

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ АРИДНЫХ И СЕМИАРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

© 2016 г. Е. И. Панкова¹, М. В. Конюшкова^{1,2}

*¹Почвенный институт им. В.В. Докучаева,
119017, Россия, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
e-mail: pankova@agro.geonet.ru*

*²МГУ им. М.В. Ломоносова,
119991, Россия, Москва, Ленинские горы
e-mail: mkon@inbox.ru*

На основании обзора отечественной и зарубежной литературы рассмотрены основные вехи и перспективы развития методов оценки и картографирования засоленности почв засушливых регионов. Показан вклад отдела засоленных почв Почвенного института им. В.В. Докучаева в развитие методов оценки и картографирования засоленных почв России и Средней Азии на протяжении второй половины XX в. и в настоящее время. Анализируя состояние проблемы по оценке и учету засоленных почв на территории России на начало XXI в., можно констатировать следующее: сведения по оценке свойств и распространению засоленных почв, приведенные в публикациях последних лет, опираются в основном на материалы 30-летней давности. Несомненно, что эти данные требуют обновления на основе современных методов и подходов, широко используемых в мировой практике. Должны быть разработаны новые единые методические рекомендации по оценке засоления почв России, учитывающие подходы других стран. Такие методические рекомендации необходимы для учета засоленных почв, а также для создания базы данных по засоленным почвам России, которая могла бы войти в единую базу данных по засоленным почвам мира. Должна быть разработана методика картографирования и учета площадей засоленных почв, базирующаяся на едином подходе к оценке засоления почв и на специальной методике по крупномасштабному картографированию засоленности почв, основанной на анализе материалов дистанционного зондирования и изучении засоленности почв с помощью контактных методов электромагнитной индукции.

Ключевые слова: засоление почв, развитие методов, история изучения.
DOI: 10.19047/0136-1694-2016-82-122-138

ВВЕДЕНИЕ

Засоленные, в том числе засоленные солонцовые, почвы широко распространены в южных регионах России. Они занимают более 20% площади сельскохозяйственных угодий (Почвенные ресурсы..., 2010), при этом в ряде регионов страны (Калмыкии, Астраханской, Новосибирской, Курганской, Омской и др. областях) площадь засоленных почв (включая почвы солонцовых комплексов) достигает 40% и более от площади сельскохозяйственных угодий (Засоленные почвы..., 2006). Таким образом, можно утверждать, что засоление является одним из главных генетических и мелиоративных свойств аридных и семиаридных территорий страны. В настоящее время засоление рассматривается как один из основных деградационных процессов, ограничивающих плодородие почв засушливых территорий в разных странах мира, в том числе в России.

В монографии “Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв” (1980) приведена общая площадь засоленных почв мира, которая составляет более 950 млн га, в том числе (тыс. га): в Северной Америке – 17720, Южной Америке – 129 165, Африке – 80 538, Южной и Западной Азии – 211 448, Юго-Восточной Азии – 21 521, Австралии и Океании – 35 7508, Европе – 50 804. В этой же монографии приведены сведения о площадях распространения засоленных почв в отдельных странах мира, в том числе и на территории бывшего СССР. При этом И. Сабольч (Szabolcs, 1989) подчеркивал, что эти цифры дают лишь ориентировочное представление о масштабе распространения засоленных почв в связи с разной трактовкой самого понятия “засоленные почвы”, а также в связи с различными методами, используемыми для анализа и учета засоленных почв в разных странах мира, что делает приведенные выше данные о площадях засоленных почв и их свойствах плохо сопоставимыми.

Анализируя состояние проблемы по оценке и учету засоленных почв на территории России на начало XXI в., можно констатировать следующее: сведения по оценке свойств и распространению засоленных почв, приведенные в публикациях последних лет, в том числе в публикации “Почвенные ресурсы

России” (2010), опираются в основном на материалы середины и конца XX в. Несомненно, что эти данные требуют обновления на основе современных методов и подходов.

В данной статье мы попытались обобщить материалы последних лет, касающиеся оценки засоления почв, а также методов картографирования почв засоленных территорий для определения разнообразия засоления почв и площадей их распространения на территории России на локальном и региональном уровнях. В обзоре рассмотрены основные проблемы, связанные с изучением засоленных почв, которые требуют неотложных решений, так как имеют не только научно-теоретическое, но и большое практическое значение.

К числу задач, которые должны быть решены в первую очередь, относим следующие:

1. Создание и обновление единых методических рекомендаций по оценке засоления почв России. При этом желательно учесть подходы к оценке засоления почв других стран мира (Soil survey ..., 1979; Soil salinity ..., 1999) для того, чтобы сделать данные, полученные в нашей стране, сопоставимыми с материалами, полученными за рубежом. Такие методические рекомендации необходимы для учета засоленных почв, а также для создания базы данных по засоленным почвам России, которая могла бы войти в единую базу данных по засоленным почвам мира.

2. Создание методики картографирования и учета площадей засоленных почв, которая должна базироваться на едином подходе к оценке засоления почв, а также на специальной методике по крупномасштабному картографированию засоленности почв, основанной на анализе материалов дистанционного зондирования. Следует отметить, что на сегодня такой методики, прошедшей проверку в зоне распространения засоленных почв в разных регионах России и мира, пока не создано. Некоторые подходы к созданию методики по учету площадей и картографированию засоленных почв, основанные на современных дистанционных методах, были получены нами ранее на орошаемых землях Средней Азии (Методические рекомендации..., 1985; Панкова, Соловьев, 1993; Панкова, Рухович, 1999) и на орошаемых землях Европейской России (Горохова, 1992). Наиболее проработан вопрос по картографированию и учету площадей целинных

засоленных почв солонцовых комплексов Прикаспийского региона в работах М.В. Конюшковой (2010, 2014).

До тех пор, пока не будут решены указанные задачи по оценке и методам учета засоленных почв, решить вопрос создания и ведения мониторинга засоления почв как на локальном, так и на региональном уровне невозможно.

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В РОССИИ (1960–1990 гг.)

В России одним из основных центров по изучению засоленных почв является отдел генезиса и мелиорации засоленных и солонцовых почв Почвенного института им. В.В. Докучаева, где этой проблемой занимаются с момента образования института. Изучением, картографированием и мелиорацией засоленных, в том числе солонцовых, почв занимались ведущие почвоведы страны – сотрудники отдела: Б.Б. Польшов, В.А. Ковда, А.Н. Розанов, В.В. Егоров, И.Н. Антипов-Каратаев, Е.Н. Иванова, Н.И. Базилевич, Ф.И. Козловский, Б.А. Зимовец. Методы оценки засоления почв, предложенные сотрудниками отдела Н.И. Базилевич и Е.И. Панковой в 1960-х годах (Базилевич, Панкова, 1968а, 1968б, 1972), и в настоящее время остаются основным руководством по оценке засоленных почв, которое используется в научных, учебных и производственных коллективах и входит во все инструкции, утвержденные Минсельхозом (Общесоюзная инструкция..., 1973) и Минводхозом СССР. Они используются и в настоящее время в России и странах СНГ, а также входят в классификации почв 1977 и 2004 гг.

В отделе генезиса и мелиорации засоленных почв были обобщены и усовершенствованы методы химического анализа засоленных почв. Методики, разработанные сотрудниками отдела В.А. Молодцовым, В.П. Игнатовой по определению поглощенных оснований, Ф.И. Козловским по определению карбонатов и ряд других методик, предложенных Н.Б. Хитровым, вошли в широко используемые руководства по химическому определению свойств засоленных и солонцовых почв (Руководство ..., 1990; Воробьева, 1998, 2006). Особое внимание Н.Б. Хитров (1986) уделяет полевой

диагностике засоления почв, а также внедрению методов оценки засоления, используемых за рубежом. Следует назвать также работы Н.Г. Минашиной (1988) по изучению и мелиорации гипсоносных почв, которые в настоящее время получили свое продолжение в работах И.А. Ямновой, Е.И. Панковой (2013). Совместно с отделом минералогии и микроморфологии почв проводились исследования минералогического состава солевых новообразований, необходимые для диагностики генезиса и направленности развития засоленных почв (Н.Г. Минашина, Т.В. Турсина, И.А. Ямнова, М.П. Лебедева). Б.А. Зимовцом (1991) были разработаны методы полевого исследования неоднородности засоления почв солонцовых комплексов сухостепной зоны.

В 1966 г. было опубликовано многотомное издание “Международное руководство по орошению и дренажу засоленных почв”. В этой работе были обобщены достижения в области изучения и мелиорации почв разных стран мира по материалам зарубежных исследователей.

Карты засоления почв отдельных регионов России и страны в целом также создавались сотрудниками отдела или при их непосредственном участии. В.А. Ковда и Н.И. Кондорская создали обзорные схематические карты распространения засоленных почв на территории СССР (Ковда, 1946; Кондорская, 1965). В 1970-х годах по программе ФАО была составлена первая карта типов химизма засоления почв СССР в масштабе 1 : 2 500 000 (1976). В создании карты участвовали сотрудники республиканских почвенных институтов, а программа работ и редактирование карты проводилось сотрудниками отдела под руководством В.В. Егорова и Н.И. Базилевич. Уже в современной России в отделе была создана карта засоления почв России (2003). В 2007–2009 гг. были опубликованы Атласы природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций основных федеральных округов России, куда вошли карты засоления почв округов в масштабе 1 : 4 000 000, составленные на основе Карты засоления почв России масштаба 1 : 2 500 000.

Кроме создания мелкомасштабных карт засоления почв в отделе постоянно проводилась работа по совершенствованию картографирования засоления почв в крупных масштабах. Сотрудники отдела Н.И. Базилевич и Е.И. Панкова участвовали в

создании методических руководств по крупномасштабному картографированию засоленности почв (Общесоюзная инструкция..., 1973; Методика составления..., 1976). В 1972 г. вышла работа Е.И. Панковой “Оценка засоления и опыт составления крупномасштабных карт засоления почв”. Кроме того, была создана методика крупномасштабного картографирования солонцов. Еще в 1950-х годах эта проблема разрабатывалась М.С. Симаковой (1959), которая впервые использовала аэрофотоснимки для картографирования почв солонцовых комплексов Прикаспийской низменности. Позже была издана методика крупномасштабного картографирования солонцовых территорий (Методика составления ..., 1985). В 1980-е годы в отделе генезиса и мелиорации засоленных почв были начаты работы по усовершенствованию методики составления крупномасштабных карт засоления и солонцеватости целинных почв, где впервые был использован метод машинного дешифрирования аэрофотоснимков (Козловский и др., 1975; Козловский и Королук, 1980).

В это же время в Узбекистане, где находился опорный пункт – Джизакский стационар Почвенного института им. В.В. Докучаева, начаты работы по разработке методики крупномасштабного картографирования засоленных орошаемых и целинных почв на основе материалов аэрофотосъемки. Эти работы завершились публикацией многочисленных статей и созданием “Методических рекомендаций по использованию материалов аэрофотосъемки для оценки засоления почв и проведения солевых съемок орошаемых территорий хлопкосеющей зоны в крупных и средних масштабах” (1985). По этой методике были составлены карты засоления почв Голодной и Джизакской степи масштаба 1 : 50 000 (Г.А. Шершукова, И.А. Ямнова, Е.А. Долинина).

Позже на основе космических снимков была создана карта засоления почв оазисов Средней Азии в масштабе 1 : 1 000 000 (Панкова, Головина и др., 1986).

Итоги многолетних работ в Среднеазиатском регионе были опубликованы в монографии Е.И. Панковой и Д.А. Соловьева “Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв” (1993). Позже вышла коллективная монография (Панкова, Айдаров и др.

1996), в которой была дана характеристика, указаны площади распространения и приведены карты засоления почв всех республик Средней Азии, входящих в бывший Советский Союз. Наибольшая ценность этой работы заключается в том, что в ней рассмотрены причины активизации процессов вторичного засоления почв, связанных с орошением. Одной из главных причин являлось проектирование гидроморфного и полугидроморфного водного режимов на всех орошаемых землях Средней Азии, включая бывшие до орошения автоморфные почвы. Еще одна причина активизации процессов засоления на орошаемых землях региона является неучет того факта, что дренаж глубиной 2.5–3 м отводит огромное количество воды и солей не только из профиля почв, но и “выкачивает” на поверхность соленые глубинные воды, тем самым активизирует ранее “мертвые” солевые запасы.

Своеобразным итогом работы по изучению засоленных почв России в XX и начале XXI вв. явилась монография “Засоленные почвы России” (2006). Авторский коллектив монографии состоял в первую очередь из сотрудников отдела засоленных почв Почвенного института: Е.И. Панковой, А.Ф. Новиковой, И.А. Ямной, Г.И. Черноусенко, Т.В. Королюк, а также сотрудников других институтов. В монографию включены карты засоления почв всех регионов России.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ И КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

В настоящее время в России продолжают работы по совершенствованию методов картографирования засоленных почв. Это детальное картографирование (Хитров, 2005), корректировка средне- и мелкомасштабных карт засоления почв на основе космических снимков (Черноусенко и др., 2012), крупномасштабное картографирование на основе цифрового анализа космической съемки (Конюшкова, 2010, 2014; Конюшкова, Панкова, 2012; Савин и др., 2014). Исследуется проблема мониторинга засоления почв (Виноградов, 1995, 1996; Панкова, Рухович, 1999; Стасюк, Кравцова, 2012; Стасюк, Добрынин, 2013).

Следует указать, что проблема изучения засоления почв и методов их картографирования на основе материалов космической съемки в настоящее время активно разрабатывается в разных странах мира (Csillag et al., 1993; Ben-Dor and Banin, 1995; Dwivedi, 1996; Metternicht and Zinck, 2003; Shao et al., 2003; Farifteh et al., 2006; Singh et al., 2006; Nield et al., 2007).

Спектр стран, в которых занимаются данной тематикой, очень широк, при этом к лидерам в данной области можно отнести Индию, Австралию, США и КНР. Особое место занимает Индия, где еще в 1980-х гг. начали активно и последовательно разрабатывать математические подходы к дешифрированию дистанционных материалов для оценки засоления почв.

Центром этих исследований является Индийский научно-исследовательский институт засоленных почв (г. Карнал). В 1995 г. на правительственном уровне между Индией и Нидерландами было заключено соглашение о сотрудничестве по Программе контроля переувлажнения и засоления орошаемых земель. Программа, выполняемая при финансовой поддержке голландской стороны, начала свою работу в 1995 г. и закончилась в 2002 г. Целью программы было развитие технологий по борьбе с переувлажнением и засолением почв. Было составлено несколько отчетов по проекту, в первом из которых представлены результаты по разработке методологии для выявления переувлажненных и засоленных почв с использованием данных дистанционного зондирования (Indo-Dutch network project..., 2002). В работе принимали участие Центральный исследовательский институт засоленных почв Индии (CSSRI), а также сельскохозяйственные университеты различных штатов Индии (Карнатака, Гуджарат, Раджастан) при участии Национального агентства по дистанционному зондированию (г. Хайдерабад) и Государственного агентства по дистанционному зондированию (г. Джодхпур).

В отчете представлены результаты исследований, выполненных в трех почвенных зонах: Индо-Гангских аллювиальных равнинах, песчаных аридных орошаемых равнинах и в районе тяжелоглинистых черных почв. Показано, что дешифровочные признаки почв разной степени засоления в зависимости от почвенной зоны различаются, причем в одной

почвенной зоне возможно автоматическое разделение почв по их засолению, а в другой – нет. Засоленные почвы зоны аллювиальных Индо-Гангских равнин могут быть разделены по степени засоления автоматически на основе установленной связи между альбедо и NDVI (в сезон раби), где менее засоленные почвы характеризуются большими значениями вегетационного индекса по сравнению с более засоленными. Засоленные почвы зоны черных тяжелоглинистых почв могут быть выделены только визуально, так как не выявлено закономерностей для автоматического дешифрирования. В зоне песчаных почв автоматическое разделение засоленных почв и песков ранее было осложнено в результате сходных спектральных отражательных характеристик этих двух групп почв. Однако использование отражения в дальней инфракрасной зоне оказалось перспективным способом для дифференциации засоленных и песчаных почв, поскольку в дальней инфракрасной зоне песчаные почвы обладают повышенной отражательной способностью по сравнению со всеми категориями засоленных почв. По различию в отражении в средней инфракрасной зоне спектра возможно разделение нейтрально- и содово-засоленных почв: отражение в этой зоне у нейтрально-засоленных почв существенно выше.

Интересные результаты исследования представлены в работе по засоленным почвам района высохшего озера Тескоко (Мексика) (Fernández-Buces et al., 2006). Авторы предложили использовать вегетационный индекс NDVI для оценки засоления почв в качестве показателя, отражающего состояние и состав растительности на засоленных почвах. Вегетационный индекс закономерно реагирует на изменение засоления почв, оцениваемого по электропроводности почв. На основании анализа спектров отражения как оголенной поверхности почв, так и почв, покрытых растительностью, авторами предложен комбинированный индекс, представляющий собой ряд математических операций над отражением в разных зонах спектра (COSRI). Зависимость между электропроводностью и расчетным индексом экспоненциальная. Однако данная зависимость была выявлена для почв экстремально высокого засоления (от 0 до 2000 дСм/м) и в поверхностных горизонтах (0–15 см). Для почв с засолением ниже 100 дСм/м (т.е. практически для всех засоленных почв юга России и Центральной Азии) эта

закономерность не работает. То же касается и поведения вегетационного индекса NDVI.

Говоря о современных методах картографической оценки засоления почв, невозможно не остановиться на методе электромагнитной индукции (ЭМИ), который на данный момент является одним из наиболее широко используемых при контактной оценке засоления почв (Федотов и др., 2004; Corwin et al., 2003; Lopez-Lózano et al., 2010; Corwin, Lesch, 2014; Doolittle, Brevik, 2014; Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2014). Использование этого метода положено в основу руководства по солевой съемке, разработанного в США и широко используемого по всему миру (Soil salinity assessment..., 1999).

Метод основан на полевом площадном измерении “мнимой” электропроводности (apparent electrical conductivity, ECa) с помощью портативного прибора, переносимого вручную либо устанавливаемого на прицеп трактора. Данные с прибора могут тут же передаваться на портативный компьютер; координаты могут регистрироваться в режиме реального времени с помощью навигатора GPS. Наибольшее распространение среди приборов, измеряющих электропроводность с помощью ЭМИ, получил кондуктометр EM-38 компании Geonics (Канада), который позволяет оценить засоленность в толще 1–1.5 м. Более подробно метод описан в работах Corwin and Lesch (2003, 2005).

Величина измеряемой в почве электропроводности зависит от засоления почвенного раствора, пористости, типа и количества илистых частиц в почве (Metternicht and Zinck, 2003). К существенному ограничению метода ЭМИ стоит отнести невозможность корректной оценки измерений при низкой влажности почв (т.е. в богарных условиях или при иссушении орошаемых почв). При отсутствии указанного ограничения метод позволяет дать оперативную и объективную оценку засоления на большие площади в короткие сроки. Сравнение данных, полученных с помощью метода ЭМИ, с лабораторными измерениями электропроводности экстракта почвенной пасты (образцов почв) показывает значения корреляции 0.74–0.78, при этом рисунок распределения значений полевых и лабораторных данных очень схож (Corwin et al., 2003). Более высокую точность метод дает при сопряженном измерении влажности почв (Guo et al., 2013). В последнем случае

учет влажности позволяет разделить вклад засоления и влаги в итоговую электропроводность почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор литературы по оценке и картографированию засоленных почв показал, что эта проблема активно развивалась в течение второй половины XX в. и к концу XX в. были достигнуты определенные успехи в решении этой проблемы. В настоящее время продолжается работа по данной тематике: обновляются методические подходы к оценке засоленности почв на основе оперативных полевых и лабораторных методов исследований; проводятся работы по разномасштабному картографированию засоленности почв на основе космических снимков и современных технологий.

Обзор литературы по указанной тематике подтвердил необходимость дальнейших исследований по совершенствованию методов оценки и картографирования засоленности почв для получения уточненной информации об их распространении и свойствах, а также для выполнения работ по проведению мониторинга засоленных почв на землях сельскохозяйственного использования юга России. Особо актуальна эта тематика для мониторинга орошаемых земель юга России.

Анализируя историю развития методов картографирования засоленных почв в России и за рубежом, можно отметить два основных направления. Первое (“наукоемкое”) заключается в выявлении (на этапе как составления, так и анализа готовых карт) основных закономерностей распространения и генезиса засоленных почв в разных природно-мелиоративных условиях. К этому направлению можно отнести методы традиционной и цифровой картографии, дешифрирование космических снимков. Второе направление (“техноемкое”) сконцентрировано на выполнении максимального количества опробований с помощью оперативных методов (и поиск этих методов), к которым относятся, в частности, методы электромагнитной индукции. Каждый из этих подходов характеризуется своими достоинствами и недостатками. К недостаткам первого подхода относятся меньшая точность полученных карт, более существенная роль субъективного фактора и т.д. Недостатком второго является ограничение по увлажненности

почв (в сухих почвах значения ЭМИ будут индифферентны степени увлажнения, а не засоленности), а также мешающее влияние на результат измерений плотности (пористости) почв и гранулометрического состава. Также очень часто карты засоленности, полученные на основе измерения ЭМИ, не подвергаются дальнейшему анализу с целью выяснения причин и закономерностей засоления почв.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №13-04-00107 и 14-04-31436).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Методические указания по учету засоленных почв. М.: Гипроводхоз, 1968а. 91 с.
2. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Опыт классификации почв по засолению // Почвоведение. 1968б. № 11. С. 3–16.
3. *Базилевич Н.И., Панкова Е.И.* Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов // [Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева](#). 1972. Вып. 5. С. 36–40.
4. *Виноградов Б.В.* Аэрокосмический мониторинг засоленных земель // Охрана и использование с.-х. земель, подверженных засолению. М., 1995. С. 55–67.
5. *Виноградов Б.В.* Дистанционная индикация засоленных почв // Почвоведение. 1996. № 11. С. 1352–1360.
6. *Воробьева Л.А.* Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
7. *Воробьева Л.А.* Химический анализ почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 271 с.
8. *Горохова И.Н.* Оценка засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья с использованием аэрофотоснимков: Автореф. дис. ... к. техн. н. М., 1992. 25 с.
9. [Засоленные почвы России](#). М.: ИКЦ Академкнига, 2006. 854 с.
10. *Зимовец Б.А.* Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: ГОСНИТИ, 1991. 247 с.
11. Карта засоления почв России М-б 1 : 2 500 000. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2003 (авторский вариант).
12. Карта типов химизма засоления почв СССР (М-б 1 : 2 500 000). М.: ГУТК, 1976.
13. *Ковда В.А.* Происхождение и режим засоленных почв. М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1946. Т. 1. 568 с. Т. 2. 375 с.
14. *Козловский Ф.И., Королук Т.В.* Применение оптико-структурного машинного анализа при детальном почвенно-мелиоративном картографировании // Почвоведение. 1980. № 9. С. 145–159.

15. Козловский Ф.И., Королук Т.В., Пантелеев В.П., Янковский В.А. Метод машинного анализа аэроснимков при почвенно-мелиоративной характеристике территорий // Почвенно-мелиоративные процессы в районах нового орошения. Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1975. С. 86–96.
16. Кондорская Н.И. Географическое распространение почв содового засоления в СССР // Почвоведение. 1965. № 9. С. 10–16.
17. Конюшкова М.В. [Картографирование почвенного покрова и засоленности почв солонцового комплекса на основе цифрового анализа космической съемки \(на примере района Джаныбекского стационара\)](#): Дис. к. с.-х. н. М., 2010. 300 с.
18. Конюшкова М.В. [Цифровое картографирование почв солонцовых комплексов Северного Прикаспия](#). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. 316 с.
19. Конюшкова М.В., Панкова Е.И. Компьютерное крупномасштабное картографирование почв солонцовых комплексов Прикаспия // [Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования](#). М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. С. 177–188.
20. Международное руководство по орошению и дренажу засоленных почв / Под ред. Ковды В.А. М., 1966.
21. Методика составления и использования крупномасштабных почвенных карт. М.: Колос, 1976. 224 с.
22. Методика составления крупномасштабных почвенно-мелиоративной карты и карты мелиоративной оценки почвенного покрова солонцовой территории / Под ред. Корнблюма Э.А. М., 1985. 95 с.
23. 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.
24. Минашина Н.Г. (составитель). Технологические свойства и использование гипсоносных почв под орошение (методические рекомендации). М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1988. 74 с.
25. Моделирование процессов засоления и осолонцевания почв. М.: Наука, 1980. 262 с.
26. Общесоюзная инструкция по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользования. М.: Колос, 1973. 94 с.
27. Панкова Е.И. Оценка засоления и опыт составления крупномасштабных карт засоления почв // [Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева](#). 1972. Вып. 5. С. 41–50.
28. Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ямнова И.А., Новикова А.Ф., Благоволин Н.С. Природное и антропогенное засоление почв бассейна Аральско-

го моря (география, генезис, эволюция). М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1996. 186 с.

29. *Панкова Е.И., Головина Н.Н., Венцкевич С.Д., Панадиади Е.А.* Опыт оценки засоления почв орошаемых территорий Средней Азии по материалам космической съемки // Почвоведение. 1986. № 3. С. 138–146.

30. *Панкова Е.И., Рухович Д.И.* [Дистанционный мониторинг засоления орошаемых почв аридных территорий](#) // Почвоведение. 1999. № 2. С. 253–263.

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

32. [Почвенные ресурсы России](#). М.: ГЕОС, 2010. 121 с.

33. Руководство по лабораторным методам исследования ионно-солевого состава нейтральных и щелочных минеральных почв. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. 236 с.

34. *Савин И.Ю., Отаров А., Жоголев А.В., Ибраева М.А., Дуйсеков С.* [Выявление многолетних изменений площади засоленных почв Шаульдерского орошаемого массива по космическим снимкам Landsat](#) // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. № 74. С. 49–65.

35. *Симакова М.С.* Методика картирования почв Прикаспийской низменности по материалам аэрофотосъемки // Почвенно-географические исследования и использование аэрофотосъемки в картировании почв. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 283–357.

36. *Стасюк Н.В., Добрынин Д.В.* Оценка динамики опустынивания почвенного покрова низменных территорий Дагестана с использованием космических снимков // Почвоведение. 2013. № 7. С. 778–787. DOI: [10.7868/S0032180X13070113](#)

37. *Стасюк Н.В., Кравцова В.И.* [Оценка изменений почвенного покрова Кизлярского побережья по разновременным картам и космическим снимкам](#) // Аридные экосистемы. 2012. Т. 18. № 3 (52). С. 86–94.

38. *Федотов Г.Н., Третьяков Ю.Д., Поздняков А.И., Пахомов Е.И.* Влияние солей на естественные электрические поля в почвах // Докл. АН. 2004. Т. 397. С. 64–67.

39. *Хитров Н.Б.* [Связь почв солонцового комплекса Северного Прикаспия с микрорельефом](#) // Почвоведение. 2005. № 3. С. 271–284.

40. *Хитров Н.Б.* Система показателей для краткой характеристики засоления почв // Почвоведение. 1986. № 4. С. 67–79.

41. *Черноусенко Г.И., Калинина Н.В., Рухович Д.И., Королева П.В.* [Цифровая карта засоления почв Хакасии](#) // Почвоведение. 2012. № 11. С. 1131–1147.

42. *Ямнова И.А., Панкова Е.И.* Гипсовые новообразования и формирующие их элементарные почвообразовательные процессы // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1423–1436. DOI: [10.7868/S0032180X13120125](#)

43. Ben-Dor E., Banin A. Near-infrared analysis as a rapid method to simultaneously evaluate several soil properties // Soil Sci. Soc. Am. J. 1995. Vol. 59(2). P. 364–372.
44. Corwin D.L., Kaffka S.R., Hopmans J.W., Mori Y., van Groenigen J.W., van Kessel C., Lesch S.M., Oster J.D. [Assessment and field-scale mapping of soil quality properties of a saline-sodic soil](#) // Geoderma. 2003. Vol. 114(3–4). P. 231–259.
45. Corwin D.L., Lesch S.M. A [simplified regional-scale electromagnetic induction — Salinity calibration model using ANOCOVA modeling techniques](#) // Geoderma. 2014. V. 230–231. P. 288–295.
46. Corwin D.L., Lesch S.M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture // Computers Electronics Agriculture. 2005. Vol. 46(1–3). P. 11–43. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169904001243>
47. Corwin D.L., Lesch S.M. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: theory, principles, and guidelines // Agronomy J. 2003. Vol. 95(3). P. 455–471.
48. Csillag F., Pasztor L., Biehl L.L. [Spectral band selection for the characterization of salinity status of soils](#) // Remote Sensing Environm. 1993. Vol. 43(3). P. 231–242.
49. Doolittle J.A., Brevik E.C. [The use of electromagnetic induction techniques in soils studies](#) // Geoderma. 2014. Vol. 223–225. P. 33–45.
50. Dwivedi R.S. Monitoring of salt-affected soils of the Indo-Gangetic alluvial plains using principal component analysis // Internat. J. Remote Sensing 1996. Vol. 17(10). P. 1907–1914.
51. Farifteh J., Farshada A., George R.J. [Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modelling, and geophysics](#) // Geoderma. 2006. Vol. 130(3–4). P. 191–206.
52. Fernández-Buces, N., Siebe, C., Cram, 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 Texcoco, Mexico // J. Arid Environm. 2006. Vol. 65(4). P. 644–667.
53. Guo Y., Shi Z., Zhou L.-Q., Jin X., Tian Y.-F., Teng H.-F. Integrating remote sensing and proximal sensors for the detection of soil moisture and salinity variability in coastal areas // J. Integrative Agriculture. 2013. Vol. 12(4). P. 723–731.
54. Indo-Dutch Network Project (IDNP). Result #1. A Methodology for Identification of Waterlogging and Soil Salinity Conditions Using Remote Sensing. 2002. CSSRI, Karnal and Alterra-ILRI, Wageningen. P. 78.
55. López-Lozano R., Casterad M.A., Herrero J. Site-specific management units in a commercial maize plot delineated using very high resolution remote sensing and soil properties mapping // Computers Electronics Agriculture. 2010. Vol. 73(2). P. 219–229.

56. Metternicht G.I., Zinck J.A. [Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints](#) // Remote Sensing Environm. 2003. Vol. 85(1). P. 1–20.
57. Nield S.J., Boettinger J.L., Ramsey R.D. Digitally mapping gypsic and natric soil areas using Landsat ETM data // Soil Sci. Soc. Am. J. 2007. Vol. 71(1). P. 245–252.
58. Shao Y., Hu Q., Guo H., Lu Y., Dong Q., Han C. Effect of dielectric properties of moist salinized soils on backscattering coefficients extracted from RADARSAT image // IEEE Transactions Geoscience Remote Sensing. 2003. 41(8). P. 1879–1888.
59. Singh J., Kothari M., Jain S.K., Kumar V. Delineation of salt affected areas of Muktsar district, south-west Punjab using Landsat-TM and IRS-ID LISS-III data // Annals Biol. 2006. Vol. 22(1). P. 13–17.
60. Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 57. FAO, Rome, 1999. 150 p.
61. Soil survey investigation for irrigation // FAO Soil Bulletin. Rome: FAO, 1979. Vol. 42. 188 p.
62. Szabolcs I. Salt-affected soils. Florida: CRC Press, 1989. 274 p.
63. Taghizadeh-Mehrjardi R., Minasny B., Sarmadian F., Malone B.P. [Digital mapping of soil salinity in Ardakan region, central Iran](#) // Geoderma. 2014. 213. P. 15–28.

THE HISTORY OF STUDY AND MAIN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE METHODS OF SOIL SALINITY ASSESSMENT AND MAPPING IN ARID AND SEMIARID REGIONS

Ye. I. Pankova¹, M. V. Konyushkova²

¹V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,
119017, Russia, Moscow, Pyzhevskii 7, bld. 2
e-mail: pankova@agro.geonet.ru

²Lomonosov Moscow State University, 119991, Russia, Moscow, Leninskiye Gory, 1
e-mail: mkon@inbox.ru

The national and foreign literature was reviewed in terms of milestones and prospects of development of soil salinity assessment and mapping in arid regions. The contribution of the department of salt-affected soils of V.V. Dokuchaev Soil Science Institute into the development of methods for assessment and mapping of salt-affected soils in Russia and Central Asia during the second half of the XXth century was illustrated. The analysis of the state of assessment and inventory of salt-affected soils in Russia by the begin-

ning of the XXIst century has shown that the latest data given in the published literature on properties and distribution of salt-affected soils are outdated as they are based on the 30-year-old studies. Undoubtedly, these data should be revised with the use of modern methods and approaches widely adopted worldwide. A uniform guideline for the assessment of salt-affected soils of Russia should be developed with the due account for international approaches. Such a guideline will be necessary for inventory and creation of database of salt-affected soils compatible with international databases. The methodology of mapping and inventory of salt-affected soils based on the uniform approach to the assessment of salt-affected soils and specified methodology of large-scale mapping with the use of remote sensing data and proximal soil sensing should be developed.

Keywords: soil salinity, development of new methodology, the history of study.