

ДИСТАНЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗАСОЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПОЧВ ХЛОПКОСЕЮЩЕЙ ЗОНЫ

© 2014 г. Е. И. Панкова

*Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер., 7
e-mail: pankova@agro.geonet.ru*

Рассмотрены проблемы создания почвенного мониторинга, в том числе, мониторинга засоления орошаемых земель. Показано, что данная проблема является актуальной не только для орошаемых земель Средней Азии, но и для орошаемых почв юга России. Изложен опыт работ по дистанционному изучению засоленности почв полей хлопчатника, который может быть положен в основу создания мониторинга орошаемых земель других регионов, в том числе и на юге России.

Ключевые слова: дистанционные методы, дешифрирование засоления почв, мониторинг засоления почв.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных задач генетического и мелиоративного почвоведения в аридных условиях является получение объективной информации о засоленных почвах, их свойствах, площадях распространения, динамике солевых процессов, без знания которых невозможно прогнозировать эволюцию этих почв, а также обосновывать методы их мелиорации. Особенно важно оперативно и точно решать эти проблемы на орошаемых землях, где активно проявляются процессы соленакопления.

Целью данной работы является подведение некоторого итога по состоянию изученности проблемы и определению задач, которые необходимо решить для создания действующей системы – мониторинга засоления орошаемых почв.

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ

Мониторинг как научное направление в изучении природной среды стал развиваться с начала семидесятых годов прошлого века, что было обусловлено двумя причинами: 1) ухудшением

экологической обстановки; 2) техническим прогрессом, способным обеспечить получение новых средств оперативного контроля состояния природной среды.

В настоящее время понятие “экологический мониторинг” однозначно трактуется как постоянный учет, контроль и прогноз развития природной среды (в том числе, почв и их свойств) на основе современных оперативных методов исследования, среди которых главное место занимают дистанционные (аэрокосмические) методы, подтвержденные наземными исследованиями (Герасимов, 1975; Израэль, 1979; Виноградов, 1981, 1984). Основные задачи и понятия экологического мониторинга сформированы еще в прошлом веке в программе ЮНЕСКО “Человек и биосфера” и ряде других публикаций. Согласно этим документам, цель мониторинга заключается в эффективном управлении состоянием окружающей среды в условиях динамично развивающихся обществ.

Выделяют три уровня мониторинга: а) глобальный, следящий за состоянием медленно изменяющегося фона, что связано с природными изменениями биосферы в целом, а также изменениями, проявляющимися на обширных территориях; б) региональный, отражающий состояние среды в пределах относительно ограниченного региона; в) локальный, контролирующей процессы, протекающие в условиях интенсивного использования природных ресурсов на конкретном объекте или локальном участке.

Критерием выбора объекта наблюдений должна быть высокая чувствительность его к любым изменениям природной среды, а также типичность объекта наблюдений, которая должна быть статистически доказана. Особое внимание при организации мониторинга рекомендуется уделять синхронности и сопоставимости проводимых наблюдений, а также разработке программного (математического) и технического обеспечения мониторинга.

Общие положения, касающиеся создания основ дистанционного мониторинга почв и почвенного покрова, содержатся в ряде публикаций конца XX в. (Виноградов, 1981, 1984; Андроников, 1979; Андроников, Добровольский, 1986; Зонн, 1983; Розанов и др., 1986; Андроников и др., 1983). В работе Б.Г. Розанова и др. (1986) подробно рассматривается проблема почвенного мониторинга, обосновывается необходимость учета глобальных, региональных и локальных изменений почв, вызываемых природными

и антропогенными факторами, определяются общие и частные показатели плодородия почв, подлежащие наблюдению. Среди общих указаны: 1) влажность; 2) кислотность и щелочность; 3) окислительно-восстановительный потенциал и 4) микроэлементы, как показатели техногенного химического загрязнения почв. Среди частных показателей для аридных территорий особо выделена засоленность почв.

Известно, что засоленность является одной из главных характеристик почв аридных регионов, лимитирующих плодородие и определяющих их генетические и мелиоративные свойства. Засоленность быстро реагирует на изменения природных условий и антропогенные воздействия и является информативным свойством состояния почв, поэтому в аридных регионах именно слежение за изменением засоленности позволяет получать необходимую информацию о процессах, проходящих в почвах. В дальнейшем для краткости эту систему будем называть “мониторингом засоления почв”. Следует указать, что проблема организации мониторинга засоления почв широко обсуждается в настоящее время в зарубежной литературе (Ambast, 1997; Fernandez-Buces et al., 2006; Shrestha, Farshad, 2009) и др. В то же время, как отмечает И.Н. Савин (2014), такая система для регулярного наблюдения за изменением засоления орошаемых почв пока не создана.

Известно, что до настоящего времени в России отсутствуют объективные сведения о площадях распространения засоленных почв, нет также достоверных материалов о пространственной динамике засоления почв даже в пределах отдельных объектов орошения (Проблемы деградации..., 2008). Это связано не только с тем, что традиционные методы картографирования засоления почв трудоемки и дороги, но и с тем, что повторные солевые съемки, проводимые старыми методами, не позволяют получать сопоставимые и достоверные сведения об изменении засоления орошаемых почв в связи с большой природной пестротой и быстрой изменчивостью этого показателя орошаемых почв.

В настоящее время мониторинг, как постоянно действующая оперативная информационная система, в нашей стране пока не существует. Нет методического руководства по организации мониторинга засоления почв, в том числе мониторинга засоления орошаемых почв юга России, хотя отдельные звенья этой общей

системы уже отработаны как в нашей стране, так и за рубежом (Андронников, Королюк, 1985; Методические рекомендации ..., 1985; Панкова, Соловьев, 1993; Панкова, Рухович, 1999).

Работа над проблемой создания мониторинга засоления почв на орошаемых землях Узбекистана проводилась сотрудниками лаборатории аэрокосмических исследований Почвенного института им. В.В. Докучаева в 70–90-х гг. XX в. Руководителем лаборатории в этот период был В.Л. Андроников, который активно внедрял аэрокосмические методы исследования в изучение и картографирование почв разных природных зон бывшего Советского Союза. Полученные нами в конце XX в. результаты по изучению и оценке засоленности почв не потеряли своей актуальности и сегодня.

В настоящее время проводятся работы по организации мониторинга сельскохозяйственных земель России. В связи с крайне сложной обстановкой на орошаемых землях юга России (Доклад о состоянии ..., 2010) считаем, что наши разработки по созданию мониторинга засоления почв орошаемых земель могут быть полезны и сегодня для создания мониторинга засоления орошаемых почв России.

По данным, приведенным в упомянутом выше докладе (2010) указано, что в настоящее время в России площадь орошаемых земель составляет 4.25 млн га (в 1991 г. она составляла 6.16 млн га). В настоящее время площади орошаемых земель продолжают сокращаться. Только за отчетный год площадь орошаемых земель сократилась на 88.5 тыс. га. Из общей площади орошаемых земель 20% характеризуются неудовлетворительным мелиоративным состоянием. Из них 260 тыс. га – засолено, 270 тыс. га засолено и подтоплено, 2.3 млн га нуждаются в реконструкции мелиоративных систем. Более 70% орошаемых земель, имеющих неудовлетворительное мелиоративное состояние, находятся в Южном и Северокавказском федеральных округах, где несомненно, проявляются процессы вторичного засоления. Около 450 тыс. га орошаемых земель вообще не используются в сельском хозяйстве из-за их плохого мелиоративного состояния, одной из причин которого является активное проявление процессов вторичного засоления.

Все сказанное выше свидетельствует о том, что для выявления причин столь сложной обстановки на орошаемых землях России необходимо, в первую очередь, создать постоянно действующий мониторинг, в том числе, засоления орошаемых почв.

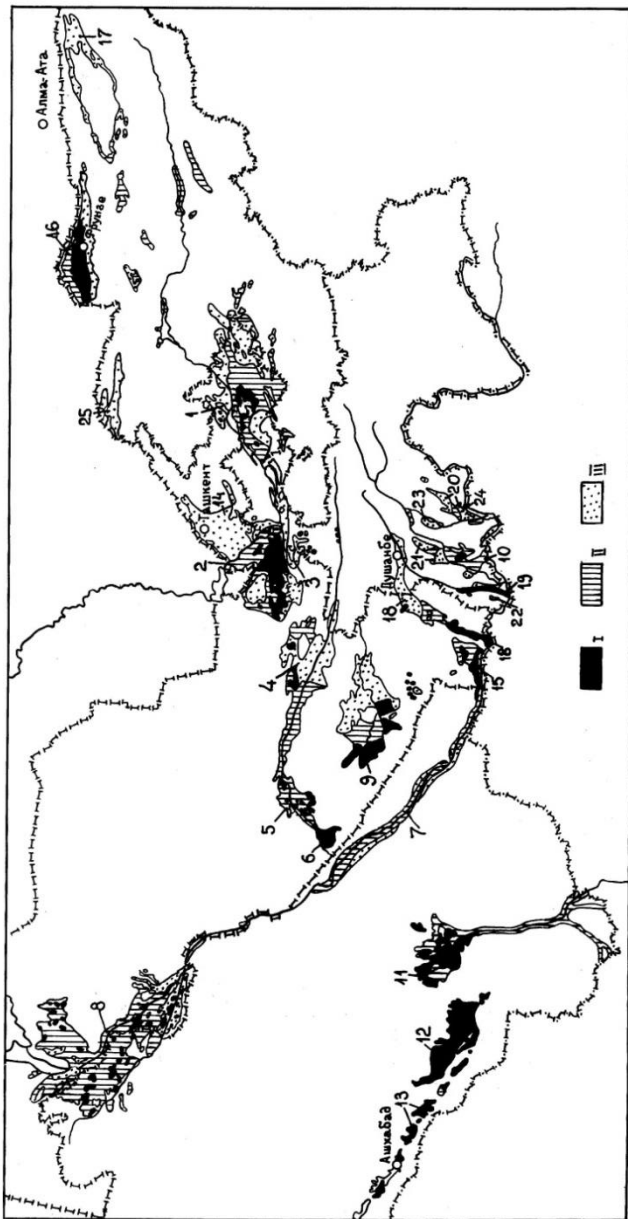
Опыт работ по созданию мониторинга засоления почв на орошаемых землях был получен нами во время работ в Средней Азии. Результаты его положены в основу данной статьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для орошаемых почв стран Центральной Азии, находящихся в бассейне Аральского моря, ведущим деградационным процессом, определяющим экологическое и мелиоративное состояние орошаемых земель, является засоление. Площадь засоленных почв в пределах орошаемых территорий Центрально-азиатских государств, входящих в состав СНГ, составляет около 50%, а в некоторых регионах возрастает до 90%. Общее представление о географии засоленных почв на массивах орошения Центрально-азиатских государств (Туркменистана, Узбекистана, Таджикистана и Киргизии) получено по материалам космической съемки, подтвержденной наземными исследованиями еще в конце XX в (рисунок) (Панкова и др., 1986). Разработки по созданию дистанционного мониторинга на региональном и локальном уровнях проводили на территории подгорной Голодностепской равнины в Узбекистане.

Итоги работ опубликованы в статьях и монографиях (Панкова, Соловьев, 1993). Показано, что дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв призван решить три задачи: 1) обеспечить инвентаризацию засоленных почв и мелиоративных систем на момент исследования; 2) выявить многолетнюю динамику засоления почв на отдельных полях и в пределах орошаемого массива в целом, учитывая источники поступления солей, и состояние мелиоративных систем; 3) систематизировать многолетние данные о засолении почв массивов орошения, для выявления направленности процесса засоления–рассоления.

Разработка научно-методических основ мониторинга засоления орошаемых почв хлопкосеющей зоны являлись результатом многолетних исследований, в ходе которых установлено, что информация о засолении почв орошаемых полей Средней Азии можно получить только по косвенному признаку – состоянию возделываемой культуры, в нашем случае, хлопчатника.



← География и мелиоративное состояние орошаемых земель Среднеазиатского региона (Панкова, Головина и др., 1986). *Орошаемые массивы*: 1 – Ферганская долина; 2 – Голодная степь (старая зона орошения); 3 – Голодная степь (новая зона орошения) и Джизакская степь; 4 – Самаркандский оазис; 5 – Бухарский оазис; 6 – Каракульский оазис; 7 – среднее течение Амударьи; 8 – дельта Амударьи (Хорезмский и Ташаузский оазисы); 9 – Каршинская сеть и Шахрисабзский оазисы; 15 – Сурхандарьинский оазис; 16 – Чуйская долина; 17 – Иссыккульская котловина; 18 – Гиссарская долина; 19 – Нижнекафирниганская долина; 20 – долина рек Кызылсу и Яхсу; 21 – Яванская и Обикиикская долина; 22 – Бешкентская долина; 23 – Дангаринский массив; 24 – Пянджский массив; 25 – Таласский массив. *Мелиоративное состояние*: I – плохое, почвы с высокой степенью засоления занимают более 50% площади; контуры по фотоизображению неоднородные, крупнопятнистые с преобладанием светлых пятен-выпадов; II – слабо удовлетворительное; почвы с высокой степенью засоления составляют 20–50% площади; контуры по фотоизображению неоднородные-пятнистые; III – условно удовлетворительное; засоленные почвы не превышают 20% площади; фотоизображение преимущественно однородное.

Для получения информации о состоянии культуры и засоленности почв необходимы снимки определенного срока съемки – раннеосеннего (20 августа–10 сентября), после прекращения поливов, до уборки хлопчатника. Для получения точной информации о площадях засоленных почв необходимо использовать высокоинформативные снимки с разрешением порядка 5–10 м. При использовании снимков с меньшим разрешением часть информации о начальных стадиях проявления засоления на орошаемых землях может быть потеряна. По изображению на снимке осеннего срока съемки, отражающему состояние хлопчатника, легко выделяются незасоленные почвы, характеризующиеся однородным (непятнистым) изображением хлопчатника, и почвы с пятнистым изображением, характеризующие поля с выпадами хлопчатника. Размер пятен-выделов может варьировать от 5–10 до 100 м и более в диаметре. Доля участия пятен в почвенном контуре позволяет оценить площадь засоленных почв в пределах орошаемого поля и орошаемого массива. На основе большого объема полевых исследований статистически доказано, что состояние хлопчатника (доля участия и размер пятен-выпадов) позволяет оценивать степень засоления метрового слоя почвы в пределах всего контура. По изоб-

ражению на снимках (с разрешением 5 м) поля хлопчатника разделяли на однородные и неоднородные (пятнистые). Однородные контуры отражали состояние поля, занятого либо хорошим хлопчатником, без видимых пятен выпадов, либо поля, на которых практически нет хлопчатника или он очень сильно угнетен, и поэтому на снимках выделен как контур с открытой поверхностью. Неоднородные контуры делились по размеру пятен-выпадов. По изображению на снимке выделялись мелкая, средняя и крупная пятнистость, соответствующая в натуре 0,2, 0,3–0,9 и ≥ 1 га. Чем крупнее пятна-выпады, тем выше засоленность почв в пределах этих пятен, чем больше площадь, занятая пятнами-выпадами, тем выше засоленность почв контура в целом.

В зависимости от глубины залегания грунтовых вод, особенностей почв и возделываемой культуры дешифровочные признаки будут меняться. Однако для близких мелиоративных условий и одной культуры они стабильны, то есть, единожды обосновав дешифровочные признаки наземными съемками и аналитическими данными, характеризующими засоленность почв, при повторных съемках уточнять дешифровочные признаки не требуется. Но на первом этапе дешифровочные признаки должны быть обязательно обоснованы наземными методами. Сопоставление материалов дистанционного зондирования, характеризующие состояние полей хлопчатника и отвечающих указанным выше требованиям, позволяют оценить площадь засоленных почв и динамику засоления почв территории, занятых хлопчатником.

Опыт оценки динамики засоления почв путем сопоставления снимков разных лет позволил констатировать, что для определения направленности процесса засоления–рассоления требуются снимки многолетнего ряда (5–10 лет), иначе может быть получено неправильное представление о направленности солевого процесса (Панкова, Соловьев, 1993; Рухович и др., 2010). Современные материалы космической съемки высокого разрешения и современные компьютерные программы по обработке снимков, а также опыт работы предыдущих лет позволяют решить проблему создания постоянно действующего мониторинга засоления орошаемых аридных и семиаридных регионов Центрально-азиатских стран.

Первый опыт работы по созданию мониторинга засоления орошаемых почв с подробным описанием этапов исследования

опубликован (Панкова, Соловьев, 1993; Панкова, Рухович, 1999). Дальнейшее развитие этой проблема получила в диссертации Д.И. Руховича (2007), где изложен опыт использования космических снимков для контроля изменения засоленности почв орошаемых полей на конкретном примере земель совхоза им. Юсупова – в Новой зоне орошения Голодной степи.

В 2010–2014 гг. проведены работы по дистанционной оценке засоления почв на орошаемых и выведенных из орошения землях Казахстана (Савин и др., 2014), которые в целом подтвердили возможность создания дистанционного мониторинга засоления орошаемых и выведенных из орошения почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные выше материалы позволяют считать установленными следующие факты.

1. Материалы аэрокосмических съемок обеспечивают получение надежной информации о засолении почв, поэтому они могут быть положены в основу мониторинга засоления орошаемых почв аридных регионов. По снимкам, отвечающим определенным требованиям, можно разделить территории с засоленными и незасоленными почвами, оценить долю участия засоленных почв, определить степень их засоления в метровом слое.

2. Не все снимки одинаково информативны для оценки засоления почв. Для орошаемых территорий хлопкосеющей зоны наиболее информативными являются многозональные синтезированные аэрофотоснимки раннеосеннего срока съемки высокого разрешения, выполненные в год проведения съемки. Снимки весенних, зимних и раннелетних сроков съемки практически не пригодны для оценки засоления почв хлопковых полей. Не пригодны для солевой съемки и снимки старых лет залетов, по ним можно лишь судить о засолении почв только на период съемки, т.е. оценивать засоление прошлых лет.

3. Анализ изображения на снимках (тон и рисунок) позволяет по снимкам высокого разрешения, отвечающим указанным выше требованиям, оценить степень засоления слоя 0–100 см почв хлопковых полей (орошаемых не менее 5 лет). Достоверно выделяются четыре степени засоления почв: незасоленные, слабо-, средне-, и сильнозасоленные.

Учет площадей засоленных почв для цели мониторинга должен проводиться по аэрофотоснимкам либо по космическим снимкам высокого разрешения.

4. Нами определены дешифровочные признаки для выделения разной степени засоления почв по аэрофотоснимкам крупных масштабов и предложена технология работ по составлению карты засоления почв хлопкосеющей зоны, а также карт динамики засоления.

5. Программа мониторинга засоления почв орошаемых земель должна включать решение трех задач: 1) инвентаризацию засоленных почв; 2) изучение динамики засоления почв и 3) составление прогноза солевых процессов и рекомендаций по их регулированию.

Наши разработки могут быть положены в основу решения двух первых задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроников В.Л. Аэрокосмические методы изучения почв. М.: Колос, 1979. 280 с.
2. Андроников В.Л., Панкова Е.И., Боскова В.И. и др. Опыт составления карты орошаемых территорий Средней Азии с использованием материалов космической съемки // Современные методы исследования состояния почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 123 с.
3. Андроников В.Л., Королюк Т.В. Использование дистанционных методов в почвоведении и сельском хозяйстве // Почвоведение. 1985. № 5. С. 3–179.
4. Андроников В.Л., Добровольский Г.В. Космические проблемы географии, картографии и плодородия почв // 100 лет генетического почвоведения. М.: Наука, 1986. С. 184–194.
5. Виноградов Б.В. Преобразованная земля. М.: Мысль, 1981. 295 с.
6. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. 320 с.
7. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды // Изв. АН СССР. Сер. Географии. 1975. № 3. С. 13–25.
8. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения // Минсельхоз Российской Федерации. М., 2010. С. 17–23.

9. *Зонн С.В.* Космический этап в изучении географии почвенных ресурсов // Современные проблемы генезиса и географии почв. М.: Наука, 1983. С. 158–160.

10. *Израэль И. А.* Экология и контроль состояния природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 375 с.

11. Методические рекомендации по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах. М.: Почв. ин-т им. В. В. Докучаева, 1985. 73 с.

12. *Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволитин Н.С.* Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральского моря (география, генезис, эволюция). М., 1996. 187 с.

13. *Панкова Е.И., Головина Н.Н. и др.* Опыт оценки засоления почв орошаемых территорий Средней Азии по материалам космической съемки // Почвоведение. 1986. № 3. С. 138–148.

14. *Панкова Е.И., Соловьев Д.А.* Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв. Рос. Академия сельскохозяйственных наук. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1993. 191 с.

15. *Панкова Е.И., Рухович Д.И.* Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв Аридных территорий // Почвоведение. 1999. № 2. С. 253–263.

16. *Рухович Д.И.* Многолетняя динамика засоления орошаемых почв центральной части Голодной степи и методы ее выявления. Автореф. дис. ... к.б.н. М., 2009. 25 с.

17. Проблемы деградации и восстановления продуктивности земель сельскохозяйственного назначения в России. М.: Минсельхоз РФ, Российская академия с.-х. наук. 2008. С. 34–40.

18. *Розанов Б.Г., Большаков В.А. и др.* Роль основополагающих докучаевских концепций в постановке и решении современных проблем мониторинга почв // 100 лет генетического почвоведения. М.: Наука, 1986. С. 202–210.

19. *Рухович Д.И., Панкова Е.И., Черноусенко Г.И., Королева П.В.* Многолетняя динамика засоления почв Голодностепского плато и методы ее выявления по материалам дистанционного зондирования // Почвоведение. 2010. № 6. С. 728–739.

20. *Савин И.Ю., Отаров А. и др.* Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2014.

21. *Ambast S.K.* Monitoring and evaluation of irrigation system performance in saline irrigated command using satellite remote sensing and

gis // *Interne Mededeling, Report No. 471. DLO Winand Staring Centre, Wageningen, the Netherlands, 1997. 106 p.*

22. *Fernandez-Buces N., Siebea C., Cramb S., Palacio J.L. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texaco, Mexico // J. of Arid Environments. 2006. V. 65 (4). P. 644–667.*

23. *Shrestha D.P., Farshad A. Mapping salinity hazard: an integrated application of remote sensing and modeling-based techniques // Remote sensing of soil salinization. Impact on land management, 2009. P. 257–272.*

REMOTE MONITORING OVER THE SALINITY OF IRRIGATED SOILS WITHIN THE COTTON-GROWING ZONE

Ye. I. Pankova

*V. V. Dokuchaev Soil Science Institute of Russian Academy of Agricultural Sciences, 119017, Moscow, Pyzhevskii, 7
e-mail: pankova@agro.geonet.ru*

Under discussion are problems of soil remote monitoring and the monitoring over the salinity of irrigated lands in particular. It is shown that the given problem has become very acute not only in Middle Asia but also in the southern part of Russia. The experience gained in studying the soil salinity under cotton plantations can be applicable for soil monitoring in the other regions including the irrigated soils in the south of Russia.

Keywords: remote sensing techniques, decoding of soil salinity, monitoring over the soil salinity.