму наблюдалось позднее установление снежного покрова или его ранний сход), сопоставляет полученные результаты с критическими значениями и соответственно увеличивает/уменьшает или оставляет без изменения значение градации влагозапасов.

Оправдываемость разработанного метода была оценена за весь период. Градация «отличные влагозапасы» не включалась в оценку, т.к. в подобном случае оправдываемость всегда равна 100%, и учёт таких случаев лишь искусственно завысит полученную оценку. В остальных случаях оправдываемость составляла 70%, причем метод работал лучше при прогнозе хороших и удовлетворительных влагозапасов (67-87%), а хуже — недостаточных и плохих (55%). Учитывая, что, согласно методу Л. А. Разумовой, верное попадание в градацию отмечено примерно в половине случаев, можно утверждать, что разработанный метод существенно повышает качество прогноза.

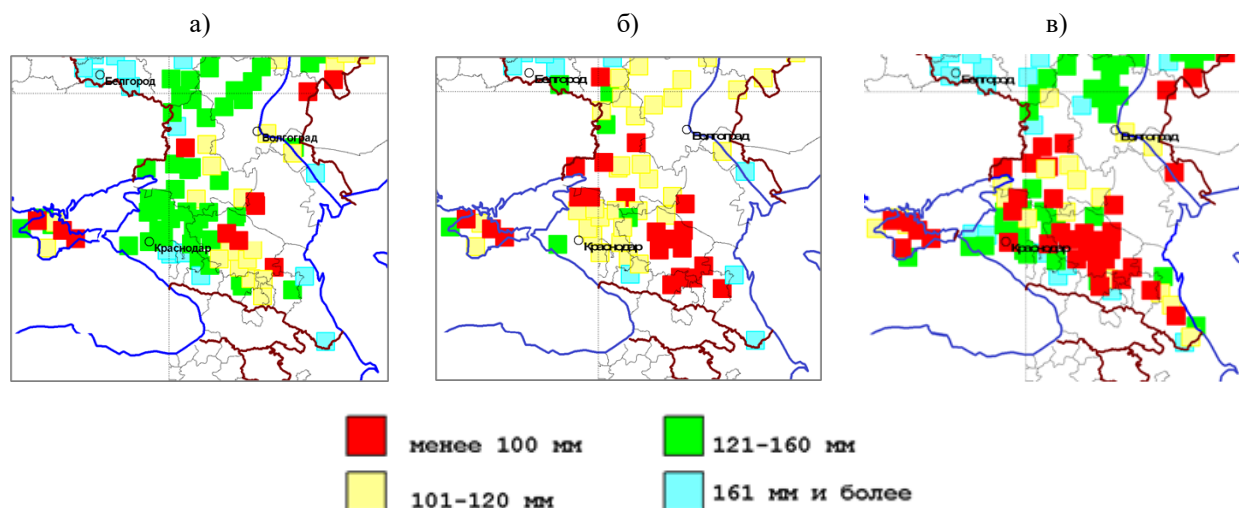


Рис. 2. Прогноз запасов продуктивной влаги на весну 2020 г. для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, составленный по методу Л.А. Разумовой (а) и новому методу (б), а также фактические значения при первом определении (в)

На рис. 2 приведены прогноз запасов продуктивной влаги на весну 2020 г. для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов, составленный по методу Л. А. Разумовой и новому методу, а также данные о фактических запасах при первом определении (представлен пример карты, направляемой в органы власти, поэтому градации «недостаточные запасы» и «плохие запасы» традиционно объединены). В 2020 г. на юге страны наблюдалась весенняя засуха. С помощью нового метода удалось спрогнозировать дефицит влаги в южном регионе страны (рис. 2б), который не был предсказан при использовании принятого в гидрометслужбе метода. Из рисунка видно, что для большинства районов Ростовской области и Краснодарского края, а также западных районов Ставропольского края прогноз, составленный в Северо-Кавказском УГМС по методу Л. А. Разумовой

(рис. 2а), является благоприятным – преобладает зеленая закрашка пуансонов. Фактически же в указанном районе запасы почвенной влаги соответствовали хорошим лишь на части полей (рис. 2в), а на большинстве из них они были удовлетворительными и недостаточными. Следует отметить, что дефицит почвенной влаги в период начала весенней вегетации озимых культур в 2020 г. негативно сказался на росте, развитии и формировании урожая озимой пшеницы (согласно данным с гидрометеостанций Северо-Кавказского УГМС, на большинстве полей наблюдалось преждевременное пожелтение растений, на части из них колос был мелким, а зерно щуплым). По данным Росстата ([https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy)), в 2020 г. в южном регионе страны отмечался недобор зерна по сравнению с предыдущим годом.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предложен новый подход к прогнозу влагозапасов, который заключается в прогнозировании не величины запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы, а её градации. Разработан метод оценки ожидаемых влагозапасов по критическим значениям количества осадков и индекса суровости зимы в зависимости от кластера осенних влагозапасов. Такой подход, с одной стороны, позволяет уменьшить искусственно завышенную оправдываемость, а, с другой стороны, предоставляет возможность прогнозирования весеннего увлажнения почвы не только в конце зимы, но и в более ранние периоды. Например, если осенью влагозапасы были

недостаточными, но уже в середине зимы количество накопленных осадков превысило критическое значение, то можно говорить об улучшении влагообеспеченности посевов весной. Это особенно важно в оперативной практике агрометеоролога, т.к. при засушливой осени запросы об ожидаемых запасах почвенной влаги весной могут поступить в любой момент.

Уже на текущем этапе предложенный метод дает хорошие результаты – оправдываемость прогнозов по новому методу выше, чем по общепринятому в настоящее время. В дальнейшем исследования будут продолжены, что, возможно, приведет к повышению оправдываемости предложенного метода.

## Список литературы

- Кельчская Л.С. Влажность почв европейской части СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 1999 с.
- Кислов А.В. Учет изменчивости начального состояния в стохастической модели влажности почвы // *Метеорология и гидрология*. 1991. № 8. С. 109–111.
- Кислов А.В., Варенцов М.И., Тарасова Л.Л. Роль весенней влажности почвы в формировании крупномасштабных засух восточно-европейской равнины 2002 и 2010 гг. // *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2015. Т. 51. № 4. С. 464–471.
- Полуэктов Р.А., Опарина И.В., Терлеев В.В. Три способа расчета динамики почвенной влаги // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 11. С. 90–98.
- Попов А.В. О возможности прогноза теплых многоснежных и холодных малоснежных зим // *Тр. Гидрометцентра СССР*. 1975. Вып. 156. С. 77–84.
- РД 52.27.284-91. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиографических прогнозов. СПб.: Гидрометеиздат, 1991. 150 с.
- Разумова Л.А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода // *Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий*. Л.: Гидрометеиздат, 1957. С. 19–27.
- Тарасова Л.Л. Пространственно-временная структура поля запасов продуктивной влаги в почвах чернозёмной зоны европейской части России // *Вестник Московского университета. Серия 5: ГЕОГРАФИЯ*. 2008. № 2. С. 57–61.
- Шейн Е.В., Гончаров В.М. *Агрофизика*. Ростов на Дону: Феникс, 2006. 400 с.
- Чирков Ю.И. *Агрометеорология*. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 296 с.

## References

- Kel'chskaya L.S. *Vlazhnost' pochv yevropeyskoy chasti SSSR* [Soil moisture of the European part of the USSR]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983, 1999 p.
- Kislov A.V. *Uchet izmenchivosti nachal'nogo sostoyaniya v stokhasticheskoy modeli vlazhnosti pochvy* [Accounting for initial state variability in a stochastic model of soil moisture] // *Meteorologiya i gidrologiya*, 1991, no. 8, pp 109–111.
- Kislov A.V., Varentsov M.I., Tarasova L.L. *Rol' vesenney vlazhnosti pochvy v formirovaniy krupnomasshtabnykh zasukh vostochno-yevropeyskoy ravniny 2002 i 2010 gg.* [Role of spring soil moisture in the formation of large scale droughts in the East European Plain in 2002 and 2010] // *Izvestiya RAN. Fizika atmosfery i okeana*, 2015, vol. 51, no. 4, pp. 464–471. DOI: 10.7868/S0002351515020066.
- Poluektov R.A., Oparina I.V., Terleev V.V. *Tri sposoba rascheta dinamiki pochvennoy vlagi* [Three methods for calculating soil water dynamics] // *Meteorologiya i gidrologiya*, 2003, no. 11, pp. 90–98.
- Popov A.V. *O vozmozhnosti prognoza teplykh mnogosnezhnykh i kholodnykh malosnezhnykh zim* [On the possibility of forecasting warm snowy and cold little snowy winters] // *Tr. Gidromettsentra SSSR*, 1975, vol. 156, pp. 77–84.
- RD 52.27.284-91 *Provedeniye proizvodstvennykh (operativnykh) ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh metodov gidrometeorologicheskikh i geliograficheskikh prognozov* [Conducting production (operational) tests of new and improved methods of hydrometeorological and heliographic forecasts]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1991, 150 p.
- Razumova L.A. *Metodika sostavleniya prognoza zapasov produktivnoy vlagi v pochve k nachalu vegetatsionnogo perioda* [Methodology for forecasting the reserves of productive moisture in the soil by the beginning of the growing season] // *Sbornik metodicheskikh ukazaniy po analizu i otsenke slozhivshikhsya i ozhidaemykh agrometeorologicheskikh usloviy*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1957, pp. 19–27.
- Tarasova L.L. *Prostranstvenno-vremennaya struktura polya zapasov produktivnoy vlagi v pochvakh chernozyomnoy zony yevropeyskoy chasti Rossii* [Spatial and temporal structure of the field of productive moisture reserves in the soils of the Chernozem zone of the European part of Russia] // *Vestnik Moskovskogo universiteta, seriya 5: GEOGRAFIYA*, 2008, no. 2, pp. 57–61.
- Shein E.V., Goncharov V.M. *Agrofizika* [Agrophysics]. Rostov-on-the-Don: Feniks, 2006, 400 p.
- Chirkov Yu.I. *Agrometeorologiya*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1986, 296 p.

