
ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ И ИХ КОМПОНЕНТОВ

УДК 631.4

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ПОВЕРХНОСТНО-КАРБОНАТНЫХ ПОЧВ ПО ДИСТАНЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2026 г. И.Н. Горохова, Н.Б. Хитров, Е.И. Кравченко

Почвенный институт им. В.В. Докучаева

Россия, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2. E-mail: g-irina14@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.04.2026. После доработки 15.05.2026. Принята к публикации 25.06.2026.

Проведены исследования динамики изменения площади поверхностно-карбонатных почв по космическим снимкам за более чем 30-летний период орошения на территории 3 ключевых участков, расположенных в разных природных районах Волгоградской области: 1) возвышенность Северные Ергени (массив «Червленое»), 2) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины (Светлоярский массив), 3) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина (Дубоовражный массив). Все 3 участка находятся в сухостепной зоне с исходным почвенным покровом, представленным светло-каштановыми солонцовыми комплексами. Они различаются отметками высот, расчлененностью рельефа, почвообразующими и подстилающими породами, уровнем грунтовых вод, солонцеватостью, засоленностью почв, историей антропогенного воздействия, связанной с планировкой полей, подъемом уровня грунтовых вод, видами вспашки, способами орошения, возделываемыми культурами. Для всех участков характерно наличие поверхностно-карбонатных почв, которое подтверждено полевыми работами и лабораторными данными. Использованы космические снимки со спутника Landsat-5 – Landsat-8 OLI за многолетний период (1985-2018 гг.) с разрешением на местности 30 м. На снимках были выбраны отдельные поля, где визуально просматривалась пятнистость поверхности, связанная с наличием карбонатов в пахотном горизонте (0-30 см). Пятнистость анализировали в 3 разных года, с интервалом 5-18 лет. При обработке снимков поверхностно-карбонатные почвы выделяли визуально в интерактивном режиме и при помощи классификации изображения без обучения методом IsoData в программном комплексе ENVI. Они показали разные результаты при одинаковой тенденции увеличения площади пятен год от года. Причинами увеличения площадей карбонатных пятен могут быть: 1) растаскивание карбонатного материала по полю при ежегодной вспашке, 2) осаждение карбонатов из подтягиваемых снизу почвенных растворов, насыщенных по карбонатам, при испарении и расходе воды корнями растений, 3) припашка карбонатных горизонтов по мере эрозионного сноса части пахотного горизонта. По методу классификации изображения снимка наибольшее приращение площади наблюдается на полях массивов «Червленое» и «Светлоярский» (12.6 и 11.0 га) за 23 и 33-летний периоды соответственно. На полях Дубоовражного массива приращение составило 4.2 га за 11 лет. Это связано с тем, что на массиве планировка полей при строительстве оросительной системы была небольшой, а рассматриваемый период составляет меньший срок (11 лет).

Ключевые слова: светло-каштановые почвы, орошение почв, почвенные карбонаты, планировка полей, классификация космического изображения, неоднородность почвенного покрова.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-41-60

EDN: YHZZYA

На территории Волгоградской области существуют факторы, ограничивающие плодородие почв сельскохозяйственных угодий. Помимо водной и ветровой эрозии и засоления почв в настоящее время на землях области наблюдается процесс образования поверхностно-карбонатных почв, отрицательно влияющий на сельскохозяйственные

культуры. Такой процесс вызван антропогенным воздействием, связанным с мелиорацией и орошением земель.

Поступление карбонатного материала в поверхностные горизонты почвы происходит в результате распашки (Розанов, 1992; Сиземская, 2013; de Soto et al., 2017; Хитров и др., 2021), глубоких мелиоративных обработок (Amit, Harrison 1995; Любимова, Дегтярева, 2000), роющей деятельности животных (Абатуров, 2001), орошения (Барановская, Азовцев, 1981; Приходько, 1996; Wu et al., 2008; Горохова, Панкова, 2017), планировки полей (Корнблум, Мясников, 1982; Балабко и др., 2018), подтягивания с почвенными растворами растениями (Zamanian et al., 2016), эрозии почв (Кузнецов и др., 1989; Трегубов, Аверьянов, 1987; Хитров и др., 2024).

В руководстве по описанию почв ФАО (Calcareous soils, 1972; Soil survey ..., 1979) отмечается, что карбонаты способствуют образованию стабильных крупнопористых агрегатов. Однако дисперсные карбонаты в поверхностных горизонтах почвы в количестве более 2% создают проблемы для сельского хозяйства. Это особенно характерно для орошаемых почв. Так, при высыхании поверхностно-карбонатных почв после поливов или дождей образуется плотная корка, препятствующая просачиванию влаги и прорастанию посевов (Levy, 1980; Хитров и др., 2021, 2025). Мелкодисперсные карбонаты снижают доступность ключевых питательных веществ для растений (Zamanian et al., 2016).

Самым сильным антропогенным воздействием на почвенный покров является планировка полей при строительстве оросительных систем. В начале планировки срезают поверхностные горизонты, удаляя повышения микро- и мезорельефа, и складывают их в «бурты». Оставшиеся понижения заполняют материалом срезанных почв и по поверхности спланированного поля распределяют почвенный материал буртов. Новые созданные почвы коренным образом отличаются по строению и свойствам от исходных и во многих случаях представляют собой искусственные мозаичные почвы с особенно сложными профилями (Корнблум, Мясников, 1982).

Мощные планировки полей приближают природный аккумулятивно-карбонатный горизонт каштановых почв и солонцов к поверхности, а при распашке добавляют карбонатный материал в пахотный горизонт. Существенное количество такого материала в пахотном горизонте приводит к образованию неоднородной пятнистости на полях, которая хорошо идентифицируется и выделяется как в полевых условиях (Зимовец, 1981), так и на космических снимках (Хитров и др., 2021; Горохова, Хитров, 2023).

Цель исследований – выявить по многолетним космическим снимкам динамику изменения пятен поверхностно-карбонатных почв за более чем 30-летний период на территории оросительных систем Волгоградской области. Решение поставленной задачи направлено на то, чтобы оценить, увеличивается ли площадь поверхностно-карбонатных почв со временем или остается постоянной, а если площади таких почв изменяются, то выявить, как происходят изменения во времени и пространстве. Для исследований на каждом массиве орошения были выбраны отдельные поля, на которых наиболее ярко отражаются пятна поверхностно-карбонатных почв и на которых проводились авторские полевые исследования.

Материалы и методы

Объектом изучения стали несколько орошаемых массивов в сухостепной зоне Волгоградской области (основной регион орошения), которые, согласно районированию А. Г. Доскач (1979), расположены в разных природных районах: 1) возвышенность Северные Ергени – массив «Червленое», 2) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины – Светлоярский массив, 3) Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина – Дубоовражный массив (рис. 1).

1) *Возвышенность Северные Ергени (орошаемый массив «Червлёное»)*. Возвышенность заходит в область северной частью, где характерны волнистые водоразделы и плавные склоны речных долин и балок. Отметки поверхности составляют 150-180 м н.у.м. БС. Грунтовые воды залегают на глубине 30-40 м, но в балках глубина уменьшается до 1 м (Волгоградская область ..., 2011).



Рис. 1. Орошаемые массивы, где выбраны поля исследований с поверхностно-карбонатными пятнами почв, на фоне космического изображения со спутника Landcat-8 OLI (26.05.1989).
Fig. 1. Irrigated areas with studied fields that have patches of surface carbonate, on a Landcat-8 OLI image (26/05/1989).

Северные Ергени с поверхности покрыты мощной толщей скифских красноцветных пород и лёссовидных суглинков, на которых сформировались светло-каштановые солонцовые комплексы с разным долевым участием солонцов. Среди светло-каштановых почв доминируют солонцеватые разновидности. Пестроту почвенного покрова дополняют лугово-, луговато-каштановые почвы потяжин, блюдцеобразных западин, а также многочисленные холмики животных-землероев (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Орошаемый массив «Червлёное» находится южнее Волго-Донского канала. С 80-х и до 90-х годов XX века здесь было распространено вторичное засоление почв. В 1988 году уровень грунтовых вод (УГВ) находился преимущественно на глубине 2.0-2.5 м, на некоторых участках достигая 1.5 м, воды характеризовались минерализацией 3-10 г/л и хлоридно-натриевым составом. После 1992 года орошение и возделывание культур было практически прекращено или проводилось исключительно на 1-2 полях в течение 15-18 лет. К настоящему времени произошли значительные изменения, связанные со снижением УГВ глубже 5 м.

Массив орошался и орошается водами Волго-Донского канала с минерализацией 0.5-2 г/л при отсутствии дренажа. Первоначально орошение проводилось поверхностным способом, а с 2000-х годов применяется полив дождеванием (Новикова и др., 2009).

При строительстве оросительной системы поля прошли жесткую планировку. В настоящее время на срезках и в местах засыпок отмечается вскипание почв с поверхности от воздействия 10% раствора HCl.

На орошаемом массиве «Червленое» в 2017-2019 годы проведены полевые обследования (рис. 2; табл. 1).

2) *Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, север Сарпинской низменной равнины (Светлоярский орошаемый массив).* Район низменной равнины заключен в треугольнике между р. Волгой и Сарпинскими озерами. Абсолютная высота колеблется от 50-40 м н.у.м. БС на севере до 30-15 м в центральной части. В целом район слабо дренирован. Общий тип ландшафта – суглинистая комплексная сухая степь и полупустыня, на фоне которой выделяются полосы лиманных и палинных лугов по ложбинам. Увлажнение поверхностными водами скудное и крайне неравномерное. Оно лишь изредка осуществляется за счет ливневых вод, основной источник – талые снеговые воды. Почвенный покров представлен светло-каштановыми солонцовыми комплексами с варьирующим участием солонцов. В депрессиях почвы лугово-степные и луговые, в разной степени опресненные (Доскач, 1979).

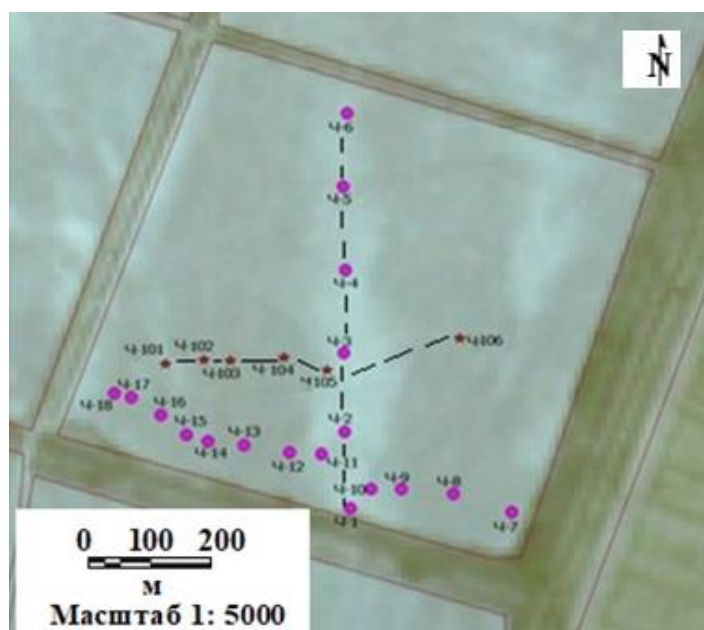


Рис. 2. Поле орошаемого массива «Червленое» с точками полевого опробования на космическом снимке Канопус-В (август 2015 г.). **Fig. 2.** A field of the “Chervlenoe” irrigated area with sampling points on a Kanopus-B image (August 2015).

Почвообразующие породы Сарпинской равнины – это осадки Хвалынского моря, представленные глинами, суглинками с повышенной концентрацией легкорастворимых солей, подстилаемые сильнозасоленными шоколадными глинами. При более близком залегании шоколадных глин они являются почвообразующими породами. Выровненный рельеф, сочетаясь с плохой водопроницаемостью шоколадных глин, определяет высокий естественный УГВ – 7-10 м, иногда – 5-7 м (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Светлоярский орошаемый массив в начале 1990-х годов (через 20-25 лет орошения) находился в следующих ирригационных условиях: УГВ составлял 3-5 м, засоление почв проявлялось редко в первом метре в бывших солонцах и солонцеватых почвах, преимущественно средней и слабой степени засоления. В последние 10-15 лет в связи с уменьшением потребления воды на орошение грунтовые воды постепенно опускались и в настоящее время находятся глубже 5 м. Орошение проводится поверхностным способом для люцерны и влагозарядковым для озимых зерновых.

Таблица 1. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в пахотном слое почвы в точках опробования (2018 г.) на исследуемом поле орошаемого массива Червленое. **Table 1.** CaCO_3 content (%) in the arable soil layer at sampling plots (2018) in the field of the “Chervlenoe” irrigated area.

Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Среднее количество карбонатов в горизонте, %
Ч-1	0-10	7.21
Ч-2	0-10	7.6
Ч-3	0-10	6.8
Ч-4	0-10	-
Ч-5	0-10	6.21
Ч-6	0-10	5.0
Ч-7	0-10	1.59
Ч-8	0-10	0.0
Ч-9	0-10	0.41
Ч-10	0-10	2.0
Ч-11	0-10	6.21
Ч-12	0-10	1.0
Ч-13	0-10	0.0
Ч-14	0-10	0.0
Ч-15	0-10	1.0
Ч-16	0-10	0.0
Ч-17	0-10	2.0
Ч-18	0-10	0.59
Ч-101	0-10	-
Ч-102	0-10	-
Ч-103	0-10	-
Ч-104	0-10	2.41
Ч-105	0-10	13.21
Ч-106	0-10	1.0

На исследуемом ключевом участке в ходе полевых работ установлено, что во время планировки полей верхняя часть профиля солонцов, занимавших выпуклые элементы рельефа, была срезана. В результате на территории, в пределах которой до строительства Светлоярской оросительной системы отмечалось 25-50% солонцов и солонцеватых почв, в настоящее время собственно солонцы не обнаружены. Основная часть солонцовых горизонтов была уничтожена при планировке, и в местах срезов карбонатный горизонт оказался у поверхности, а в бывших понижениях сформирован насыпанный карбонатный пахотный горизонт (Горохова и др., 2018).

Полевые исследования на орошаемом массиве проведены в 2015-2016 гг. (рис. 3; табл. 2).

3) *Прикаспийская низменность, Хвалынская глинистая равнина, Сарпинская ложбина (Дубоовражный орошаемый массив).* В северной части ложбины сохранилась цепь глубоких пресных озер и система периодически затопляемых лиманов. Вблизи р. Волги ложбина глубокая, до 10 м; к югу-западу и югу она становится более мелкой и постепенно сливается с поверхностью. Ложбина врезана в засоленные морские (хвалынские) песчано-глинистые отложения, перекрытые суглинками аллювиально-морского генезиса. В северной части прослеживаются 1-2 узкие поздние и послехвалынские террасы, сложенные слабогумусированным суглинистым аллювием, аналогичным волжскому. Грунтовые воды

залегают на глубине 2.5-3 м. Минерализация пестрая – 3-10 г/л. Под озерными котловинами воды опресненные (Доскач, 1079).

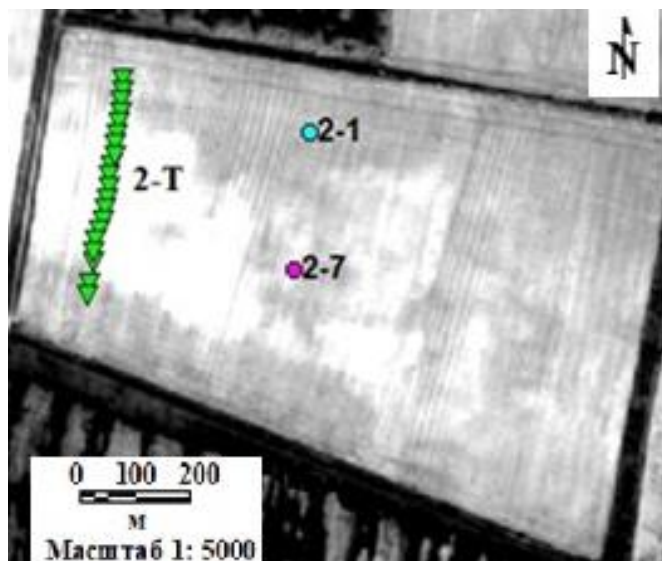


Рис. 3. Поле на орошаемом массиве «Светлоярский» с точками полевого опробования и трансектой 2-Т, включавшей регулярное опробование в 2015-2016 гг., на космическом снимке Pleiades (20.05.2015). **Fig. 3.** A field in the “Svetloyarsky” irrigated area with sampling points and transect 2-T, which included regular sampling in 2015-2016, on a Pleiades image (20/05/2015).

До строительства Волгоградского водохранилища Сарпинская ложбина ежегодно заливалась паводковыми водами, обводнявшими лиманы и озера. В настоящее время их обводнение поддерживается лишь небольшим весенним стоком с Ергеней и частично – местными тальми водами. Днище ложбины – это опустынивающаяся пойма, состоящая из разной степени заболоченных лиманных солончаковых лугов с разнотравным покровом. Повышенные участки остепнены и представляют комплексную полупустыню, с чередованием солонцов и участков светло-каштановых почв (Доскач, 1979).

Большинство Сарпинских озер летом пересыхает. Грунтовые воды обычно приурочены к аллювиальным пескам и залегают на глубинах до 16 м, однако вблизи озер глубина уменьшается до 1-3 м. Минерализация вод пестрая, с преобладанием вод гидрокарбонатно-натриевого и хлоридно-натриевого состава, с минерализацией до 10 г/л (Дегтярева, Жулидова, 1970).

Орошаемый массив «Дубоовражный» в 90-х годах XX века находился в благоприятных мелиоративных условиях: УГВ составлял преимущественно 3-5 м, лишь на севере на небольшой площади поднимаясь до 1.5-2 м. Минерализация грунтовых вод достигала 3-5 г/л, состав – хлоридно-натриево-магниевый и хлоридно-натриевый. Вторичное засоление почв не отмечалось. Остаточное солонцовое засоление в результате планировок поверхности полей при строительстве системы составляло преимущественно до 5 и 5-10%. Планировка полей была незначительной.

В настоящее время массив «Дубоовражный» представляет собой фермерское хозяйство на гривисто-ложбинном мезорельефе. Здесь выращивают томаты, арбузы, морковь, тыкву, лук, горчицу и хлопчатник. Тип орошения – капельный. Установлено, что основными ограничивающими поливное земледелие факторами являются: 1) достаточно близкое залегание хвалыньских шоколадных глин (от 100 до 250 см), которые содержат значительное

количество токсичных солей и являются водоупорным слоем, плохо дренирующим поливные воды, 2) большое количество карбонатов в почве, местами выходящих на поверхность (Кравченко и др., 2021).

Таблица 2. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в верхнем слое почвы в точках опробования (2015-2016 гг.) на исследуемом поле Светлоярского орошаемого массива. **Table 2.** CaCO_3 content (%) in the upper soil layer at sampling plots (2015-2016) in the field of the Svetloyarsk irrigated area.

Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Содержание CaCO_3 , %
2.1	0-20	1.80
2.7		8.00
2Т1	0-33	2.41
2Т6	0-26	2.00
2Т11		4.41
2Т16	0-22	11.42
2Т20	0-22	13.21
2Т25	0-20	13.41
2Т30	0-24	10.60
2Т40	0-20	11.60
2Т45		11.21
2Т50		12.41
2Т55		12.00
2Т60	0-30	11.80
2Т65		10.80
2Т70		
2Т75	0-20	10.21
2Т80		5.00
2Т85	0-30	2.41
2Т90	0-20	не опр.
2Т95		4.80
2Т100		3.20

На ключевом участке в августе 2018 года сделано 29 почвенных прикопок и отобрано более 200 образцов, значительная часть из которых приводится в данной работе (рис. 4; табл. 3).

Таким образом, все 3 объекта исследования расположены в сухостепной зоне Волгоградской области, в разных природных районах, различающихся отметками высот, расчлененностью рельефа, почвообразующими и подстилающими породами, уровнем грунтовых вод, солонцеватостью и засоленностью почв. Рассматриваемые массивы орошения имеют разную историю антропогенного воздействия, такие как планировка полей, подъем уровня грунтовых вод, виды распахки, способ орошения, возделываемые культуры. Для всех участков характерно наличие поверхностно-карбонатных почв, которые подтверждены полевыми работами и лабораторными анализами.

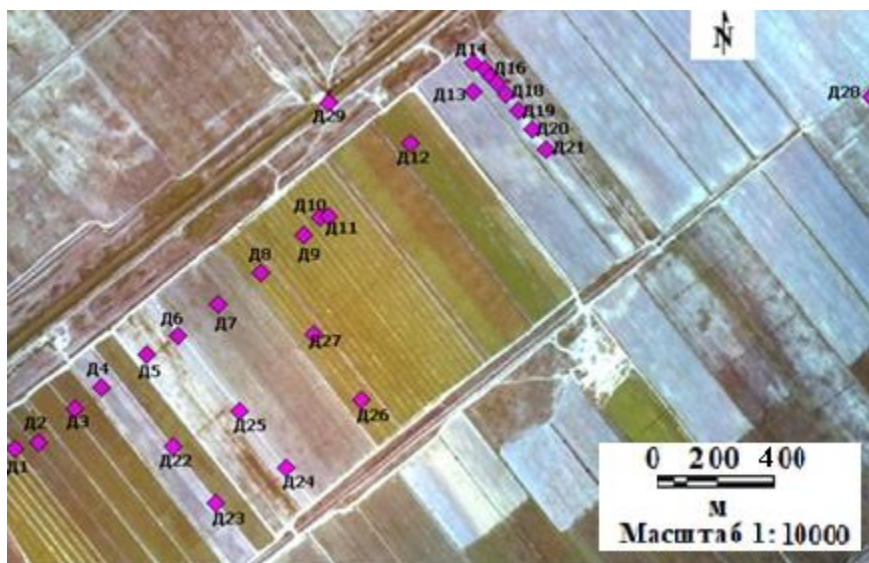


Рис. 4. Поля на орошаемом массиве «Дубоовражный» с точками полевого опробования 2018 года на космическом снимке Ресурс-П (август 2018). **Fig. 4.** Fields in the “Duboovrazhny” irrigated area with sampling points on a Resurs-P image (August 2018).

Для выполнения поставленной цели мы использовали космические снимки со спутников Landsat-5 – Landsat-8 OLI за многолетний период – 1985-2018 гг. На снимках были выбраны отдельные поля, где визуально просматривалась пятнистость поверхности, связанная с наличием и близким расположением карбонатных почв (0-30 см).

Пятна хорошо идентифицируются по снимкам открытой поверхности почвы, под вызревшими зерновыми культурами и кормовыми травами. Пятнистость анализировали за 3 разных года, с интервалом 5-18 лет. Подобранный неравномерный интервал связан с тем, что нам не удалось найти снимки, где пятнистость отражалась бы на всех полях в одни и те же годы: иногда она была скрыта облачностью или сельскохозяйственной культурой с плотным пологом. При обработке снимков мы выделяли поверхностно-карбонатные почвы визуально в интерактивном режиме и при помощи классификации изображения без обучения методом IsoData в программном комплексе ENVI. Способ программной классификации пятен привлекали для того, чтобы избежать субъективного выделения пятен в интерактивном режиме.

Классификация IsoData проводит кластеризацию космического изображения по спектральным признакам, когда предварительно задается количество кластеров. В нашем случае было задано 5 кластеров, которые отражают спектральную яркость не только на поле, но и вокруг него. Затем алгоритм произвольно разбивает все значения на группы и определяет местонахождение центров этих групп. В центре каждого класса назначаются средние значения и проводится кластеризация по минимальному расстоянию от этих центров. Далее каждый пиксел относится к какой-либо группе по критерию минимального евклидова расстояния от него до центра выделенной группы.

Результаты исследований

Площади пятен поверхностно-карбонатных почв на снимках, выделенные и подсчитанные интерактивным методом и с помощью автоматической классификации, представлены на рисунках 5-7. Два метода показали разные результаты при одинаковой тенденции увеличения площади пятен год от года (рис. 5-8).

Таблица 3. Содержание карбонатов (CaCO_3 , %) в пахотном слое почвы или наличие вскипания с поверхности почвы в точках опробования (2018 г.). **Table 3.** CaCO_3 content (%) in the arable soil layer or effervescence presence on the soil surface at sampling plots (2018).

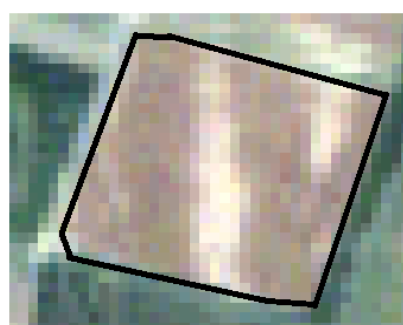
Номер точки	Глубина почвенного горизонта, см	Содержание CaCO_3 , %
Д2	0-30	не вскипает
Д3		
Д4		
Д5		2.38
Д6		5.36
Д7		не вскипает
Д8		2.82
Д12		0.18
Д13		2.80
Д14		вскипает слабо
Д15		2.80
Д16		0.09
Д17		0.44
Д18		7.56
Д19		7.48
Д20		0.87
Д21		9.32
Д22		3.25
Д23		не вскипает
Д24		
Д25		
Д26		12.23
Д27		0.52
Д28		2.70
Д29		не вскипает

Отличия в значениях подсчитанных площадей разными методами связаны с изменениями контрастности космического изображения полей, которые возникают из-за условий съемки в разные годы, что влияет на спектральные признаки, положенные в основу классификации. Также разница может возникать из-за возделываемых сельскохозяйственных культур, отражающихся на снимках и имеющих свои маскирующие свойства.

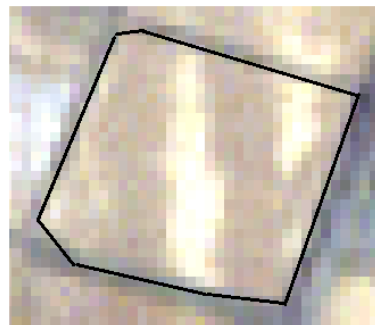
Если рассматривать значения площадей, полученные путем классификации снимка, то наибольшее приращение площади наблюдается на полях массивов «Червленое» и «Светлоярский» (12.6 и 11.0 га) за 23 и 33-летний периоды соответственно.

На полях Дубоовражного массива приращение составило 4.2 га за 11 лет. Это связано с тем, что на нем планировка полей при строительстве оросительной системы была небольшой, а рассматриваемый период составляет меньший срок (11 лет). Интенсивность нарастания поверхностно-карбонатных почв сильнее всего отмечается у поля на орошаемом массиве «Червленое» (7.0 га) за период 1995-2000 гг. На Светлоярском массиве за 15 лет (1985-2000 гг.) на поле пятна приросли на 6.9 га. Отмечается некоторое снижение

приращения пятен после 2000 г.: на поле орошаемого массива «Червленое» – 6.6 га, на «Светлоярском» – 4.1 га.



27 мая 1995 г. Озимые

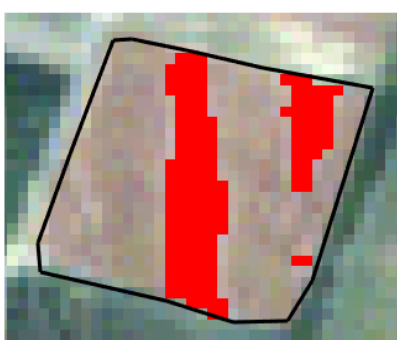


14 апреля 2000 г. Озимые

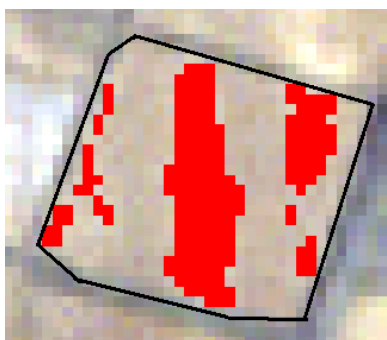


18 июня 2018 г. Озимые

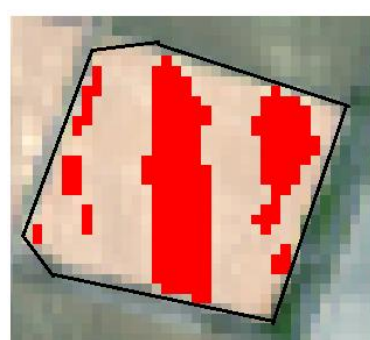
а)



Площадь пятен – 13.8 га

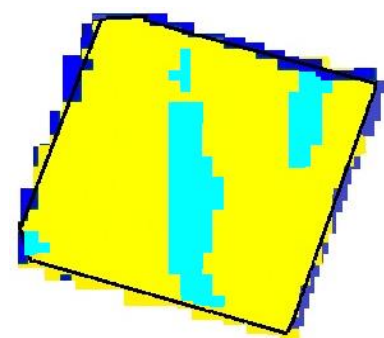


Площадь пятен – 14.5 га

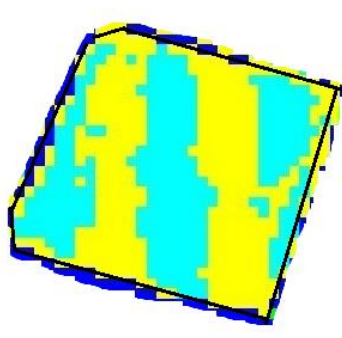


Площадь пятен – 15.1 га

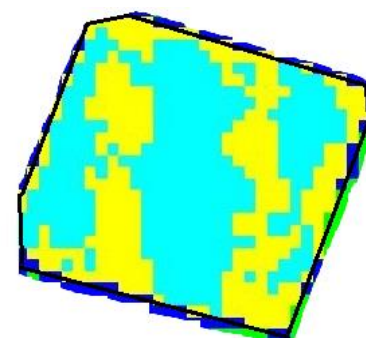
б)



Площадь пятен – 12.8 га



Площадь пятен – 19.8 га



Площадь пятен – 25.4 га

в)

Рис. 5. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (56.3 га) на орошаемом массиве «Червленое», полученное со спутника Landsat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 5.** Multi-temporal RGB satellite image of the studied field in the “Chervlenoe” irrigated area obtained from the Landsat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.

На полях Дубоовражного орошаемого массива приращение с 1995 по 2000 годы составило 0.6 против 2.1 га в 1989-1995 гг. Совокупная же площадь пятен здесь значительно

ЭКОСИСТЕМЫ: ЭКОЛОГИЯ И ДИНАМИКА, 2026, том 10, № 2

больше, чем на двух других участках, за счет большей площади самого исследуемого поля (124.5 га против 56.3 и 41.3 га), а интенсивность нарастания пятен меньше за счет упомянутой легкой планировки (рис. 8).

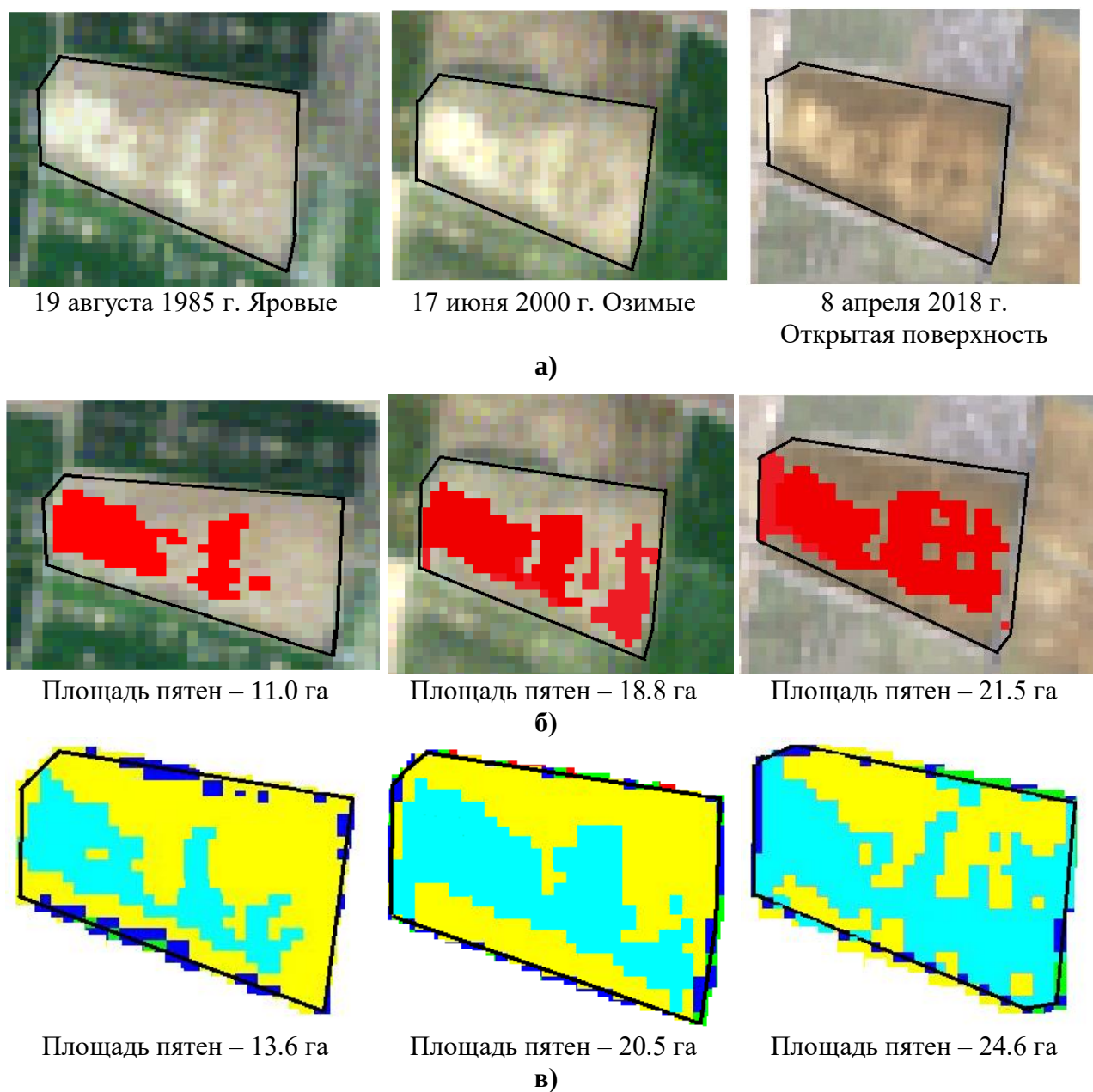
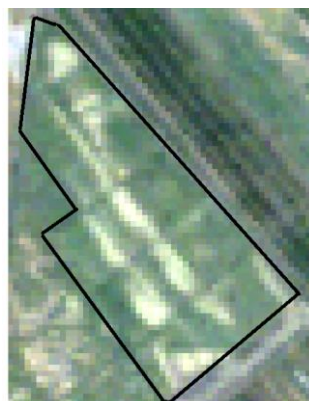
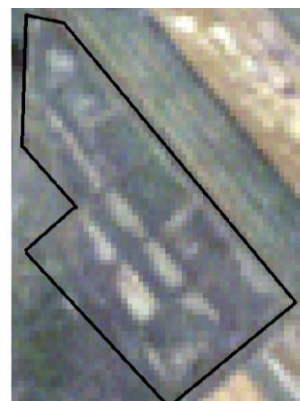


Рис. 6. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (41.3 га) на орошаемом массиве «Светлоярский», полученное со спутника Landcat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 6.** Multi-temporal RGB satellite image of the studied field in the “Svetloyarsky” irrigated area obtained from the Landcat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.



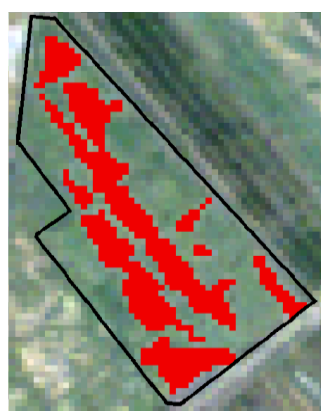
26 мая 1989 г. Озимые

27 мая 1995 г.
Кормовые травы14 апреля 2000 г.
Открытая поверхность

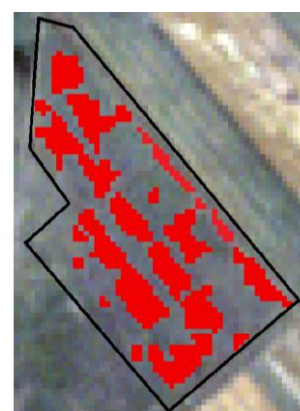
а)



Площадь пятен – 36.6 га

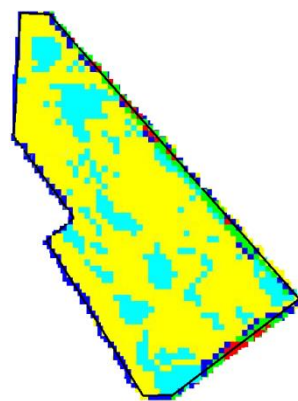


Площадь пятен – 38.7га

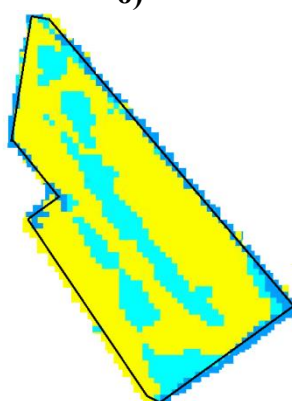


Площадь пятен – 39.0 га

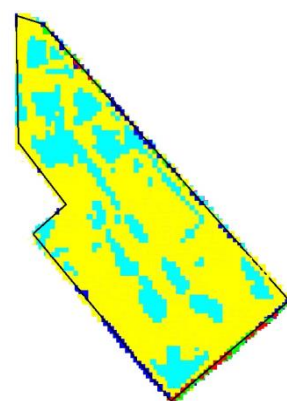
б)



Площадь пятен – 30.9 га



Площадь пятен – 34.5 га



Площадь пятен – 35.1 га

в)

Рис. 7. Космическое разновременное RGB-изображение исследуемого поля (124.5 га) на орошаемом массиве «Дубоовражный», полученное со спутника Landcat-8 OLI (а), интерактивное (б) и автоматически классифицированное (в) изображение пятен поверхностно-карбонатных почв. Подсчет площадей выполнен по изображению в масштабе 1:10000. **Fig. 7.** Space-based multi-temporal RGB image of the studied field of the “Duboovrazhny” irrigated area obtained from the Landcat-8 OLI satellite (a), interactive (b) and automatically classified (c) images of surface patches of carbonates. Area calculation was done using the image itself, scale 1:10,000.

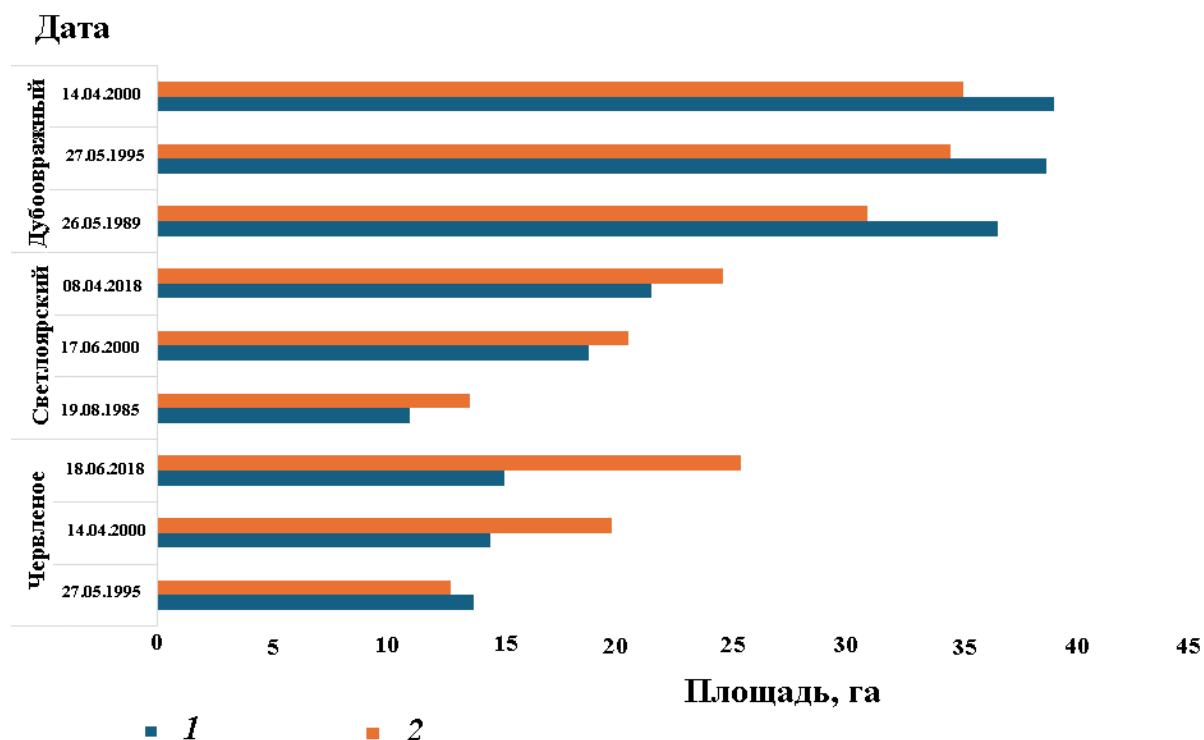


Рис. 8. Изменение площадей поверхностно-карбонатных пятен за многолетний период на 3 исследуемых участках. *Условные обозначения:* 1 – площадь пятен, выделенная и подсчитанная в интерактивном режиме, 2 – площадь пятен, выделенная и подсчитанная методом автоматической классификации. **Fig. 8.** Changes in the area of surface patches of carbonates over multiple years at 3 studied sites. *Legend:* 1 – area identified and calculated interactively, 2 – area identified and calculated by an automatic classification method.

Форма и расположение пятен на полях различные. На орошаемом массиве «Червлёное» пятна расположены почти меридионально и имеют вытянутую форму. Центральное пятно протянулось через все поле. Соотношение длины к ширине в самом узком и самом широком местах у центрального пятна уменьшилось за рассматриваемый период с 4.0-9.0 до 3.2-3.6, что свидетельствует об увеличении пятна в ширину. Количество карбонатов в горизонте 0-10 см нарастает с севера на юг и колеблется от 6.2 до 13.2%, рядом с пятном – от 1.0 до 1.5%, иногда увеличиваясь ближе к пятну до 6.2%. На отдельных мелких пятнах количество карбонатов может достигать 2.0%.

На поле Светлоярского массива центральное пятно протянулось почти широтно, также имея вытянутую форму. Соотношение длины к ширине в самом узком и широком местах уменьшилось за весь рассматриваемый период с 10.2-3.4 до 5.1-3.1, что свидетельствует о расширении пятна. Количество карбонатов в горизонте 0-20(30) см за пределами пятен составляет 1.8%, по краю пятна – 2.4-5.0%, внутри – 10.6-13.4%.

На территории полей Дубовиражного массива расположена группа пятен, каждое из которых значительно меньше центральных пятен 2 предыдущих участков. Пятна постепенно сливаются в узкие полосы, направленные вдоль оси гряды. Соотношение длины и ширины центральной полосы уменьшилось за исследуемый период с 76.0 до 57.0, т.е. увеличилась ширина полосы. Количество карбонатов в горизонте почвы 0-30 см на крупных пятнах – 2.8-12.3%, мелких – 2.3-5.36%, между пятнами – 0.09-0.87% (рис. 9; табл. 1-3).

Причинами увеличения площадей карбонатных пятен на поверхности почв могут быть: 1) растаскивание карбонатного материала по полю при ежегодной вспашке, 2) осаждение

карбонатов из подтягиваемых снизу почвенных растворов, насыщенных по карбонатам, при испарении и расходе воды корнями растений, 3) припашка карбонатных горизонтов по мере эрозионного сноса части пахотного горизонта.

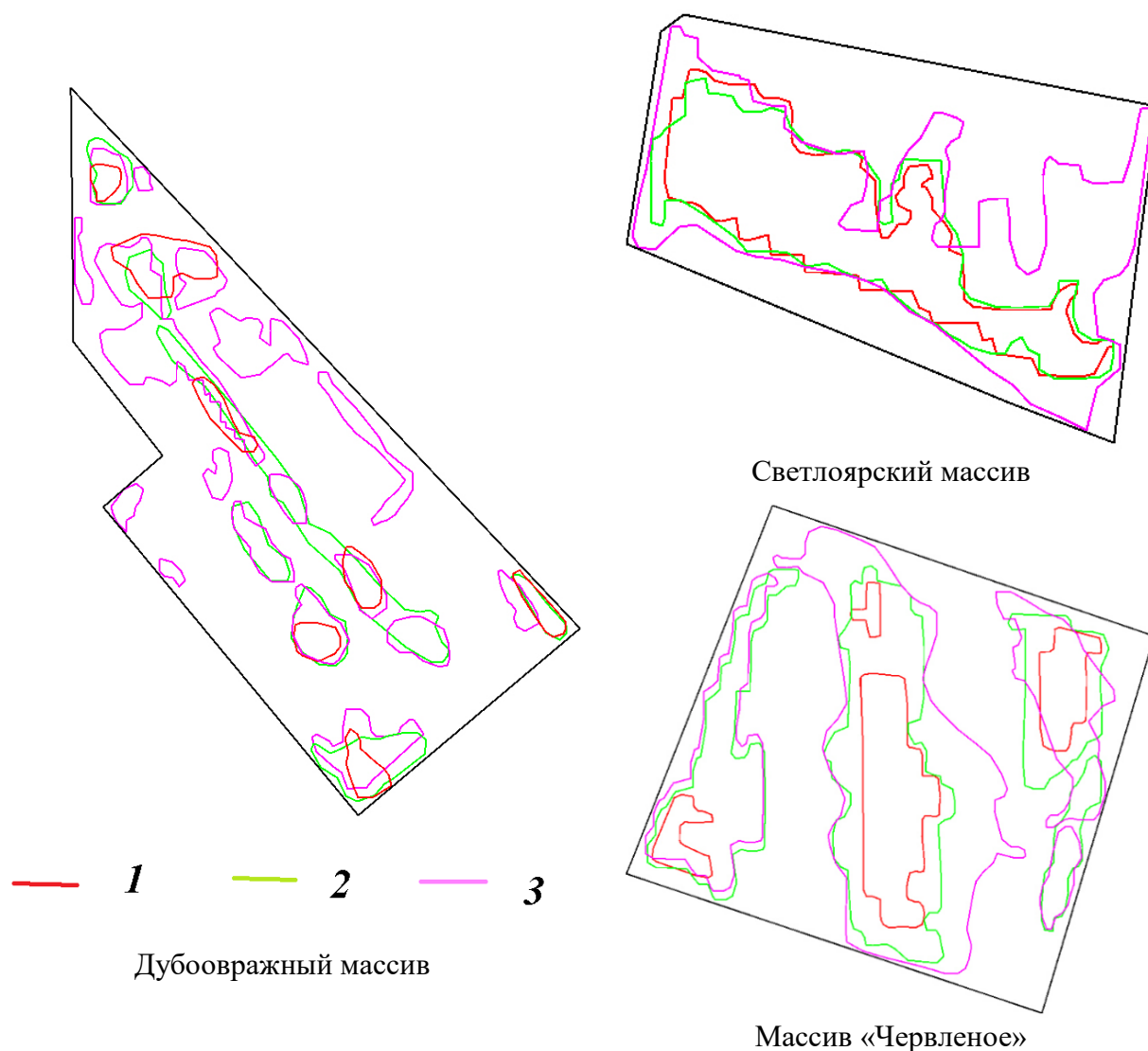


Рис. 9. Поверхностно-карбонатные почвы, выделенные методом автоматической классификации и отображенные в векторном формате за многолетний период. *Условные обозначения:* 1 – первый срок, 2 – второй срок, 3 – третий срок. **Fig. 9.** Surface carbonate soils that were identified by automatic classification and displayed in vector format for a long-term period. *Legend:* 1 – first period, 2 – second period, 3 – third period.

Исследование и изучение процесса формирования поверхностно-карбонатных почв на орошаемых и сильноэродированных почвах сельскохозяйственных угодий в аридных зонах началось достаточно давно и продолжается по настоящее время (Барановская, Азовцев, 1981; Amit, Harrison 1995; Любимова, Дегтярева, 2000; Хитров и др., 2024, 2025). Такой процесс связывают с антропогенным воздействием – прежде всего, с мелиорацией и орошением земель, планировками полей при строительстве оросительных систем, которые приближают природный карбонатный горизонт почв к поверхности, создавая пятнистый, светлый рисунок на поле.

Пятнистость, связанная с карбонатными почвами на поле, отмечалась в работах Б.А. Зимовца (1991) и выделялась по дистанционной информации другими авторами (Залибекова и др., 2011). Разработка методов обработки больших данных дистанционного зондирования и эффективного использования космических снимков более чем за 40-летний период для выделения и учета пространственной неоднородности почвенно-земельного покрова, связанного с различными причинами, отражена в работах Д.И. Руховича (2016), Д.А. Шаповалова с соавторами (2020).

В данной статье впервые обращено внимание на тенденцию увеличения размера пятен поверхностно-карбонатных почв на космических снимках за длительный период. Однако, отсутствие единых условий съемки и одинакового периода между ними, разная подстилающая поверхность почв (открытая поверхность, озимые, кормовые травы) не позволяют однозначно подтвердить точность полученных результатов. Отсюда, перед нами встает задача привлечь современные и одновременные космические снимки изучаемых участков с открытой поверхностью почв, проанализировать их и обосновать свои выводы дополнительными полевыми исследованиями.

Выводы

Проведенный анализ динамики изменения поверхностно-карбонатных почв в течение более чем 30-летнего периода по космическим снимкам показал тенденцию к увеличению площади таких почв год от года. Для крупных сильно вытянутых светлых ареалов поверхностно-карбонатных почв отмечена тенденция их расширения в стороны. Выделенные и подсчитанные площади пятен поверхностно-карбонатных почв на снимках интерактивным методом и с помощью автоматической классификации показали разные результаты при общей одинаковой тенденции. Отличия в значениях подсчитанных площадей разными методами связаны с изменениями контрастности космического изображения полей, которые возникают из-за условий съемки в разные годы, что влияет на спектральные признаки, положенные в основу классификации. Также разница может возникать из-за возделываемых сельскохозяйственных культур, отражающихся на снимках и имеющих свои маскирующие свойства.

В статье проанализированы прирост площадей поверхностно-карбонатных почв на исследуемых участках, форма и расположение пятен на поле, количество карбонатов на пятнах и за их пределами. В перспективе для того чтобы точно установить причину интенсивности разрастания светлых пятен на полях, расположенных на северной части возвышенности Ергени и Севере Сарпинской низменности, необходимо дополнительно проанализировать современные одновременные космические снимки с открытой поверхностью почвы на исследуемые участки и подтвердить свои выводы в полевых условиях, что является предстоящей задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. Абатуров Б.Д. 2001. Зоогенные формы почвенных неоднородностей // Масштабные эффекты при исследовании почв. М.: Изд-во МГУ. С. 61-75.2. Балабко П.Н., Басевич В.Ф., Витязев В.Г., Макаров И.Б. 2018. Изменение морфологического | <ol style="list-style-type: none">1. Abaturon BD. Zoogenic forms of soil heterogeneities [Zoogennyye formy pochvennykh neodnorodnostey] Scale effects in soil research [Masshtabnyye efekty pri issledovanii pochv]. Moscow: Izd-vo MGU, 2001:61-75.2. Balabko PN, Basevich VF, Vityazev VG, Makarov IB. Changes in the morphological |
|--|--|

- строения каштановой почвы в результате планировки // *Агрохимический вестник*. № 2. С. 9-12.
3. Барановская В.А., Азовцев В.И. 1981. Влияние орошения на миграцию карбонатов в почвах Поволжья // *Почвоведение*. № 10. С. 17-27.
 4. Волгоградская область: природные условия, ресурсы, хозяйство, население, геоэкологическое состояние. 2011. Волгоград: Перемена. 528 с.
 5. Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2017. Природа пятнистости орошаемых почв сухостепной зоны (на примере Светлоярской оросительной системы) // *Аридные экосистемы*. Т. 23. № 3 (72). С. 44-54.
 6. Горохова И.Н., Хитров Н.Б. 2023. Распознавание каменистых, песчаных и карбонатных с поверхности почв на юге Приволжской возвышенности (Волгоградская область) по космическим // *Почвоведение*. № 11. С. 1340-1356.
 7. Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харланов В.А. 2018. Почвенный покров Светлоярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // *Почвоведение*. № 8. С. 1033-1044.
 8. Дегтярева Е.Т., Жулидова А.Н. 1970. Почвы Волгоградской области. Волгоград: Нижне-Волжское книжное изд-во. 319 с.
 9. Доскач А.Г. 1979. Природное районирование Прикаспийской полупустыни. М.: Наука. 142 с.
 10. Залибекова М.З., Асгерова Д.Б., Бийболатова З.Д. 2011. О картографии динамических свойств почв Терско-Кумской низменности с применением дистанционных методов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. Т. 13. № 1 (6). structure of chestnut soil as a result of planning [Izmeneniye morfologicheskogo stroyeniya kashtanovoy pochvy v rezul'tate planirovki]. *Agrochemical Bulletin* [Agrokhimicheskii vestnik]. 2018;2:9-12.
 3. Baranovskaya VA, Azovtsev VI. The effect of irrigation on carbonate migration in soils of the Volga region [Vliyaniye orosheniya na migratsiyu karbonatov v pochvakh Povolzh'ya]. *Soil Science* [Pochvovedeniye]. 1981;10:17-27.
 4. Volgograd Region: natural conditions, resources, economy, population, geoecological state [Volgogradskaya oblast': prirodnyye usloviya, resursy, khozyaystvo, naseleniye, geoekologicheskoye sostoyaniye]. Volgograd: Peremena, 2011:528.
 5. Gorokhova IN, Pankova EI. The Nature of the Patchiness of Irrigated Soils in the Dry Steppe Zone (on Example of the Svetloyarskaya Irrigation System). *Arid Ecosystems*. 2017;7 (3):161-170.
 6. Gorokhova IN, Khitrov NB. Identification of Rocky, Sandy, and Surface-Calcareous Soils in the South of the Volga Upland (Volgograd Oblast) on Satellite Images. *Eurasian Soil Science*. 2023;56 (11):1591-1604.
 7. Gorokhova IN, Khitrov NB, Prokop'eva KO, Kharlanov VA. Soil Cover of the Svetloyarsk Irrigation System after 50 Years of Reclamation Practices. *Eurasian Soil Science*. 2018;51 (8):965-975.
 8. Degtyareva ET, Zhulidova AN. Soils of the Volgograd Region [Pochvy Volgogradskoy oblasti]. Volgograd: Nizhne-Volzhskoye knizhnoye izd-vo, 1970:319.
 9. Doskach AG. Natural zoning of the Caspian semi-desert [Prirodnoye rayonirovaniye Prikaspiyskoy polupustyni]. Moscow: Nauka, 1979:142.
 10. Zalibekova MZ, Asgerova DB, Biybolatova ZD. On the cartography of dynamic properties of soils of the Terek-Kuma Lowland using remote sensing methods [O kartografii dinamicheskikh svoystv pochv Tersko-Kumskoy nizmennosti s primeneniye distantsionnykh metodov]. *Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences* [Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk]. 2011;13 (1):1330-1333.

- С. 1330-1333.
11. Зимовец Б.А. 1991. Экология и мелиорация почв сухостепной зоны. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 248 с.
 12. Корнблум Э.А., Мясников В.В. 1982. Способ классификационной оценки разнообразия солонцовых почв, нарушенных строительными планировками // Новые методы исследования почв солонцовых комплексов. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. С. 136-146.
 13. Кравченко Е.И., Хитров Н.Б., Горохова И.Н. 2021. Распределение засоления орошаемых почв в районе Сарпинской ложбины Прикаспийской низменности // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 106. С. 5-48.
 14. Кузнецов М.С., Григорьев В.Я., Хан К.Ю. 1990. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием. М.: Наука. 120 с.
 15. Любимова И.Н., Дегтярева Е.Т. 2000. Изменение карбонатного профиля почв солонцовых комплексов при агрогенном воздействии // Почвоведение. № 7. С. 855-860.
 16. Новикова А.Ф., Гэпин Л.О., Конюшкова М.В. 2009. Динамика процессов засоления-рассоления почв участка «Червленое» Светлоярской оросительной системы в ирригационный и постирригационный периоды // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. № 63. С. 16-24.
 17. Приходько В.Е. 1996. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. М.: Интеллект. 179 с.
 18. Розанов А.Б. 1992. Карбонатизация // Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, 11. Zimovets BA. Ecology and soil reclamation of the dry-steppe zone [*Ekologiya i melioratsiya pochv sukhostepnoy zony*]. Moscow: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 1991:248.
 12. Kornblum EA, Myasnikov VV. A method for classifying the diversity of solonetzic soils disturbed by construction layouts [*Sposob klassifikatsionnoy otsenki raznoobraziya solontsovykh pochv, narushennykh stroitel'nyimi planirovkami*] New methods for studying solonetzic complex soils [Novyye metody issledovaniya pochv solontsovykh kompleksov]. Moscow Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchayeva, 1982:136-146.
 13. Kravchenko EI, Khitrov NB, Gorokhova IN. Distribution of salinity of irrigated soils in the Sarpinskaya Depression area of the Caspian Lowland [Raspredeleniye zasoleniya oroshayemykh pochv v rayone Sarpinskoy lozhbiny Prikaspiyskoy nizmennosti]. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2021;106:5-48.
 14. Kuznetsov MS, Grigoriev VYa, Khan KYu. Irrigation soil erosion and its prevention with sprinkling irrigation [*Irrigatsionnaya eroziya pochv i yeye preduprezhdeniye pri polivakh dozhdevaniyem*]. Moscow: Nauka, 1990:120.
 15. Lyubimova IN, Degtyareva ET. Changes in the Carbonate Distribution in the Soils of Solonetzic Complexes at Agrogenic Impact. *Eurasian Soil Science*. 2000;33 (7):746-751.
 16. Novikova AF, Gepin LO, Konyushkova MV. Dynamics of soil salinization-desalinization processes in the "Chervlenoe" site of the Svetloyarsk irrigation system during the irrigation and post-irrigation periods [Dinamika protsessov zasoleniya-rassoleniya pochv uchastka "Chervlenoye" Svetloyarskoy orositel'noy sistemy v irrigatsionnyy i postirrigatsionnyy periody]. *Bulletin of the V.V. Dokuchaev Soil Science Institute* [*Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchayeva*]. 2009;63:16-24.
 17. Prikhodko VE. Irrigated steppe soils: functioning, ecology, productivity [*Oroshayemyye stepnyye pochvy: funktsionirovaniye, ekologiya, produktivnost'*].

- характеристика, систематика.
М.: Наука. С. 23-25.
19. Рухович Д.И. 2016. Принципы организации проблемно-ориентированной системы ретроспективного мониторинга почвенно-земельного покрова на основе дистанционного зондирования земли // Информация и космос. № 3. С. 108-123.
 20. Сиземская М.Л. 2013. Современная природно-антропогенная трансформация почв полупустыни Северного Прикаспия. М.: Тов-во научных изданий КМК. С. 276.
 21. Трегулов П.С., Аверьянов О.А. 1987. Ирригационная эрозия почв и меры её предотвращения. М.: ВНИИТЭИагропром. С. 53.
 22. Хитров Н.Б., Горохова И.Н., Панкова Е.И. 2021. Дистанционная диагностика содержания карбонатов в орошаемых почвах сухостепной зоны Волгоградской области // Почвоведение, № 6. С. 657-674.
 23. Хитров Н.Б., Кравченко Е.И., Рухович Д.И., Королева П.В. 2024. Эрозионно-аккумулятивная структура почвенного покрова сухостепного агроландшафта, Ростовская область // Почвоведение. № 9. С. 1147-1173.
 24. Хитров Н.Б., Круглякова Н.Б., Горохова И.Н., Кравченко Е.И. 2025. Карбонатный профиль почв каштановых солонцовых комплексов и его антропогенная трансформация в пашне // Почвоведение. № 8. С. 1025-1054.
 25. Шаповалов Д.А., Королева П.В., Калинина Н.В., Вильчевская Е.В., Куляница А.Л., Рухович Д.И. 2020. ASF-INDEX – карта устойчивой внутрислоевой неоднородности плодородия почвенного покрова, построенная на основе больших спутниковых данных для задач точного земледелия // Международный журнал «Экосистемы: Экология и Динамика». Москва: Интеллект, 1996:179.
 18. Rozanov AB. Carbonatization [Karbonatizatsiya] Elementary soil-forming processes: an experience of conceptual analysis, characteristics, taxonomy [Elementarnyye pochvoobrazovatel'nyye protsessy: opyt kontseptual'nogo analiza, kharakteristika, sistematika]. Moscow: Nauka, 1992:23-25.
 19. Rukhovich DI. Principles of Organizing a Problem-Oriented System for Retrospective Monitoring of Soil and Land Cover Based on Remote Sensing [Printsipy organizatsii problemno-orientirovannoy sistemy retrospektivnogo monitoringa pochvenno-zemel'nogo pokrova na osnove distantsionnogo zondirovaniya zemli]. Information and Space [Informatsiya i kosmos]. 2016;3:108-123.
 20. Sizemskaya ML. Modern natural and anthropogenic transformation of soils in the semi-desert of the Northern Caspian Region [Sovremennaya prirodno-antropogennaya transformatsiya pochv polupustyni Severnogo Prikaspiya]. Moscow: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2013:276.
 21. Tregubov PS, Averyanov OA. Irrigation soil erosion and measures to prevent it [Irrigatsionnaya eroziya pochv i mery yeyo predotvrashcheniya]. Moscow: VNIITEIagroprom, 1987:53.
 22. Khitrov NB, Gorokhova IN, Pankova YeI. Remote Sensing of the Carbonate Content in Irrigated Soils of the Dry Steppe Zone in Volgograd Oblast. Eurasian Soil Science. 2021;54 (6):827-842.
 23. Khitrov NB, Kravchenko EI, Rukhovich DI, Koroleva PV. Erosion-Accumulative Soil Cover Patterns of Dry-Steppe Agrolandscape, Rostov Region. Eurasian Soil Science. 2024;57 (9):1409-1432.
 24. Khitrov NB, Kruglyakova NG, Gorokhova IN, Kravchenko EI. Carbonate Profile of Chestnut-Solonetz Associations and Its Anthropogenic Transformation in Arable Land. Eurasian Soil Science. 2025;58:101.
 25. Shapovalov DA, Koroleva PV, Kalinina NV, Vilchevskaya EV, Kulyanitsa AL, Rukhovich DI. ASF-INDEX – a map of stable intra-field heterogeneity of soil fertility constructed on the

- сельскохозяйственный журнал. № 1. С. 9-15.
26. Amit R.J., Harrison B.J. 1995. Biogenic Calcite Horizon Development under Extremely Arid Conditions. Nizzana Sand Dunes, Israel // *Advances in Geocology*. Vol. 28. P. 65-88.
 27. Calcareous Soils. 1972. FAO Soils Bulletin 21. Rome. 253 p.
 28. de Soto I.S., Virto I., Barre P., Fernandez-Ugalde O., Anton R., Martinez I., Chaduteau C., Enrique A., Bescansa P.A. 2017. Model for Field-Based Evidences of the Impact of Irrigation on Carbonates in the Tilled Layer of Semi-Arid Mediterranean Soils // *Geoderma*. Vol. 297. P. 48-60.
 29. Levy R. 1980. Precipitation of Carbonates in Soils in Contact with Undersaturated or Oversaturated in Respect to Calcite // *Journal of Soil Science*. Vol. 31. P. 41-51.
 30. Zamanian K., Pustovoytov K., Kuzyakov Y. 2016. Pedogenic Carbonates: Forms and Formation Processes // *Earth-Science Reviews*. Vol. 157. P. 1-17.
 31. Soil Survey Investigations for Irrigation. 1979. FAO Soils Bulletin 42. Rome. 188 p.
 32. Wu L.S., Wood Y., Jiang P.P., Li L., Pan G., Lu L.Q., Pan G.X., Lu J.H., Chang A.C., Enloe H.A. 2008. Carbon Sequestration and Dynamics of Two Irrigated Agricultural Soils in California // *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 72. P. 808-814.
 26. Amit RJ, Harrison BJ. Biogenic Calcite Horizon Development under Extremely Arid Conditions. Nizzana Sand Dunes, Israel. *Advances in Geocology*. 1995;28:65-88.
 27. Calcareous Soils. FAO Soils Bulletin 21. Rome, 1972:253.
 28. de Soto IS, Virto I, Barre P, Fernandez-Ugalde O, Anton R, Martinez I, Chaduteau C, Enrique A, Bescansa PA. Model for Field-Based Evidences of the Impact of Irrigation on Carbonates in the Tilled Layer of Semi-Arid Mediterranean Soils. *Geoderma*. 2017;297:48-60.
 29. Levy R. Precipitation of Carbonates in Soils in Contact with Undersaturated or Oversaturated in Respect to Calcite. *Journal of Soil Science*. 1980;31:41-51.
 30. Zamanian K, Pustovoytov K, Kuzyakov Y. Pedogenic Carbonates: Forms and Formation Processes. *Earth-Science Reviews*. 2016;157:1-17.
 31. Soil Survey Investigations for Irrigation. FAO Soils Bulletin 42. Romem 1979:188.
 32. Wu LS, Wood Y, Jiang PP, Li L, Pan G, Lu LQ, Pan GX, Lu JH, Chang AC, Enloe HA. Carbon Sequestration and Dynamics of Two Irrigated Agricultural Soils in California. *Soil Science Society of America Journal*. 2008;72:808-814.
- basis of big satellite data for precision farming tasks [ASF-INDEX – karta ustoychivoy vnutripolevoy neodnorodnosti plodorodiya pochvennogo pokrova, postroyennaya na osnove bol'shikh sputnikovykh dannykh dlya zadach tochnogo zemledeliya]. *International Agricultural Journal [Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal]*. 2020;1:9-15.

UDC 631.4

**DYNAMIC CHANGES IN THE AREA WITH SURFACE-CARBONATE SOILS
OBSERVED ON REMOTE SENSING DATA IN THE VOLGOGRAD REGION**

© 2026. I.N. Gorokhova, N.B. Khitrov, E.I. Kravchenko

*V.V. Dokuchaev Soil Institute**7-2 Pyzhevsky Per., Moscow, 119017, Russia. E-mail: g-irina14@yandex.ru*

Received April 10, 2026. Revised May 15, 2026. Accepted June 25, 2026.

We studied the dynamics of changing area of surface carbonate soils with the help of satellite images over a 30-year period of irrigation in 3 key areas that belong to different natural zones of the Volgograd Region: 1) the Northern Yergeni Upland (“Chervlenoe” massif), 2) the Caspian Depressiom, Khvalynsk Clay Plain – Northern Sarpa Lowland (Svetloyarsky massif), 3) the Caspian Depressiom, Khvalynsk Clay Plain – Sarpa Gully (Dubovvrazhny massif). All 3 sites are located in the dry-steppe zone with an initial soil cover of light-chestnut solonetzic complexes. They differ in elevation, relief, parent and underlying rocks, groundwater levels, alkalinity, soil salinity, and the history of anthropogenic impacts associated with field planning, groundwater level rise, methods of plowing and irrigation, and crops. All sites have surface-carbonate soils, which were additionally confirmed by our fieldwork and laboratory data. We used Landsat-5 and Landsat-8 OLI satellite images for the period of 1985-2018 with a ground resolution of 30 m. Individual fields in the images were selected where surface patches were most evident, formed by the carbonates in the arable soil horizon (0-30 cm). The patches were analyzed for 3 different years, with intervals of 5-18 years. When processing images, we identified surface carbonate soils visually, interactively, and by unsupervised image classification that uses the IsoData method in the ENVI software package. These methods yielded different results, with a similar trend of growing areas of patched over the years, which may be caused by the following reasons: 1) the spreading of carbonates across the field during annual plowing, 2) the settling of carbonates that come from carbonate-saturated soil solutions during evaporation and water use by plant roots, 3) the plowing of carbonate horizons as the arable horizon gets eroded. According to the image classification method, the greatest increase in area is observed in the fields of the “Chervlenoe” (12.6 ha) and Svetloyarsky (11.0 ha) massifs over 23 and 33-year periods, respectively. In the fields of the Dubovvrazhny massif, the increase was 4.2 ha over 11 years, since the planning of the fields during the construction of the irrigation system there was insignificant, and the period under consideration was shorter (11 years).

Keywords: light chestnut soils, irrigation, soil carbonates, field planning, space imagery classification, soil cover heterogeneity.

DOI: 10.24412/2542-2006-2026-2-41-60**EDN: YHZZYA**