

values showed no visible trend and were scattered across the investigated geographical regions.  $\delta^{18}\text{O}$  values in the drinking water were of the similar values, with the mean value of  $-9.83 \pm 0.63$  ‰. Milk water  $\delta^{18}\text{O}$  values were distributed differently across regions, with the most positive ones registered in the Mogilev region (Fig. 1). This could be related to the feeding regime, when part of the water came to the animal from the grass, which usually had enriched  $\delta^{18}\text{O}$  values.

$\delta^{13}\text{C}$  values in the milk are different for the summer and winter seasons in the same geographical region. It can be related to the change of the diet, when cows were kept in the shelter during the winter season and had a different forage composition compared to the summer season.

## Acknowledgement

This research was funded by a grant (No. S-LB-2017-7) from the Research Council of Lithuania.

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В МАСШТАБЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ПО ИНФОРМАЦИИ ВРЕМЕННОГО РЯДА РАЗНОРОДНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*С.Л. Кравцов<sup>1</sup>, Ф.И. Привалов<sup>2</sup>, Д.В. Голубцов<sup>1</sup>, А.П. Гвоздов<sup>2</sup>, Е.В. Лепесевич<sup>1</sup>,  
В.В. Холодинский<sup>2</sup>, С.А. Лапаник<sup>1</sup>, Д.Г. Симченко<sup>2</sup>, А.Л. Козел<sup>1</sup>,  
Г.И. Радюкевич<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ГНУ «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»*

*e-mail: Krautsou\_sl@rambler.ru*

*<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»*

*e-mail: adaptiv@tut.by*

Особенностями растениеводства Республики Беларусь (по отношению, например, к странам Европейского Союза, Северной Америки) являются: сопоставимая норма внесения минеральных удобрений при более низкой (не менее чем в два раза) средней урожайности сельскохозяйственных культур; малые размеры полей (средний размер составляет около 10 га), что обуславливает более низкую эффективность применения сельскохозяйственной техники. Как следствие, повышение (или по крайней мере поддержание на приемлемом уровне) рентабельности растениеводства является одной из ключевых задач сельскохозяйственного производства Республики Беларусь.

Решение указанной задачи во многом зависит от внедрения инновационных разработок, направленных на более рациональное использование имеющихся ресурсов. Одним из таких инновационных направлений и является применение технологий дистанционного зондирования. Цель достигается за счет адаптации технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур к реально

сложившимся условиям по результатам оперативного дистанционного мониторинга. Таким образом, предлагаемый инновационный подход повышения рентабельности растениеводства за счет использования информации временного ряда разнородных данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), направлен на решение одной из важнейших проблем растениеводства в Республике Беларусь. Потенциально, разработанный экспериментальный образец системы дистанционного мониторинга может быть использован в каждом из 1509 сельскохозяйственных предприятии. С учетом все возрастающей роли сельского хозяйства в экономике Республики Беларусь (в настоящее время около 8,5 % валового внутреннего продукта) данное направление использования данных ДЗЗ со всем основанием претендует на роль приоритетного.

Ориентация разработанного инновационного подхода на использование временного ряда разнородных данных ДЗЗ (данных с беспилотных летательных аппаратов в совокупности с данными со спутников) и применение непосредственно в самом сельскохозяйственном предприятии отражает последние мировые тенденции дистанционного мониторинга в области сельского хозяйства. Действительно, постепенное расширение свободного доступа к данным со спутников среднего пространственного разрешения (в частности, серии Sentinel-2 программы «Copernicus» Европейского космического агентства с пространственным разрешением 10 м и периодичностью 5 дней), в совокупности со стремительным совершенствованием технических характеристик и снижением стоимости беспилотных летательных аппаратов приводит к переориентации дистанционного сельскохозяйственного мониторинга с уровня страна-мир на уровень сельскохозяйственного предприятия.

Разрабатываемая система мониторинга состояния сельскохозяйственных культур в масштабе сельскохозяйственного предприятия включает подсистемы: оценки повреждения сельскохозяйственных культур вследствие неблагоприятных факторов, мониторинга фитосанитарного состояния сельскохозяйственных культур, прогноза урожайности сельскохозяйственных культур (пшеницы, ячменя и рапса – как озимых, так и яровых форм), картографирования сельскохозяйственных культур. Планируется также разработка подсистемы определения доз внесения минеральных удобрений (приведения в соответствие нормы внесения минеральных удобрений с потребностью сельскохозяйственных культур в минеральных элементах). В качестве исходной наземной информации система использует электронную картосхему полей, а также непосредственно данные полевого обследования полей. В качестве исходной информации ДЗЗ система использует данные с беспилотных летательных аппаратов, а также спутниковые данные (Sentinel-2, белорусского спутника, Landsat-8 и др.).

Полученные результаты сопоставимы с известными зарубежными аналогами и могут быть перенесены как на уровень точного земледелия, так и на уровень района, области и страны. В настоящее время система мониторинга состояния сельскохозяйственных культур в масштабе сельскохозяйственного предприятия проходит опытную эксплуатацию в республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию».